

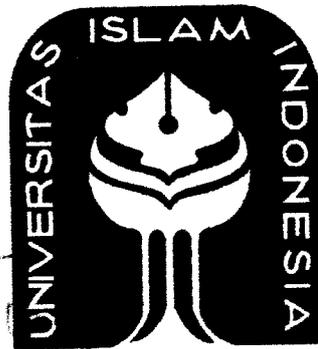
TA/TL/2006/0097

PERPUSTAKAAN PTSP UII	
HADIRI/BELI	
TGL. TERIMA :	13-juli-2006
NO. JUDEL :	009029
NO. INV. :	51200302029001
NO. INDIK. :	

## TUGAS AKHIR

# **PENURUNAN KONSENTRASI BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*) DAN NITRAT (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER**

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



Oleh :

Nama : OCTAWIDIARTY  
No. MHS : 01 513 028

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2006**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **PENURUNAN KONSENTRASI BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*) DAN NITRAT (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER**

**Nama : OCTAWIDIARTY**

**No. MHS : 01 513 028**

**Telah diperiksa dan disetujui oleh :**

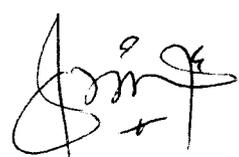
**Dosen pembimbing I**

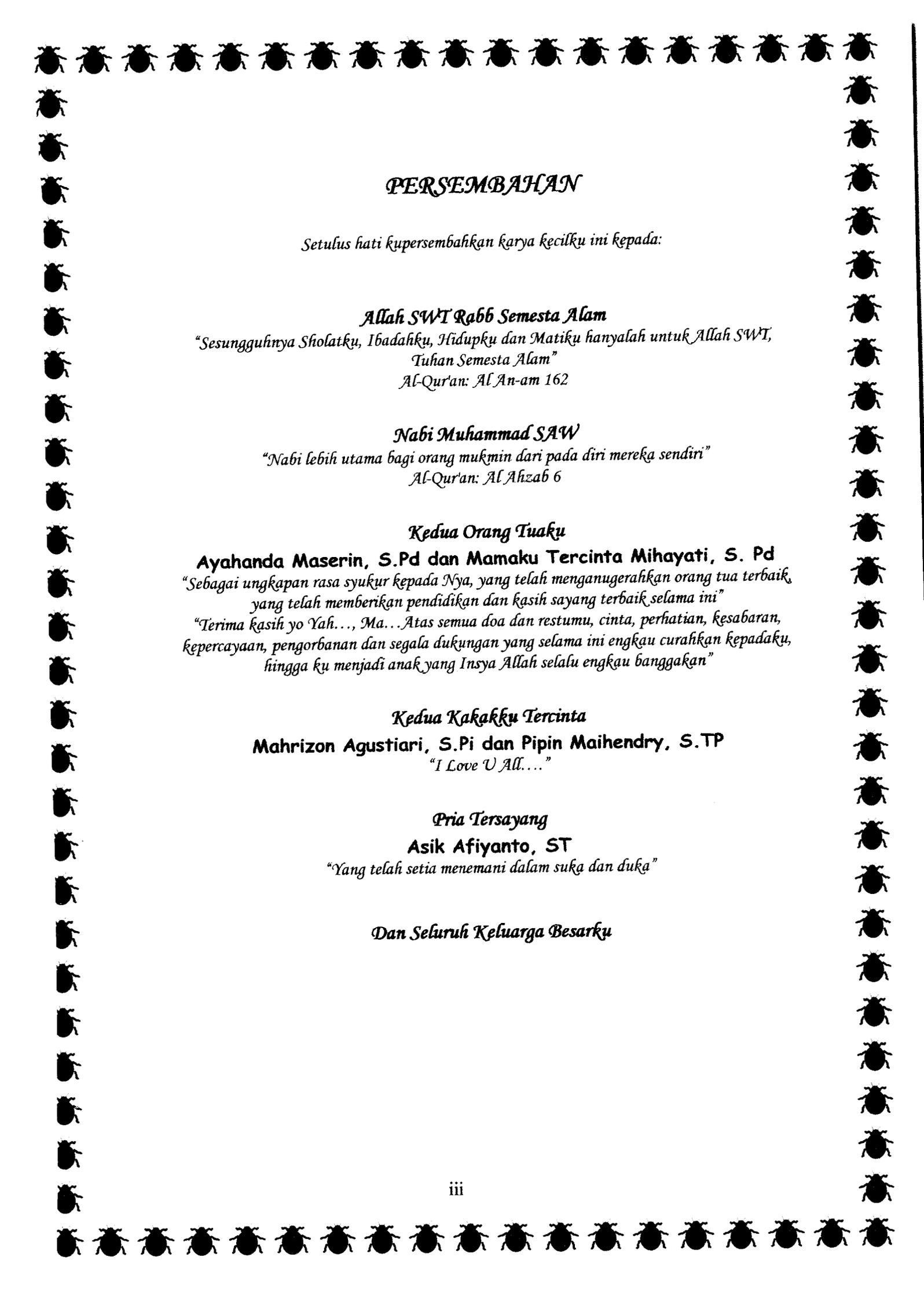
**Ir. H. Kasam, MT**

  
Tanggal : 8-7-06

**Dosen pembimbing II**

**Eko Siswoyo, ST**

  
Tanggal : 8-7-06

A decorative border of black beetle silhouettes surrounds the text. The beetles are arranged in a grid-like pattern, with one row at the top, one at the bottom, and vertical columns on the left and right sides.

## PERSEMBAHAN

*Setulus hati kupersembahkan karya kecilku ini kepada:*

### **Allah SWT Rabb Semesta Alam**

*"Sesungguhnya Sholatku, Ibadahku, Hidupku dan Matiku hanyalah untuk Allah SWT,  
Tuhan Semesta Alam"*

*Al-Qur'an: Al An-am 162*

### **Nabi Muhammad SAW**

*"Nabi lebih utama bagi orang mukmin dari pada diri mereka sendiri"*

*Al-Qur'an: Al Ahzab 6*

### **Kedua Orang Tuaku**

**Ayahanda Maserin, S.Pd dan Mamaku Tercinta Mihayati, S. Pd**

*"Sebagai ungkapan rasa syukur kepada Nya, yang telah menganugerahkan orang tua terbaik,  
yang telah memberikan pendidikan dan kasih sayang terbaik selama ini"*

*"Terima kasih yo Yah... Ma... Atas semua doa dan restumu, cinta, perhatian, kesabaran,  
kepercayaan, pengorbanan dan segala dukungan yang selama ini engkau curahkan kepadaku,  
hingga ku menjadi anak yang Insya Allah selalu engkau banggakan"*

### **Kedua Kakakku Tercinta**

**Mahrizon Agustiari, S.Pi dan Pipin Maihendry, S.TP**

*"I Love U All...."*

### **Pria Tersayang**

**Asik Afiyanto, ST**

*"Yang telah setia menemani dalam suka dan duka"*

**Dan Seluruh Keluarga Besarku**

## Motto

*"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila telah selesai (dalam satu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap"*

*(QS. Al-Insyirah: 6-8)*

*"Mohonlah pertolongan Allah dengan sabar dan shalat. Hal itu sungguh sangat berat kecuali bagi mereka yang khusyuk".*

*(QS. Al-Baqarah: 45)*

*"Jangan sekali-kali engkau katakan, Ini akan kukerjakan besok. Tapi katakanlah. Insya Allah. Dan ingatlah kepada Tuhanmu jika engkau lupa dan katakanlah, Semoga Tuhan memberi petunjuk menemukan jalan yang lebih dekat kepada kebenaran."*

*(Al Kahfi 18:23-24)*

*"Tuhan, semoga aku lebih ingin menghibur daripada dihibur, memahami dari pada dipahami, mencintai dari pada dicintai, sebab dengan memberi aku menerima, dengan memaafkan aku dimaafkan, dengan cinta aku bangkit kembali dan dengan cinta aku hidup abadi."*

*"Knowledge without religion is nothing, religion without knowledge is everything"*

*Mencintai seseorang bukanlah apa-apa  
Dicintai seseorang adalah sesuatu  
Dicintai oleh orang yang kau cintai sangatlah berarti  
Tapi dicintai oleh Sang Pencipta adalah segalanya*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa pula sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "***Penurunan Kadar BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand) dan Nitrat (NO<sub>3</sub>) Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonfilter***".

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (SI) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tentunya penyusun tidak lepas dari kesalahan-kesalahan dan kekurangan sehingga penyusun menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Selama menyelesaikan tugas akhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEC** selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.

2. **Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. **Bapak Luqman Hakim, ST, Msi** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
4. **Bapak H. Kasam, MT** selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penyusun.
5. **Bapak Eko Siswoyo, ST** selaku Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penyusun.
6. **Bapak Hudori, ST** selaku Dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
7. **Bapak Andik Yulianto, ST** selaku Dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
8. **Bapak Agus Adi Prananto**, selaku Staf Jurusan Teknik Lingkungan.
9. **Bapak Tasyono, Amd** dan **Mas Iwan, Amd** selaku Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
10. **Ayah** dan **mama** tercinta, yang telah memberi do'a, dukungan moril dan materil yang tak terhingga, serta kedua kakakku tercinta, yaitu:

**Dang Rizon** dan **Donga Pipin** yang telah memberikan do'a dan dorongan semangat sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. **Mas A. Afiyanto, ST** teman sejati selama ini, terimakasih atas do'a dan segalanya, berharap semua menjadi nyata dan mendapat ridhonya, Amiiiiin.
12. **MOWI BD 3817 AR**, terimakasih engkau telah setia mengantarkan kemana sajaku pergi.
13. **KOWI** (Komputerku yang imoet) yang telah setia menemani selama penyusunan Tugas Akhir.
14. Teman-teman satu penelitian, Grup Aerokarbonfilter: **Warih, Kinoy** dan **Mas Hakim** (*"Akhirnya perjuangan kita semua selesai juga, terima kasih atas do'a, bantuan, dukungan dan untuk semuanya"*).
15. Temen-temen TL angkatan '01: **Nial** (*"inges, makasih dah nganter ambil air limbah dan nemenin runing, ayooo cepat selesaikan TA nya dan segera nyusul kami"*), **Weisti** (Patner KP, *wes dapat salam dari nasi megono tuh*), **Na2** (*"Na, makasih ya da bantuin runing and tetap semangat jangan ngecas trus, selesaikan TA nya"*), **Risnah, Wisnu, Mais** dan teman-teman yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu, terima kasih atas do'a, bantuan, dukungan dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
16. Teman-teman kost Windy Putri: **Ambar** (*"Bar, makasih ya atas pinjaman komputernya and motivasinya, kapan ya kita bisa begadang"*).

*bareng-bareng lagi*”), **Mba’Irma, Mba’Meila, Eli, Rahma, Rita, Lita, Khepit, Dini dan Ridha** (“Makasih untuk semuanya”).

17. Semua pihak yang telah memberi bantuan dan dukungan yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Akhirnya penyusun sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri maupun bagi semua pihak yang menggunakan laporan ini.

*Wassalamu alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, 24 Juni 2006

Penyusun

OCTAWIDIARTY

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
1.5. Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Pengertian Air Limbah .....	6
2.2. Karakteristik Air Limbah .....	7
2.3. Proses Pembuatan Batik .....	9

2.4. Sumber Limbah Batik .....	12
2.5. Karakteristik Limbah Cair Batik .....	15
2.5.1. Parameter Fisika .....	16
2.5.2. Parameter kimia .....	17
2.6. Pengolahan Limbah Cair Batik dengan Reaktor	
Aerokarbonfilter .....	19
2.6.1. Aerasi .....	20
2.6.1.1. Prinsip Aerasi .....	20
2.6.1.2. Jenis-jenis Aerasi .....	21
2.6.2. Adsorben .....	22
2.6.2.1. Karbon Aktif .....	22
2.6.2.2. Zeolit .....	30
2.6.3. Pasir .....	36
2.6.3.1. Susunan Kimia Pasir .....	36
2.6.3.2. Karakteristik Fisika Pasir .....	36
2.7. BOD <sub>5</sub> ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) .....	38
2.8. Nitrogen .....	40
2.9. Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	44
2.10. Hipotesa .....	45

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Lokasi Penelitian .....	46
3.2. Obyek Penelitian .....	46
3.3. Jenis Penelitian .....	46

3.4. Kerangka Penelitian .....	46
3.5. Parameter Penelitian dan Metode Uji .....	48
3.6. Variabel Penelitian .....	48
3.7. Reaktor Aerokarbonfilter .....	49
3.7.1. Dimensi Reaktor .....	49
3.7.2. Desain Reaktor .....	49
3.7.3. Pembuatan Reaktor Aerokarbonfilter.....	51
3.8. Pelaksanaan Penelitian .....	52
3.9. Pemeriksaan Sampel .....	53
3.10. Analisa Data .....	53

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. Hasil Pengujian Awal Konsentrasi BOD <sub>5</sub> dan Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Sebelum Proses Dilaksanakan .....	56
4.2. Hasil dan Pembahasan Terhadap Hasil Pengujian Akhir Konsentrasi BOD <sub>5</sub> dan Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Setelah Proses Dilaksanakan .....	57
4.2.1. BOD <sub>5</sub> ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) .....	57
4.2.1.1. Aerasi .....	59
4.2.1.2. Adsorpsi .....	60
4.2.1.3. Filter .....	62
4.2.2. Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	63
4.2.2.1. Aerasi .....	65
4.2.2.2. Adsorpsi .....	66
4.2.2.3. Filter .....	66

4.3. Perbandingan Hasil Akhir dan Efisiensi Total Alat Antara Reaktor Aerokarbonfilter Yang Menggunakan Media Karbon Aktif Dengan Media Zeolit .....	67
4.4. Analisa Statistik Hasil Akhir Reaktor Dengan Menggunakan Metode <i>One Way Anova</i> .....	70
4.4.1. Analisa Statistik Hasil Akhir Dengan Menggunakan Metode <i>One Way Anova</i> Pada Parameter BOD <sub>5</sub> .....	70
4.4.2. Analisa Statistik Hasil Akhir Dengan Menggunakan Metode <i>One Way Anova</i> Pada Parameter Nitrat .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan .....	73
5.2. Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	77
<b>LAMPIRAN</b> .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Zat Pencemar Dalam Limbah Cair Batik Pada Proses Pembuatan Batik .....	12
Tabel 2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik .....	15
Tabel 3.1. Parameter Penelitian dan Metode Uji .....	48
Tabel 3.2. Dimensi Reaktor .....	49
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Parameter Awal Sebelum Dilakukan Proses .....	56
Tabel 4.2. Hasil Percobaan I Parameter BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> .....	57
Tabel 4.3. Hasil Percobaan II Parameter BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> .....	58
Tabel 4.4. Hasil Percobaan I Parameter Nitrat .....	63
Tabel 4.5. Hasil Percobaan II Parameter Nitrat .....	64
Tabel 4.6. Hasil dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Karbon Aktif .....	67
Tabel 4.7. Hasil dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Zeolit .....	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pembuatan Batik .....	10
Gambar 2.2. Tahapan Proses Pembuatan Batik Tulis Dengan Sumber Limbahnya1 .....	4
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	47
Gambar 3.2. Reaktor Aerokarbonfilter .....	50
Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi BOD <sub>5</sub> Pada Berbagai Proses Dengan Media Karbon Aktif Sebagai Adsorben .....	58
Gambar 4.2. Grafik Konsentrasi BOD <sub>5</sub> Pada Berbagai Proses Dengan Media Zeolit Sebagai Adsorben .....	59
Gambar 4.3. Grafik Konsentrasi Nitrat Pada Berbagai Proses Dengan Media Karbon Aktif Sebagai Adsorben .....	64
Gambar 4.4. Grafik Konsentrasi Nitrat Pada Berbagai Proses Dengan Media Zeolit Sebagai Adsorben .....	65
Gambar 4.5. Grafik Konsentrasi BOD <sub>5</sub> Pada Outlet Akhir Aerokarbonfilter .....	68
Gambar 4.6. Grafik Konsentrasi Nitrat Pada Outlet Akhir Aerokarbonfilter .....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I: Cara Uji Kadar BOD Dalam Air (SNI 1990 – Standar 59) dan Cara Uji Kadar Nitrat Dalam Air (SNI 1990 – Standar 47) .....	81
Lampiran II: Data Hasil Pemeriksaan BOD <sub>5</sub> dan Nitrat.....	96
Lampiran III: Perhitungan Analisa Statistik .....	106
Lampiran IV: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup .....	115
Lampiran V: Dokumentasi Penelitian .....	126

# **PENURUNAN KONSENTRASI BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*) DAN NITRAT (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER**

**OCTAWIDIARTY  
ABSTRAK**

Dengan adanya industri batik di Yogyakarta dapat memberikan beberapa dampak pada masyarakat serta lingkungan. Adapun dampak positif, yaitu terbukanya lapangan kerja dan meningkatnya taraf hidup masyarakat, sedangkan dampak negatif yaitu berkembangnya industri batik akan diiringi oleh meningkatnya produk samping yang berupa limbah yang hanya jika dibiarkan akan merugikan bagi manusia dan lingkungan hidup, termasuk tanah, air dan udara di sekitar daerah industri. Tingginya konsentrasi BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*) dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pada limbah cair industri batik dinilai perlu untuk dibuat suatu pengolahan alternatif yaitu reaktor aerokarbonfilter. Reaktor aerokarbonfilter merupakan reaktor kombinasi dari proses aerasi, adsorpsi dan filtrasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah reaktor aerokarbonfilter dapat menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan Nitrat pada limbah cair industri batik, serta mengetahui besar penurunan dan efisiensi penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan Nitrat.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu proses aerasi dengan menggunakan tipe *multiple tray aeration*, proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dan zeolit dan proses filtrasi dengan menggunakan pasir kuarsa. Pada penelitian ini akan dilakukan dua kali percobaan dengan menggunakan pasir kuarsa. Variasi penelitian terdapat pada jenis media adsorpsi menggunakan reaktor aerokarbonfilter. Percobaan I dengan menggunakan proses aerasi, adsorpsi dengan media karbon aktif dan filtrasi. Sedangkan percobaan II dengan menggunakan proses aerasi, adsorpsi dengan media zeolit dan filtrasi. Dari data hasil percobaan I dan II akan dilihat besarnya penurunan untuk parameter BOD<sub>5</sub> dan Nitrat dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh data untuk parameter BOD<sub>5</sub> pada percobaan I dengan media adsorpsi karbon aktif memiliki kualitas *effluent* yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi *effluent* pada menit ke-120 memiliki konsentrasi 24 mg/L. Sedangkan untuk parameter Nitrat pada percobaan II dengan media adsorpsi zeolit memiliki kualitas *effluent* yang lebih baik dibandingkan dengan percobaan I. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi *effluent* pada menit ke-0 memiliki konsentrasi 0,168 mg/L.

Kata kunci: BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*), Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), limbah batik dan reaktor aerokarbonfilter.

**REDUCTION OF BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*) AND NITRATE (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) CONCENTRATIONS ON LIQUID WASTE OF BATIK INDUSTRY BY USING AN AEROCARBONFILTER REACTOR**

**OCTAWIDIARTY  
ABSTRACT**

The presences of batik industries in Yogyakarta will can give some impacts for communities and environment. While for their positive impacts are the opening of working fields and improvement of community standard of living, and for their negative impacts is that development of batik industries will be accompanied by the increase of side products in the forms of wastes that if they just left as usual then will inflict damages for humans and their living environment, including land, water and air around the industrial areas. The height of concentrations BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*) and Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) on liquid waste of batik industries considered as necessary to make any alternative processing that is an aerocarbonfilter reactor. The aerocarbonfilter reactor is a combination reactor from processes of aeration, absorption and filtration. Purposes of the present study are to know whether the aerocarbonfilter reactor can reduce concentrations of BOD<sub>5</sub> and Nitrate or not on liquid waste of batik industries, and to know how big of the reduction and efficiency of the reduction of concentrations BOD<sub>5</sub> and Nitrate. Study done for the aeration process is by using a type of multiple tray aeration, the absorption and filtration.

Method used in the process by using an active carbon and zeolite while the filtration process is by using quartz sand. Variation of the study can find on kinds of the absorption media by using the aerocarbonfilter reactor. The experiment I used process aeration, absorption with active carbon media and filtration. While for the experiment II used an aeration process, absorption with zeolite media and filtration. From data of results in the experiment I and II it will be seen the big of reduction for parameters BOD<sub>5</sub> and Nitrate by using the aerocarbonfilter reactor.

From results of their trials are data for parameter BOD<sub>5</sub> that in the experiment I with the active carbon absorption media has a better effluent quality. This can be seen from the effluent concentration in minute of 120 having concentration 24 mg/L. While for parameter Nitrate in the experiment II using zeolite absorption media has a better effluent quality compared with the experiment I. This can be seen from the effluent concentration in minute of 0 having concentration 0,168 mg/L.

Key Words: BOD<sub>5</sub> (*Biochemical Oxygen Demand*), Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), batik waste and aerocarbonfilter reactor

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Yogyakarta selain dikenal sebagai kota pendidikan, dikenal juga sebagai kota budaya. Sebagai kota budaya, Yogyakarta banyak menyimpan peninggalan-peninggalan bersejarah, juga kesenian-kesenian yang mempunyai nilai seni yang tinggi. Salah satu karya seni yang sangat terkenal dari Yogyakarta adalah kain batik, sehingga di Yogyakarta banyak dijumpai industri-industri kerajinan batik, baik dalam skala besar maupun kecil.

Dengan adanya industri kerajinan batik, Yogyakarta akan memberikan suatu pengaruh atau dampak, baik itu pengaruh positif maupun negatif. Pengaruh positif yang diberikan dengan adanya industri-industri batik akan meningkatkan pendapatan masyarakat dan juga dapat mengurangi tingkat pengangguran, karena dengan adanya industri batik berarti membuka lapangan kerja bagi masyarakat. Selain itu dengan adanya industri batik akan memberikan tambahan bagi pendapatan daerah, karena batik dapat diekspor. Namun dengan adanya industri batik ini, juga memberikan pengaruh negatif khususnya bagi lingkungan. Pengaruh negatif ini timbul karena adanya limbah industri batik yang dibuang ke lingkungan atau sungai. Air limbah batik yang banyak mengandung zat-zat warna apabila dibuang ke sungai akan mempengaruhi mikroorganisme di dalam air karena akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga mengurangi persediaan oksigen dalam air. Selain itu juga akan mempengaruhi

masyarakat sekitar pengguna air sungai karena adanya zat berbahaya yang terkandung pada bahan pewarna batik yang dapat mengganggu kesehatan.

Selain zat warna air limbah batik juga mengandung zat organik, zat padat tersuspensi, garam-garam terlarut dan lilin batik, juga bahan-bahan kimia sebagai bahan pembantu, seperti kanji, minyak lilin, soda (NaOH) yang sulit diuraikan secara alami. Sehingga perlu dilakukan suatu pengolahan terhadap air limbah batik sebelum dibuang ke lingkungan.

Hingga saat ini sebagian pengelola industri batik di D.I Yogyakarta belum menangani secara serius terhadap limbah yang dihasilkan. Karena hingga saat ini belum ditemukan teknik menangani limbah yang ekonomis dan sederhana yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair industri batik.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut di atas, maka pada penelitian Tugas Akhir kali ini mencoba mengolah limbah cair industri batik Nakula Sadewa dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter, yang susunannya terdiri atas: aerasi, adsorpsi dan filter pasir. Diharapkan dari hasil pengolahan dengan alat ini, konsentrasi pencemar dengan parameter  $BOD_5$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) dapat diturunkan, sehingga apabila dibuang ke badan air tidak akan mencemari badan air tersebut.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah reaktor Aerokarbonfilter dapat digunakan sebagai bahan media penyaringan (filtrasi) dalam limbah cair untuk industri batik, sehingga dapat menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat).
2. Bagaimana perbandingan efektifitas karbon aktif dan zeolit sebagai adsorben untuk dapat menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat) pada limbah cair industri batik.
3. Mengetahui seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat) yang terdapat pada limbah cair industri batik dengan menggunakan reaktor Aerokarbonfilter.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Kegiatan penelitian untuk pengolahan limbah cair industri batik dengan membuat reaktor Aerokarbonfilter adalah bertujuan untuk :

1. Untuk mengetahui peranan aerasi, adsorpsi dan sand filter dalam proses filtrasi pada limbah cair industri batik.
2. Untuk mengetahui seberapa besar penurunan kadar BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat) dengan menggunakan reaktor tersebut pada limbah cair industri batik.
3. Untuk mengetahui variasi adsorben yang optimal antara karbon aktif dan zeolit dalam reaktor tersebut untuk menurunkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat) pada limbah cair industri batik.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Memberikan data informasi tentang kemampuan media aerasi, adsorpsi dan sand filter dalam reaktor untuk menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat) pada limbah cair industri batik.
2. Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat mengurangi konsentrasi BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat) dalam limbah cair industri batik.
3. Mencegah dan mengurangi pencemaran yang berasal dari limbah cair industri batik terhadap makhluk hidup dan lingkungan.
4. Memberikan motivasi kepada peneliti yang lain yang tertarik guna mengadakan penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan hasil yang diperoleh khususnya pengolahan limbah cair industri batik.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini penyusun membatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Proses pengolahan yang digunakan untuk mengolah limbah cair industri batik yaitu dengan menggunakan reaktor yang susunannya terdiri atas aerasi, adsorpsi dan pasir sebagai media filtrasi.
2. Aerasi menggunakan tipe multiple tray aerasi dengan jumlah 4 tray, ketebalan adsorben 30 cm dan filter menggunakan saringan pasir cepat dengan ketebalan 30 cm.
3. Sumber limbah berasal dari limbah cair industri batik Nakula Sadewa, Jl. Kapten Haryadi 9 B Triharjo Sleman Yogyakarta.

