

TA/TL/2006/0072

PERPUSTAKAAN FTSP UIN	
HADIAH/BELI	
TGL. TERIMA :	6 Juli 2006
NO. JUDUL :	002029
NO. INV. :	51200002029001
NO. INDUK. :	

TUGAS AKHIR

**PENURUNAN KADAR COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS
(*Total Suspended Solids*), DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI BATIK DENGAN MENGGUNAKAN
REAKTOR AEROKARBONFILTER**

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

DIBACA DI TEMPAT
TIDAK DIBAWA PULANG



Oleh :

Nama : Ahmat Nur

No. MHS : 01513063

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

MILIK PERPUSTAKAAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UIN YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini kepada :

Ibu dan Ayahku tercinta

yang telah mencurahkan biaya, do'a dan kasih sayangnya

Kedua kakakku dan adikku tercinta sebagai motivator

Wanita tersayang yang telah setia menemani dalam suka dan duka

Semoga Allah SWT mencatatnya sebagai amal kebajikan

Amin.

MOTTO

"Bila Allah menolongmu, tidak ada yang dapat mengalahkan kamu, sebaliknya kalau Allah meninggalkan kamu, siapa lagi yang dapat menolongmu selain Dia. Maka kepada Allahlah para mukmin harus bertawakal".

(Q.S. Al Imran : 160)

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

(QS Al Baqarah : 45)

"Sungguh, bersama kesukaran pasti ada kemudahan"

(QS Al As Syarh: 5)

Mencintai seseorang bukanlah apa-apa

Dicintai seseorang adalah sesuatu

Dicintai oleh orang yang kau cintai sangatlah berarti

Tapi dicintai oleh Sang Pencinta adalah segalanya

KATA PENGANTAR

Assalamu alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Penurunan Kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), Dan Warna Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Reaktor Aerokarbonfilter.**

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) 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. Allah SWT.
2. Rasulullah Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya
3. Bapak Prof. Dr. Drs. Edy Suandi Hamid, MEd selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.

4. Bapak Dr. Ir. H. Ruzardi, MS selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak H. Kasam, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan juga selaku pembimbing I Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
6. Bapak Eko Siswoyo, ST selaku pembimbing II Tugas Akhir, yang telah bersedia meluangkan waktu dan membimbing, mendukung serta mencurahkan pikirannya untuk memberi masukan-masukan kepada penulis.
7. Bapak Lukman Hakim, ST, Msi selaku dosen dan sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
8. Bapak Hudori, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
9. Bapak Andik Yulianto, ST selaku dosen Jurusan Teknik Lingkungan.
10. Bapak Agus Adi Prananto, selaku staf Jurusan Teknik Lingkungan.
11. Bapak Tasyono, Amd dan Mas Iwan Amd selaku laboran di laboratorium kualitas lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan.
12. Ayah dan Ibu tercinta, yang telah memberi do'a, dukungan moril dan materil yang tak terhingga, serta ketiga saudaraku yang telah memberikan do'a dan dorongan semangat sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

13. Mytha Indra Ningtyas, S.Psi teman sejati selama ini, terimakasih atas do'a dan segalanya, berharap semua menjadi nyata dan mendapat ridhoNYA, Amin.
14. De Sastronge AB 4086 YU, terimakasih buat semua.
15. Teman-teman angkatan 2001, dari 01513001 sampai 01513107, dari yang peduli sampai yang 'nggak peduli, dari yang dianggap sampai 'nggak menganggap, dari Sragen sampai Lampung, dari Lombok sampai Jambi atau dari Pekanbaru yang sampai mana aja, terimakasih buat semuanya.
16. Aerokarbonfilter team... semangat coy..!!!!
17. Teman-teman Teknik Lingkungan dari 1999 sampai 2003
18. Teman-teman N'Come dan Save 21, musik sampe lulus... Hehehe...
19. Wisma Biru Legion, sedot masss...
20. Semua pihak yang telah memberi bantuan yang tidak dapat saya 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.

Jogjakarta, mei 2006

Penyusun

LEMBAR PENGESAHAN

PENURUNAN KADAR COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN MENGGUNAKAN REAKTOR AEROKARBONFILTER

Nama : Ahmat Nur

No. MHS : 01 513 063

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen pembimbing I

Ir. H. Kasam, MT


Tanggal : 10-5-06

Dosen pembimbing II

Eko Siswoyo, ST


Tanggal : 10-5-2006

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Zat Pencemar Dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik..... 15
Tabel 2.2	Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Kecil..... 16
Tabel 2.3	Syarat Mutu Arang Aktif..... 36
Tabel 2.4	Penggunaan Karbon Aktif..... 44
Tabel 2.5	Perbandingan Konstruksi Dan Operasi Antara Filter Pasir Lambat Dan Filter Pasir Cepat..... 55
Tabel 3.1	Dimensi Reaktor..... 62
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Parameter Awal Sebelum Dilakukan Proses..... 68
Tabel 4.2	Hasil Percobaan I Parameter COD..... 69
Tabel 4.3	Hasil Percobaan II Parameter COD..... 70
Tabel 4.4	Hasil Percobaan I Parameter TSS..... 75
Tabel 4.5	Hasil Percobaan II Parameter TSS..... 76
Tabel 4.6	Hasil Percobaan I Parameter Warna..... 81
Tabel 4.7	Hasil Percobaan II Parameter Warna..... 82
Tabel 4.8	Hasil Dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Arang Aktif..... 88
Tabel 4.9	Hasil Dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Pasir Zeolit..... 88

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema pengelempokkan bahan yang terkandung didalam air limbah (Sugiharto, 1987).....	13
Gambar 2.2 Skema proses pembuatan batik (anonim, 1982).....	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	59
Gambar 3.2 Reaktor Aerokarbonfilter.....	66
Gambar 4.1 Grafik konsentrasi COD pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media arang aktif sebagai adsorban.....	69
Gambar 4.2 Grafik konsentrasi COD pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media zeolit sebagai adsorban.....	70
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi TSS pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media arang aktif sebagai adsorban.....	76
Gambar 4.4 Grafik konsentrasi TSS pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media zeolit sebagai adsorban.....	77
Gambar 4.5 Grafik konsentrasi Warna pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media arang aktif sebagai adsorban.....	81
Gambar 4.6 Grafik konsentrasi Warna pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media zeolit sebagai adsorban.....	82

Gambar 4.7	Grafik konsentrasi COD pada outlet akhir pada berbagai waktu proses.....	89
Gambar 4.8	Grafik konsentrasi TSS pada outlet akhir pada berbagai waktu proses.....	89
Gambar 4.9	Grafik konsentrasi Warna pada outlet akhir pada berbagai waktu proses.....	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Standar air buangan
Lampiran II	Standar pengujian sampel Hasil uji laboratorium
Lampiran III	Hasil perhitungan statistik
Lampiran IV	Dokumentasi

Penurunan Kadar COD (*Chemical oxygen demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), Dan Warna Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Menggunakan Aerokarbonfilter

Ahmat Nur

Inti Sari

Dengan adanya beberapa industri batik di DI Yogyakarta dapat memberikan beberapa dampak pada masyarakat serta lingkungannya. Dampak positif, yaitu terbukanya lapangan kerja, meningkatnya taraf hidup masyarakat, dan 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 COD (*Chemical oxygen demand*) dan TSS(*Total Suspended Solids*), Warna 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 COD, TSS, dan Warna pada limbah batik, serta mengetahui besar penurunan dan efisiensi penurunan konsentarsi COD, TSS, dan Warna.

Metode penelitian yang dilakukan yaitu Proses aerasi dengan menggunakan tipe *multiple tray aeration*, proses adsorpsi dengan menggunakan arang aktif dan pasir zeolit dan proses filtrasi dengan menggunakan pasir kuarsa. Variasi penelitian terdapat pada jenis media adsorpsi yaitu arang aktif dan pasir zeolit. Pada penelitian ini akan dilakukan dua kali percobaan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter. Percobaan I dengan menggunakan proses aerasi, adsorpsi dengan media arang aktif, dan filtrasi, sedangkan percobaan II dengan menggunakan proses aerasi, adsorpsi dengan media pasir zeolit, dan filtrasi. Dari data hasil percobaan I dan II akan dilihat besarnya penurunan konsentrasi dan efisiensi penurunan untuk parameter COD, TSS, dan Warna dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, maka diperoleh data untuk parameter COD dan Warna pada percobaan II dengan media adsorpsi pasir zeolit memiliki kualitas *effluent* yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat pada konsentrasi *effluent* pada menit ke 0 memiliki konsentrasi 41.35 mg/L untuk parameter COD dan 0 PtCo untuk *effluent* parameter warna. Untuk parameter TSS pada percobaan I memiliki kualitas *effluent* yang sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan percobaan II. Hal ini dapat dilihat pada data pada percobaan I untuk tiap menitnya memiliki konsentrasi yang lebih kecil daripada percobaan II.

Kata kunci: COD (*Chemical oxygen demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), Warna, limbah batik, reaktor aerokarbonfilter.

The Decrease of COD (Chemical oxygen demand), TSS (Total Suspended Solids), and Color Grade In Craft Industry using Aerokarbonfilter Reactor

Ahmat Nur

Abstract

The presence of some craft industries in Daerah Istimewa Yogyakarta may bring some impacts to the society and environment. The positive impacts are increasing the society level, opened the work fields, and many more. And the bad impact is increasing the side product, and the side product is waste. Waste is very dangerous for human and the environment. High of COD (*Chemical oxygen demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), and Color concentration in craft waste water is needed to making an alternative treatment and the alternative treatment is Aerokarbonfilter reactor. Aerokarbonfilter reactor is a reactor with combination from aeration process, adsorption process, and filter process. The purpose of this research is to know that the aerokarbonfilter reactor can decreasing the concentration of COD, TSS, and Color. And also to know the efficiency of the aerokarbonfilter reactor to decreasing the concentration of COD, TSS, and Color.

The methods of this research is aeration process using multiple tray aeration, and the adsorption process using activated carbon and zeolit. And the filtration process using the kwarsa sand. The variation of this research is to be found in adsorption process that using activated carbon and zeolit. In this research will be doing in two times, first experiment using activated carbon and the second experiment using zeolit. And from both experiment will be know how much the decreasing of the concentration and the efficiency the aerokarbonfilter reactor to decreasing the parameters.

From the result of the experiment, the concentration of COD and Color from experiment II had good quality effluent than experiment I. This result can be found in 0 minute and the concentration is 41.35 mg/L for COD and 0 PtCo for color. For TSS concentration, experiment I have good quality than experiment II.

Key word: COD (*Chemical oxygen demand*), TSS (*Total Suspended Solids*), and Color, Craft waste water, Aerokarbonfilter reactor.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Limbah ditimbulkan sebagai hasil sampingan akibat proses produksi (kegiatan manusia) yang berupa padatan, gas, cairan, dan bunyi yang dapat menimbulkan gangguan pada lingkungan sekitarnya, sehingga terjadi akumulasi limbah yang akan menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan di daerah tersebut.

Di dalam Undang-undang Republik Indonesia No.4 tahun 1982, pencemaran lingkungan didefinisikan sebagai berikut: masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Jadi, terjadinya akumulasi limbah pada suatu tempat tertentu akan menyebabkan terjadinya pencemaran pada suatu tempat tersebut.

Salah satu sektor industri yang ada di D.I Yogyakarta adalah industri batik. Batik merupakan warisan nenek moyang yang kini menjadi ciri khas dan menjadi andalan D.I Yogyakarta dan telah dikenal baik itu nasional maupun secara internasional.

Berkembangnya industri batik mempunyai dampak yang sangat luas. Dampak positif, yaitu terbukanya lapangan kerja, meningkatnya taraf hidup

masyarakat, dan juga akan meningkatkan ekspor. Dan 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.

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 murah dan sederhana yang dapat digunakan untuk mendaur ulang limbah cair industri batik.

Berdasarkan alasan-alasan tersebut diatas, maka perlu dirancang suatu teknologi proses yang diharapkan dapat digunakan untuk dapat mendaur ulang limbah industri batik. Pada penelitian ini dipilih teknologi proses dengan mengombinasikan proses-proses aerasi, filtrasi karbon aktif, zeolit dan filtrasi pasir.

1.2 Rumusan Masalah

Menurut latar belakang yang ada diatas maka dapat disusun beberapa permasalahan yang ada, yaitu:

- a) Apakah reaktor (aerasi, karbon aktif, dan filter) dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri batik.
- b) Bagaimana perbandingan efektifitas arang aktif dan pasir zeolit sebagai karbon aktif untuk dapat menurunkan konsentrasi COD (*Chemical oxygen*

demand), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri batik.

- c) Seberapa besar efisiensi penurunan konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri batik dengan menggunakan reaktor Aerokarbonfilter.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah:

- a) Untuk mengetahui penurunan konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri batik dengan menggunakan reaktor aerasi, karbon aktif, dan filter.
- b) Untuk mengetahui variasi karbon aktif yang optimal antara arang aktif dan zeolit dalam reaktor aerokarbonfilter untuk menurunkan konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri batik.
- c) Untuk mengetahui besarnya efisiensi penurunan konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) pada limbah cair industri batik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a) Mendapatkan suatu teknologi yang murah dan sederhana yang dapat mengurangi konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) dalam limbah cair industri batik.
- b) Memberikan salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri batik yang memiliki konsentrasi COD (*Chemical oxygen demand*), Warna, dan TSS (*Total Suspended Solids*) yang tinggi.