4. Variasi pengolahan terdapat pada adsorben yaitu antara karbon aktif dan zeolit.
5. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan sistem kontinyu.
6. Parameter air limbah yang diperiksa adalah BOD<sub>5</sub> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrat).
7. Waktu pengambilan sampel pada setiap masing-masing tahapan proses yaitu:  
0, 30, 60, 90 dan 120 menit.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Pengertian Air Limbah**

Secara umum yang dimaksud dengan air limbah atau air buangan adalah campuran dari bahan cair dan bahan padat yang berasal dari kegiatan rumah tangga, pemukiman perkantoran, bangunan-bangunan, perdagangan, industri, bersama-sama dengan air bawah tanah, air permukaan dan air hujan yang ada.

Menurut Sugiharto (1987) air limbah merupakan bahan sisa yang merupakan kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum.

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

Air buangan atau limbah dapat diartikan sebagai suatu kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifatnya berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut, koloid, emulsi yang menyebabkan air tersebut harus dipisahkan atau dibuang (Tjokrokusumo, 1998)

## 2.2. Karakteristik Air Limbah

Air buangan berasal dari berbagai sumber yang beragam, sehingga karakteristiknya juga berbeda. Sifat dan karakteristik air buangan secara garis besar dibagi menjadi tiga bagian yaitu: sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologis.

### a. Sifat Fisik Air Limbah

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik yang mudah terlihat. Parameter yang tergolong dalam sifat fisik ini meliputi kandungan zat padat sebagai efek estetika dan kejernihan serta bau, warna dan temperatur.

Bau, air yang mempunyai standar kualitas harus bebas dari bau atau tidak berbau. Adanya bau disebabkan oleh bahan-bahan organik yang dapat membusuk serta senyawa kimia lain seperti phenol. Jika air berbau maka akan mengganggu estetika (Sanropie, dkk, 1984).

Warna, warna air dibagi menjadi dua yaitu warna sejati dan warna tidak sejati, warna air biasanya dipengaruhi oleh masuknya zat terlarut, seperti unsur kimia organik dan anorganik (Tjokrokusumo, 1998). Warna jika berada dalam air terlihat dengan jelas akan mengurangi penetrasi sinar atau cahaya ke dalam air, sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan akan mengganggu aktifitas biologi yang ada di dalamnya. Pada kenyataannya pencemaran oleh zat warna juga dapat menyebabkan gangguan estetika lingkungan. Apabila kondisi tersebut berlangsung terus menerus dapat mengakibatkan terputusnya proses yang merupakan siklus pendukung lingkungan hidup (Fardiaz, 1992).

Temperatur, temperatur air akan mempengaruhi kesukaan masyarakat terhadap air tersebut. Temperatur yang diharapkan adalah antara 10-15° C, bila terjadi penyimpangan akan mengakibatkan meningkatnya daya toksisitas bahan kimia atau bahan pencemar dalam air, pertumbuhan mikrobiologi dalam air.

b. Sifat Kimia Air Limbah

Kandungan bahan kimia yang ada di dalam air limbah dapat merugikan lingkungan. Bahan organik terlarut dapat menghasilkan oksigen dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Selain itu akan lebih berbahaya apabila bahan kimia merupakan bahan kimia yang beracun. Adapun bahan kimia yang penting yang ada di dalam air limbah pada umumnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Bahan organik, pada umumnya zat organik berisikan kombinasi dari karbon, hidrogen dan oksigen, bersama-sama dengan nitrogen. Elemen lainnya yang penting seperti belerang, fosfor dan besi juga dapat dijumpai. Semakin lama, jumlah dan jenis bahan organik semakin banyak, hal ini akan mempersulit dalam pengolahan air limbah, sebab beberapa zat tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme.
2. Bahan anorganik, beberapa komponen anorganik dari air limbah dan air alami adalah sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air minum. Jumlah bahan anorganik meningkat sejalan dan dipengaruhi oleh formasi geologis dari asal air atau air limbah. Bahan anorganik

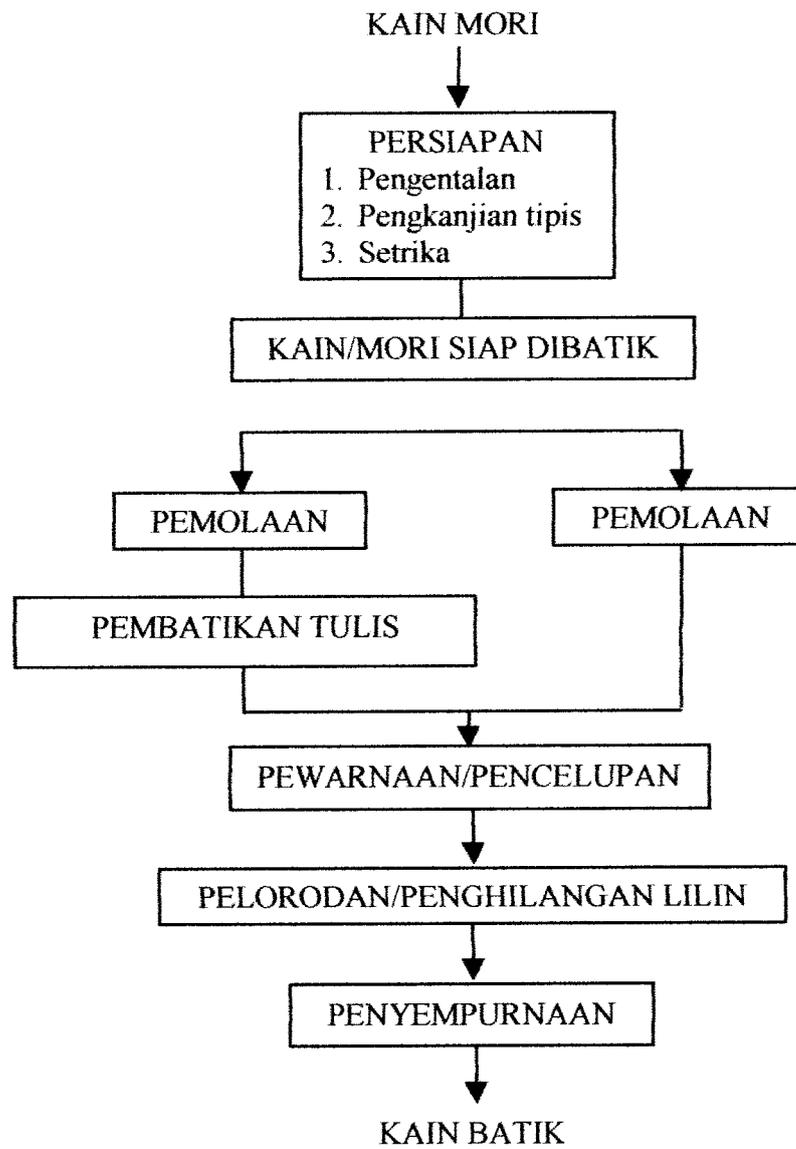
meliputi: pH, klorida, kebasaan, sulfur, zat beracun, logam berat, metan, nitrogen, fosfor, gas (Sugiharto, 1987).

c. Sifat Biologis Air Limbah

Pencemaran bakteriologis terjadi akibat adanya kontaminasi dari tinja yang terjangkit oleh penyakit yang diderita oleh manusia dengan akibat air menjadi pembawa bibit penyakit dari bakteri, virus, protozoa dan cacing parasit yang bersifat patogenik. Bakteri penyakit dari air diantaranya penyebab penyakit tipus, berasal dari bakteri *salmonia typhi*, penyakit kolera dari bakteri *vibrio cholera* dan penyakit disentri yang disebabkan oleh basil disentri. Virus *poliomyelities* dan *hepatities* menular, terdapat di air dari buangan tinja yang terkena penyakit itu. Parasit protozoa diantaranya adalah *entamoeba istolyca* dan *grardia lamblia*, keduanya merupakan penyebab penyakit perut yang cukup berbahaya. Indikator yang digunakan untuk mengetahui besar dan kecilnya pencemaran bakteriologis adalah berapa jumlah bakteri *kaliform* per seratus ml larutan dengan singkatan MPN (*Most Probable Number*) (Tjokrokusumo, 1998).

### 2.3. Proses Pembuatan Batik

Dalam proses pembuatan batik bahan baku yang digunakan diantaranya adalah: kain mori, bahan lilin batik, bahan batik dan zat warna sebagai bahan pembantu. Proses pembuatan batik dapat dilihat dalam Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1: Diagram Alir Proses Pembuatan Batik  
Sumber: Anonim, 1998

Proses pembuatan batik adalah sebagai berikut:

### 1. Persiapan

Proses ini meliputi: penyediaan kain atau mori, pengetelan, pengkanjian tipis, penghalusan permukaan dan pemolaan. Mori dipotong sesuai dengan ukuran tertentu kemudian diketel. Proses pengetelan dimaksudkan untuk menstabilkan dimensi, menghilangkan kanji dan zat penyempuran yang ditambahkan oleh pabrik mori. Setelah proses pengetelan dilanjutkan dengan pengkanjian tipis menggunakan 5 gr/l tapioka yang dimaksudkan untuk mendapatkan permukaan yang rata sehingga memudahkan proses pematikan dan pelepasan lilin. Selanjutnya kain dikeringkan, dipres atau disetrika dan dipola. Proses pemolaan merupakan proses menggambar motif dengan pensil pada kain yang akan dibatik tulis.

### 2. Proses pematikan

Proses ini merupakan proses melekatnya lilin batik pada mori, batik menggunakan canting maupun cap sesuai pola yang diinginkan. Suhu lilin batik untuk diletakkan berkisar antara  $100^{\circ}$  -  $110^{\circ}$  C, sedangkan batik tulis dan batik cap suhunya berkisar  $150^{\circ}$  C.

### 3. Proses pewarnaan

Proses pewarnaan ini bertujuan untuk memberikan warna pada kain dengan menggunakan zat warna. Proses ini dilakukan dengan dua cara yaitu: pencelupan dan pencoletan yang masing-masing dilakukan dalam suhu kamar. Zat warna yang sering digunakan adalah zat warna naphtol, indigosol, reaktif dingin dan indanthreen.

#### 4. Proses pelepasan lilin

Proses pelepasan lilin ini ada dua macam cara yaitu melepas lilin sebagian (kerokan) dan melepas lilin seluruhnya (melorot).

Kerokan adalah proses pelepasan lilin menggunakan alat cawuk setelah kain batikan direndam dalam air selama satu malam. Setelah dikerok kain batikan disikat sambil dibasahi menggunakan larutan soda abu. Sedangkan proses lorodan yaitu melepas lilin batik seluruhnya dilakukan dengan memasukkan kain batikan ke dalam air mendidih yang ditambahkan tapioka 5 g/l.

#### 2.4. Sumber Limbah Batik

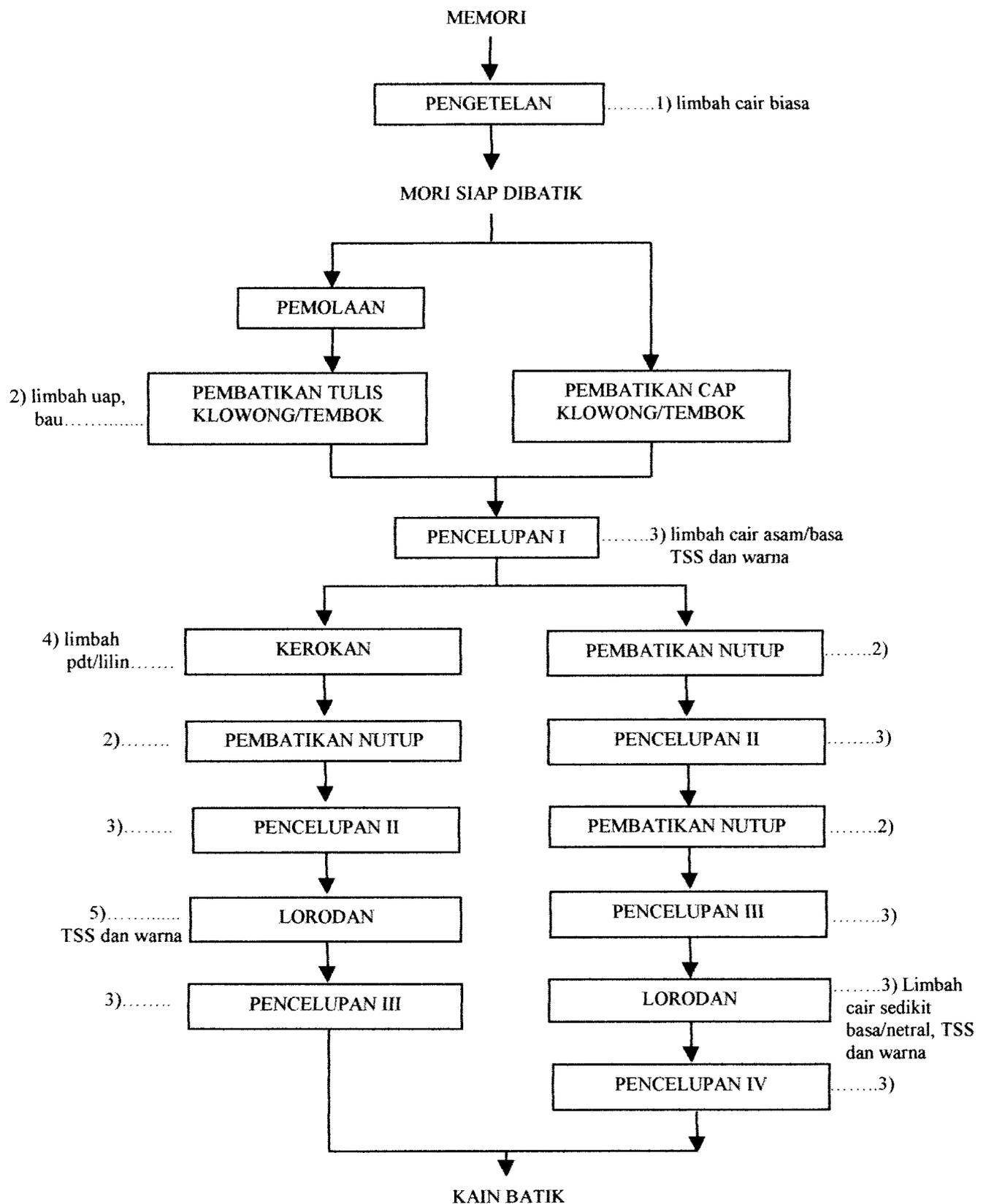
Setiap tahapan proses yang dilakukan pada pembuatan batik merupakan sumber limbah yang mengandung zat pencemar seperti terlihat pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1. Zat pencemar dalam limbah batik cair pada proses pembuatan batik.

No	Tahapan Proses	Zat Pencemar	Beban Pencemaran
1.	Persiapan	Kanji, zat penyempurna, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , minyak kacang	Rendah (cair)
2.	Pembatikan	Uap lilin batik, uap sisa pembakaran.	Kontak langsung (gas)
3.	Pewarnaan a. Naphthol b. Indigosol c. Reaktif dingin d. Rapid e. Indanthreen	Naphthol, garam Diazonium, NaOH, TRO Kanji Indigosol, NaNO <sub>2</sub> , HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , TRO, kation aktif, kanji Rapid, NaOH, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TRO, NaCl H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COOH, kanji	Sangat tinggi (cair)
4.	Pelepasan lilin	Minyak, lemak, NaOH, kanji dan lilin batik	Tinggi (cair, padat)
5.	Penyempurnaan	Zat kation aktif, kanji.	Rendah (cair)

Sumber: Anonim, 1998

Sebagai gambaran sumber-sumber limbah pada tahapan proses pembuatan batik, berikut ini disajikan alur proses pembuatan batik tulis atau cap secara kerokan dan lorodan dengan 2 - 4 warna, yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini:



Gambar 2.2. Tahapan Proses Pembuatan Batik Tulis/cap dengan sumber limbahnya.  
Sumber: Anonim 1998

Keterangan:

- 1). Rangkaian proses pengetelan: pengetelan → penirisan → pencucian → penganjjan tipis → pengeringan.
- 2). Rangkaian proses pencelupan warna I/II: pencelupan → pencucian pertama → pencucian kedua dan seterusnya → pengeringan
- 3). Rangkaian proses pelodoran: pelodoran → pencucian → pengeringan.

## 2.5. Karakteristik Limbah Cair Batik

Karakteristik limbah cair batik dapat digolongkan dalam sifat fisika, kimia dan biologi, namun untuk limbah cair industri kecil batik biasanya hanya terdiri dari karakteristik fisika dan kimia, seperti terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1	pH	-	5,8	6 – 9
2	BOD	mg/l	1260	30 – 300
3	COD	mg/l	3039,7	60 – 600
4	TSS	mg/l	855	100 – 400
5	Minyak/Lemak	mg/l	60,0	1,0 – 20,0
6	Phenol	mg/l	0,926	0,1 – 2,0
7	Warna	mg/l	185	50
8	Nitrat	mg/l	82,17	0,06 – 5,0
9	Cr	mg/l	0,0	2,0
10	Sisa Khlor	mg/l	-	600 – 1.200

(Sumber: Anonim, 1997)

Parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakteristik fisika dalam limbah cair adalah zat padat, suhu, warna dan bau, sedangkan untuk karakteristik kimia adalah zat-zat kimia organik dan anorganik.

### 2.5.1. Parameter Fisika

Adapun parameter fisika yang terdapat dalam limbah cair batik, yaitu:

#### a. Zat Padat.

Limbah cair industri batik juga mengandung zat padat. Berdasarkan ukuran partikel, zat padatnya dibedakan dalam padatan terlarut, koloidal dan suspensi.

Kekeruhan disebabkan oleh sifat menyerap dan membaurkan sinar oleh partikel-partikel koloidal. Padatan tersuspensi dapat mengendap sendiri tanpa bantuan koagulan, dan endapannya merupakan sejumlah lumpur yang diperoleh dari proses sedimentasi. Padatan total terdiri dari padatan terlarut, koloidal dan tersuspensi.

Dalam industri batik beberapa zat warna dan zat kimia merupakan padatan terlarut misalnya: larutan zat warna reaktif, kostik soda, asam, zat pembasah. Sedang yang merupakan padatan koloid dan tersuspensi misalnya: gabungan zat warna Naphtol dan garam Diazo, zat warna Indigosol, Rapid, Tapioka, lilin batik.

#### b. Suhu

Suhu limbah cair merupakan parameter penting untuk kehidupan makhluk air, reaksi kimia, kecepatan reaksi dan kegunaan dari air tersebut. Suhu limbah cair batik sama dengan suhu kamar.

#### c. Warna

Warna limbah cair industri batik terutama ditimbulkan oleh sisa-sisa zat warna yang masih ada dalam bekas larutan proses pencelupan.

Selain mengganggu keindahan, beberapa zat warna diduga bersifat racun. Warna pada limbah cair industri batik umumnya sukar dihilangkan.

Genangan air berwarna banyak menyerap oksigen terlarut, sehingga lama kelamaan membuat air berwarna hitam dan berbau.

d. Bau

Bau dari limbah cair merupakan indikasi adanya pelepasan gas yang berbau. Beberapa zat kimia yang digunakan dalam batik yang memberikan bau diantaranya: hidrosulfit, asam cuka, asam khlorida, kanji yang membusuk.

### **2.5.2. Parameter Kimia**

Senyawa organik maupun anorganik yang banyak terdapat dalam limbah cair industri batik berupa: karbohidrat, protein, lemak, minyak, surfaktan, zat organik aromatik seperti zat warna, zat pembantu pencelupan, alkali, asam dan garam.

Karbohidrat dapat berupa senyawa selulosa, kanji dan sebagainya, yaitu senyawa yang terdiri dari unsur-unsur C, H dan O. Sifatnya ada yang larut dan ada yang tidak larut dalam air. Pada umumnya karbohidrat mudah terdegradasi, dipecah oleh enzim, asam atau mikroorganisme.

Protein merupakan senyawa yang pada umumnya berasal dari hewan, misalnya: serat wol dan sutera yang sekaligus merupakan sumber makanan bagi makhluk hidup dan mudah dirusak oleh bakteri.

Lemak dan minyak merupakan senyawa ester dari alkohol atau gliserol dari asam-asam lemak. Lemak sukar dirusak oleh bakteri tapi mudah terhidrolasi oleh alkali dan membentuk senyawa sabun yang larut.

Surfaktan merupakan senyawa organik yang larut dalam air dan menimbulkan busa dalam limbah cair. Surfaktan atau zat aktif permukaan ada yang mudah diurai dan yang sangat sulit dipecah oleh mikroorganisme.

Parameter-parameter kimia dinyatakan dalam indikasi berikut:

a. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD merupakan banyaknya oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menghancurkan bahan organik dalam air. Zat-zat organik dalam limbah cair terutama tersusun dari unsur-unsur: C, H, O dan sedikit unsur N, S yang berpotensi menyerap oksigen. Oksigen tersebut digunakan untuk menguraikan atau membongkar senyawa organik. Dengan demikian kadar oksigen dalam limbah cair lama kelamaan berkurang dan limbah cair bertambah keruh serta berbau.

$BOD_5^{20}$  didefinisikan sebagai banyaknya oksigen menurut yang dikonsumsi dalam 5 hari oleh proses-proses biologik dalam menguraikan bahan organik dalam air buangan atau limbah pada suhu  $20^\circ\text{C}$  atau jumlah oksigen yang diperlukan dalam 5 hari oleh campuran populasi mikroorganisme dalam oksidasi aerobik pada suhu  $20^\circ\text{C}$ .

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam air limbah.

COD juga merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologi dan akibatnya oksigen terlarut dalam air akan berkurang.

c. pH.

pH merupakan ukuran derajat keasaman atau kebasaan relatif suatu bahan, cair atau padat. pH terdiri atas skala 0 sampai 14, skala 7 adalah skala netral, angka yang lebih rendah dari 7,0 menandakan adanya asam, angka 0 adalah sangat asam. Angka yang lebih dari 7,0 menandakan adanya basa dimana angka 14 adalah sangat basa.

d. Logam berat.

Logam berat merupakan unsur-unsur logam seperti besi, nikel, seng, kadmium, merkuri, kromium, arsen dan timbal yang mempunyai berat atom yang besar. Logam berat ini dapat menimbulkan akibat yang buruk pada makhluk hidup dalam kadar yang rendah dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan.

## **2.6. Pengolahan Limbah Cair Batik dengan Aerokarbonfilter**

Reaktor Aerokarbonfilter yaitu reaktor yang susunannya terdiri atas aerasi, adsorben (karbon aktif dan zeolit) dan filter pasir.

### **2.6.1. Aerasi**

Aerasi adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas di udara dengan cairan pada gas-liquid interface.

#### **2.6.1.1. Prinsip Aerasi**

Aerasi merupakan suatu sistem oksidasi melalui penangkapan  $O_2$  dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan ini bertujuan agar  $O_2$  di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksigen logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap. Jadi prinsip dasar dari aerasi yaitu pertukaran tempat suatu substansi dari air ke udara atau sebaliknya terjadi pada permukaan atau pertemuan antara udara dan air.

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan pengolahan air. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur.

Aerasi bertujuan untuk:

1. Penambahan jumlah oksigen.
2. Penurunan jumlah karbon dioksida ( $CO_2$ )
3. Menghilangkan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), Methan ( $CH_4$ ) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

### 2.6.1.2. Jenis-jenis Aerasi

Jenis-jenis aerasi antara lain:

#### 1. Memasukkan udara ke dalam air

Adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni ke dalam air melalui benda porous atau *nozzle*. Apabila *nozzle* diletakkan di tengah-tengah, maka akan meningkatkan kecepatan berkontaknya gelembung udara tersebut dengan air, sehingga proses pemberian oksigen akan berjalan lebih cepat. Oleh karena itu, biasanya *nozzle* adalah berasal dari udara luar yang dipompakan ke dalam air limbah oleh pompa tekan.

#### 2. Memaksakan air ke atas untuk berkontak dengan oksigen

Adalah cara mengontakkan air dengan oksigen melalui pemutaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air. Akibat dari pemutaran ini, air akan terangkat ke atas dan dengan terangkatnya maka air akan mengadakan kontak langsung dengan udara sekitarnya. Pengalaman menunjukkan bahwa 43-123 m<sup>3</sup> udara diperlukan untuk menguraikan 1 kg BOD atau bila dalam pengolahan air limbah dengan menggunakan aerator mekanis diperlukan 0,7-0,9 kg oksigen/jam untuk dimasukkan ke dalam lumpur aktif.

#### 3. Multiple Tray Aerator

Aerator ini perlengkapannya sangat sederhana dan persiapannya tidak mahal serta menempati ruang yang sangat sempit. Tipe ini terdiri dari 4-8 tray dengan lubang dibagian bawah pada interval 30-50 cm. Lubang air dibuat sama dengan tray yang di atasnya dan aliran ke bawahnya rata-rata sekitar 0.02 m<sup>3</sup>/detik. Air diterjunkan dan dikumpulkan lagi pada tiap-tiap tray. Tray

dapat dibuat dari beberapa bahan yang sesuai seperti papan asbes yang berlubang-lubang, pipa-pipa plastik dengan diameter kecil atau bilah-bilah kayu yang disusun paralel.

### **2.6.2. Adsorben**

Bahan adsorben sangat beragam, ada yang berupa mineral alam (yang mungkin perlu diproses dan ditambah beberapa aditif sebelum dapat dipakai sebagai adsorben), resin sintesis atau alami (misalnya penukar ion), karbon aktif, saringan molekuler.

#### **2.6.2.1. Karbon Aktif**

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 dibandingkan dengan karbon yang belum menjalani proses aktivasi, serta mempunyai permukaan yang luas, yaitu antara 300 sampai 2000 m per 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 di dalam suatu larutan.