1.5 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih mudah perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

- a) Reaktor yang digunakan adalah reaktor yang susunannya terdiri atas aerasi, karbon aktif, dan filter pasir.
- b) Variasi pengolahan terdapat pada karbon aktif yaitu antara Arang aktif dan Zeolit.
- c) Bahan baku berasal dari limbah cair industri batik.
- d) Parameter yang diukur adalah: COD, Warna, dan TSS
- e) Aerasi menggunakan tipe multiple tray aerasi dengan jumlah 4 tray, ketebalan karbon aktif 30 cm, dan filter menggunakan saringan pasir cepat dengan ketebalan 30 cm.
- f) Pengambilan sampel air pada menit ke 0, 30, 60, 90, 120.
- g) Sistem pengaliran kontinyu

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang dinamakan siklus hidrologi. Dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada di permukaan bumi akan menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air ini akan bersatu dan berada di tempat yang tinggi yang sering dikenal dengan nama awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa makin lama makin tinggi di mana temperatur di atas makin rendah, dalam kondisi tertentu awan ini akan berubah menjadi tetesan-tetesan air dan jatuh kembali ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan rapat air, maka peresapan akan berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air ini. Jika air ini keluar pada permukaan bumi, maka air ini akan disebut mata air. Air permukaan yang mengalir di permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui tempat yang rendah (cekungan) maka air akan berkumpul, membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak diantaranya mengalir kelaut kembali dan kemudian mengikuti siklus hidrologi ini.

Sumber-Sumber Air

1. Air permukaan
2. Air tanah
3. Air atmosfer/angkasa

Walaupun penetapan standar air yang bersih tidak mudah, namun ada kesepakatan bahwa air yang bersih tidak ditetapkan pada kemurnian air, akan tetapi didasarkan pada keadaan normalnya. Bila terjadi keadaan menyimpang dari keadaan normal, maka hal itu berarti air tersebut telah mengalami pencemaran.

Air yang ada di bumi ini tidak pernah dalam keadaan murni bersih, tetapi selalu ada senyawa / mineral (unsure) lain yang terlarut didalamnya. Hal ini tidak berarti semua air yang ada di bumi ini telah tercemar. Sebagai contoh air yang di ambil darimata air di pegunungan dan air hujan. Keduanya dapat dianggap sebagai air bersih, namun senyawa atau mineral (unsure) yang terdapat didalamnya berlainan.

seperti tampak dalam keterangan berikut ini :

- Air hujan mengandung : SO_4 , Cl, NH_3 , CO_2 , H, C, O_2 , dan debu.
- Mata air mengandung : Na, Mg, Ca, Fe, O_2

Selain itu air juga seringkali mengandung bakteri atau mikroorganisme lainnya. Air yang mengandung bakteri atau mikroorganisme tidak dapat langsung digunakan sebagai air minum, tetapi harus direbus dulu. Pada batas-bats tertentu air minum justru diharapkan mengandung mineral agar air itu terasa segar. Air murni tanpa mineral justru tidak enak untuk diminum.

Berdasarkan uraian tersebut dapat dipahami bahwa air tercemar apabila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Ukuran air disebut bersih dan tidak tercemar tidak ditentukan oleh kemurnian air.

4. Air laut

2.1.1 Definisi Pencemaran

Manakala terjadi perubahan dalam sifat lingkungan hidupnya, baik perubahan alamiah, maupun perubahan yang disebabkan oleh aktivitas hidupnya, kelangsungan hidup manusia akan terancam (Soemarwoto, 1987).

Pencemaran lingkungan dapat menyebabkan terjadinya perubahan yang tidak dikehendaki, baik secara fisik, kimia, atau biologik pada udara, tanah, dan air, yang dapat menyebabkan efek bagi kehidupan manusia maupun makhluk lain, atau terjadinya keadaan yang buruk dari lingkungan hidup atau sumber daya akibat proses-proses industri (Odum, 1972).

Didefinisikan oleh Dix (1981), yang menyatakan bahwa pencemaran adalah tindakan yang disengaja yang menyebabkan terkontaminasinya lingkungan dengan buangan-buangan manusia. Dimana kerusakan lingkungan yang berupa pencemaran pada lingkungan merupakan perbuatan yang sangat merugikan, baik itu merugikan lingkungan itu sendiri namun juga merugikan bagi diri sendiri dan juga makhluk yang berinteraksi dengan lingkungan tersebut

2.1.2 Macam-Macam Pencemaran Lingkungan.

Banyak ahli yang telah mengklasifikasikan pencemaran menjadi bermacam-macam dan semuanya tergantung dari apa yang ingin ditentukan (Amsyari 1972), mengklasifikasikan pencemaran lingkungan ini dengan menjadikannya menjadi empat kelompok, yaitu: pencemaran udara, pencemaran air, pencemaran tanah dan pencemaran budaya. Sedangkan bahaya

pencemarannya diklasifikasikan menjadi tersendiri sebagai: Pencemar fisik, pencemar biologik, pencemar kimia, dan pencemar budaya atau sosial.

Odum, (1972), mengklasifikasikan pencemaran lingkungan menurut sasarannya, yaitu pencemaran udara, pencemaran tanah, pencemaran air, dan lain sebagainya atau sesuai dengan jenis bahan pencemarannya seperti tanah, karbondioksida, limbah cair, dan lain-lain.

Dix, (1981), yang membagi pencemaran lingkungan menjadi empat kelompok, yaitu pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran air.

Namun demikian secara keseluruhan ada dua bentuk dasar pencemaran, yaitu pencemaran yang tidak dapat didegradasi dan pencemaran yang mengalami degradasi (Odum, 1972)

2.2 Pencemaran Air

Air merupakan senyawa yang sangat esensial bagi hidup dan kehidupan organisme, air juga selalu berisi bermacam-macam benda, partikel-partikel baik organik maupun anorganik serta organisme. Hal ini disebabkan karena air senantiasa terbuka bagi benda-benda pengotor dan pada umumnya dapat melarutkan benda-benda tersebut (merupakan pelarut universal), karena sifat tersebut tidak ada perairan atau air yang murni, tetapi air dengan selalu akan terkandung unsur atau senyawa lain (Wardoyo, 1982; Prawiro, 1983).

Dengan terlarutnya unsur atau senyawa lain terutama unsur hara mineral, air merupakan komponen ekologi yang penting peranannya bagi kehidupan organisme. Air murni, yang hanya dapat ditemui di laboratorium,

itupun tidak selalu seratus persen murni, tidak dapat mendukung kehidupan organisme dengan baik, sebaliknya jika di dalam air terkandung atau terlarut unsur serta senyawa yang bersifat racun akan mengganggu hidup dan kehidupan manusia, nilai guna air dan perairan akan menurun atau bahkan rusak (Wardoyo, 1982).

Dix (1981), menyatakan pencemaran air sebagai perubahan kualitas baik karena proses alamiah maupun akibat pencemaran manusia yang mengakibatkan air tersebut tidak dapat digunakan atau berbahaya untuk makanan, kesehatan manusia dan hewan, industri, pertanian, perikanan, maupun keperluan rekreasi.

2.2.1 Pengertian Limbah Cair

Jenis dan tingkat kandungan bahan pencemar didalam limbah cair akan sangat mempengaruhi dan menentukan karakteristik dari limbah tersebut. Karakteristik limbah cair pada perinsipnya dapat dibagi menjadi empat , yaitu (Kasmidjo, 1991)

a. Parameter kimia anorganik.