Karbon aktif untuk semua tujuan, dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bubuk dan granular. Karbon bentuk bubuk digunakan untuk adsorpsi dalam larutan. Misalnya untuk menghilangkan warna (*decolorisasi*), sedangkan karbon bentuk granular digunakan untuk adsorpsi gas dan uap, dikenal pula sebagai karbon pengadsorpsi gas. Karbon bentuk granular kadang-kadang juga digunakan di dalam media larutan khususnya untuk deklorinasi air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen-komponen dalam suatu sistem yang mengalir (Smisek, 1970).

Sifat dari karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan yang digunakan, misalnya: tempurung kelapa menghasilkan arang yang lunak dan cocok untuk menjernihkan air.

#### **A. Proses Pembuatan 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 di bawah  $600^{\circ}\text{C}$ . Disamping itu ditemukan pula bahwa aktivasi arang dengan uap air sangat baik pada temperatur  $900-1000^{\circ}\text{C}$  dan penambahan garam KCNS akan mempertinggi daya adsorpsi 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 per gram.

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 adsorpsi 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 menaikkan 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 menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi, misalnya dengan menggunakan uap panas, gas karbondioksida dengan temperatur antara  $700-1100^{\circ}C$  atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator (Smisek,

1970). 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.

Jadi karbon aktif dapat dibuat dengan dua metode aktivasi (Smisek, 1970), yaitu:

- a. Aktivasi fisika, pada aktivasi ini digunakan gas pengaktif, misalnya uap air atau CO, yang dialirkan pada karbon hasil yang dibuat dengan metode karbonasi biasa. Pada saat ini senyawa-senyawa hasil ikutan akan hilang dan akhirnya akan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70%.
- b. Aktivasi kimia, pada aktivasi ini bahan dikarbonisasi dengan tambahan zat pengaktif (aktivator) yang mempengaruhi jalannya pirolisis. Kemudian dicuci dengan air dan kemudian dikeringakan.

Biasanya proses aktivasi fisika merupakan awal dari proses aktivasi kimia. Pembuatan karbon aktif akan melalui beberapa tahapan sebagai berikut penghilangan air (dehidrasi), pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon dan komposisi tar yang juga memperluas pori-pori.

Pada proses produktif karbon aktif, metode tersebut dapat dikembangkan untuk maksud tertentu.

## **B. Adsorpsi dengan Karbon Aktif**

Adsorpsi adalah proses terjadinya perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Adsorpsi terjadi karena gaya tarik-menarik antara molekul adsorbat dan tempat-tempat aktif di permukaan adsorben. Bila gaya pengikatan pada permukaan merupakan gaya tarik antar molekul, adsorpsinya disebut adsorpsi fisik. Bila gaya pengikatnya merupakan interaksi kimiawi (artinya terjadi rekonfigurasi dan pertukaran elektron antara adsorbat dan adsorben) peristiwanya disebut adsorpsi kimiawi (Weber, 1972).

Mekanisme dalam peristiwa adsorpsi dapat diterangkan sebagai berikut: Molekul adsorbat berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben (disebut difusi eksternal); sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar, sebagian besar berdifusi lanjut di dalam pori-pori adsorben (disebut difusi internal). Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian besar akan teradsorpsi dan terikat di permukaan. Akan tetapi, bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh dengan adsorbat, dapat terjadi dua hal:

- a. Terbentuknya lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multilayer.
- b. Tidak dapat terbentuk, lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi ke luar pori dan kembali ke arus fluida, gejala ini disebut adsorpsi monolayer.

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

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 mengadsorpsi (adsorben). 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 aromatis maupun derivatnya. Senyawa fenol-aldehid maupun derivatnya 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 adsorpsi karbon aktif. Misalnya, ukuran 20 angstrom dapat digunakan untuk menghilangkan campuran rasa dan bau, hanya lebih efektif untuk pembersihan gas, sedangkan untuk ukuran 20-100 angstrom 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.

Menurut Sasmojo, S (1994) faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut :

- a. Karakteristik fisis dan kimia adsorben, seperti: luas permukaan, ukuran pori dan komposisi kimia.
- b. Karakteristik fisis dan kimia adsorbat, seperti: ukuran molekul, kepolaran molekul dan komposisi kimianya.
- c. Konsentrasi adsorbat dalam fase cair.
- d. Karakteristik fasa cair yaitu pH dan temperatur.
- e. Kondisi operasi adsorpsi.

### **C. Penggunaan Karbon Aktif**

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.

### **D. Regenerasi Karbon Aktif**

Karbon aktif yang telah digunakan dalam waktu tertentu keaktifannya akan berkurang sehingga tidak dapat digunakan lagi. Masa aktif dari karbon

bervariasi dan sangat tergantung dari senyawa-senyawa yang diadsorpsi dan besarnya konsentrasi senyawa tersebut.

Karbon yang telah tidak aktif lagi dapat diaktifkan kembali melalui proses regenerasi. Secara ekonomi penggunaan karbon aktif untuk pengolahan air buangan sangat menguntungkan karena dapat diregenerasi berulang-ulang sampai kira-kira 20 kali sehingga biaya operasinya menjadi rendah (Cheremisinoff, 1978).

Proses regenerasi yang biasa dilakukan adalah proses thermal atau regenerasi panas. Keuntungan cara regenerasi ini yaitu dapat mengaktifkan kembali karbon secara efektif tanpa menghiraukan sifat senyawa organik yang diadsorpsi.

Proses regenerasi thermal biasa dilakukan pada tungku jenis "rotary kiln" dan "multiple hearth furnace". Karbon aktif yang akan diregenerasi sebelum dimasukkan ke dalam furnace terlebih dahulu dihilangkan dulu airnya pada *dewatering screw*. Suhu furnace biasanya berkisar antara 850-950°C, di sini karbon dikeringkan dari sisa-sisa air dan senyawa-senyawa organik diuapkan serta dioksidasi dengan penambahan sedikit oksigen. Selama proses regenerasi dan pemindahan karbon mengalami kehilangan sebesar 2-10%.

Setelah diregenerasi karbon dikembalikan ke dalam kolom penyerap atau disimpan dalam *carbon storage tank*. Tempat penyimpanan karbon aktif harus terhindar dari api, bunga listrik serta pancaran panas benda lain, karena karbon aktif sangat mudah terbakar.

### 2.6.2.2. Zeolit

Istilah zeolit berasal dari kata *zein* (bahasa Yunani) yang berarti membuih dan *lithos* berarti batu. Nama ini sesuai dengan sifat yang membuih bila dipanaskan pada suhu 100<sup>0</sup>C.

Zeolit adalah senyawa aluminosilat yang terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini memiliki struktur tiga dimensi dan memiliki pori-pori yang dapat diisi dengan air. Selain itu zeolit memiliki kemampuan untuk menyerap dan melepaskan komponen yang terkandung serta dapat menukar berbagai jenis kation tanpa merubah struktur utama penyusunnya.

Zeolit merupakan batuan yang secara kimia termasuk bahan silikat yang dinyatakan sebagai aluminosilat terhidrasi, yang merupakan hasil produksi sekunder, baik dari hasil pelapukan ataupun sedimentasi. Batuan zeolit dengan struktur berongga sebagai suatu aluminosilat yang mempunyai struktur rongga dengan rongga-rongga di dalamnya terdapat ion-ion logam dan molekul-molekul air yang keduanya dapat bergerak sehingga dapat dipakai sebagai penukar ion dan dihidrasi secara reversible tanpa terjadi perubahan struktur (Barrers, 1978).

#### A. Sifat-sifat zeolit

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

Sifat zeolit meliputi :

### 1. Dehidrasi

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

### 2. Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Apabila kristal zeolit dipanaskan pada suhu  $300^{\circ}$ - $400^{\circ}$  celcius maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Selain mampu menyerap gas atau zat, zeolit juga mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran dan kepolarannya.

### 3. Penukaran Ion

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

### 4. Katalis

Ciri khusus zeolit yang secara praktis menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur.

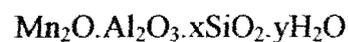
Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas diantara kristal. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori besar dan permukaan yang maksimum.

#### 5. Penyaring/pemisah

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

### B. Komposisi zeolit

Struktur kristal zeolit dibentuk oleh ion Al-Si-O, sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah tertukar. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral  $\text{AlO}_4$  dan  $\text{SiO}_4$  yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut  $\text{Si}^{4+}$  dapat diganti dengan  $\text{Al}^{3+}$  sehingga rumus empiris zeolit menjadi :



Keterangan :

M = kation alkali atau alkali tanah

n = valensi logam alkali

x = bilangan tertentu (2 s/d 10)

y = bilangan tertentu (2 s/d 10)

Sebagai contoh adalah penurunan unit klinoptilotit yang merupakan jenis umum dijumpai yaitu:  $(\text{Na}_4\text{K}_4)(\text{Al}_{18}\text{Si}_{40}\text{O}_{96})_{24}\text{H}_2\text{O}$ . Ion  $\text{K}^+$  dan  $\text{Na}^+$  merupakan struktur kation dengan oksigen yang membentuk struktur tetrahedral. Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Komponen utama pembangunan struktur zeolit adalah bangunan primer  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  yang mampu membentuk struktur tiga dimensi. Muatan listrik yang dimiliki oleh kerangka zeolit, baik yang ada di permukaan maupun di dalam pori-pori menyebabkan zeolit berperan sebagai penukar ion, mengadsorpsi dan katalis.

### C. Pengolongan Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu: zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan tuf vulkanik dan zeolit sintetis direkayasa oleh manusia secara kimia.

#### 1. Zeolit Alam

Di alam banyak dijumpai zeolit dalam lubang-lubang lava dan dalam batuan piroklasik berbutir halus (tuf). Berdasarkan proses pembentukannya zeolit alam dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

##### a. Zeolit yang terdapat diantara celah-celah atau diantara lapisan batuan.

Zeolit jenis ini biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain, seperti: kalsit, kwarsa, renit, klorit, flourit, mineral sulfide dan lain-lain.

##### b. Zeolit yang berupa batuan

Zeolit ini dapat dibedakan menjadi 7 (tujuh) kelompok, yaitu :

- Mineral zeolit yang terbentuk dari gunung api di danau asin yang tertutup.
- Mineral zeolit yang terbentuk di dalam danau air tawar atau di dalam lingkungan air tanah terbuka.
- Mineral zeolit yang terbentuk di lingkungan laut
- Mineral zeolit yang terbentuk karena proses metamorphose berderajat rendah, karena pengaruh timbunan.
- Mineral zeolit yang terbentuk oleh aktivitas hidrotermal atau air panas.
- Mineral zeolit yang terbentuk dari gunung api di dalam tanah yang bersifat alkali
- Mineral zeolit yang terbentuk dari batuan atau mineralisasi yang tidak menunjukkan bukti adanya hubungan langsung dengan kegiatan vulkanis

## 2. Zeolit Sintetis

Susunan atom maupun komposisi zeolit dapat dimodifikasi, maka dapat dibuat zeolit sintetis yang mempunyai sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Sifat zeolit sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si dari zeolit tersebut. Oleh karena itu zeolit sintetis dikelompokkan sesuai dengan perbandingan kadar komponen Al dan Si dalam zeolit menjadi zeolit kadar Si rendah, zeolit kadar Si sedang dan zeolit kadar Si tinggi.

### **D. Pengaktifan Zeolit**

Beberapa cara pengaktifan zeolit, antara lain:

### 1. Cara Pemanasan

Pemanasan disini dimaksudkan untuk melepaskan molekul-molekul air yang terdapat pada zeolit yang nantinya akan digantikan oleh molekul yang diadsorpsi.

### 2. Cara Kimia

Pengaktifan cara kimia dilakukan dengan perendaman dan pengadukan dalam suatu larutan asam ( $H_2SO_4$ ) atau basa ( $NaOH$ ) dengan tujuan untuk membersihkan permukaan pori, membuang senyawa pengotor dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan. Selain itu juga dapat menggunakan  $KMnO_4$  1% untuk mengaktifkan zeolit tersebut.

## **E. Regenerasi Zeolit**

Setelah dipakai untuk menyerap logam atau ammonia, zeolit akan menjadi jenuh sehingga kemampuan adsorpsinya atau pertukaran ionnya akan berkurang sehingga zeolit harus diregenerasi dengan beberapa cara yaitu secara kimia, panas atau biologi. Regenerasi secara kimia dapat memakai asam, basa atau garam. Regenerasi memakai basa lebih baik dari pada memakai asam atau memakai garam (Sutarti, 1994).

Proses regenerasi akan mengaktifkan kembali resin kation dengan cara mengubah kalsium zeolit (CaZ) magnesium zeolit (MgZ) kembali menjadi sodium zeolit (NaZ), dengan cara dicuci dengan larutan air garam dapur (NaCl). Garam dapur tersebut terlebih dahulu harus dilarutkan dalam air. Sebelum digunakan terlebih dahulu garam tersebut melewati tahapan penyaringan agar tidak ada

kotoran ataupun endapan yang dapat mengganggu proses selanjutnya (Reynold, 1982).

### **2.6.3. Pasir**

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

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

#### **2.6.3.1. Susunan Kimia Pasir**

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi, karena  $\text{SiO}_2$  yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula (Lewis, 1980). Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

#### **2.6.3.2. Karakteristik Fisik Pasir**

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

a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan/permeabilitas. Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu: bundar, menyudut tanggung dan bundar menyudut (Lewis, 1980). Umumnya dalam satu jenis pasir ditemukan bentuk lebih dari satu bentuk butir. Pasir dengan bentuk bundar memberikan kelolosan lebih tinggi dari pada pasir bentuk lain.

b. Ukuran Butiran Pasir

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

c. Kemurnian pasir

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

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

Saringan pasir bertujuan mengurangi kandungan lumpur dan bahan-bahan padat yang ada di air. Ukuran pasir untuk menyaring bermacam-macam,

tergantung jenis bahan pencemar yang akan disaring. Pengamatan tentang bahan padat yang terapung, seperti potongan kayu, dedaunan, sampah dan kekeruhan air perlu dilakukan untuk menentukan ukuran yang akan dipakai. Semakin besar bahan padat yang perlu disaring, semakin besar ukuran pasir.

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

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

## **2.7. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)**

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali (Sugiharto, 1987). *Biochemical Oxygen Demand* merupakan parameter yang umum dipakai untuk menentukan besarnya pencemaran oleh bahan-bahan organik air limbah.

Secara umum BOD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri-bakteri aerobik untuk menetralkan atau menstabilkan bahan-bahan organik di dalam air melalui oksidasi biologis. Kebutuhan oksigen biologi biasanya dihitung selama periode 5 (lima) hari pada suhu 20°C. Semakin tinggi harga BOD di dalam air buangan, semakin tinggi pula tingkat pencemaran air buangan tersebut. Penurunan nilai BOD mempunyai hubungan dengan peningkatan massa lumpur aktif hasil proses dekomposisi, hal ini akan mempengaruhi secara langsung oleh jenis, sifat dan jumlah kandungan mikroorganisme yang ada di dalam limbah (Suriawara, 1993). Limbah cair banyak mengandung segala macam bahan buangan yang akan mengalami pembusukan. Organisme yang mati akan menghasilkan persenyawaan nitrogen organik yang kompleks. Zat organik ini akan dirombak oleh bakteri anaerob membentuk senyawa amoniak, apabila limbah cair yang mengandung bakteri diberi oksigen secukupnya, maka akan terjadi proses dekomposisi aerob.

Nilai BOD merupakan petunjuk untuk mengetahui banyak zat organik yang terkandung dalam air limbah. Dengan adanya oksigen, maka senyawa organik dan anorganik akan dirombak oleh bakteri. Proses pembusukan ini dapat menyebabkan jumlah bahan organik dalam air kotor akan berkurang. Proses ini sering disebut sebagai proses biodegradasi (Soewito, 1985).

Sedang Sugiharto (1987), menyatakan bahwa pemeriksaan BOD perlu untuk menentukan bahan pencemaran akibat buangan dan untuk merencanakan sistem pengolahan biologi terhadap air yang tercemar.

Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen dalam air dan proses tersebut juga berlangsung dalam badan air sungai,

air danau maupun instalasi pengolahan limbah cair yang menerima buangan yang mengandung zat organik.

Menurut Riyadi (1984), menyatakan bahwa semakin besar BOD dalam air maka persediaan oksigen terlarut yang berada di dalamnya semakin berkurang. Sedang menurut Sugiharto (1987), bahwa semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran limbah cair semakin besar.

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

## 2.8. Nitrogen

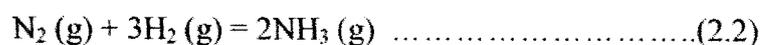
Nitrogen terdapat di alam terutama sebagai dinitrogen,  $N_2$  (titik didih 77,3 K), yang terdiri atas 78% dari volume atmosfer bumi. Kekuatan  $N \equiv N$  yang besar pada prinsipnya bertanggung jawab bagi keinertan kimia  $N_2$ , dan bagi kenyataan bahwa kebanyakan senyawaan nitrogen sederhana adalah endotermis meskipun mereka mengandung ikatan yang kuat. Dinitrogen tercatat tidak reaktif dibandingkan dengan sistem ikatan rangkap tiga yang isoelektron seperti  $X - C \equiv C - X$ ,  $:C \equiv O:$ ,  $X - C \equiv N:$ , dan  $X - N \equiv C:$ . Gugus  $-C \equiv C-$  dan  $-C \equiv N$  dapat bertindak sebagai donor dengan menggunakan elektron  $\pi$ -nya, sedangkan  $N_2$  tidak. Meskipun demikian ia dapat membentuk kompleks yang sama dengan yang dibentuk oleh CO, meskipun sampai batas yang lebih sempit, di mana terdapat konfigurasi  $M \leftarrow N \equiv N:$  dan  $M \leftarrow C \equiv O:$

Nitrogen diperoleh dengan pencairan dan fraksinasi udara. Biasanya mengandung sedikit argon dan bergantung kepada kualitasnya, dalam jumlah di atas ~ 30 ppm dari oksigen. Secara spektroskopi, N<sub>2</sub> murni dibuat dengan dekomposisi termal natrium atau barium azida:



Satu-satunya reaksi N<sub>2</sub> pada suhu ruangan adalah logam Li menghasilkan Li<sub>3</sub>N, dengan kompleks logam transisi tertentu dan dengan bakteri fiksasi nitrogen, baik yang hidup bebas maupun yang bersimbiose pada tunas akar cengkeh, kacang merah dan sejenisnya. Mekanisme bakteri ini memfiksasi N<sub>2</sub> tidak diketahui.

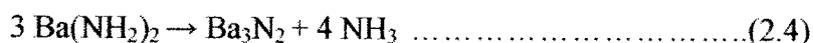
Pada suhu tinggi, nitrogen menjadi lebih reaktif, khususnya bilamana dikatalisis, reaksi yang khas adalah:



Senyawa nitrogen dapat berupa:

a. Nitrida

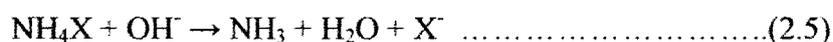
Nitrida logam elektropositif mempunyai struktur dengan atom nitrogen diskret dan dapat dianggap sebagai anion, misalnya: (Ca<sup>2+</sup>)<sub>3</sub>(N<sup>3-</sup>)<sub>2</sub>, (Li<sup>+</sup>)<sub>3</sub>N<sup>3-</sup> dan sebagainya. Hidrolisisnya yang mudah terhadap amonia dan hidroksida logam, konsisten dengan hal ini. Suatu nitrida dibuat dengan interaksi langsung atau dengan pelepasan amonia dari amida dengan persamaan, misalnya:



Banyak "nitrida" logam transisi seringkali tidak stoikiometri dan mempunyai atom nitrogen dalam interstisi tatanan kemas rapat atom logam. Seperti karbida atau borida yang sama, mereka keras, inert secara kimia, titik lelehnya tinggi dan menghantar listrik.

#### b. Nitrogen Hidrida

Amonia.  $\text{NH}_3$  dibentuk dengan pemberian basa pada suatu garam amonium :



Amonia dalam industri dibuat dengan proses Haber dalam mana reaksinya berjalan pada 400 sampai 500° C dan tekana  $10^2$  sampai  $10^3$  atm dengan adanya katalis. Meskipun kesetimbangan lebih disukai pada suhu rendah dan dengan katalis yang terbaik, suhu yang tinggi diperlukan untuk mendapatkan laju yang memuaskan. Katalis yang terbaik adalah besi- $\alpha$  yang mengandung beberapa oksida untuk memperluas kisi dan memperbesar permukaan aktif.

Amonia adalah gas tajam yang tidak berwarna (titik didih  $-33,5^\circ$  C). Cairannya mempunyai panas penguapan yang besar ( $1,37 \text{ kJ g}^{-1}$  pada titik didihnya) dan dapat ditangani dengan peralatan laboratorium yang biasa. Cairan  $\text{NH}_3$  mirip air dalam perilaku fisiknya, bergabung dengan sangat kuat melalui ikatan hidrogen. Tetapan dielektriknya cukup tinggi untuk membuatnya sebagai pelarut pengion yang baik.

Cairan  $\text{NH}_3$  mempunyai kereaktifan lebih rendah daripada  $\text{H}_2\text{O}$  terhadap logam elektropositif.

## 2.9. $\text{NO}_3^-$ (Nitrat)

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan senyawa stabil. Nitrat merupakan salah satu unsur penting untuk sintesa protein tumbuhan dan hewan akan tetapi nitrat pada konsentrasi yang tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tidak terbatas (bila beberapa syarat lain seperti konsentrasi fosfat dipenuhi), sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang dapat menyebabkan kematian ikan.

Jika amoniak diubah menjadi nitrat, maka akan terdapat nitrit dalam air. Hal ini terjadi jika air tidak mengalir, tetapi tidak bertahan lama. Kandungan nitrogen di dalam air sebaiknya di bawah 0,3 ppm. Kandungan nitrogen di atas jumlah tersebut mengakibatkan ganggang tumbuh dengan subur. Jika kandungan nitrat di dalam air mencapai 45 ppm maka berbahaya untuk diminum. Nitrat tersebut akan berubah menjadi nitrit di perut. Keracunan nitrit akan mengakibatkan wajah membiru dan kematian (Kristanto, 2002).

Nitrat dan Nitrit dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan GI, diare campur darah, disusul oleh konvulsi, koma dan bila ditolong akan meninggal. Keracunan kronis menyebabkan depresi umum, sakit kepala dan gangguan mental (Slamet, 2002).

Sumber Nitrat sukar dilacak di sungai atau danau. Karena merupakan nutrien, nitrat mempercepat tumbuh plankton. Nitrat dapat menurunkan oksigen terlarut, menurunkan populasi ikan, bau busuk, rasa tidak enak dan kurang sehat untuk rekreasi (Sastrawijaya, 1991).

### **2.10. Hipotesa**

Bahwa dengan penggunaan reaktor Aerokarbonfilter:

1. Dapat menurunkan kadar BOD<sub>5</sub> dalam limbah cair Batik.
2. Kadar Nitrat turun atau tetap.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di laboratorium Lingkungan - Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

#### **3.2. Obyek Penelitian**

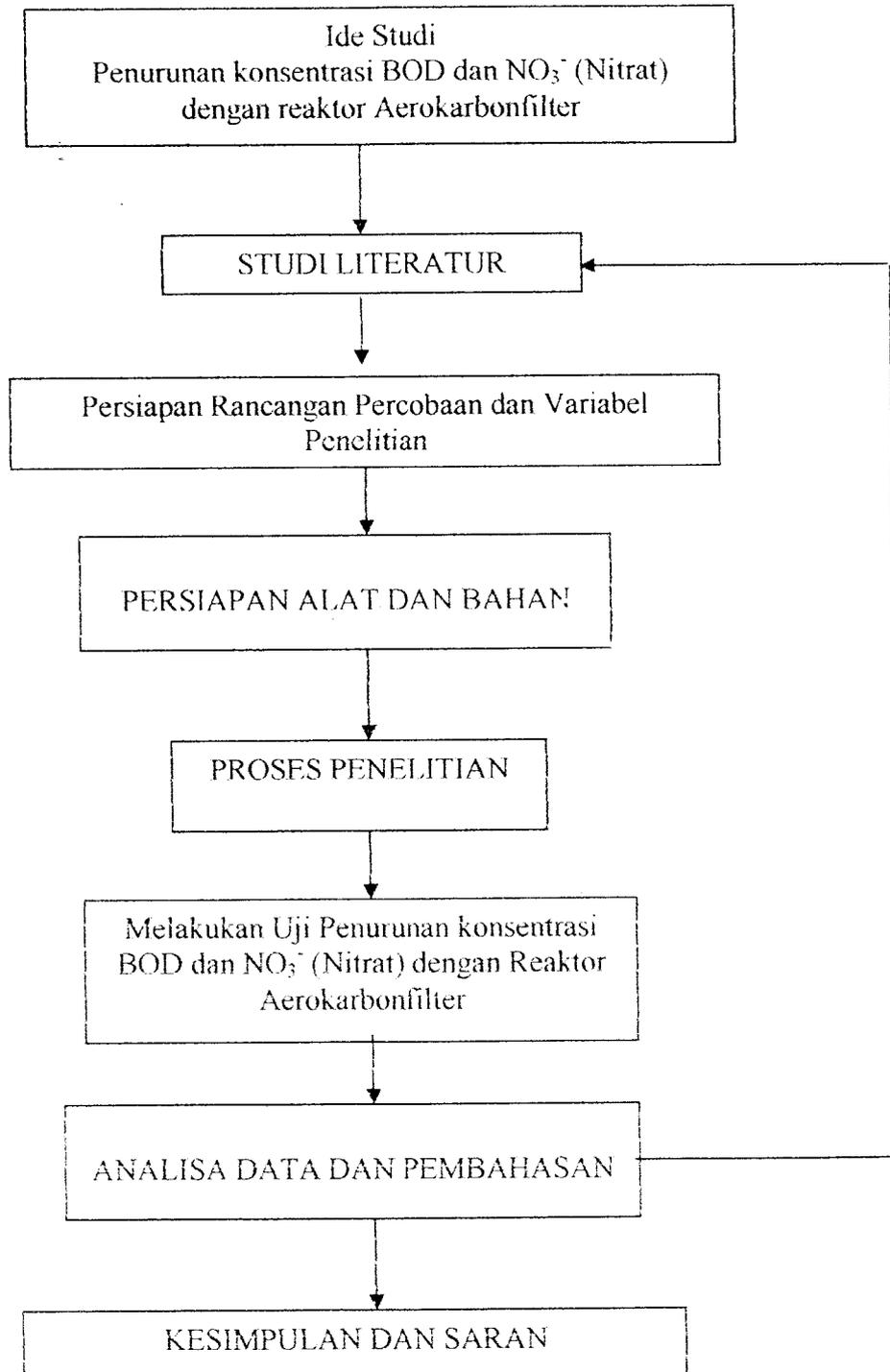
Obyek penelitian adalah limbah cair Batik yang berasal dari Batik Nakula Sadewa, Jl. Kapten Haryadi 9 B Triharjo Sleman Yogyakarta.