Beberapa parameter yang telah digunakan adalah : keasaman dan alkalinitas, kesadahan, logam-logam hologen, nitrogen (berupa sulfida, sulfit, sulfat, atau thio sulfat), fosfat, dan sianida. Penggunaannya dapat salah satu atau beberapa dari padanya tergantung industri asal serta tujuan monitoringnya.

b. Parameter kimia organik

Kecuali untuk memonitor senyawa organik yang bersifat racun, parameter organik biasanya dimasukkan untuk mengetahui bahan pencemar (limbah) dalam menyerap oksigen dalam proses perombakannya. Seperti BOD, COD.

c. Parameter biologi

Pencemaran biologi oleh mikrobia penyebab penyakit (patogen) biasanya dinyatakan dengan perkiraan jumlah terdekat (MPN) bakteri bentuk Coli. Kelompok bakteri bentuk Coli sebagai indikator mikrobia patogen dikarenakan bahwa bakteri ini berasal dari usus dan mempunyai ketahanan hidup didalam air yang cukup lama.

d. Parameter fisika

Yang termasuk didalam parameter ini antara lain : Radioaktifitas, warna, kekeruhan, suhu, total residu penguapan, daya hantar listrik, kadar zat padat tersuspensi, dan kadar zat padat terlarut.

2.2.2 Perubahan Kualitas Air.

Kualitas air merupakan karakteristik air yang dicerminkan oleh parameter kimia organik, kimia anorganik, fisik, biotik, dan radioaktif bagi perlindungan dan pembagian air untuk berbagai peruntukkan tertentu (Anonim, 1990)

Pencemaran air dapat disebabkan karena limbah yang masuk kedalam danau, sungai, estuaria, perairan pantai, laut bebas atau badan air lainnya

yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air. Untuk mengetahui lebih luas tentang air limbah, perlu diketahui secara mendalam tentang kandungan yang ada didalam air limbah dan juga sifat-sifatnya. Soegiharto (1987), membedakan air limbah berdasarkan atas sifatnya, yaitu sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologiknya.

a. Sifat fisik air

Penentuan derajat kekotoran air limbah sangat dipengaruhi oleh adanya sifat fisik air limbah tersebut. Termasuk sifat fisik yang penting antara lain adalah kandungan zat padat, kejernihan, suhu, warna dan bau, Mahida (1984), juga menganalisis kekeruhan dalam uji coba terhadap sifat fisik air.

b. Sifat kimia air

Kandungan bahan kimia yang terdapat dalam air limbah dapat merugikan lingkungan dalam berbagai cara. Bahan kimia dan limbah dapat merubah pH, alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrien kimia (Dix, 1981) pemeriksaan kimia air selain meliputi tolak ukur konsentrasi hidrogenion (pH), alkalinitas, kandungan benda padat terlarut, kandungan nutrien kimia seperti zat organik, amoniak, nitrogen, nitrat, nitrit, sulfida, khlorida, dan kimia toksis juga menganalisis kandungan oksigen terlarut, BOD, dan COD. Namun demikian Mahida (1984) mengatakan bahwa penentuan konsentrasi hidrogen ion (pH), dan kebutuhan khlor bukan merupakan uji coba baku.

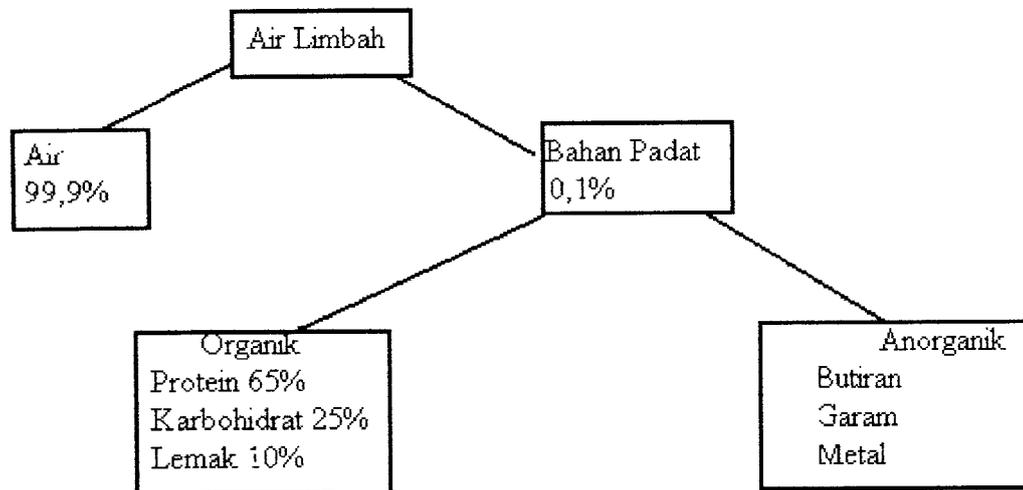
c Sifat biologi air

Indikator biologis didalam air dan air limbah yang digunakan sebagai indikator adanya pertumbuhan bakteri pathogen.

2.2.3 Sumber-Sumber Pencemar Air

Pencemaran yang terjadi pada lingkungan perairan berasal dari beberapa sumber. Didalam media air tawar dipenuhi oleh substansi-substansi yang berasal dari tiga sumber, yaitu pencemar-pencemar domestik, pencemar-pencemar industri, dan pencemar-pencemar pertanian. Pencemar-pencemar tersebut pada umumnya merupakan hasil dari kegiatan domestik, industri, dan pertanian. Limbah tersebut ada yang berupa padatan, limbah yang berupa bahan padat dibagi menjadi limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik meliputi protein, karbohidrat, dan lemak, sedangkan limbah anorganik terdiri dari butiran garam dan metal (Soegiharto, 1987).

Limbah domestik seperti sampah-sampah organik dapat terurai menjadi nitrat, fosfat, dan karbonat, sedangkan detergen dapat terurai menjadi menjadi fosfat. Limbah yang berupa garam-garam, logam, farmasi, kosmetika, dan pestisida, umumnya larut di air. Limbah yang berasal dari perindustrian, contohnya adalah substansi-substansi organik seperti detergen, bahan farmasi, minyak-minyak, pestisida, garam-garam logam, partikel-partikel baik organik maupun anorganik yang mengendap.



Gambar 2.1 Skema pengelempokkan bahan yang terkandung didalam air limbah (Sugiharto, 1987).

Beberapa perwujudan terjadinya pencemaran air antara lain dapat dilihat dari adanya lapisan minyak dipermukaan air, limbah padat yang terapung, penurunan konsentrasi oksigen terlarut, perubahan pH, dan turbiditas, timbunan algae, dan tumbuhan air yang lain, penurunan jumlah ikan, serta adanya hepatitis yang berjangkit pada suatu daerah.(Jackson,1980).

2.3. Industri Tekstil Dan Batik

2.3.1 Jenis Industri Tekstil

Industri tekstil secara garis besar dibagi dalam 5 kelompok, yaitu

1. Industri pemintalan serabut
2. Industri pemintalan benang
3. Industri pertenunan/perajutan
4. Industri pencelupan/percetakan atau proses akhir
5. Industri pakaian jadi

Sedangkan menurut bahan baku yang diolah, industri tekstil diklarifikasikan sebagai berikut :

1. Industri pengolahan kasur
2. Industri pengolahan wool
3. Industri pengolahan rayon
4. Industri pengolahan serat sintetis
5. Industri pengolahan sutera, dan lain-lain (Sutamiharja dan Tarkulputra, 1978).

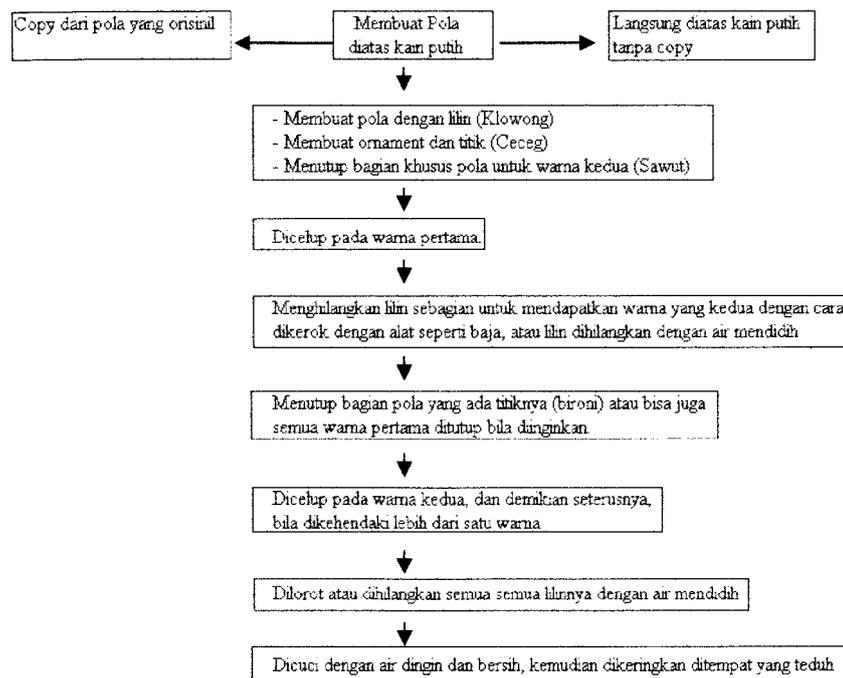
2.3.2 Pencemaran Industri Tekstil Dan Batik

Industri tekstil paling banyak menggunakan air untuk produksi, sehingga limbah yang dihasilkan lebih banyak. Lebih kurang 80% dari jumlah air yang akan digunakan akan dibuang sebagai limbah (Sutamiharja dan Tarkulputra, 1978). Pencemaran air oleh industri batik pada umumnya bersumber dari proses pencelupan warna pertama, penghilangan lilin sebagian untuk mendapatkan warna yang kedua, dan ketiga dan seterusnya jika diperlukan, dan dari proses pelorotan yaitu proses menghilangkan semua lilin dengan air mendidih. Proses batik dimulai dengan membuat pola di atas kain putih, kain putih yang dipakai untuk membuat kain batik adalah kain jenis mori, katun, dan sutera. Kain yang mengandung bahan sintetis (plastik) tidak dapat digunakan untuk proses batik.

Tabel 2.1 Zat Pencemar dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik

No	Jenis Proses	Zat-zat Pencemar	Bahan Pencemar
1.	Persiapan	Kanji, Minyak Kacang soda abu	Rendah (Cair)
2.	Pembatikan	Uap lilin batik	Kontak langsung (gas)
3.	Pewarnaan		
	a. Napthol	Napthol, Garam Diazonium, NaOH, TRO, Kanji	Sangat Tinggi (cair)
	b. Indigosol	Indigosol, NaNO ₂ , HCl, H ₂ SO ₄ , TRO, Kanji	
	c. Rektif Dingin	Rektif, NaCl, Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SiO ₄ , TRO, Kation Aktif, Kanji	
	d. Rapid	Rapid, NaOH, Kanji	
	e. Indanthreen	Indanthreen, NaOH, Na ₂ S ₂ O ₄ , TRO, NaCl, H ₂ O ₂ , CH ₃ COOH, Kanji	
4.	Pelepasan lilin batik	Lilin batik, minyak, lemak, kostik soda, soda abu, dan kanji	Tinggi (Cair)
5.	Penyelesaian	Kanji, Zat resin finishing	Rendah (Cair)

(Sumber: Anonim,1997)



Gambar 2.2 Skema proses pembuatan batik (anonim, 1982).

Beberapa tolak ukur pencemaran air oleh industri tekstil pada umumnya dan pada industri batik pada khususnya adalah warna, kekeruhan, pH, zat organik, COD, BOD, DO, zat organik dan logam – logam berat (Fe, Mn, Zn, Cr, Cd, Pb) (Anonim, 1978).

Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Kecil

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	PtCo	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 - 1200

(Sumber: Anonim, 1997)

Pada penelitian ini parameter yang akan diteliti meliputi *Chemical oxygen demand* (COD), Warna, dan *Total suspended Solid* (TSS)

2.4 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi, atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Pada reaksi oksigen ini hampir semua zat yaitu sekitar 85% dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O dalam suasana asam, sedangkan penguraian secara biologi (BOD) tidak sama semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri (Fardiaz, 1976)

COD ini secara khusus bernilai apabila BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun. Waktu pengukurannya juga lebih singkat dibandingkan pengukuran BOD. Namun demikian bahwa BOD dan COD tidak menentukan hal yang sama dan karena itu nilai-nilai secara langsung COD tidak dapat dikaitkan dengan BOD. Hasil pengukuran COD tidak dapat membedakan antara zat organik yang stabil dan yang tidak stabil. COD tidak dapat menjadi petunjuk tentang tingkat dimana bahan-bahan secara biologis dapat diseimbangkan. Namun untuk semua tujuan yang praktis COD dapat dengan cepat sekali memberikan perkiraan yang teliti tentang zat-zat arang yang dapat dioksidasi dengan sempurna secara kimia (Mahida, 1984).

2.5 Warna

2.5.1 Pengertian Zat Warna

Warna akibat suatu bahan terlarut atau teraupensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu-abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan (Linsley dan Fransini, 1991)

Yang dimaksud zat warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini

disebut warna sejati, jika air tersebut mengandung kekeruhan atau danya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu (Benny Chatib, 1990). Dan juga karena adanya bahan-bahan yang tersuspensi yang termasuk bersifat koloid (Tchobanoglous, 1985). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Black dan Christman (1979) ditemukan bahwa organik didalam air limbah adalah koloid yang bermuatan negatif.