#### **3.3. Jenis Penelitian**

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

#### **3.4. Kerangka Penelitian**

Adapun kerangka penelitian untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram penelitian yaitu pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

### 3.5. Parameter Penelitian dan Metode uji

Dalam penelitian ini parameter yang akan diperiksa yaitu BOD dan Nitrat. Pada Tabel 3.1 dapat dilihat parameter penelitian dan metode uji setiap parameter.

Tabel 3.1. Parameter Penelitian dan Metode Uji

Nomor	Parameter	Metode Uji
1.	BOD	SNI 1990 – Standar 59 Metode Pengujian Kadar Kebutuhan Oksigen Biokimiawi Dalam Air SK SNI M-69-1990-03
3.	Nitrat	SNI 1990 - Standar 47 Metode Pengujian Kadar Nitrat dalam air dengan alat Spektrofotometer Secara Brusin Sulfat SK SNI M-49-1990-03

### 3.6. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Parameter yang diteliti adalah  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ).
2. Variabel penelitian adalah perbandingan efektifitas antara karbon aktif dan zeolit yang akan digunakan pada reaktor Aerokarbonfilter.
3. Nilai efisiensi reaktor Aerokarbonfilter.

### 3.7. Reaktor Aerokarbonfilter

#### 3.7.1. Dimensi Reaktor

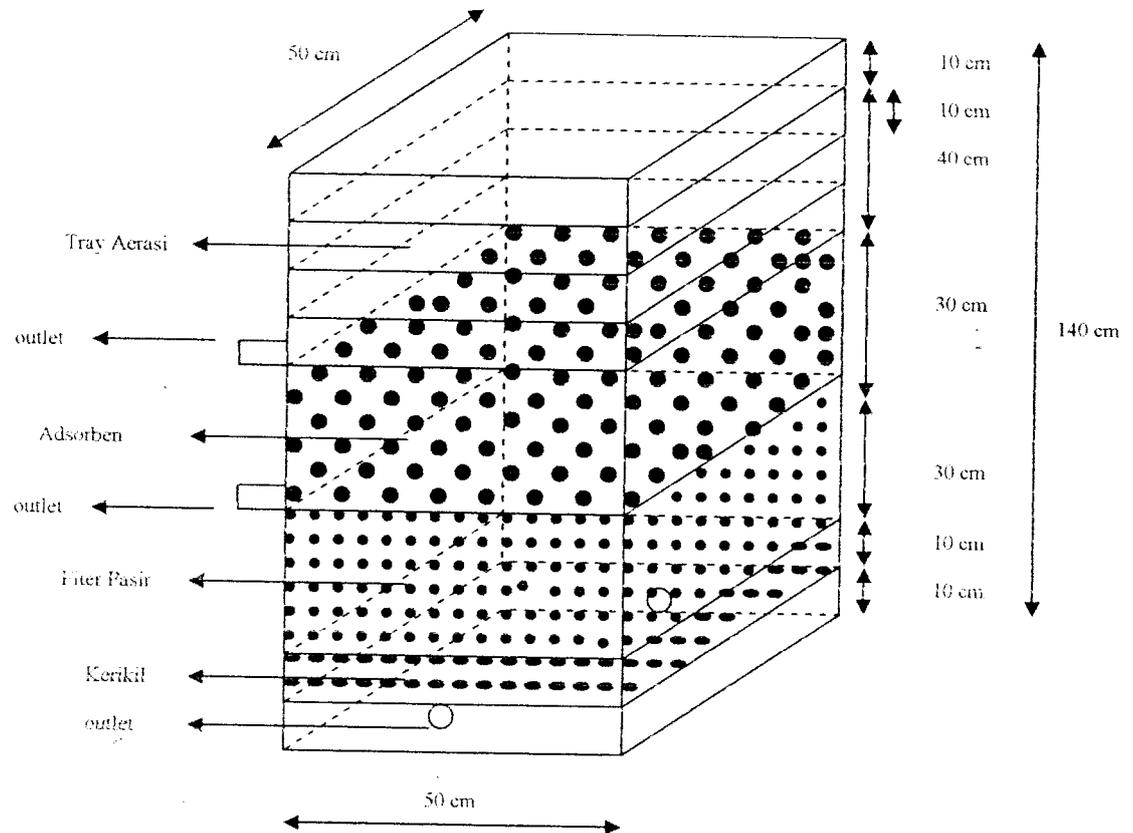
Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca. Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, adsorpsi dan filter pasir. Untuk dimensi reaktor dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini:

Tabel 3.2. Dimensi Reaktor

Dimensi	Simbol	Hasil perhitungan	Satuan	Pers. yang digunakan
Panjang	L	0.5	m	
Lebar	W	0.5	m	
Tinggi pasir	Tp	0.3	m	
Tinggi adsorben	Ta	0.3	m	
Tinggi tray aerasi	Tt	4×0.1	m	
Luas area	A	0.25	m	$L \times W$
Volume adsorben	Va	0.075	m	$A \times T_k$
Volum reaktor	Vr	0.075	m	$A \times T_p$
Debit	Q	0.04	Lt/dt	

#### 3.7.2. Desain reaktor

Bentuk reaktor yang digunakan adalah seperti yang tergambar di bawah ini:



**Gambar 3.2. Reaktor Aerokarbonfilter**

Adapun keterangan dari Gambar 3.2. di atas adalah sebagai berikut:

1. Aerasi

Aerasi yang digunakan adalah tipe *multiple tray aeration* dengan jumlah tray 4 buah dengan jarak tiap tray 10 cm.

2. Adsorben (Karbon aktif dan zeolit)

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa, sedangkan zeolit yang digunakan adalah zeolit alam. Karbon aktif dan zeolit memiliki ketebalan 30 cm.

### 3. Pasir

Media penyaring yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa. Tipe saringan pasir cepat dengan diameter pasir 0,4 - 0,8 mm dan ketebalan 30 cm serta ketebalan kerikil 10 cm.

#### 3.7.3. Pembuatan Reaktor Aerokarbonfilter

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter, yaitu:

##### 1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter antara lain:

- a) Gergaji besi
- b) Cutter
- c) Penggaris
- d) Spidol
- e) Bor

##### 2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan reaktor aerokarbonfilter antara lain:

- a) Kaca
- b) Akrilik
- c) Besi siku
- d) Pipa PVC
- e) Sekrup

- f) Selang plastik
- g) Gate valve
- h) Pompa
- i) Lem
- j) Ember
- k) Media penyaring: Pasir kuarsa
- l) Media adsorben:
  - Karbon aktif
  - Zeolit

### 3.8. Pelaksanaan Penelitian

Reaktor yang dirancang adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri dari aerasi, adsorpsi dan filter pasir. Tipe aerasi dengan menggunakan tipe multiple tray aeration, yang terdiri atas 4 tray dengan ketinggian tiap tray 10 cm. Sedangkan adsorben yang digunakan adalah arang aktif dan zeolit. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan efektifitas antara arang aktif dan zeolit dengan ketebalan yang sama, yaitu 30 cm. Selanjutnya tipe saringan pasir cepat dengan menggunakan media pasir kuarsa dengan ketebalan 30 cm.

Adapun cara kerja dalam penelitian ini antara lain:

1. Pengukuran parameter  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) pada inlet.
2. Air limbah ditampung di bak penampungan (ember) yang terletak diatas.

3. Air mengalir menuju pipa yang bercabang-cabang dan berlubang-lubang, sehingga air akan keluar dengan memancar dan melalui lubang-lubang tray aerasi tersebut terjadi kontak dengan udara (aerasi).
4. Kemudian dilakukan pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120.
5. Setelah melalui proses aerasi, air jatuh di permukaan adsorben dan terjadi adsorpsi zat-zat pencemar.
6. Kemudian dilakukan pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120.
7. Proses selanjutnya yaitu air dari proses adsorpsi akan menuju filter pasir dan terjadi penyaringan oleh pasir
8. Kemudian dilakukan pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
9. Pemeriksaan parameter  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) pada *effluent* setiap masing-masing menit.

### 3.9. Pemeriksaan Sampel

Pemeriksaan parameter  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI edisi 1990 dari Bidang Pekerjaan Umum tentang Kualitas Air. Untuk cara kerja metode pengujian setiap parameter dapat dilihat pada lampiran.

### 3.10. Analisa Data

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

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Dalam penelitian ini mencoba untuk mengolah dan memeriksa parameter-parameter limbah batik yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa Sleman, Yogyakarta. Selanjutnya parameter-parameter yang belum dilakukan pengolahan diperbandingkan dengan parameter yang sudah dilakukan pengolahan sehingga diketahui seberapa besar efisiensi penurunannya. Pengolahan limbah batik ini menggunakan reaktor Aerokarbonfilter. Dengan menggunakan reaktor ini diharapkan limbah batik hasil pengolahan telah memenuhi standar kualitas air limbah. Pada penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak dua kali, yaitu:

- Percobaan I menggunakan reaktor aerokarbonfilter dengan adsorben karbon aktif yang terbuat dari arang aktif.
- Percobaan II menggunakan aerokarbonfilter dengan adsorben zeolit.

Pada percobaan I dilakukan pemeriksaan yaitu: pada inlet, outlet aerasi, outlet karbon aktif dan outlet filtrasi. Pengambilan sampel pada masing-masing outlet dilakukan pada menit 0, 30, 60, 90 dan 120. Dalam hal ini, menit 0 berarti menit pada saat air pertama kali keluar dari reaktor dan menit 30, 60, 90 dan 120 adalah menit berikutnya untuk pengambilan sampel air. Begitu pula pada percobaan II dilakukan pemeriksaan yaitu: pada inlet, outlet aerasi, outlet zeolit dan outlet filtrasi. Pengambilan sampel pada masing-masing outlet dilakukan pada menit 0, 30, 60, 90 dan 120. Menit 0 pada percobaan II sama halnya dengan menit pada percobaan I. Kemudian dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui kandungan

BOD<sub>5,20</sub> dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang terkandung dalam limbah batik. Dari pemeriksaan diperoleh hasil penelitian terhadap konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sebelum dilakukan pengolahan dan sesudah dilakukan pengolahan sebagai berikut:

#### 4.1. Hasil Pengujian Awal Konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Sebelum Proses Dilaksanakan.

Hasil pengujian awal terhadap parameter yang akan diamati yaitu: BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) pada limbah batik yang telah dihomegenkan yang berasal dari seluruh proses pembuatan batik yang menghasilkan limbah cair dari industri batik Nakula Sadewa, Sleman, Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Parameter Awal Sebelum Dilakukan Proses

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Standar Baku
1	BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>	Mg/L	68	50*
2	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Mg/L	0,637	10**

\* Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998

\*\* Keputusan Menteri Negara KLH RI KEP 03/MENKLH/II/1991

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan batik Nakula Sadewa, Sleman, Yogyakarta untuk parameter BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air sebelum dilakukan pengolahan terlebih dahulu karena masih berada di atas ambang batas dari Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998, sedangkan untuk parameter Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) berdasarkan Keputusan Menteri Negara KLH RI No: 03/MENKLH/II/1991 sudah memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air walaupun belum dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

## 4.2. Hasil dan Pembahasan Terhadap Hasil Pengujian Akhir Konsentrasi $BOD_5^{20}$ dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) Setelah Proses Dilaksanakan.

### 4.2.1. $BOD_5^{20}$ (Biochemical Oxygen Demand)

Pada reaktor Aerokarbonfilter penurunan nilai  $BOD_5^{20}$  pada setiap bagian dari reaktor Aerokarbonfilter dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 berikut ini:

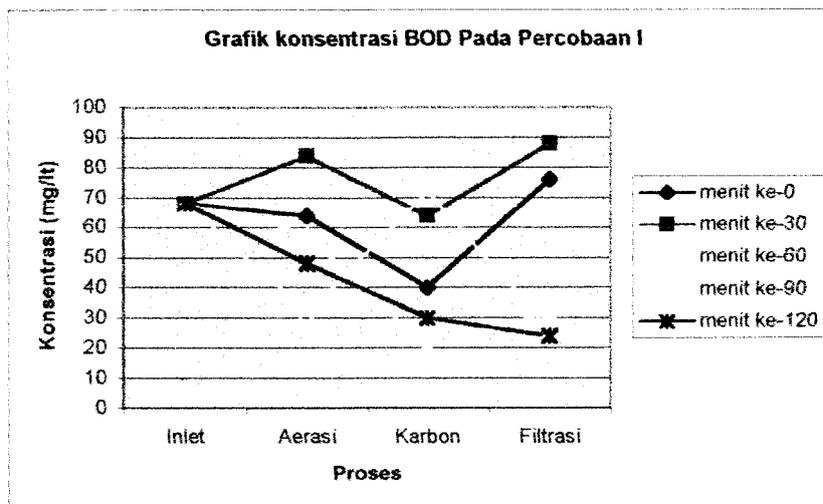
Tabel 4.2. Hasil Percobaan I Parameter  $BOD_5^{20}$

Waktu (menit)	Aerasi		Karbon Aktif		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	68	-	-	-	-	-
0	64	5,88	40	37,50	76	-90,00
30	84	-23,53	64	23,81	88	-37,50
60	58	14,71	20	65,52	32	-60,00
90	32	52,94	72	-125,00	26	63,89
120	48	29,41	30	37,50	24	20,00

Sumber: Hasil Penelitian 2006

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi  $BOD_5^{20}$

Dari Tabel 4.2 dapat dibuat grafik konsentrasi  $BOD_5^{20}$  pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi dan filter) yang menggunakan karbon aktif sebagai media adsorben yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi  $BOD_5^{20}$  Pada Berbagai Proses Dengan Media Karbon Aktif Sebagai Adsorben.

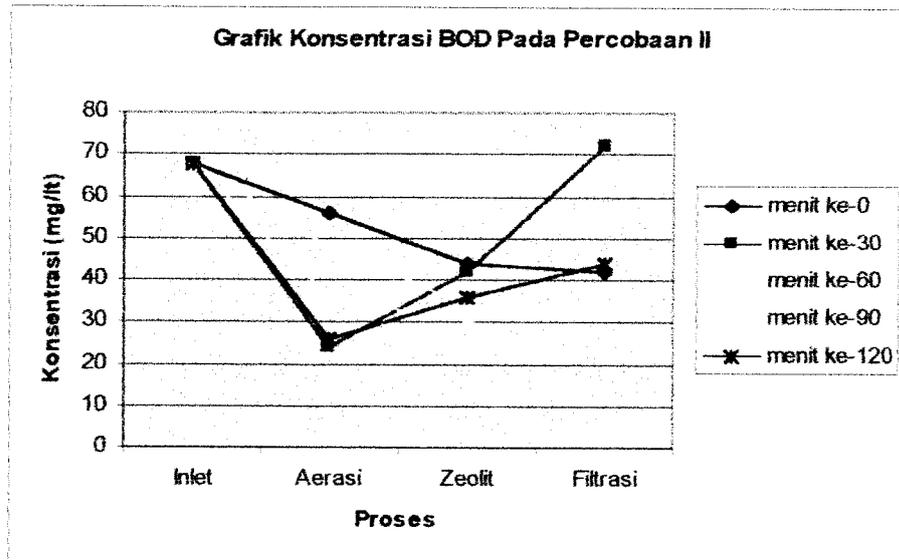
Tabel 4.3. Hasil Percobaan II Parameter  $BOD_5^{20}$

Waktu (menit)	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	68	-	-	-	-	-
0	56	17,65	44	21,43	42	4,55
30	24	64,71	42	-75,00	72	-71,43
60	48	29,41	34	29,17	32	5,88
90	36	47,06	30	16,67	36	-20,00
120	26	61,76	36	-38,46	44	-22,22

Sumber: Hasil Penelitian 2006

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi  $BOD_5^{20}$

Dari Tabel 4.3 dapat dibuat grafik konsentrasi  $BOD_5^{20}$  pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi dan filter) yang menggunakan zeolit sebagai media adsorben yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.2. Grafik Konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> Pada Berbagai Proses Dengan Media Zeolit Sebagai Adsorben.

#### 4.2.1.1. Aerasi

Dari Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 di atas dapat kita lihat bahwa untuk bagian aerasi pada percobaan II mengalami penurunan, sedangkan pada percobaan I mengalami kenaikan hanya di menit ke-30 saja. Penurunan konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> yang tidak stabil pada percobaan I dan II disebabkan oleh karena nilai pada inlet yang selalu berubah-ubah, diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk meneliti nilai inlet secara terus menerus pada saat pengambilan air sampel pada keluaran masing-masing media. Dan juga kurang sempurnanya proses homogenisasi yang dilakukan pada bak pengumpul karena waktu yang dibutuhkan untuk proses ini belum diketahui, mengingat air limbah yang akan diolah di sini adalah air limbah yang berasal dari seluruh proses dari pembuatan batik yang menghasilkan limbah cair, sehingga kemungkinan pada saat pengambilan sampel limbah belum terhomogenisasi secara sempurna dan juga kemungkinan terbentuknya senyawa

organik yang baru pada bak penampung mengingat begitu banyaknya senyawa organik yang terdapat pada limbah batik sehingga dapat menyebabkan terbentuknya senyawa organik baru sehingga meningkat pula kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada di dalam air limbah. Namun kenaikan  $BOD_5^{20}$  pada menit ke-30 di percobaan I dapat terjadi dimungkinkan pada bak pengumpul dan pada saat proses homogenisasi dilakukan senyawa organik yang berasal dari seluruh proses pembatikan bercampur maka ia akan membentuk senyawa organik baru, dimana pada proses aerasi senyawa organik tersebut terbentuk dikarenakan senyawa organik yang baru tersebut memerlukan oksigen sebagai oksidator untuk pembentukan senyawa organik baru tersebut, sehingga pada saat proses aerasi menit ke-30 telah dilalui terbentuklah senyawa organik baru tersebut dan membuat nilai  $BOD_5^{20}$  meningkat. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai aerasi pada unit Aerokarbonfilter dalam mengolah limbah batik, yaitu proses aerasi yang dapat menyebar secara merata agar proses pengontakan dengan udara dapat berjalan dengan maksimal, mengingat proses aerasi yang terjadi tidak menyebar dengan merata sehingga mengakibatkan proses pengontakan dengan udara tidak maksimal.

#### **4.2.1.2. Adsorpsi**

Pada media adsorben dilakukan variasi dengan menggunakan karbon aktif dan zeolit seperti yang telah dijelaskan di atas. Pada percobaan I nilai  $BOD_5^{20}$  mengalami penurunan yang tidak stabil, hal ini disebabkan sebagaimana yang telah dijelaskan pada sub 4.2.1.1. Pada menit ke-90 mengalami kenaikan konsentrasi  $BOD_5^{20}$ , dalam hal ini juga dapat disebabkan oleh limbah batik yang

mempunyai bermacam-macam jenis molekul, sehingga apabila karbon aktif lebih dulu menyerap molekul yang lebih besar maka akan menutupi pori-pori sehingga menyulitkan molekul yang lebih kecil untuk masuk ke dalam pori tersebut sehingga sangat mempengaruhi terjadinya proses adsorpsi (Cheremisinoff, 1978) dan juga memungkinkan air limbah yang masuk tidak menyebar secara merata pada media karbon aktif sehingga menyebabkan perbedaan waktu terjadinya kejenuhan pada media karbon aktif tersebut dan menyebabkan perbedaan hasil keluaran dari media karbon aktif itu sendiri, dalam hal ini dapat dilihat bahwa pada menit ke-90 karbon aktif tidak mampu lagi untuk menyerap senyawa organik dan menyebabkan proses adsorpsi dengan karbon aktif pada menit ke-90 mengalami kenaikan. Untuk lebih jelasnya mengenai efisiensi dari media karbon aktif dalam menurunkan  $BOD_5^{20}$  dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pada percobaan II nilai  $BOD_5^{20}$  juga mengalami penurunan yang tidak stabil, yang disebabkan oleh karena nilai pada inlet yang selalu berubah-ubah. Dan juga kurang sempurnanya proses homogenisasi yang dilakukan pada bak pengumpul karena waktu yang dibutuhkan untuk proses ini belum diketahui, mengingat air limbah yang akan diolah di sini adalah air limbah yang berasal dari seluruh proses dari pembuatan batik yang menghasilkan limbah cair, sehingga kemungkinan pada saat pengambilan sampel limbah belum terhomogenisasi secara sempurna. Untuk lebih jelasnya hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.3. Bila dilihat dari nilai efisiensi pada percobaan I dan percobaan II, dapat diartikan bahwa kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi senyawa organik lebih baik bila dibandingkan dengan zeolit. Tidak tercapainya hasil maksimal dari proses adsorpsi di sini dapat disebabkan

oleh waktu kontak yang dibutuhkan oleh media adsorpsi baik karbon aktif maupun zeolit tidak memenuhi waktu yang dianjurkan agar media dapat mengadsorpsi dengan sempurna, pada reaktor aerokarbonfilter waktu yang dibutuhkan untuk melalui media karbon aktif dan zeolit adalah  $\pm 4$  menit, sedangkan waktu yang dibutuhkan oleh karbon aktif dan zeolit untuk melakukan proses adsorpsi yang sempurna lebih lama. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar antara 10-15 menit (Reynolds, 1982).

#### **4.2.1.3. Filter**

Pada proses filtrasi untuk konsentrasi  $BOD_5^{20}$  mengalami penurunan yang tidak stabil baik pada percobaan I maupun percobaan II. Penyebab terjadinya kenaikan di sini sama halnya yang telah dijelaskan pada sub 4.2.1.1. Dan di sini konsentrasi  $BOD_5^{20}$  mengalami penurunan dikarenakan kemampuan dari pasir kuarsa yang digunakan sebagai media filtrasi untuk menyaring zat-zat yang lewat, selain itu pasir juga mampu menarik partikel-partikel yang lewat sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan (Razif, 1985). Namun di sini dapat dilihat bahwa hasil penurunan percobaan I lebih baik bila dibandingkan dengan hasil dari percobaan II. Dan untuk hasil yang memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998 adalah pada keluaran dari percobaan I dan percobaan II, hanya saja pada percobaan I pada menit ke-60 sampai 120 yang memenuhi standar yang telah ditentukan, sedangkan pada percobaan II yang memenuhi standar tersebut yaitu pada menit ke-0, 60, 90

dan 120. Di sini dapat dilihat bahwa filter yang digunakan tidak terlalu efektif dalam menurunkan kadar  $BOD_5^{20}$ , sehingga dibutuhkan penelitian lanjutan mengenai reaktor aerokarbonfilter khususnya media filter yang digunakan. Penurunan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan 4.3. Dan dari efisiensi media filter dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan pada menit ke-0 hingga menit ke-60 untuk percobaan I dan menit ke-30, 90 dan 120 untuk percobaan II. Kenaikan yang terjadi disebabkan oleh air limbah yang masuk tidak menyebar secara merata pada media filtrasi sehingga menyebabkan perbedaan waktu terjadinya kejenuhan pada media filtrasi tersebut dan menyebabkan perbedaan hasil keluaran dari media filtrasi tersebut. Dan pada percobaan II telah terjadi penyumbatan atau *clogging* pada menit ke-90 sehingga media filter tidak lagi bekerja secara sempurna pada menit tersebut dan seterusnya.

#### 4.2.2. Nitrat ( $NO_3^-$ )

Pada reaktor Aerokarbonfilter penurunan dan kenaikan konsentrasi Nitrat pada setiap bagian dari reaktor Aerokarbonfilter dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

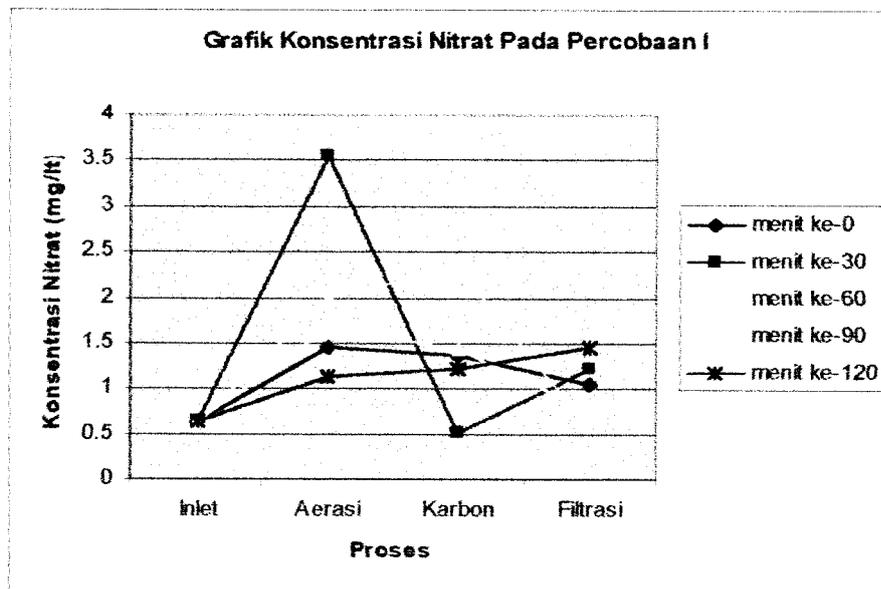
Tabel 4.4. Hasil Percobaan I Parameter Nitrat

Waktu (menit)	Aerasi		Karbon Aktif		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	0,637	-	-	-	-	-
0	1,452	-127,94	1,359	6,40	1,039	23,55
30	3,548	-456,99	0,523	85,26	1,219	-133,08
60	1,659	-160,44	1,442	13,08	0,773	46,39
90	2,009	-215,38	2,301	-14,53	0,58	74,79
120	1,129	-77,24	1,217	-7,79	1,445	-18,73

Sumber: Hasil Penelitian 2006

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi Nitrat

Dari Tabel 4.4 dapat dibuat grafik konsentrasi Nitrat pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi dan filter) yang menggunakan karbon aktif sebagai media adsorben yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.3. Grafik Konsentrasi Nitrat Pada Berbagai Proses Dengan Media Karbon Aktif Sebagai Adsorben.

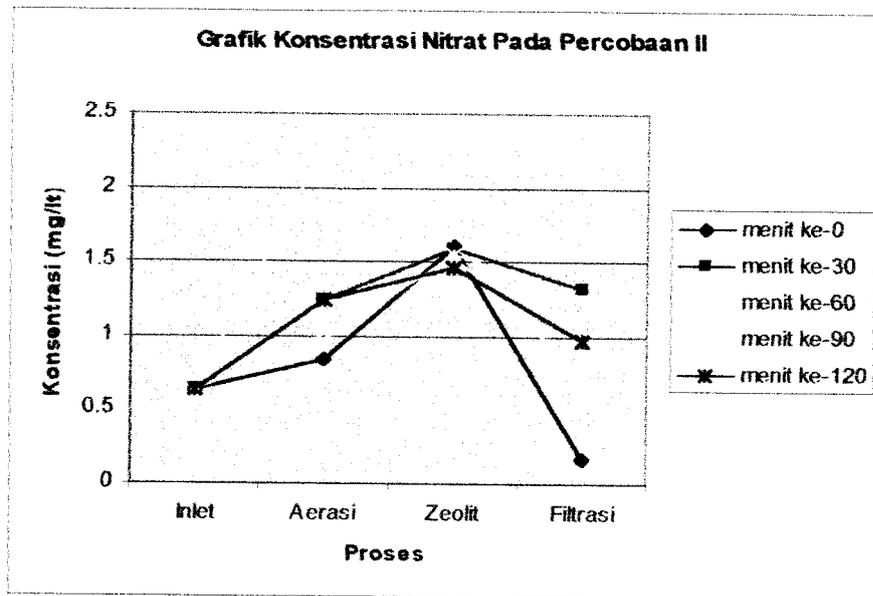
Tabel 4.5. Hasil Percobaan II Parameter Nitrat

Waktu (menit)	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	0,637	-	-	-	-	-
0	0,843	-32,34	1,609	-90,87	0,168	89,56
30	1,247	-95,76	1,598	-28,15	1,321	17,33
60	2,312	-262,95	1,543	33,26	0,753	51,20
90	0,973	-52,75	1,551	-59,40	1,245	19,73
120	1,242	-94,98	1,463	-17,79	0,973	33,49

Sumber: Hasil Penelitian 2006

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi Nitrat

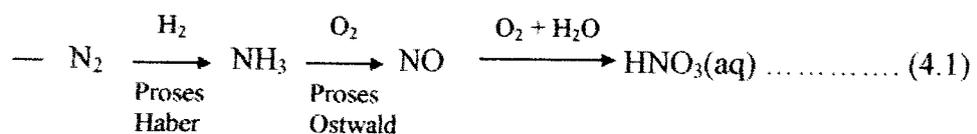
Dari Tabel 4.5 dapat dibuat grafik konsentrasi Nitrat pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi dan filter) yang menggunakan zeolit sebagai media adsorben yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.4. Grafik Konsentrasi Nitrat Pada Berbagai Proses Dengan Media Zeolit Sebagai Adsorben.

#### 4.2.2.1. Aerasi

Dari Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 di atas dapat kita lihat bahwa untuk bagian aerasi pada percobaan I dan II terjadi kenaikan konsentrasi nitrat melebihi dari masukan, hal ini kemungkinan disebabkan karena dalam limbah batik terdapat senyawa nitrogen yang kemudian terjadi proses oksidasi oleh oksigen sehingga terbentuklah nitrat. Untuk lebih jelasnya proses pembentukan nitrat dapat dilihat pada reaksi kimia berikut ini:



#### **4.2.2.2. Adsorpsi**

Pada media adsorben dilakukan variasi dengan menggunakan karbon aktif dan zeolit seperti yang telah dijelaskan di atas. Dari Tabel 4.4 (pada percobaan I) dapat kita lihat bahwa nilai nitrat mengalami penurunan yaitu mulai dari menit ke 0 sampai menit ke 60 saja. Pada menit ke 90 dan seterusnya mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena karbon aktif sudah jenuh sehingga tidak dapat menyerap bahan anorganik lagi. Sedangkan pada percobaan II nilai nitrat mengalami kenaikan pada menit ke 0, 30, 90 dan 120, hanya saja pada menit ke-60 nilai nitrat mengalami penurunan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5. Dalam hal ini kenaikan konsentrasi nitrat pada menit ke 0, 30, 90 dan 120 kemungkinan dikarenakan nilai pada inlet yang selalu berubah-ubah, seperti yang telah dijelaskan pada sub 4.2.1.1 dan 4.2.1.2.

#### **4.2.2.3. Filter**

Pada proses filtrasi untuk konsentrasi nitrat mengalami penurunan dan kenaikan. Untuk lebih jelasnya penurunan dan kenaikan konsentrasi nitrat dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5. Pada percobaan I konsentrasi nitrat mengalami kenaikan pada menit ke-30 dan menit ke-120. Penyebab kenaikan konsentrasi nitrat di sini sama halnya yang telah dijelaskan pada sub 4.2.1.2 dan 4.2.1.3. Sedangkan pada percobaan II mengalami penurunan konsentrasi nitrat yang tidak stabil mulai dari menit ke-0 sampai menit ke-120. Penyebab penurunan konsentrasi nitrat yang tidak stabil dalam proses filtrasi di sini sama halnya yang telah dijelaskan pada sub 4.2.1.2 dan 4.2.1.3.

### 4.3. Perbandingan Hasil Akhir Dan Efisiensi Total Alat Antara Reaktor Aerokarbonfilter Yang Menggunakan Media Karbon Aktif Dengan Media Zeolit.

Hasil akhir dan efisiensi dari dua kali percobaan yang membandingkan antara arang aktif dan zeolit dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7.

Tabel 4.6. Hasil dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Karbon Aktif.

Waktu (menit)	Karbon Aktif			
	BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>		Nitrat	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	68	-	0,637	-
0	76	-11,77	1,039	-63,11
30	88	-29,41	1,219	-91,37
60	32	52,94	0,773	-21,35
90	26	61,76	0,58	8,9
120	24	64,71	1,445	-126,84

Sumber: Hasil Penelitian 2006

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dan Nitrat.

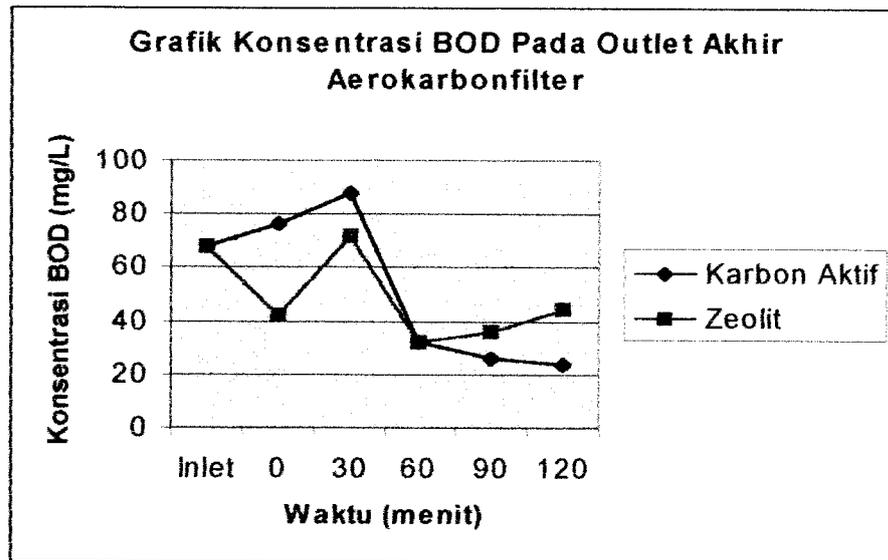
Tabel 4.7. Hasil dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Zeolit.

Waktu (menit)	Zeolit			
	BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup>		Nitrat	
	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	68	-	0,637	-
0	42	38,24	0,168	73,63
30	72	-5,88	1,321	-107,38
60	32	52,94	0,753	-18,21
90	36	47,06	1,245	-95,45
120	44	35,29	0,973	-52,75

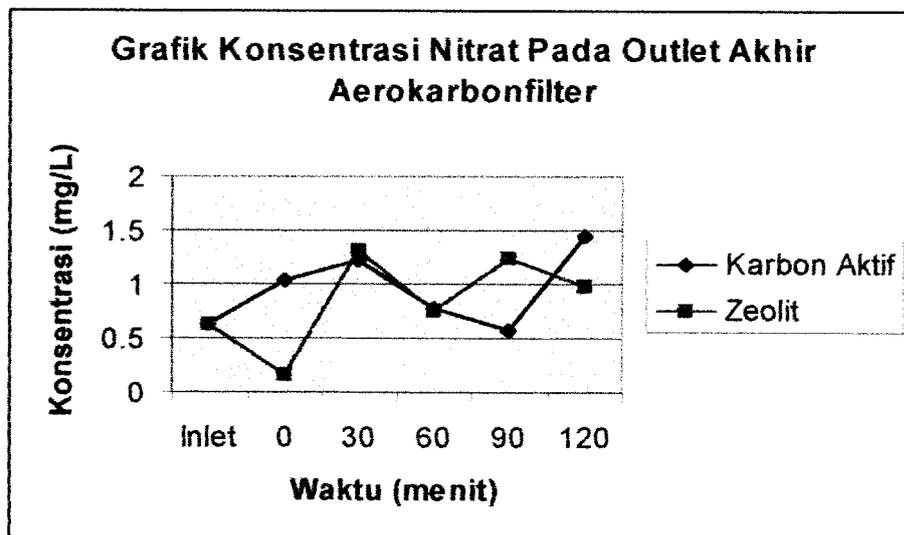
Sumber: Hasil Penelitian 2006

Keterangan: Tanda (-) menunjukkan adanya kenaikan dari konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> dan Nitrat.

Dari hasil Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dapat dibuat grafik konsentrasi  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat pada outlet akhir pada berbagai waktu proses.



Gambar 4.5. Grafik Konsentrasi  $BOD_5^{20}$  Pada Outlet Akhir Aerokarbonfilter



Gambar 4.6. Grafik Konsentrasi Nitrat Pada Outlet Akhir Aerokarbonfilter.

Dari Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dapat kita lihat bahwa perbandingan dari kedua reaktor menunjukkan hasil yang berbeda untuk setiap parameter, untuk parameter  $BOD_5^{20}$  hasil terbaik didapatkan pada percobaan I yaitu reaktor yang menggunakan media adsorbsinya dengan karbon aktif, dengan hasil mampu menurunkan hingga 24 mg/L atau sebesar 64,71% dari nilai awal sebesar 68 mg/L, dan hasil terbaik pada percobaan II yaitu reaktor yang menggunakan media adsorbsinya dengan zeolit hanya mampu menurunkan konsentrasi  $BOD_5^{20}$  sebesar 52,94% atau menjadi 32 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 68 mg/L. Pada percobaan I dan II tidak mengalami penurunan konsentrasi  $BOD_5^{20}$  yang begitu besar, hal ini disebabkan karena nilai pada inlet yang selalu berubah-ubah sehingga nilai penurunan menjadi tidak dapat diketahui, diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk meneliti nilai inlet secara terus menerus pada saat pengambilan sampel air pada keluaran masing-masing proses. Dan juga kurang sempurnanya proses homogenisasi yang dilakukan pada bak pengumpul sehingga kemungkinan pada saat pengambilan sampel limbah belum terhomogenisasi secara sempurna. Dan kemungkinan juga pada karbon aktif dan zeolit tidak terjadi proses adsorpsi yang sempurna, yang dikarenakan pada keluaran sampel air di proses aerasi tidak merata jatuh di permukaan adsorpsi dan filtrasi sehingga menyebabkan perbedaan waktu terjadinya kejenuhan pada media adsorpsi dan filtrasi tersebut dan menyebabkan perbedaan hasil keluaran dari media adsorpsi dan filtrasi itu sendiri.

Untuk parameter Nitrat, hasil terbaik didapatkan pada percobaan II yaitu reaktor yang menggunakan media adsorbsinya dengan zeolit, dengan hasil mampu

menurunkan sebesar 73,63% atau menjadi 0,168 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 0,637 mg/L. Sedangkan pada percobaan I yaitu reaktor yang menggunakan media adsorbsinya dengan karbon aktif hanya mampu menurunkan konsentrasi nitrat sebesar 8,9% atau menjadi 0,58 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 0,637 mg/L. Pada percobaan I dan II mengalami kenaikan konsentrasi nitrat, kemungkinan hal ini disebabkan karena air limbah yang masuk tidak menyebar secara merata pada media filtrasi sehingga menyebabkan perbedaan waktu terjadinya kejenuhan pada media filtrasi tersebut dan menyebabkan perbedaan hasil keluaran dari media filtrasi tersebut yang mana telah dijelaskan pada sub 4.2.1.2 dan 4.2.1.3.

#### **4.4. Analisa Statistik Hasil Akhir Reaktor Dengan Menggunakan Metode *One Way Anova***

Hasil akhir yang didapatkan akan dianalisa dengan menggunakan metode *one way anova* sehingga dapat diketahui apakah ada hubungan antara waktu dengan proses penurunan yang dilakukan.

##### **4.4.1. Analisa Statistik Hasil Akhir Dengan Menggunakan Metode *One Way Anova* Pada Parameter $BOD_5^{20}$**

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan membandingkan antara karbon aktif dengan zeolit maka didapat data sebagai berikut:

1. Percobaan I dengan menggunakan media karbon aktif.

$$F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$$

$$1,914 \leq 5,32$$

Menyimpulkan:

$F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan.

2. Percobaan II dengan menggunakan media zeolit:

$F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$

$10,515 \geq 5,32$

Menyimpulkan:

$F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Penurunan  $BOD_5^{20}$  dari data hasil percobaan I dengan menggunakan karbon aktif dan percobaan II menggunakan zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova satu jalur. Pada percobaan I diperoleh nilai  $F_{\text{hitung}}$  1,318 dan nilai  $F_{\text{tabel}}$  5,32, sehingga  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan yang berarti terjadi penurunan  $BOD_5^{20}$  yang tidak signifikan antara inlet dengan outlet. Sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai  $F_{\text{hitung}}$  10,515 dan nilai  $F_{\text{tabel}}$  5,32, sehingga  $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan atau dengan kata lain terjadi penurunan konsentrasi  $BOD_5^{20}$  yang signifikan antara inlet dengan outlet.

#### **4.4.2. Analisa Statistik Hasil Akhir Dengan Menggunakan Metode *One Way***

##### **Anova Pada Parameter Nitrat**

Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan membandingkan antara karbon aktif dengan zeolit maka didapat data sebagai berikut:

1. Percobaan I dengan menggunakan media karbon aktif:

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$5,898 \geq 5,32$$

Menyimpulkan:

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan.

2. Percobaan II dengan menggunakan media zeolit:

$$F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$$

$$1,514 \leq 5,32$$

Menyimpulkan:

$F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan.

Untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Penurunan Nitrat dari data hasil percobaan I dengan menggunakan karbon aktif dan percobaan II menggunakan zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova satu jalur. Pada percobaan I diperoleh nilai  $F \text{ hitung}$  5,898 dan nilai  $F \text{ tabel}$  5,32, sehingga  $F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan atau dengan kata lain terjadi penurunan Nitrat yang signifikan antara inlet dengan outlet. Sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai  $F \text{ hitung}$  1,514 dan nilai  $F \text{ tabel}$  5,32, sehingga  $F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan yang berarti terjadi penurunan Nitrat yang tidak signifikan antara inlet dengan outlet.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium perhitungan efisiensi penurunan kadar  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) dalam limbah cair industri Batik Nakula Sadewa setelah pengolahan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan tidak meratanya aliran air limbah yang keluar melalui lubang-lubang tray aerasi mengakibatkan proses adsorpsi dengan menggunakan arang aktif dan zeolit serta pada proses filtrasi pasir tidak dapat menurunkan konsentrasi  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) secara maksimal, sehingga menyebabkan efisiensi penurunan konsentrasi  $BOD_5^{20}$  dan Nitrat ( $NO_3^-$ ) ada yang signifikan dan ada juga yang tidak signifikan.
2. Pada penelitian ini terdapat perbedaan yang nyata antara percobaan I dengan percobaan II, dimana percobaan I menggunakan reaktor aerasi, adsorpsi arang aktif dan filter terjadi penurunan  $BOD_5^{20}$  yaitu mulai stabil pada menit ke-120, sedangkan pada percobaan II menggunakan reaktor aerasi, adsorpsi zeolit dan filter dapat mengalami penurunan  $BOD_5^{20}$  dengan stabil pada menit ke-0 dan menit ke-60. Dan untuk nitrat pada percobaan I, konsentrasi nitrat mengalami penurunan pada proses adsorpsi dengan arang aktif yaitu pada menit ke-0 sampai menit ke-60 dan pada proses filtrasi terjadi penurunan pada menit ke-0, 60 dan 90, sedangkan

pada percobaan II, konsentrasi nitrat mengalami penurunan pada proses adsorpsi dengan zeolit hanya di menit ke-30 saja dan pada proses filtrasi terjadi penurunan yaitu pada menit ke-0 sampai menit ke-120.

3. Dari hasil penurunan reaktor aerokarbonfilter dapat diketahui bahwa variasi adsorben terbaik antara karbon aktif dan zeolit yang digunakan dalam menurunkan parameter  $BOD_5^{20}$  dan nitrat adalah menggunakan media karbon aktif.
4. Untuk parameter  $BOD_5^{20}$  hasil terbaik didapatkan pada percobaan I yaitu reaktor yang menggunakan media adsorpsinya dengan karbon aktif, dengan hasil mampu menurunkan hingga 24 mg/L atau sebesar 64,71% dari nilai awal sebesar 68 mg/L, dan hasil terbaik pada percobaan II yaitu reaktor yang menggunakan media adsorpsinya dengan zeolit hanya mampu menurunkan konsentrasi  $BOD_5^{20}$  sebesar 52,94% atau menjadi 32 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 68 mg/L.
5. Untuk parameter Nitrat, hasil terbaik didapatkan pada percobaan II yaitu reaktor yang menggunakan media adsorpsinya dengan zeolit, dengan hasil mampu menurunkan sebesar 73,63% atau menjadi 0,168 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 0,637 mg/L. Sedangkan pada percobaan I yaitu reaktor yang menggunakan media adsorpsinya dengan karbon aktif, hanya mampu menurunkan konsentrasi nitrat sebesar 8,9% atau menjadi 0,58 mg/L dari konsentrasi awal sebesar 0,637 mg/L.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diajukan saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya agar selalu memeriksa nilai parameter pada inlet untuk mengetahui setiap perubahan atau kondisi yang terjadi pada inlet, karena nilai pada inlet yang selalu berubah-ubah sehingga nilai penurunan menjadi tidak dapat diketahui, diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk meneliti nilai inlet secara terus menerus pada saat pengambilan air sampel pada keluaran masing-masing media. Dan juga perlunya diketahui waktu yang terbaik dalam upaya menghomogenisasikan limbah cair batik, sehingga ditemukan hasil awal yang sempurna.
2. Kurang meratanya pengaliran yang terjadi mulai dari proses aerasi maka pada percobaan I dan percobaan II menyebabkan proses adsorpsi dan penyaringan tidak berjalan dengan sempurna, sehingga diperlukan upaya penyempurnaan dalam reaktor aerokarbonfilter sehingga air yang mengalir dapat menyebar dengan merata pada media adsorben dan pasir kuarsa.
3. Pengolahan dengan reaktor aerokarbonfilter sebaiknya dilakukan pada pengolahan tingkat lanjut bukan pada pengolahan tingkat pertama.
4. Untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif dan zeolit serta proses filter, maka limbah cair batik sebelum dilakukan penyaringan dengan karbon aktif, zeolit dan pasir sebaiknya dilakukan pengolahan pendahuluan. Pengolahan ini bertujuan untuk menghilangkan zat-zat atau

partikel yang lebih besar. Hal ini dapat dilakukan dengan proses koagulasi dan flokulasi. Apabila tanpa pengolahan tersebut maka pori-pori permukaan karbon aktif dan zeolit akan tersumbat. Akibat dari keadaan ini adalah kurang optimalnya penyerapan oleh karbon aktif dan zeolit, yang berakibat pula pada tingginya biaya pengolahan.

5. Kurangnya waktu kontak yang terjadi pada reaktor untuk melakukan proses adsorpsi karena waktu yang dibutuhkan sangat kecil menyebabkan proses adsorpsi tidak berjalan sempurna sehingga dibutuhkan penyempurnaan pada reaktor mengenai pengaturan aliran sehingga waktu kontak yang dibutuhkan cukup untuk melakukan proses adsorpsi.
6. Pada saat pengujian  $BOD_5^{20}$  agar dilakukan secara cermat agar tidak terjadi kesalahan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Alaerts, G., Santika, S. S. 1984. **Metoda Penelitian Air**, Usaha Nasional, Surabaya.
- Anonim. 1997. **Hasil Analisa Laboratorium Limbah Cair Industri Batik Rara Djonggrang**, Yogyakarta.
- Anonim. 1998. **Perancangan Teknis Pengelolaan Pencemaran Industri Skala Kecil Sentra Batik di DIY**, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan dan Batik, Yogyakarta.
- Barrers, R. M. 1978. **Zeolit and Clay Mineral as Sorbents and Moleculerr Sieves**, Academic Pres London, New York, Sanfransisco.
- Cheremisinoff. 1978. **Carbon Adsorption Hand Book**. Ann Arboor Science, New Jersey.
- Cotton, F dan Geoffry Wilkinson. 1989. **Kimia Anorganik Dasar**. Jakarta: UIP.
- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Kanisius, Yogyakarta
- Gintings, P. 1992. **Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri**, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Kristanto, P. 2002. **Ekologi Industri**, Andi, Yogyakarta.
- Lewis, W. M. 1980. **Development In Water Treatment Volume 2**, Applied Science Graw Hill Inc, New York.
- Masduqi, Ali, dkk. 2002. **Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air**, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Metcalf and Eddy. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**, McGraw-Hill Companies, America.
- Razif, M. 1985. **Pengolahan Air Minum**, Diktat TP-FTSP-ITS, Surabaya.

- Reynold, T. D. 1982. **Unit Operation and Processes In Environmental Engineering**, Brooks Cole Engineering Division, California.
- Riduwan. 2004. **Metode dan Teknik Menyusun Tesis**, Alfabeta, Bandung
- Riyadi, Slamet. 1984. **Pencemaran Air**. Penerbit Karya Anda. Surabaya.
- Sanropie, D, A. R. Sumin, Margono, Sugiharto, Purwanto. S, Ristanto. B. 1984. **Penyediaan Air Bersih**, Proyek Pengembangan Pendidikan Tenaga Sanitasi Pusat, Pusat Pendidikan dan Latihan Pegawai Departemen Perindustrian RI.
- Sasmojo, S. 1994. **Proses-proses Penangkalan, Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Berdasarkan Adsorpsi**, Seminar Pengelolaan Limbah Industri di KLH, Jakarta.
- Sastrawijaya, A. T. 1991. **Pencemaran Lingkungan**, Rineka Cipta, Jakarta.
- Slamet, J. S. 2002. **Kesehatan Lingkungan**, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soewito, M. 1985. **Analisis Kombinasi Faktor-faktor Produksi Pada Industri**, FE, UGM, Yogyakarta.
- Sugiharto. 1987. **Dasar-dasar Pengolahan Air Buangan**, UI, Jakarta.
- Sutarti. 1994. **Zeolit**, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Tcnobanoglous. 1998. **Waste Water Engineering Treatment Dis Posal Reuse**, Mc Grow Hill Publishing Company, Boston.
- Tjokrokusumo. 1995. **Konsep Teknologi Bersih**, STTL "YLH", Yogyakarta.
- Tjokrokusumo. 1995. **Pengantar Engineering Lingkungan**, STTL "YLH", Yogyakarta.
- Weber, W. J. and Morris. 1972. **Adsorption In Heterogeneous Aquaeus System**, Jour AWWA.

**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

NO	NAMA	NO MHS	PRODI
1	Octawidiarty	01513028	Teknik Lingkungan
2			

**JUDUL TUGAS AKHIR :** Penurunan Kadar BOD, NH3 dan Minyak pada Limbah Cair Batik dengan menggunakan Reaktor Aerokarbon Filter

**PERIODE : III**  
**TAHUN : 2005/2006**

No	kegiatan	Bulan Ke					
		Okt	NOV	Des	Jan	Feb	Mart
1	Pendaftaran	■					
2	Penentuan Dosen pembimbing	■					
3	Pembuatan Proposal		■				
4	Seminar proposal		■				
5	Konsultasi Penyusunan TA			■	■	■	
6	Sidang - sidang					■	■
7	Pendadaran						■

DOSEN PEMBIMBIG I : Ir. H. Kasam, MT  
DOSEN PEMBIMBIG II : Eko Siswoyo, ST  
DOSEN PEMBIMBIG III :



Yogyakarta, 19 desember 2005  
Koordinator TA

*(Handwritten signature)*  
(Eko Siswoyo, ST)

Catatan

Seminar : .....  
Sidang : .....  
Pendadaran : .....