Zat warna adalah suatu senyawa yang kompleks yang dapat dipertahankan didalam jaringan molekul-molekul. Zat warna merupakan gabungan dari zat organik yang tidak jauh, sehingga zat warna harus terdiri dari chromogen sebagai pembawa warna dan Auksokrom sebagai pengikat antara warna dengan serat. Chromogen adalah senyawa aromatik yang berisi chromopore yaitu zat pemberi warna yang berasal dari radikal kimia seperti kelompok azo ($N=N$). Agar warna dapat masuk dengan baik kedalam bahan yang akan diberi warna maka diperlukan bahan dari auxochrome yaitu radikal yang memudahkan terjadinya pelarutan, misalnya kelompok pembentuk garam $-NH_2$ atau OH (Wardana, 1994).

Kecerahan dipengaruhi oleh warna air, semakin dalam peneterasi sinar matahari dapat menembus lapisan air, semakin produktif pula perairan tersebut. Hal ini seiring dengan banyaknya fitoplankton diperairan tersebut. Kekeruhan ialah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan didalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan sangat berhubungan erat dengan warna perairan, sedangkan

konsentrasinya sangat mempengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari ke dalamnya (Swingle, 1968).

Akibat biologis dari kekeruhan adalah menurunnya aktifitas fotosintetik tumbuhan karena fotosintesis secara langsung tergantung pada cahaya (Goldman dan Horne, 1983).

Kekeruhan merupakan salah satu aktor penting yang menyangkut produktivitas perairan (Reid, 1961; Wardoyo, 1975), serta aliran energi (Reid, 1961).

Warna yang timbul pada perairan disebabkan oleh buangan industri di hilir sungai atau dapat juga berasal dari bahan hancuran sisi-sisi tumbuhan oleh bakteri. Santanniello (1971) menyatakan bahwa industri-industri yang mengeluarkan warna adalah industri kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia, air yang digunakan oleh masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut mengandung tidak lebih dari 75 unit warna (Standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak lebih dari 10 warna. Hal ini penting mengingat zat-zat warna banyak mengandung logam-logam berat yang bersifat toksis.

Disamping bersifat toksis, fotosintesis juga terhambat di perairan yang mengandung 50 warna.

2.5.2 Penggolongan zat warna

Menurut Soeparman (1967), jenis zat warna ada dua yaitu:

1. Zat Warna Alam

Zat warna alam adalah zat warna yang berasal dari alam, baik yang berasal dari tanaman, hewan, maupun bahan metal

A. Zat warna yang berasal dari tumbuhan.

Zat warna yang berasal dari tumbuhan antara lain: Alizarin, Indanthreen, dan indigosol.

B. Zat warna yang berasal dari hewan

Jenis hewan yang bias dijadikan zat warna misalnya: Kerang (*Tyran Purple*), Insekta (*Coehikal*), dan Insekta warna merah (*Loe*).

2. Zat Warna Sintetis

Zat warna sintetis adalah zat warna buatan dengan bahandasar buatan misalnya: Hidrokarbon Aromatik, dan Naftalena yang berasal dari batu bara.

Menurut Sewan Susanto (1980), zat warna yang digunakan dalam proses pematikan adalah sebagai berikut:

1. Zat Warna Napthol

Zat warna napthol adalah suatu zat warna tekstil yang dapat dipakai untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat. Zat warna napthol adalah suatu senyawa yang tidak larut dalam air yang terdiri dari dua komponen dasar yaitu berupa golongan napthol AS (*Anilid Acid*) dan komponen pembangkit warna yaitu golongan diazonium yang biasanya disebut garam. Kedua komponen

tersebut bergabung menjadi senyawa berwarna jika sudah dilarutkan. Zat warna naphthol disebut sebagai *Ingrain Colours* karena terbentuk didalam serat dan tidak terlarut didalam air karena senyawa yang terjadi mempunyai gugus azo

2. Zat Warna Indigosol

Zat warna indigosol disebut juga zat warna bejana larut yaitu *leuco ester natrium* dari zat warna yang telah distabilkan, dalam proses pencelupannya perlu dibangkitkan warnanya dengan dioksidasi sehingga berubah menjadi bentuk yang tidak larut dan berwarna.

3. Zat Warna Reaktif

Zat warna reaktif adalah suatu zat warna yang dapat mengadakan reaksi dengan serat, sehingga zat warna tersebut merupakan bagian serat. Zat warna reaktif merupakan golongan zat warna yang mempunyai gugus aktif sehingga dengan bahan terutama akan terjadi hubungan secara *chemical linkage*. Oleh karena itu hasil pencelupan zat warna reaktif mempunyai ketahanan cuci yang sangat baik dan lebih kilap dari zat warna direk

4. Zat Warna Indanthreen

Zat warna indanthreen merupakan salah satu zat warna bejana yang berupa puder berwarna, tidak larut dalam air. Supaya larut dalam air perlu ditambahkan larutan kostik soda dan natrium hidrosulfit sebagai zat pereduksi.

2.6 TSS (*Total Suspended Solid*)

Menurut Mustofa (1997), TSS (*Total Suspended Solid*) yaitu jumlah berat dalam mg/L kering Lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami proses penyaringan dengan membrane berukuran 0,45 mikron. Padatan – padatan ini menyebabkan kekeruhan air tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel – partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan – bahan organik tertentu, tanah liat dan lain – lain.

Air buangan selain mengandung padatan tersuspensi dalam jumlah yang bervariasi, juga sering mengandung bahan – bahan yang bersifat koloid. Padatan terendap dan padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi sinar matahari kedalam air, sehingga dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara *fotosintesis*. Pengukuran langsung TSS sering memakan waktu yang cukup lama. Mengukur kekeruhan (*Turbiditas*) air dilakukan untuk dapat memperkirakan TSS dalam suatu contoh air dengan *turbidimeter* yang mengukur kemampuan cahaya untuk melewati suatu sampel air.

Kenaikan yang mendadak padatan tersuspensi dapat disebabkan oleh erosi tanah, pembakaran sampah kota yang kapasitasnya menurun, jika terjadi hujan lebat. Sampah yang kebanyakan dari zat organik tersebut banyak memerlukan oksigen selama diuraikan. Kejernihan air yang rendah menunjukkan produktivitas yang tinggi, karena sifat kejernihan berhubungan dengan produktivitas.

2.7 Penanggulangan Masalah Air

2.7.1 Pengendalian Bahaya Limbah

Berbagai limbah yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia meningkat dengan meningkatnya standar hidup, meningkatnya populasi, serta meningkatnya konsentrasi (kepadatan) populasi (Gutherie, 1972). Indonesia sebagai negara berkembang mengalami ketiga hal tersebut. Sehingga secara otomatis pencemaran akan terus terjadi dan meningkat dari tahun ke tahun berikutnya baik itu secara kuantitas maupun secara kualitas.

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

diselenggarakan dengan dana tambahan yang memang sudah tidak dapat dihindarkan.