**STANDAR**

SK SNI M-69-1990-03

**59**

METODE PENGUJIAN KADAR  
KEBUTUHAN OKSIGEN BIOKIMIWI DALAM AIR



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

## DAFTAR RUJUKAN

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1985 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16<sup>th</sup> Edition, APHA, Washington D.C.
2. Depatemen Pekerjaan Umum, 1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.

## DAFTAR ISI

	halaman
I	
DESKRIPSI .....	1
1.1	
Maksud dan Tujuan .....	1
1.1.1	
Maksud .....	1
1.1.2	
Tujuan .....	1
1.2	
Ruang Lingkup .....	1
1.3	
Pengertian .....	1
II	
CARA PELAKSANAAN .....	2
2.1	
Peralatan dan Bahan Penunjang Uji .....	2
2.1.1	
Peralatan .....	2
2.1.2	
Bahan Penunjang Uji .....	2
2.2	
Persiapan Benda Uji .....	2
2.3	
Persiapan Pengujian .....	3
2.4	
Cara Uji .....	3
2.5	
Perhitungan .....	3
2.6	
Laporan .....	4

## I. DESKRIPSI

### 1.1 Maksud dan Tujuan

#### 1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian Kebutuhan Oksigen Biokimiawi (KOB) dalam air.

#### 1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini adalah untuk memperoleh kadar KOB dalam air.

### 1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) menetapkan KOB dalam air berdasarkan selisih oksigen terlarut sebelum dan sesudah pengeraman;
- 2) menggunakan metode pengeraman 5x24 jam pada suhu 20°C;
- 3) menetapkan oksigen terlarut sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut Dalam Air, SK SNI M-10-1990-F.

### 1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) kebutuhan oksigen biokimiawi adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimiawi dalam 1 L air selama pengeraman 5x24 jam pada suhu 20°C;
- 2) oksigen terlarut nol hari adalah kadar oksigen terlarut dalam mg/L sebelum dieramkan;
- 3) oksigen terlarut lima hari adalah kadar oksigen terlarut dalam mg/L sesudah dieramkan.

## II. CARA PELAKSANAAN

### 2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

#### 2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) lemari pendingin KOB dengan kisaran suhu  $-10$  hingga  $50^{\circ}\text{C}$  dan telah distabilkan pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  pada saat pengujian;
- 2) botol KOB 300 mL;
- 3) aerator;
- 4) gelas ukur 1000 mL;
- 5) gelas piala 2000 mL;
- 6) peralatan untuk pengujian oksigen terlarut sesuai dengan SK SNI M-10-1990-F.

#### 2.1.2 Bahan Penunjang Uji

Bahan kimia yang berkualitas p.a dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

- 1) larutan pengencer;
- 2) larutan natrium hidroksida,  $\text{NaOH}$ , 0,1N;
- 3) larutan asam sulfat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 0,1N;
- 4) larutan natrium sulfit,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , 0,025N.

### 2.2 Persiapan Benda Uji

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNIM-02-1989-F;
- 2) ukur 1000 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 2000 mL;
- 3) apabila contoh uji bersifat asam atau basa, netralkan dengan  $\text{NaOH}$  0,1N atau  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N sampai antara pH 6,5-7,5;
- 4) apabila contoh uji mengandung sisa klor,  $\text{Cl}_2$ , tambahkan larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  0,025N sampai semua  $\text{Cl}_2$  hilang;
- 5) apabila contoh uji tidak mengandung mikro organisme pengurai tambahkan 1000 mL larutan pengencer sehingga pengenceran 2 kali;

- 6) apabila contoh uji diperkirakan mempunyai kadar KOB lebih dari 6 mg/L, encerkan contoh uji dengan larutan pengencer sehingga kadar KOB antara 3-6 mg/L;
- 7) aerasi dengan aerator selama 10 menit sampai oksigen terlarut 7-8 mg/L;
- 8) masukkan ke dalam 2 buah botol KOB 300 mL sampai meluap;
- 9) kemudian tutupbotol KOB, hindarkan terjadi turbulensi dengan gelembung udara selama pengisian;
- 10) benda uji siap diuji.

### 2.3 Persiapan Pengujian

Siapkan peralatan dan bahan penunjang uji untuk pengujian oksigen terlarut sesuai dengan SKSNI M-10-1990-F.

### 2.4 Cara Uji

Uji kadar KOB dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) periksa kadar oksigen terlarut (OT) nol hari dari salah satu botol KOB yang berisi benda uji sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam Air, SK SNI M-10-1990-F;
- 2) masukkan botol KOB yang berisi benda uji ke dalam lemari pengeram bersuhu 20°C;
- 3) eramkan selama lima hari;
- 4) periksa kadar oksigen terlarut (OT) lima hari sesuai dengan Metode Pengujian Oksigen Terlarut dalam Air, SK SNIM-10-1990-F;
- 5) apabila contoh uji diencerkan, kerjakan tahap 1) sampai dengan 4) terhadap larutan pengencer untuk pengerjaan blanko.

### 2.5 Perhitungan

Hitung kadar KOB dengan menggunakan rumus berikut:

- 1) contoh uji tanpa diencerkan

$$\text{KOB} = C_0 - C_5$$

- 2) contoh uji yang diencerkan

$$\text{KOB} = \{ (C_0 - C_5) - k (AP_0 - AP_5) \} \times p$$

dengan penjelasan:

- $C_0$  = kadar OT mg/L nol hari benda uji;  
 $C_5$  = kadar OT mg/L lima hari benda uji;  
 $AP_0$  = kadar OT mg/L nol hari larutan pengencer;  
 $AP_5$  = kadar OT mg/L lima hari larutan pengencer;  
 $k$  = koreksi sebesar  $(p - 1)/p$ ;  
 $p$  = faktor pengenceran.

Selisih kadar KOB maksimum yang diperbolehkan antara dua pengujian duplo adalah 10%, dan rata-ratakan hasilnya.

## 2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) nomor contoh uji;
- 6) lokasi pengambilan contoh uji;
- 7) waktu pengambilan contoh uji;
- 8) kadar oksigen terlarut nol hari dan lima hari pengujian duplo;
- 9) faktor pengenceran serta kadar dalam benda uji.

**STANDAR**

SK SNI M-49-1990-03

**47**

METODE PENGUJIAN KADAR  
NITRAT DALAM AIR DENGAN ALAT  
SPEKTROFOTOMETER SECARA BRUSIN SULFAT



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

## DAFTAR RUJUKAN

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1975 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14<sup>th</sup> Edition, APHA, Washington D.C.
2. Depatemen Pekerjaan Umum, 1989 Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air. Nomor SK SNI M-02-1989-F, Yayasan LPMB, Bandung.

## DAFTAR ISI

	halaman
I	
DESKRIPSI .....	1
1.1	
Maksud dan Tujuan .....	1
1.1.1 Maksud .....	1
1.1.2 Tujuan .....	1
1.2	
Ruang Lingkup .....	1
1.3	
Pengertian .....	1
II	
CARA PELAKSANAAN .....	2
2.1	
Peralatan dan Bahan Penunjang Uji .....	2
2.1.1 Peralatan .....	2
2.1.2 Bahan Penunjang Uji .....	2
2.2	
Persiapan Benda Uji .....	2
2.3	
Persiapan Pengujian .....	3
2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$ .....	3
2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$ .....	3
2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	3
2.4	
Cara Uji .....	4
2.5	
Perhitungan .....	4
2.6	
Pelaporan .....	4

## I. DESKRIPSI

## 1.1 Maksud dan Tujuan

## 1.1.1 Maksud

Metode pengujian ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pelaksanaan pengujian kadar nitrat,  $\text{NO}_3$  dalam air.

## 1.1.2 Tujuan

Tujuan metode pengujian ini untuk memperoleh kadar nitrat dalam air.

## 1.2 Ruang Lingkup

Lingkup pengujian meliputi:

- 1) cara pengujian kadar nitrat yang terdapat dalam air antara 0,1-2,0 mg/L  $\text{NO}_3\text{-N}$ ;
- 2) penggunaan metode brusin dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 410 nm.

## 1.3 Pengertian

Beberapa pengertian yang berkaitan dengan metode pengujian ini:

- 1) kurva kalibrasi adalah grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan baku dengan hasil pembacaan serapan masuk yang biasanya merupakan garis lurus;
- 2) larutan induk adalah larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah;
- 3) larutan baku adalah larutan yang mengandung kadar yang sudah diketahui secara pasti dan langsung digunakan sebagai pembanding dalam pengujian.

## II. CARA PELAKSANAAN

## 2.1 Peralatan dan Bahan Penunjang Uji

## 2.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan terdiri atas:

- 1) spektrofotometer sinar tunggal atau sinar ganda yang mempunyai kisaran panjang gelombang 190-900 nm dan lebar celah 0,2-2,0 nm, serta telah dikalibrasi pada saat digunakan;
- 2) penangas air yang dilengkapi dengan pengatur suhu;
- 3) pipet mikro 250, 500 dan 1000  $\mu$ L;
- 4) labu ukur 100 dan 1000 mL;
- 5) gelas ukur 100 mL;
- 6) pipet ukur 10 mL;
- 7) labu erlenmeyer 50 mL;
- 8) gelas piala 100 dan 1000 mL.

## 2.1.2 Bahan Penunjang Uji

Bahan kimia yang berkualitas p.a dan bahan lain yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

- 1) serbuk kalium nitrat,  $\text{KNO}_3$ ;
- 2) larutan natrium arsenit,  $\text{NaAsO}_2$ , 0,5%;
- 3) larutan campuran brusia dan asam sulfanilat;
- 4) asam klorida pekat,  $\text{HCl}$ ;
- 5) asam sulfat pekat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;
- 6) natrium klorida,  $\text{NaCl}$ , 30%;
- 7) air suling atau air demineralisasi yang mempunyai DHL 0,5-2,0  $\mu$ mhos/cm.

## 2.2 Persiapan Benda Uji

Siapkan benda uji dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan Metode Pengambilan Contoh Uji Kualitas Air, SK SNI M-02-1989-P;
- 2) ukur 50 mL contoh uji secara duplo dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL;

- 3) apabila mengandung sisa klor sampai 2,0 mg/L  $\text{Cl}_2$ , tambahkan 0,05 mL larutan natrium arsenit ke dalam 50 mL contoh uji;
- 4) apabila mengandung nitrit sampai 0,50 mg/L  $\text{NO}_2\text{-N}$ , tambahkan 1 mL asam sulfanilat ke dalam 50 mL contoh uji;
- 5) benda uji siap diuji.

### 2.3 Persiapan Pengujian

#### 2.3.1 Pembuatan Larutan Induk Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$

Buat larutan induk nitrat 100 mg/L dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) larutkan 721,8 mg kalium nitrat,  $\text{KNO}_3$ , dengan 100 mL air suling di dalam labu ukur 1000 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera.

#### 2.3.2 Pembuatan Larutan Baku Nitrat, $\text{NO}_3\text{-N}$

Buat larutan baku nitrat dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 0,00; 0,25; 0,50; 1,00 dan 2,00 mL larutan induk nitrat dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL;
- 2) tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar nitrat-N 0,00; 0,25; 0,50; 1,00 dan 2,00 mg/L.

#### 2.3.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Buat kurva kalibrasi dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) optimalkan alat spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar nitrat;
- 2) pipet 10 mL larutan baku secara duplo kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL;
- 3) tambahkan 2 mL larutan  $\text{NaCl}$  dan 10 mL larutan asam sulfat, aduk perlahan-lahan dan biarkan sampai dingin;
- 4) tambahkan 0,50 mL larutan campuran brusin-asam sulfanilat, aduk perlahan-lahan dan panaskan diatas penangas air pada suhu tidak melebihi  $95^\circ\text{C}$  selama 20 menit kemudian dinginkan;
- 5) masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan-masuknya;
- 6) apabila perbedaan hasil pengukuran secara duplo lebih besar dari 2%, periksa keadaan alat dan ulangi tahapan 2) sampai 5), apabila perbedaannya lebih kecil atau sama dengan 2%, rata-ratakan hasilnya;

- 7) buat kurva kalibrasi berdasarkan data langkah 5) di atas atau tentukan persamaan garis lurus nya.

#### 2.4 Cara Uji

Uji kadar nitrat-N dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) pipet 10 mL benda uji kemudian masukkan ke dalam labu erlenmeyer 50 mL;
- 2) tambahkan 2 mL larutan NaCl dan 10 mL larutan asam sulfat, aduk perlahan-lahan dan biarkan sampai dingin;
- 3) tambahkan 0,50 mL larutan campuran brusin-asam sulfanilat, aduk perlahan-lahan dan panaskan diatas penangas air pada suhu tidak melebihi  $95^{\circ}\text{C}$  selama 20 menit kemudian dinginkan;
- 4) masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan-masuknya.

#### 2.5 Perhitungan

Hitung kadar nitrat-N dalam benda uji dengan menggunakan kurva kalibrasi atau tentukan persamaan garis lurus nya dan perhatikan hal-hal berikut:

- 1) selisih kadar maksimum yang diperbolehkan antara dua pengukuran duplo adalah 2%, rata-ratakan hasilnya;
- 2) apabila hasil perhitungan kadar nitrat-N lebih besar dari 2,00 mg/L, ulangi pengujian dengan cara mengencerkan benda uji.

#### 2.6 Laporan

Catat pada formulir kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) parameter yang diperiksa;
- 2) nama pemeriksa;
- 3) tanggal pemeriksaan;
- 4) nomor laboratorium;
- 5) data kurva kalibrasi;
- 6) nomor contoh uji;
- 7) lokasi pengambilan contoh uji;
- 8) waktu pengambilan contoh uji;
- 9) pembacaan serapan masuk pertama dan kedua;
- 10) kadar dalam benda uji.



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

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

**Nomor agenda** : 02 03 06/TL FTSP UII  
**Perihal** : Tugas Akhir  
**Judul** : Penurunan Konsentrasi BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand) dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonfilter  
**Parameter** : BOD<sub>5</sub> (Biochemical Oxygen Demand) dan Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)  
**Tanggal sampling** : 02-03-2006  
**Uji sampling** : 02-03-2006  
**Analisis** : Octawidiarty

**DATA HASIL PEMERIKSAAN BOD<sub>5</sub>**

**Tabel dan Contoh Perhitungan Analisa BOD<sub>5</sub> Pda Percobaan I dan II:**

Sampel	N <sub>Thio</sub> (ml)	V <sub>Thio</sub> DO <sub>S</sub> (ml)	V <sub>Smpel</sub> DO <sub>S</sub> (ml)	DO <sub>S</sub> (mg/L)	V <sub>Thio</sub> DO <sub>5</sub> <sup>20</sup> (ml)	V <sub>Smpel</sub> DO <sub>5</sub> <sup>20</sup> (ml)	DO <sub>5</sub> <sup>20</sup> (mg/L)	BOD <sub>5</sub> <sup>20</sup> (mg/L)
Inlet	0,025	1,2	25	9,6	0,75	25	6	68
I A 0	0,025	1,1	25	8,8	0,7	25	5,6	64
I A 30	0,025	1,5	25	12	0,85	25	6,8	84
I A 60	0,025	2,15	50	8,6	0,75	25	6	58
I A 90	0,025	1,7	50	6,8	0,85	25	6,8	32
I A 120	0,025	1,9	50	7,6	0,75	25	6	48
I K 0	0,025	1	25	8	0,9	25	7,2	40
I K 30	0,025	1,05	25	8,4	0,65	25	5,2	64
I K 60	0,025	1,4	50	5,6	0,85	25	6,8	20
I K 90	0,025	1,4	25	11,2	0,9	25	7,2	72
I K 120	0,025	1,75	50	7	0,9	25	7,2	30
I F 0	0,025	1,45	25	11,6	0,9	25	7,2	76
I F 30	0,025	1,45	25	11,6	0,75	25	6	88
I F 60	0,025	0,9	25	7,2	0,9	25	7,2	32
I F 90	0,025	1,65	50	6,6	0,9	25	7,2	26
I F 120	0,025	1,6	50	6,4	0,9	25	7,2	24
II A 0	0,025	2,2	50	8,8	0,8	25	6,4	56
II A 30	0,025	1,7	50	6,8	0,95	25	7,6	24
II A 60	0,025	2,2	50	8,8	0,9	25	7,2	48
II A 90	0,025	1,7	50	6,8	0,8	25	6,4	36
II A 120	0,025	1,95	50	7,8	1,05	25	8,4	26
II Z 0	0,025	1,9	50	7,6	0,8	25	6,4	44
II Z 30	0,025	1,85	50	7,4	0,8	25	6,4	42
II Z 60	0,025	1,75	50	7	0,85	25	6,8	34
II Z 90	0,025	1,75	50	7	0,9	25	7,2	30
II Z 120	0,025	2,1	50	8,4	1	25	8	36
II F 0	0,025	2,05	50	8,2	0,9	25	7,2	42
II F 30	0,025	2,8	50	11,2	0,9	25	7,2	72
II F 60	0,025	1,7	50	6,8	0,85	25	6,8	32
II F 90	0,025	1,8	50	7,2	0,85	25	6,8	36
II F 120	0,025	2	50	8	0,85	25	6,8	44



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

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

Perhitungan:

DO Pengencer ( $DO_p$ ):

$$V_{\text{Thio}} = 0,8 \text{ ml}$$

$$N_{\text{Thio}} = 0,025 \text{ ml}$$

$$V_{\text{Sampel}} = 25 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga DO Pengencer} &= \frac{V_{\text{Thio}} \times N_{\text{Thio}} \times 1000 \times 8}{V_{\text{Sampel}}} \\ &= \frac{0,8 \times 0,025 \times 1000 \times 8}{25} \\ &= 6,4 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

DO Pengencer Segera ( $DO_{p,s}$ )

$$V_{\text{Thio}} = 2,8 \text{ ml}$$

$$N_{\text{Thio}} = 0,025 \text{ ml}$$

$$V_{\text{Sampel}} = 50 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga DO Pengencer Segera} &= \frac{V_{\text{Thio}} \times N_{\text{Thio}} \times 1000 \times 8}{V_{\text{Sampel}}} \\ &= \frac{0,8 \times 0,025 \times 1000 \times 8}{50} \\ &= 11,2 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

DO Pengencer  $5^{20}$  ( $DO_{p,5^{20}}$ )

$$V_{\text{Thio}} = 1,0 \text{ ml}$$

$$N_{\text{Thio}} = 0,025 \text{ ml}$$

$$V_{\text{Sampel}} = 25 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga DO Pengencer } 5^{20} &= \frac{V_{\text{Thio}} \times N_{\text{Thio}} \times 1000 \times 8}{V_{\text{Sampel}}} \\ &= \frac{0,8 \times 0,025 \times 1000 \times 8}{25} \\ &= 8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$



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

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

Contoh Perhitungan  $BOD_5^{20}$  Untuk Inlet:

$$\begin{aligned} BOD_5^{20} \text{ Inlet} &= ((DO_S - (DO_5^{20} - DO_P)) - (DO_{P,S} - DO_{P,5}^{20})) \times 10 \\ &= ((9,6 - (6 - 6,4)) - (11,2 - 8)) \times 10 \\ &= 68 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

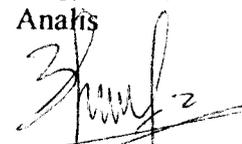
Mengetahui  
Ka. Lab



Hudori ST

Yogyakarta, 14 Maret 2006

Analisis

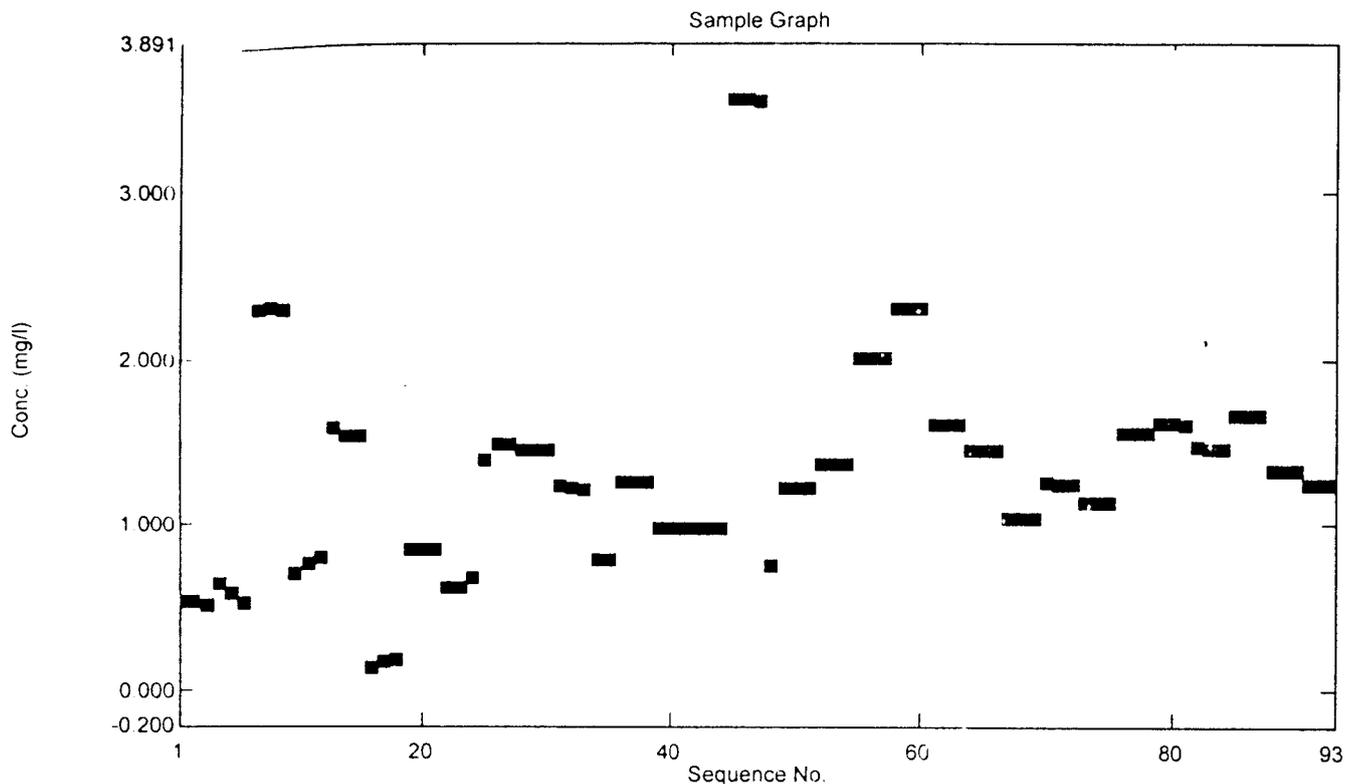


Octawidiarty

# Sample Table Report

03/08/2006 09:59:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\oktano3.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
1	I K 30 1	Unknown		0.529	0.045	
2	I K 30 2	Unknown		0.529	0.045	
3	I K 30 3	Unknown		0.512	0.043	
4	I F 90 1	Unknown		0.644	0.056	
5	I F 90 2	Unknown		0.577	0.049	
6	I F 90 3	Unknown		0.519	0.044	
7	K 90 1	Unknown		2.297	0.208	
8	K 90 2	Unknown		2.308	0.209	
9	K 90 3	Unknown		2.298	0.209	
10	II F 60 1	Unknown		0.694	0.060	
11	II F 60 2	Unknown		0.764	0.067	
12	II F 60 3	Unknown		0.800	0.070	
13	II K 60 1	Unknown		1.574	0.142	
14	II K 60 2	Unknown		1.526	0.137	
15	II K 60 3	Unknown		1.529	0.137	
16	II F 0 1	Unknown		0.141	0.009	
17	II F 0 2	Unknown		0.178	0.013	
18	II F 0 3	Unknown		0.185	0.013	

Catatan:

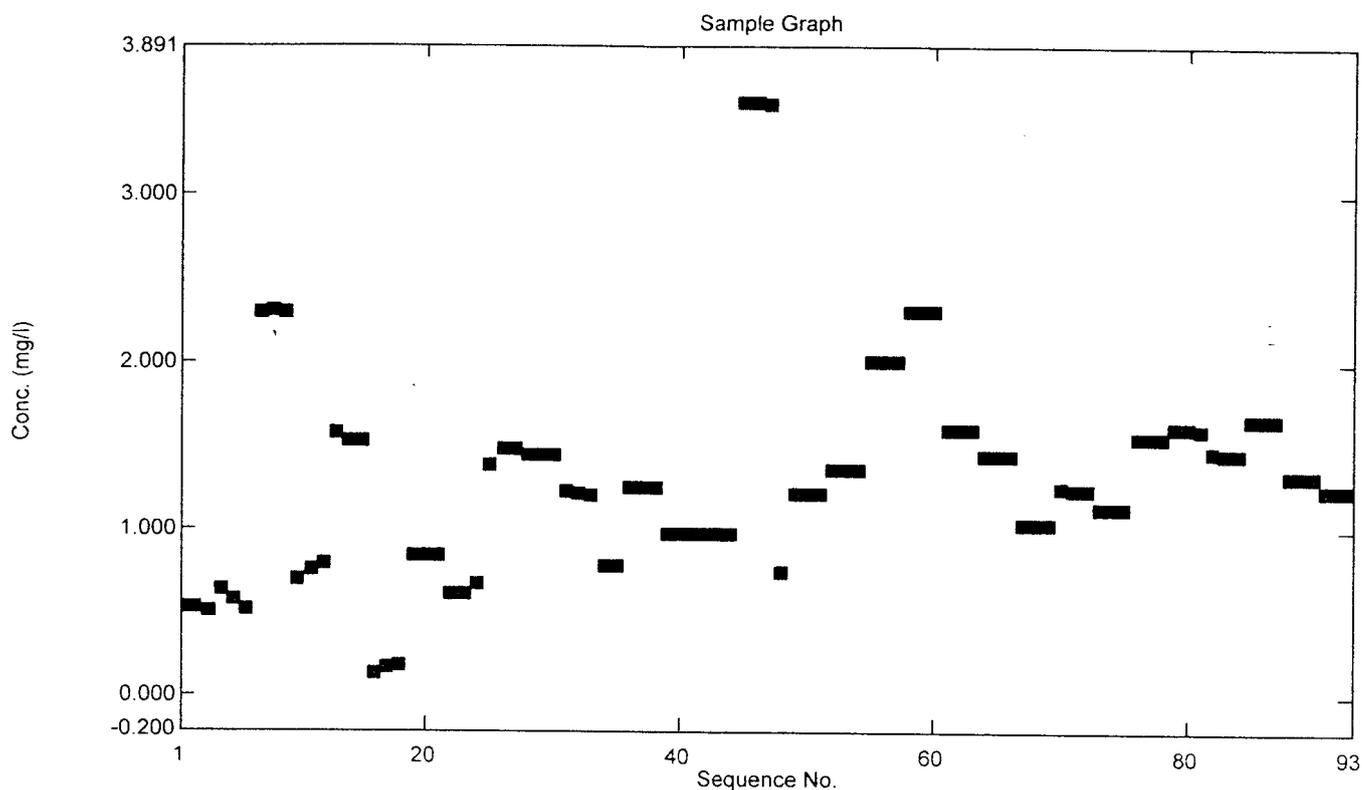
Inlet ↔ I A 0

I F 30 ↔ II F 30

# Sample Table Report

03/08/2006 09:59:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\oktano3.pho



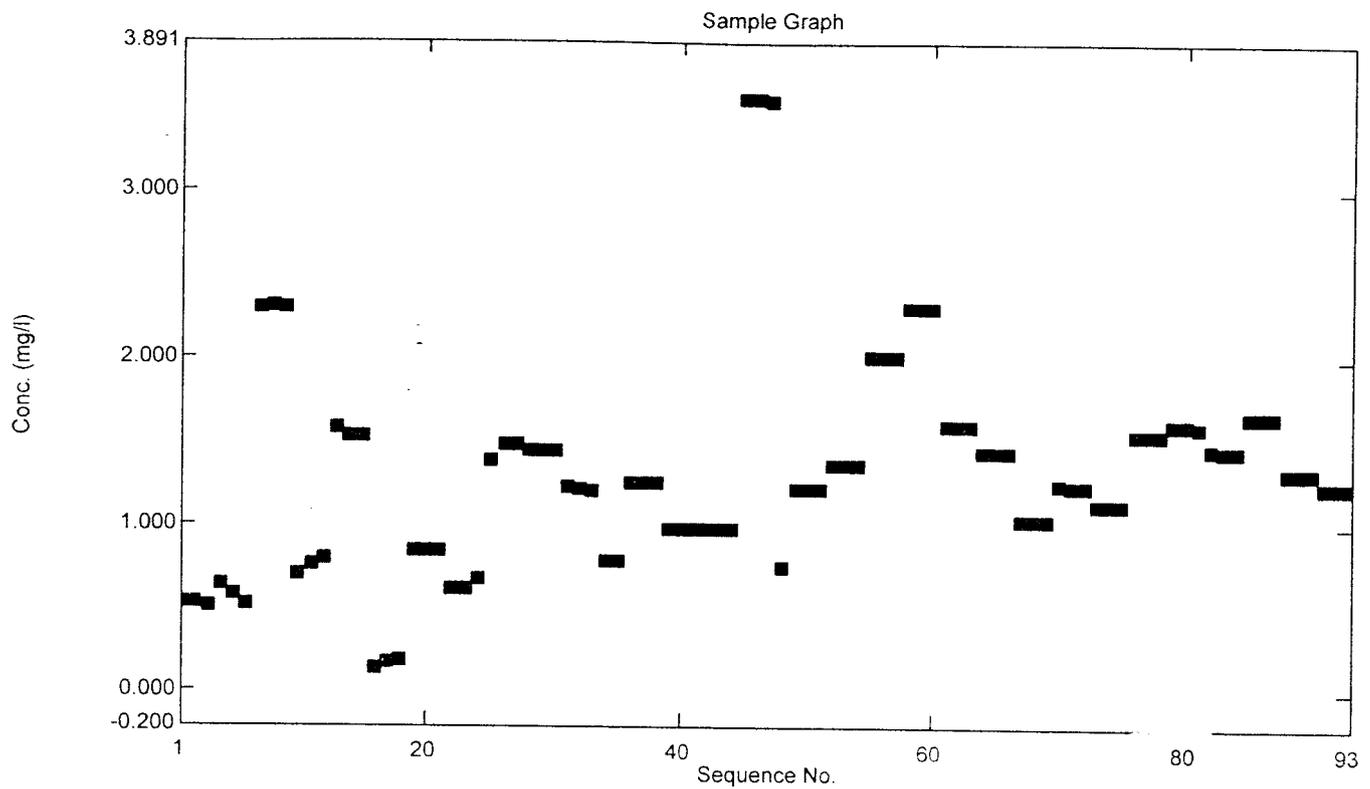
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
19	II A 0 1	Unknown		0.842	0.074	
20	II A 0 2	Unknown		0.843	0.074	
21	II A 0 3	Unknown		0.843	0.074	
22	I A 0 1	Unknown		0.616	0.053	
23	I A 0 2	Unknown		0.616	0.053	
24	I A 0 3	Unknown		0.678	0.059	
25	INLET 1	Unknown		1.389	0.125	
26	INLET 2	Unknown		1.485	0.133	
27	INLET 3	Unknown		1.483	0.133	
28	I F 120 1	Unknown		1.443	0.130	
29	I F 120 2	Unknown		1.446	0.130	
30	I F 120 3	Unknown		1.446	0.130	
31	I K 120 1	Unknown		1.233	0.110	
32	I K 120 2	Unknown		1.213	0.108	
33	I K 120 3	Unknown		1.204	0.107	
4	I F 60 1	Unknown		0.785	0.069	
5	I F 60 2	Unknown		0.780	0.068	
6	II A 30 1	Unknown		1.249	0.112	

# Sample Table Report

03/08/2006 09:59:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\oktano3.pho



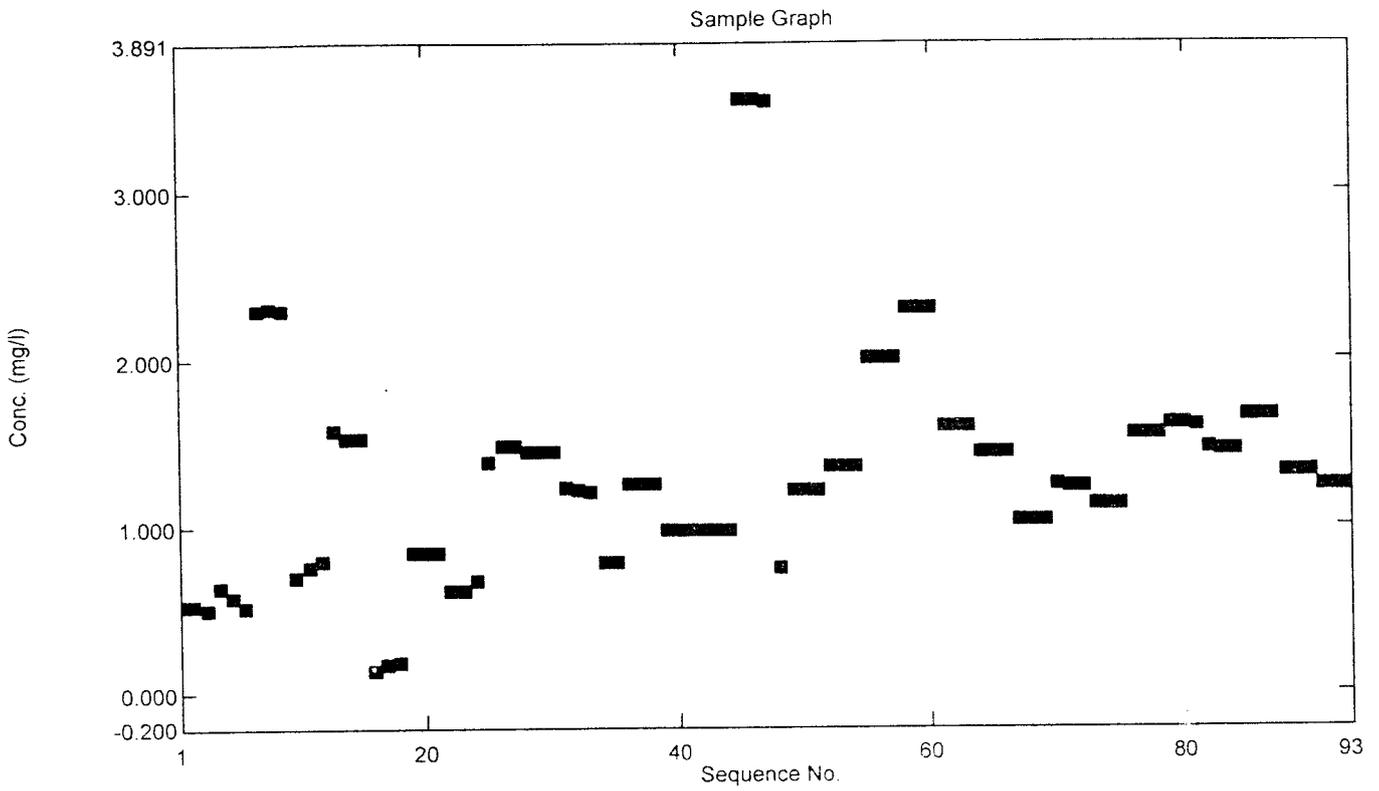
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
37	II A 30 2	Unknown		1.246	0.111	
38	II A 30 3	Unknown		1.247	0.111	
39	II A90 1	Unknown		0.972	0.086	
40	II A 90 2	Unknown		0.972	0.086	
41	II A 90 3	Unknown		0.974	0.086	
42	II F 120 1	Unknown		0.972	0.086	
43	II F 120 2	Unknown		0.972	0.086	
44	II F 120 3	Unknown		0.974	0.086	
45	I A 30 1	Unknown		3.550	0.324	
46	I A 30 2	Unknown		3.550	0.324	
47	I A 30 3	Unknown		3.544	0.324	
48	I F 60 3	Unknown		0.754	0.066	
49	II F 30 1	Unknown		1.221	0.109	
50	II F 30 2	Unknown		1.220	0.109	
51	II F 30 3	Unknown		1.217	0.109	
52	I K 0 1	Unknown		1.357	0.122	
53	I K 0 2	Unknown		1.360	0.122	
54	I K 0 3	Unknown		1.361	0.122	

# Sample Table Report

03/08/2006 09:59:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\oktano3.pho



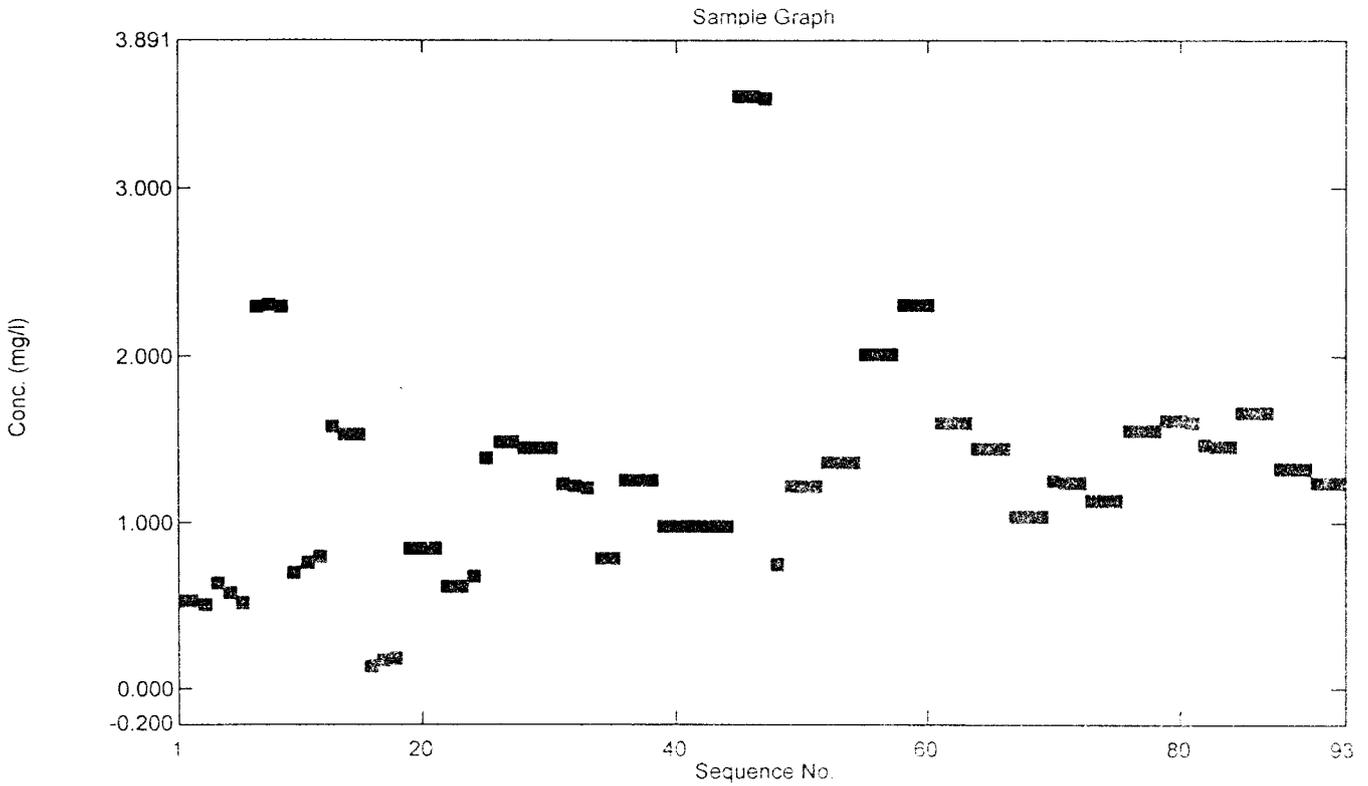
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
55	I A 90 1	Unknown		2.011	0.182	
56	I A 90 2	Unknown		2.009	0.182	
57	I A 90 3	Unknown		2.009	0.182	
58	II A 60 1	Unknown		2.312	0.210	
59	II A 60 2	Unknown		2.312	0.210	
60	II A 60 3	Unknown		2.313	0.210	
61	II Z 30 1	Unknown		1.597	0.144	
62	II Z 30 2	Unknown		1.599	0.144	
63	II Z 30 3	Unknown		1.599	0.144	
64	I K 60 1	Unknown		1.440	0.129	
65	I K 60 2	Unknown		1.442	0.129	
66	I K 60 3	Unknown		1.443	0.130	
67	I F 0 1	Unknown		1.039	0.092	
68	I F 0 2	Unknown		1.039	0.092	
69	I F 0 3	Unknown		1.039	0.092	
70	II F 90	Unknown		1.246	0.111	
71	II F 90 2	Unknown		1.244	0.111	
72	II F 90 3	Unknown		1.244	0.111	

# Sample Table Report

03/08/2006 09:59:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\oktano3.pho



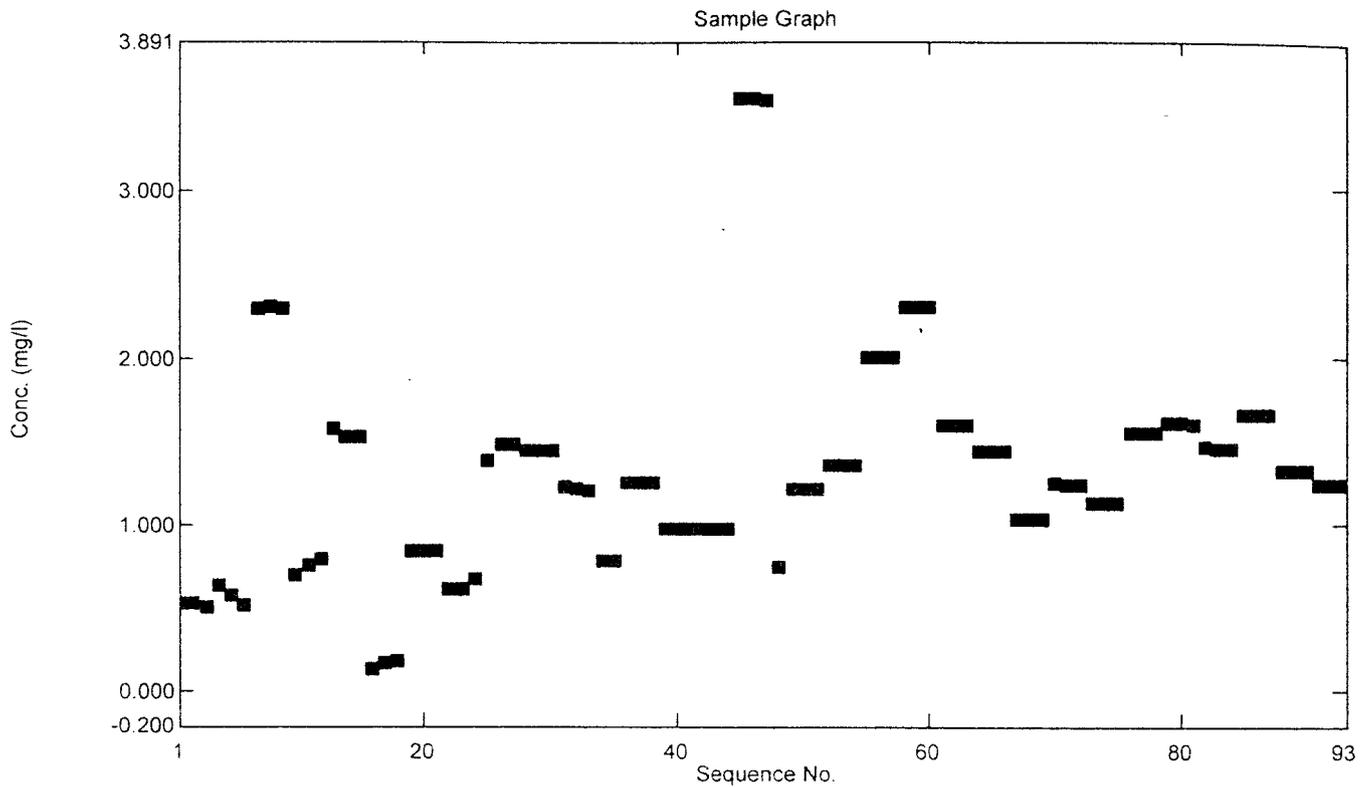
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
73	I A 120 1	Unknown		1.130	0.101	
74	I A 120 2	Unknown		1.129	0.100	
75	I A 120 3	Unknown		1.129	0.100	
76	II Z 90 1	Unknown		1.552	0.140	
77	II Z 90 2	Unknown		1.550	0.139	
78	II Z 90 3	Unknown		1.552	0.140	
79	II Z 0 1	Unknown		1.615	0.145	
80	II Z 0 2	Unknown		1.609	0.145	
81	II Z 0 3	Unknown		1.605	0.145	
82	II Z 120 1	Unknown		1.467	0.132	
83	II Z 120 2	Unknown		1.461	0.131	
84	II Z 120 3	Unknown		1.461	0.131	
85	I A 60 1	Unknown		1.659	0.150	
86	I A 60 2	Unknown		1.631	0.150	
87	I A 60 3	Unknown		1.659	0.150	
88	I F 30 1	Unknown		1.319	0.113	
89	I F 30 2	Unknown		1.319	0.113	
90	I F 30 3	Unknown		1.324	0.113	

# Sample Table Report

03/08/2006 09:59:36 PM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\oktano3.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL410.0	Comments
91	II A 120 1	Unknown		1.237	0.110	
92	II A120 2	Unknown		1.245	0.111	
93	II A120 3	Unknown		1.244	0.111	
94 *	SELESAI					
95						

### 1. Analisa BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> Pada Percobaan I dengan Anova

Langkah 1

Ha: ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> inlet dan outlet.

Ho: tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> inlet dan outlet.

Langkah 2

A 1 = A 2

A 1 ≠ A 2

Langkah 3

Hasil Kadar BOD				
No	A1	A2	(A <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	(A <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>
1	68	76.000	4624.000	5776.000
2	68	88.000	4624.000	7744.000
3	68	32.000	4624.000	1024.000
4	68	26.000	4624.000	676.000
5	68	24.000	4624.000	576.000

Statistik			Total (T)
n	5	5	10
∑X	340.000	246.000	586.000
∑X <sup>2</sup>	23120.000	15796.000	38916.000
AVR X	68.000	49.200	117.200
(∑X) <sup>2</sup> /n <sub>A1</sub>	23120.000	12103.200	35223.200

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((340.000)^2/5) + ((246.000)^2/5)) - ((586.000)^2/10)$$

$$= 883.600$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dkA)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 547.600/1$$

$$= 883.600$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 40596.000 - (((340.000)^2/5) + ((266.000)^2/5))$$

$$= 3324.80000$$

**Langkah 8**

Mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

**Langkah 9**

Mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 3324.80000/8$$

$$= 461.6000$$

**Langkah 10**

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$547.600/415.6000$$

$$1.914$$

**Langkah 11**

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Langkah 12**

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F(1 - \alpha)(dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F(1 - 0,05)(1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F(0,95)(1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

**Langkah 13**

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$$

$$1.914 \leq 5.32$$

**Langkah 14**

Menyimpulkan

$F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

## 2. Analisa BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> Pada Percobaan II dengan Anova

Langkah 1

Ha: ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> inlet dan outlet.

Ho: tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> inlet dan outlet.

Langkah 2

A 1 = A 2

A 1 ≠ A 2

Langkah 3

Hasil Kadar BOD				
No	A1	A2	(A <sub>1</sub> ) <sup>2</sup>	(A <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>
1	68	42.000	4624.000	1764.000
2	68	72.000	4624.000	5184.000
3	68	32.000	4624.000	1024.000
4	68	36.000	4624.000	1296.000
5	68	44.000	4624.000	1936.000

Statistik			Total ( T )
n	5	5	10
∑X	340.000	226.000	566.000
∑X <sup>2</sup>	23120.000	11204.000	34324.000
AVR X	68.000	45.200	113.200
(∑X) <sup>2</sup> /n <sub>A1</sub>	23120.000	10215.200	33335.200

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((340.000)^2/5) + ((226.000)^2/5)) - ((566.000)^2/10)$$

$$= 1299.600$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dkA)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 1299.600/1$$

$$= 1299.600$$

## Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 34324.000 - (((340.000)^2/5) + ((226.000)^2/5))$$

$$= 988.80000$$

## Langkah 8

Mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

## Langkah 9

Mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 988.80000/8$$

$$= 123.6000$$

## Langkah 10

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 1299.600/123.6000$$

$$= 10.515$$

## Langkah 11

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F > F$  tabel, maka tolak  $H_0$  artinya signifikanJika  $F \leq F$  tabel, maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

## Langkah 12

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F(1 - \alpha)(dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F(1 - 0,05)(1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F(0,95)(1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

## Langkah 13

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$10.515 \geq 5.32$$

## Langkah 14

Menyimpulkan

F hitung  $>$  F tabel maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

### 3. Analisa Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) Pada Percobaan I dengan Anova

Langkah 1

$H_a$ : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{BOD}_5^{20}$  inlet dan outlet.

$H_o$ : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{BOD}_5^{20}$  inlet dan outlet.

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Hasil Kadar Nitrat			$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
No	A1	A2		
1	0.637	1.039	0.406	1.080
2	0.637	1.219	0.406	1.486
3	0.637	0.773	0.406	0.598
4	0.637	0.580	0.406	0.336
5	0.637	1.445	0.406	2.088

Statistik			Total ( T )
n	5	5	10
$\sum X$	3.185	5.056	8.241
$\sum X^2$	2.029	5.587	7.616
AVR X	0.637	1.011	1.648
$(\sum X)^2/n_{A1}$	2.029	5.113	7.141

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)  
 $= (((3.185^2/5) + ((5.056)^2/5)) - ((8.241)^2/10))$   
 $= 0.350$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dka)  
 $Dka = A - 1$   
 $2 - 1 = 1$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)  
 $= 0.350/1$   
 $= 0.350$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 7.616 - (((3.185)^2/5) + ((5.056)^2/5))$$

$$= 0.4748$$

Langkah 8

Mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

Mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 0.4748/8$$

$$= 0.0594$$

Langkah 10

Mencari nilai F hitung

$$F \text{ hitung} = KRA/KRD$$

$$= 0.350/0.0594$$

$$= 5.898$$

Langkah 11

Menentukan kaidah pengujian

Jika  $F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

Langkah 12

Mencari F tabel

$$F \text{ tabel} = F (1 - \alpha) (dkA, dkD)$$

$$F \text{ tabel} = F (1 - 0,05) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = F (0,95) (1, 8)$$

$$F \text{ tabel} = 5,32$$

Langkah 13

Membandingkan F hitung dengan F tabel

$$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$$

$$5.898 \geq 5.32$$

Langkah 14

Menyimpulkan

$F \text{ hitung} \geq F \text{ tabel}$  maka tolak  $H_0$  artinya signifikan

#### 4. Analisa Nitrat ( $\text{NO}_3$ ) Pada Percobaan II dengan Anova

Langkah 1

Ha: ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{BOD}_5^{20}$  inlet dan outlet.

Ho: tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa konsentrasi  $\text{BOD}_5^{20}$  inlet dan outlet.