2.7.2 Penanggulangan Pencemaran Air

Pengolahan limbah yang dilakukan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke perairan bebas, dapat mencegah terjadinya pencemaran dan mengurangi toksisitas limbah tersebut terhadap lingkungan. Tujuan utama pengolahan limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, serta membunuh organisme patogen. Mahida (1981), menyatakan bahwa pada prinsipnya pengolahan limbah adalah membuang zat pencemar yang terdapat dalam air limbah atau merubah bentuknya menjadi tidak berbahaya bagi kehidupan organisme.

Secara umum pengolahan limbah dapat dilakukan dengan tiga cara (Mahida, 1984), yaitu:

1. Pengolahan secara kimia

Proses pengolahan secara kimia, didasarkan kepada proses pengendapan zat pencemar dengan menggunakan tambahan zat kimia yang dapat mengkoagulasikan zat-zat organik didalam air buangan tersebut. Setelah itu dilakukan proses flokulasi yang dilanjutkan dengan proses netralisasi dan dibantu dengan cara fisik yaitu pengendapan (Sutamiharja dan Takuputra, 1978).

2. Pengolahan secara biologi

Proses pengolahan secara biologi dilakukan pada zat pencemar yang mudah diuraikan secara biologi (*Biodegradable*), proses-proses pengolahan tersebut dilakukan oleh mikroorganisme.

3. Pengolahan secara fisik

Pengolahan limbah secara fisik bertujuan untuk menyaring benda-benda yang digunakan dalam produksi yang ikut bersama aliran limbah.

2.8 Peranan Aerasi, Adsorpsi, Dan Filter Pasir Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik

2.8.1 Pengolahan Secara Aerob

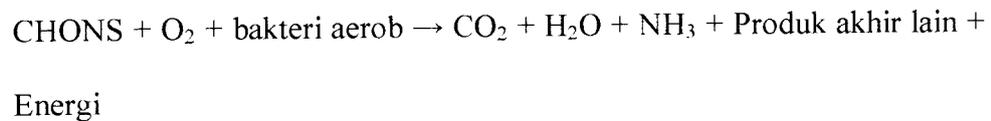
Proses pengolahan secara aerob didefinisikan sebagai pengelolaan dengan kondisi ada oksigen, tempat dimana mikroorganisme akan menguraikan air limbah.

Dengan penyediaan udara yang cukup dan keadaan lingkungan yang seimbang maka air limbah yang mengandung bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme aerob menjadi CO_2 , H_2O dan sel-sel baru dalam keadaan ada oksigen: penguraian ini terjadi dalam tiga tahap, yaitu:

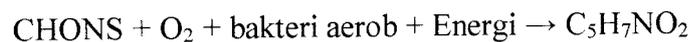
1. Oksidasi sebagian limbah menjadi produk akhir untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel serta pembentukan serat-serat sel baru.
2. Sebagian limbah diubah menjadi serat sel baru dengan mempergunakan sebagian energi yang dilepaskan selama oksidasi.

3. Sel-sel baru akhirnya memakan selnya sendiri untuk mendapatkan energi guna pemeliharaan sel.

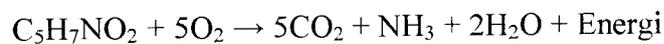
1. Oksidasi



2. Persenyawaan



3. Respirasi Endogen



Penguraian dilakukan oleh sejumlah bakteri. Proses metabolisme oleh bakteri dipengaruhi oleh faktor sumber nutrisi dan oksigen. Kedua faktor ini saling berkaitan didalam membantu pertumbuhan bakteri. Selama sumber nutrisi cukup dan oksigen tidak berkurang maka bakteri akan berkembang dengan baik dan akan menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik.

2.8.2 Aerasi

Adalah fenomena fisik dimana terjadi pertukaran molekul-molekul gas di udara dengan cairan pada gas-liquid interface. Pertukaran tersebut menyebabkan konsentrasi molekul gas di dalam cairan mencapai titik jenuh. Karena pertukaran gas hanya terjadi pada permukaan (interface), maka proses tersebut harus dilakukan dengan kontak sebanyak-banyaknya antara ke dua permukaan tersebut. Atau dengan kata lain aerasi adalah proses pengolahan air dengan mengontakkannya dengan udara. Sasaran yang utama adalah

memaksimalkan luas dari permukaan air ke udara. Dengan maksud perpindahan efisien terbesar dari satu medium ke medium yang lain. Hal ini sangat penting agar dalam proses ini cukup berlangsung percampuran antara air dengan udara (Walker, 1978).

A. Tujuan Aerasi

Aerasi bertujuan untuk (Agustjik, 1991) :

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
- c. Menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air merupakan tujuan 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.

B. Jenis dan Tipe-tipe Aerasi

Jenis-jenis aerasi

1. Memasukan udara ke dalam air

Adalah proses memasukkan udara atau oksigen murni kedalam 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 m³ 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.

Tipe-tipe aerator :

1. Gravity aerator:

- Cascade
- Incline plane
- Vertical stack

2. Spray aerator

- Amsterdam nozzle
- Dresden nozzle
- Talford nozzle, dll

3. Bubble aerator

4. Mechanical aerator

C. Aspek teoritis dari aerasi

Kelarutan molekul gas ke dalam cairan tergantung pada :

- a. Sifat gas yang bersangkutan
- b. Konsentrasi gas pada fase gas, dimana tergantung pada tekanan relatif 'p' pada fase gas
- c. Temperatur
- d. Impurities

Rumus Aerasi

$$(C_s - C_e) = (C_s - C_o)e^{-KLa \cdot t}$$

dimana :

KLa = Koefisien mass transfer, 1/s

C_s = Konsentrasi jenuh, mg/l

C_e = Konsentrasi pada saat t, mg/l

C_o = Konsentrasi pada saat t=0, mg/l

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan unit aerasi adalah :

1. Kecepatan gas transfer berbanding langsung dengan luas kontak per unit volume. Peralatan aerasi yang ideal akan memaksimalkan luas kontak. Misal untuk aerator cascade, terjunan yang lebih tinggi akan meningkatkan luas kontak. Untuk spray aerator, nozle yang menghasilkan butiran yang lebih kecil memberikan luas kontak yang lebih besar.
2. Kecepatan transfer gas juga berbanding langsung dengan waktu kontak, sehingga unit aerator harus memperbesar waktu kontak.

3. Kecepatan transfer gas terhadap perbedaan antara konsentrasi jenuh dan konsentrasi awal dari gas ($C_s - C_o$). Konsentrasi jenuh tergantung pada faktor-faktor yang telah disebutkan diatas.

2.9 Jenis-Jenis Media Penyaring

Ada berbagai macam cara untuk menjernihkan air. Namun, yang paling banyak dikenal adalah teknik penyaringan, pengendapan, dan penyerapan. Bahan yang dipakai untuk ketiga teknik tersebut juga beraneka ragam. Pasir, ijuk, arang batok, kerikil, tawas, bubuk kapur, kaporit, dan bahkan batu bisa dimanfaatkan secara efektif untuk menjernihkan air kotor. Biasanya bahan-bahan itu dipakai secara bersamaan. Jarang sekali orang bisa memperoleh air jernih dengan hanya memakai satu media penyaring.