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Hasil Kadar Nitrat				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	0.637	0.168	0.406	0.028
2	0.637	1.321	0.406	1.745
3	0.637	0.753	0.406	0.567
4	0.637	1.245	0.406	1.550
5	0.637	0.973	0.406	0.947

Statistik			Total ( T )
n	5	5	10
$\sum X$	3.185	4.460	7.645
$\sum X^2$	2.029	4.837	6.866
AVR X	0.637	0.892	1.529
$(\sum X)^2/n_{A1}$	2.029	3.978	6.007

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JK<sub>A</sub>)

$$= (((3.185)^2/5) + ((4.460)^2/5)) - ((7.645)^2/10)$$

$$= 0.163$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dk<sub>A</sub>)

$$Dka = A - 1$$

$$2 - 1 = 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 0.163/1$$

$$= 0.163$$

Langkah 7

$$\begin{aligned} &\text{Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)} \\ &= 6.866 - (((3.185)^2/5) + ((4.460)^2/5)) \\ &= 0.859 \end{aligned}$$

Langkah 8

$$\begin{aligned} &\text{Mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)} \\ &DKD = N - A \\ &10 - 2 = 8 \end{aligned}$$

Langkah 9

$$\begin{aligned} &\text{Mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)} \\ &KRD = JKD/DKD \\ &= 0.859/8 \\ &= 0.1073 \end{aligned}$$

Langkah 10

$$\begin{aligned} &\text{Mencari nilai F hitung} \\ &F \text{ hitung} = KRA/KRD \\ &= 0.163/0.1073 \\ &= 1.514 \end{aligned}$$

Langkah 11

Menentukan kaidah pengujian  
 Jika  $F \geq F \text{ tabel}$ , maka tolak  $H_0$  artinya signifikan  
 Jika  $F \leq F \text{ tabel}$ , maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

Langkah 12

$$\begin{aligned} &\text{Mencari F tabel} \\ &F \text{ tabel} = F(1 - \alpha)(dkA, dkD) \\ &F \text{ tabel} = F(1 - 0,05)(1, 8) \\ &F \text{ tabel} = F(0,95)(1, 8) \\ &F \text{ tabel} = 5,32 \end{aligned}$$

Langkah 13

$$\begin{aligned} &\text{Membandingkan F hitung dengan F tabel} \\ &F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel} \\ &1.514 < 5.32 \end{aligned}$$

Langkah 14

Menyimpulkan  
 $F \text{ hitung} \leq F \text{ tabel}$  maka terima  $H_0$  artinya tidak signifikan

**Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup  
No. 3 Tahun 1998  
Tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan  
Industri**

MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP,

Menimbang :

1. bahwa dalam rangka untuk melestarikan lingkungan hidup agar tetap bermanfaat bagi manusia serta makhluk hidup lainnya perlu dilakukan upaya pengendalian terhadap pembuangan limbah cair ke media lingkungan;
2. bahwa kegiatan pembuangan limbah cair oleh kawasan industri mempunyai potensi menimbulkan pencemaran lingkungan hidup, oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian;
3. bahwa untuk melaksanakan pengendalian pencemaran air sebagaimana telah ditetapkan dalam Pasal 15 Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, perlu ditetapkan lebih lanjut Baku Mutu Limbah Cair;
4. bahwa berdasarkan hal tersebut di atas dipandang perlu menetapkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri;

Mengingat :

1. Undang - undang Nomor 5 Tahun 1974 tentang Pokok-pokok Pemerintah di Daerah (Lembaran Negara Tahun 1974 Nomor 38, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3037);
2. Undang-undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian (Lembaran Negara Tahun 1984 Nomor 22, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3257);
3. Undang-undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 68, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3699);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Tahun 1990 Nomor 24, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3409);

5. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (Lembaran Negara Tahun 1993 Nomor 84, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3538);
6. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 1993 tentang Kedudukan, Tugas Pokok, Fungsi, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Menteri Negara;
7. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 1994 tentang Badan Pengendalian Dampak Lingkungan;
8. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1996 tentang Kawasan Industri;

**MEMUTUSKAN :**

Menetapkan :

**KEPUTUSAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP TENTANG BAKU  
MUTU LIMBAH CAIR BAGI KAWASAN INDUSTRI**

Pasal 1

Dalam Keputusan Menteri ini yang dimaksud dengan :

1. Kawasan Industri adalah kawasan tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan prasarana dan sarana penunjang yang dikembangkan dan dikelola oleh Perusahaan Kawasan Industri yang telah memiliki Izin Usaha Kawasan Industri;
2. Perusahaan Kawasan Industri adalah perusahaan yang mengusahakan pengembangan dan/atau pengelolaan Kawasan Industri;
3. Baku Mutu Limbah Cair Kawasan Industri adalah batas maksimum limbah cair yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup dari suatu Kawasan Industri;
4. Limbah Cair Kawasan Industri adalah limbah dalam bentuk cair yang dihasilkan oleh kegiatan Kawasan Industri yang dibuang ke lingkungan hidup dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan hidup;
5. Mutu Limbah Cair adalah keadaan limbah cair yang dinyatakan dengan debit, kadar dan beban pencemar;

6. Debit maksimum adalah debit tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup;
7. Kadar maksimum adalah kadar tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup;
8. Beban pencemaran maksimum adalah beban pencemaran tertinggi yang masih diperbolehkan dibuang ke lingkungan hidup;
9. Menteri adalah Menteri yang ditugaskan mengelola lingkungan hidup;
10. Bapedal adalah badan Pengendalian Dampak Lingkungan;
11. Gubernur adalah Gubernur Kepala Daerah Tingkat I, Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota dan Gubernur Kepala Daerah Istimewa.

## Pasal 2

- (1) Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri yang telah mempunyai Unit Pengolah Limbah Terpusat adalah sebagaimana tersebut dalam Lampiran I Keputusan ini.
- (2) Bagi Kawasan Industri yang belum mempunyai Unit Pengolah Limbah Terpusat berlaku Baku Mutu Limbah Cair bagi jenis-jenis industri sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- (3) Kadar maksimum dari masing-masing parameter atau debit limbah maksimum sebagaimana tersebut dalam lampiran I Keputusan ini dapat dilampaui sepanjang beban pencemaran maksimum tidak dilampaui.
- (4) Perhitungan beban pencemaran maksimum adalah sebagaimana dalam Lampiran II Keputusan ini.
- (5) Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) pasal ini ditinjau secara berkala sekurang-kurangnya sekali dalam 5 (lima) tahun.

### Pasal 3

Gubernur dapat menetapkan parameter tambahan di luar parameter Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam Lampiran I Keputusan ini dengan persetujuan Menteri

### Pasal 4

- (1) Gubernur dapat menetapkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat dari ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Lampiran I Keputusan ini.
- (2) Apabila Gubernur tidak menetapkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) Pasal ini maka berlaku Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana diatur dalam Keputusan ini.

### Pasal 5

Apabila analisis mengenai dampak lingkungan untuk kawasan industri mensyaratkan Baku Mutu Limbah Cair lebih ketat dari Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4, maka untuk kawasan industri tersebut ditetapkan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana yang dipersyaratkan oleh analisis mengenai dampak lingkungan.

### Pasal 6

- (1) Setiap penanggung jawab Perusahaan Kawasan Industri wajib untuk :
  - a. Melakukan pengelolaan limbah cair sehingga mutu limbah cair yang dibuang ke lingkungan hidup tidak melampaui Baku Mutu Limbah Cair yang telah ditetapkan;
  - b. Membuat saluran pembuangan limbah cair yang kedap air sehingga tidak terjadi perembesan limbah cair ke lingkungan;
  - c. Memasang alat ukur debit atau laju alir limbah cair dan melakukan pencatatan debit harian limbah cair tersebut;
  - d. Memeriksa kadar parameter Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana tersebut dalam Lampiran I Keputusan ini secara periodik sekurang-kurangnya 1 (satu) kali dalam sebulan;

- e. Memisahkan saluran pembuangan limbah air dengan limpahan air hujan;
- f. Menyampaikan laporan tentang luas lahan yang terpakai, catatan debit harian dan kadar parameter Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam huruf c dan huruf d sekurang-kurangnya 6 (enam) bulan sekali kepada Kepala Bapedal, Bapedalda Tingkat I, Bapedalda Tingkat II, Instansi Teknis yang membidangi kawasan industri, dan instansi lain yang dianggap perlu sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

#### Pasal 7

Setiap penanggung jawab Perusahaan Kawasan Industri dilarang melakukan pengenceran limbah cair.

#### Pasal 8

Apabila Baku Mutu Limbah Cair kegiatan kawasan industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1), telah ditetapkan sebelum Keputusan ini:

- (a) Baku Mutu Limbah Cairnya lebih ketat atau sama dengan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam Lampiran I Keputusan ini dinyatakan tetap berlaku;
- (b) Baku Mutu Limbah Cairnya lebih longgar dari pada Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam Lampiran Keputusan ini wajib disesuaikan dengan Baku Mutu Limbah Cair sebagaimana dimaksud dalam Lampiran I Keputusan ini selambat-lambatnya 1 (satu) tahun setelah ditetapkannya Keputusan ini.

#### Pasal 9

Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di : Jakarta  
Pada tanggal : 15 Januari 1998  
Menteri Negara Lingkungan  
Hidup,

Ttd

Sarwono Kusumaatmadja

LAMPIRAN I

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No : 03/MENLH/1998

Tanggal : 15 Januari 1998

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KAWASAN INDUSTRI

PARAMETER	KADAR MAKSIMUM (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/hari.Ha)
BOD 5	50	4,3
COD	100	8,6
TSS	200	17,2
PH	6,0 - 9,0	
DEBIT LIMBAH CAIR MAKSIMUM 1 L per detik per HA lahan kawasan yang terpakai		

Ditetapkan di : Jakarta

Pada tanggal : 15 Januari 1998

Menteri Negara Lingkungan Hidup

Ttd

Sarwono Kusumaatmadja

Salinan sesuai dengan aslinya

Asisten IV Menteri Negara Lingkungan Hidup

Bidang Pengembangan, Pengawasan dan Pengendalian

ttd.

Hambar Martono

## LAMPIRAN II

Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No : 03/MENLH/1998

Tanggal : 15 Januari 1998

### BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KAWASAN INDUSTRI,

#### PENJELASAN TENTANG PERHITUNGAN BEBAN PENCEMARAN MEKSIMUM UNTUK MENENTUKAN MUTU LIMBAH CAIR

Penerapan baku mutu limbah cair pada pembuangan limbah cair melalui penetapan beban pencemaran maksimum sebagaimana tercantum dalam lampiran I berdasarkan pada jumlah unsure pencemar yang terkandung dalam aliran limbah cair. Untuk itu digunakan perhitungan sebagai berikut :

1. Beban Pencemaran Maksimum

$$\text{BPM} = (\text{Cm})_j \times \text{Dm} \times \text{A} \times \text{f} \dots\dots\dots (\text{II.1.1})$$

Keterangan :

- BPM = Beban Pencemaran maksimum yang diperbolehkan, dinyatakan dalam kg parameter per hari.
- (Cm)<sub>j</sub> = Kadar maksimum parameter j seperti tercantum dalam lampiran I Keputusan ini, dinyatakan dalam mg/l.
- Dm = Debit Limbah cair maksimum seperti tercantum dalam lampiran I, dinyatakan dalam L limbah cair per detik per hectare.
- A = Luas lahan kawasan yang terpakai, dinyatakan dalam hectare (HA).
- f = factor konversi =  $\frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} * \frac{24 \times 3600 \text{ detik}}{\text{hari}} = 0,086 \dots$   
(II.1.2)

$$\frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \quad \text{hari}$$

2. Beban pencemaran sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{BPA} = (\text{CA})_j \times (\text{DA}) \times \text{f} \dots\dots\dots (\text{II.2.1})$$

Keterangan :

- BPA = Beban pencemaran sebenarnya, dinyatakan dalam kg parameter per hari

- (CA)<sub>j</sub> = Kadar sebenarnya parameter j, dinyatakan dalam mg/l.  
 DA = Debit limbah cair sebenarnya, dinyatakan dalam liter/detik  
 F = faktor konversi = 0,086

3. Evaluasi

Penilaian beban pencemaran adalah :

BPA tidak boleh melewati BPM

4. Contoh penerapan

Data yang diambil dari lapangan untuk penerapan Baku Mutu Limbah Cair Kawasan Industri adalah :

- Luas areal kawasan industri yang terbangun (A) [hectare, HA]
- Kadar sebenarnya (CA) untuk setiap parameter [mg/l]
- Debit limbah hasil pengukuran (DA) [liter/detik]

Contoh perhitungan :

Suatu kawasan industri mempunyai luas lahan kawasan terpakai 1.500 hektare. Parameter dari Lampiran I yang akan dijadikan contoh perhitungan adalah parameter (j) BOD.

Dari Lampiran I diketahui :

- Debit maksimum yang di perbolehkan (Dm) = 1 l/det/HA

Untuk parameter BOD diketahui :

- Kadar maksimum (Cm) = 50 mg/liter
- Beban maksimum yang diperbolehkan = 4,3 kg/hari/HA

Data lapangan

- Kadar BOD hasil pengukuran (CA) = 60 mg/liter
- Debit hasil pengukuran (DA) = 1.000 l/det
- Luas lahan Kawasan terpakai (A) = 1.500 HA

Beban pencemaran maksimum parameter BOD yang diperbolehkan untuk kawasan Industri tersebut (persamaan II.1.1) adalah :

$$\text{BPM} = C_m \times D_m \times f \times A$$

$$\begin{aligned} &= 50 \times 1 \times 0,086 \times 1.500 \\ &= (4,3 \text{ kg/hari/HA}) \times 1.500 \text{ HA} \\ &= 6.450 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Beban pencemaran sebenarnya untuk parameter BOD kawasan industri tersebut (persamaan II.2.1) adalah :

$$\begin{aligned} \text{BPA} &= CA \times DA \times f \\ &= 60 \times 1.000 \times 0,086 \\ &= 5.160 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Dari contoh diatas BPA (5.160 kg/hari) lebih kecil dari pada BPM (6.450 kg/hari), jadi untuk parameter BOD kawasan tersebut memenuhi Baku Mutu Limbah Cair.

Ditetapkan di : Jakarta

Pada tanggal : 15 Januari 1998

Menteri Negara Lingkungan

Hidup,

ttd

Sarwono Kusumaatmadja

Salinan sesuai dengan aslinya

Asisten IV Menteri Negara Lingkungan Hidup

Bidang Pengembangan, Pengawasan dan Pengendalian

ttd.

Hambar Martono

---

### LAMPIRAN III

Surat Keputusan Menteri Negara KLH

Nomor : KEP-03/MENKLH/II/1991

Tanggal : 1 Februari 1991

Tentang : Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Yang Telah Beroperasi

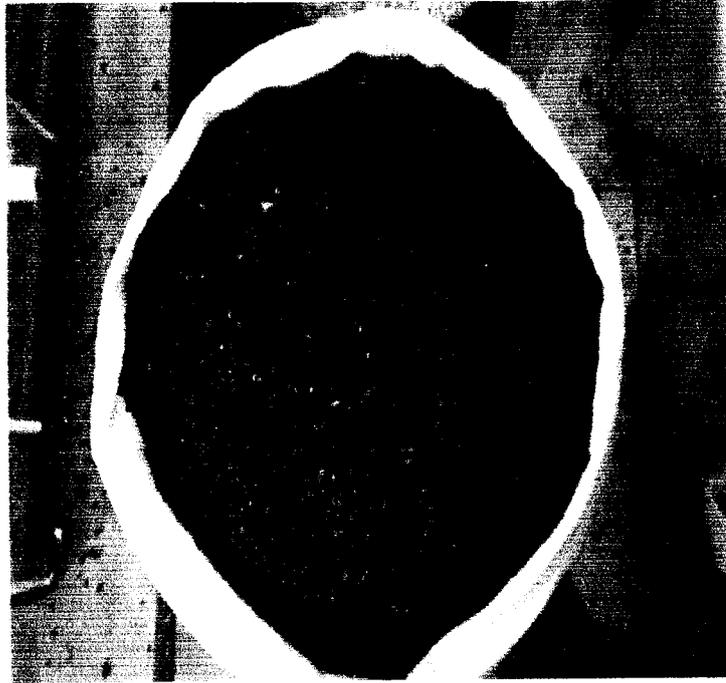
No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah			
			I	II	III	IV
	<b>FISIKA</b>					
	Temperatur	°C	35	38	40	45
	Zat padat terlarut	mg/L	1500	2000	4000	5000
	Zat padat tersuspensi	mg/L	100	200	400	500
	<b>KIMIA:</b>					
	pH	-	6-9	6-9	6-9	5-9
	Besi terlarut	mg/L	1	5	10	20
	Mangan terlarut	mg/L	0,5	2	5	10
	Barium	mg/L	1	2	3	5
	Tembaga	mg/L	1	2	3	5
	Seng	mg/L	2	5	10	15
	Khrom hexavalen	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
	Khrom total	mg/L	0,1	0,5	1	2
	Cadmium	mg/L	0,01	0,05	0,1	0,5
	Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,005	0,01
	Timbal	mg/L	0,03	0,1	1	2
	Stanum	mg/L	1	2	3	5
	Arsen	mg/L	0,05	0,1	0,5	1
	Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,5	1
	Nikel	mg/L	0,1	0,2	0,5	1
	Kobalt	mg/L	0,2	0,4	0,6	1
	Sianida	mg/L	0,02	0,05	0,5	1
	Sulfida	mg/L	0,01	0,05	0,1	1
	Fluorida	mg/L	1,5	2	3	5
	Khlorin bebas	mg/L	0,5	1	2	5
	Amoniak bebas	mg/L	0,02	1	5	20
	Nitrat	mg/L	10	20	30	50
	Nitrit	mg/L	0,06	1	3	5
	BOD <sub>5</sub>	mg/L	20	50	150	300
	COD	mg/L	40	100	300	600
	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	0,5	5	10	15
	Fenol	mg/L	0,01	0,5	1	2
	Minyak nabati	mg/L	1	5	10	20
	Minyak mineral	mg/L	1	10	50	100
	Radioaktivitas (**)					
	Pestisida, termasuk PCB(***)					

\*) kadar air limbah yang memenuhi persyaratan baku mutu air limbah tersebut tidak diperbolehkan dengan cara pengenceran yang airnya langsung diambil dari sumber air.

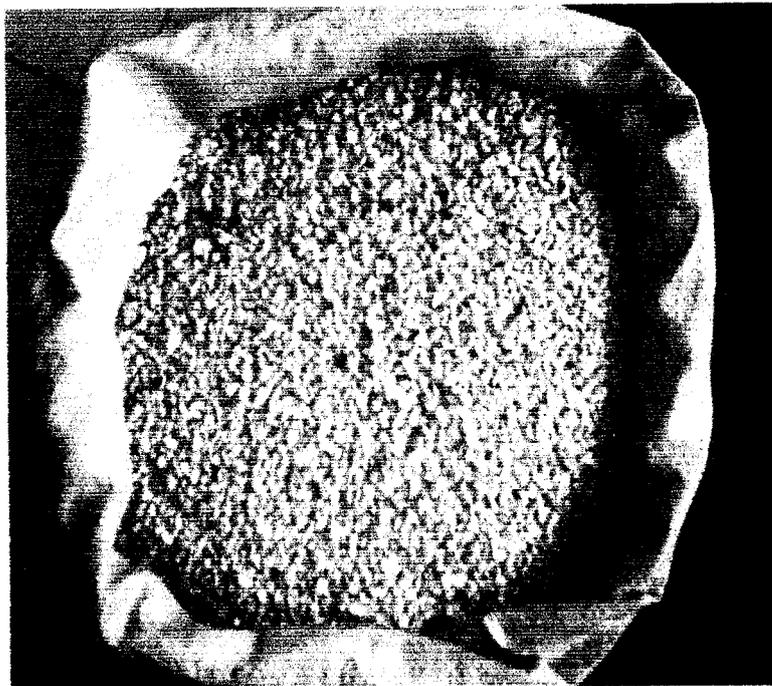
Kadar bahan limbah tersebut adalah kadar maksimal yang diperbolehkan, kecuali pH yang meliputi juga kadar yang minimal.

\*\*) Kadar radioaktivitas mengikuti peraturan yang berlaku.

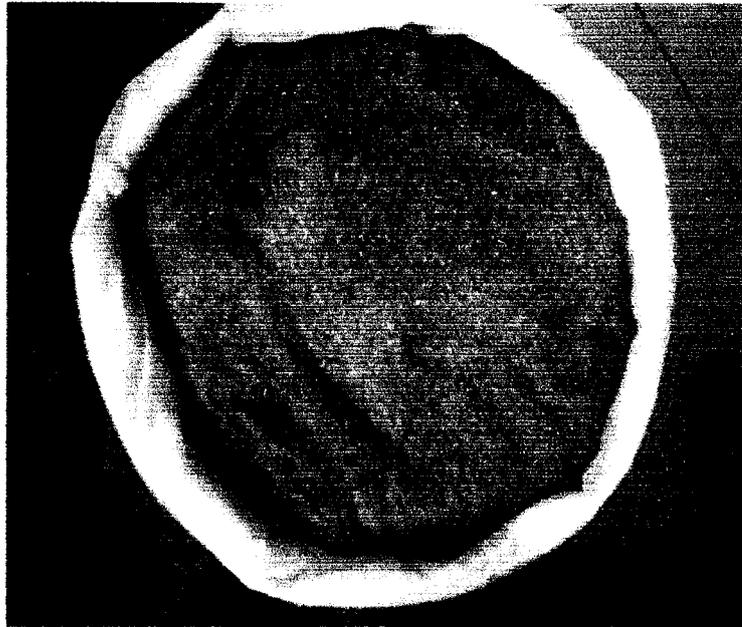
\*\*\*) Limbah pestisida yang berasal dari industri yang memformulasi atau memproduksi dan dari konsumen yang mempergunakan untuk pertanian dan lain-lain tidak boleh menyebabkan pencemaran air yang mengganggu pemanfaatannya.



Karbon Aktif



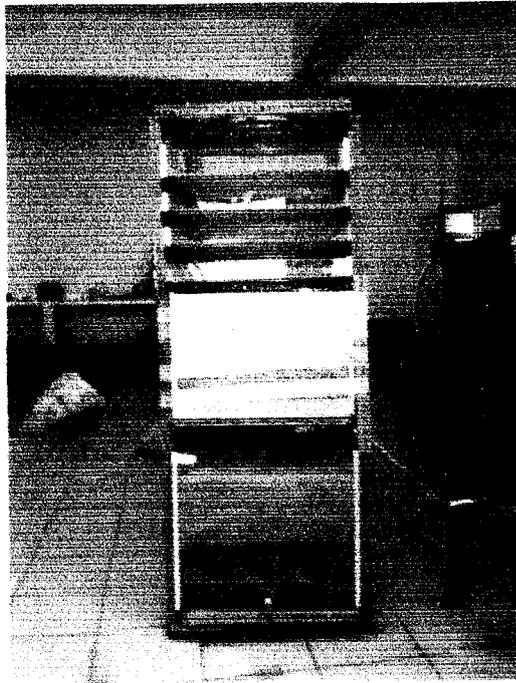
Zeolit



Pasir Kuarsa



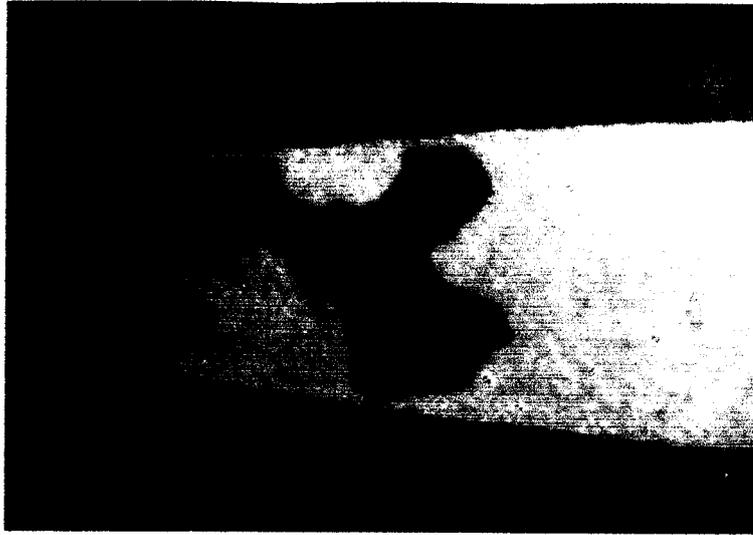
Pengambilan sampel dari outlet reaktor aerokarbonfilter



Reaktor Aerokarbonfilter



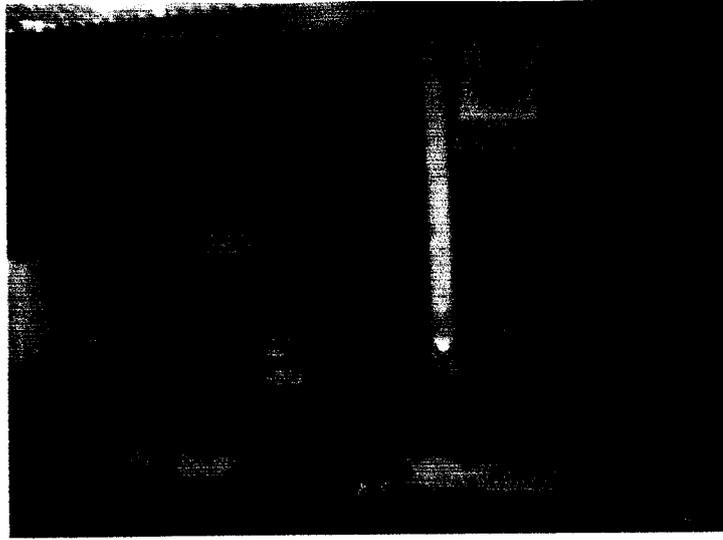
Proses pemeliharaan



Air limbah batik di tempat proses pewarnaan



Pengambilan limbah batik



Tempat proses pewarnaan dan pencucian batik