Kecuali tawas, bubuk kapur, dan kaporit, seluruh media penyaring tersebut bersifat mengendapkan dan menyerap bahan pencemar yang ada di dalam air. Pasir, kerikil, dan ijuk merupakan media pengendap; arang batok merupakan penyerap. dibandingkan kerikil dan ijuk, pasir dan arang batok memiliki fungsi lebih besar.

2.10 Adsorbsi

A. Pengertian Adsorbsi

Adsorbsi secara umum adalah proses pengumpulan substansi terlarut yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisik antara substansi dengan zat penyerap. Karena keduanya

sering muncul bersamaan dalam suatu proses maka ada yang menyebut sorpsi, baik adsorpsi sebagai sorpsi yang terjadi pada karbon aktif maupun padatan lainnya. Namun unit operasinya dikenal sebagai adsorpsi.

Adapun adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua:

- a. Adsorpsi fisik, yaitu terutama terjadi adanya gaya van der Waals dan berlangsung bolak-balik. Ketika gaya tarik-menarik molekul antara zat terlarut dengan adsorben lebih besar dari gaya tarik-menarik zat terlarut dengan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi di atas permukaan adsorben.
- b. Adsorpsi kimia yaitu reaksi kimia yang terjadi antara zat padat dengan adsorbat larut dan reaksi ini tidak berlangsung bolak-balik.

B. Mekanisme Adsorpsi

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

Pada proses adsorpsi terhadap air limbah mempunyai empat tahapan antara lain:

1. Transfer molekul-molekul adsorbat menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion process*).
3. Difusi adsorbat melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben (*pore diffusion*).
4. Adsorpsi adsorbat pada dinding kapiler atau permukaan adsorben (proses adsorpsi sebenarnya), (Reynolds, 1982).

Bahan penyerap merupakan suatu padatan yang mempunyai sifat mengikat molekul pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori-pori. Semakin halus atau kecil ukuran partikel adsorben, semakin luas permukaannya dan daya serap semakin besar.

Beberapa sifat yang harus dipenuhi oleh zat penyerap yaitu:

1. Mempunyai luas permukaan yang besar.
2. Berpori-pori
3. Aktif dan murni
4. Tidak bereaksi dengan zat yang akan diserap.

Pemilihan adsorben pada proses adsorpsi sangat mempengaruhi sorpsi. Beberapa adsorben yang sering digunakan pada proses adsorpsi misalnya: bentonit, tuff, pumice, zeolit, dan silika gel. Pemilihan adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Adapun faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi yaitu:

1. Luas permukaan adsorben.

Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben.

2. Ukuran partikel

Makin kecil ukuran partikel yang digunakan maka semakin besar kecepatan adsorpsinya. Ukuran diameter dalam bentuk butir adalah lebih dari 0.1 mm, sedangkan ukuran diameter dalam bentuk serbuk adalah 200 mesh (Tchobanoglous, 1991).

3. Waktu kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4. Distribusi ukuran pori

Distribusi pori akan mempengaruhi distribusi ukuran molekul adsorbat yang masuk kedalam partikel adsorben.

Adapun untuk kebutuhan adsorben dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan:

1. Persamaan Freundlich, yaitu:

$$X/M = KC_e^{1/n}$$

X = Jumlah massa zat teradsorpsi (mg)

M = Jumlah massa adsorben (g)

C_e = Konsentrasi zat polutan yang tertinggal dalam larutan (mg/l)

K, n = Konstanta eksperimen $n: 4.55$ $k: 0.198$ (Reynolds, 1982)

2. Persamaan Langmuir, yaitu:

$$X/M = K_b C_e / 1 + C_e$$

X = Jumlah massa zat teradsorpsi (mg)

M = Jumlah massa adsorben (g)

C_e = Konsentrasi zat polutan yang tertinggal dalam larutan (mg/l)

K = Konstanta eksperimen (Reynolds, 1982)

b = Massa adsorbat terlarut yang dibutuhkan untuk menjenuhkan massa adsorben.

Menurut Reynolds (1982), kriteria adsorpsi karbonaktif adalah sebagai berikut:

Tipe reactor - Carbon contrktor : *Gravity flow* atau *presurried flow*

- Sistem kontak : *Fixed bed columns*

- Sistem operasi : *Up flow* dan *down flow*

Ukuran karbon aktif

- 8 x 30 mesh : *Down flow fixed bed columns*

- 12 x 40 mesh : *Up flow fixed bed columns*

Ukuran bak karbon

- Kedalaman bak : 10 – 40 ft

- Perbandingan kedalaman bak karbon - diameter : 1.5 : 4 – 4 : 1

- Diameter : 12 ft

Kecepatan *Back washing*

- 10 – 20 grm/ft² : *Down flow bed* (8 x 30 mesh)

- 10 – 12 grm/ft² : *Up flow bed* (12 x 40 mesh)

Waktu *Back washing*

- 10 – 15 menit : *Down flow* dan *Up flow*

Kecepatan filtrasi

- 2 – 4 grm/ft² : *Down flow* (8 x 30 mesh)

- 6 – 10 grm/ft² : *Up flow* (12 x 40 mesh)

COD terombak (berat) / Karbon aktif (berat) : 0.2 – 0.8

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

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

Tabel 2.3 Syarat mutu arang aktif

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

Sumber : www.warmud.net

Karbon aktif untuk semua tujuan, dan 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 didalam media larutan khususnya untuk deklrorinasi air dan untuk penghilang warna dalam larutan serta pemisahan komponen komponen dalam suatu sistem yang mengalir (Smisek, 1970).

A. Struktur Karbon

Arang, kokas dan karbon aktif disebut amorf. Penyelidikan dengan sinar X menunjukkan bahwa karbon amorf mempunyai sifat kristal yang tidak tertentu, yang tidak menunjukkan sudut dan permukaan kristal seperti bentuk rombis, monoklin, dan lain-lain. Dari penyelidikan yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa karbon amorf terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom C (karbon) tersusun dalam sisi heksagon dan setiap atom karbon yang lainnya. Pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lainnya membentuk kristal-kristal dengan sisa hidrokarbon yang tertinggal pada permukaannya. Dengan menghilangkan

hidrokarbon pada permukaannya, permukaan akan menjadi lebih luas, sehingga daya serap akan menjadi lebih besar. Pada grafit, pelat-pelat ini lebih dekat satu sama lainnya dan terikat dengan cara tertentu, yang tidak dijumpai pada karbon kristal.

Struktur dasar karbon aktif dan karbon hitam diperkirakan menyerupai struktur grafit murni. Kristal grafit tersusun dari lapisan-lapisan heksagonal yang tersusun dari atom-atom karbon, yang terikat dengan gaya van der Waals yang lemah dan jarak antara lapisan-lapisan bidang tersebut adalah 3,35 Angstrom. Jarak ikatan antara atom-atom karbon dalam masing-masing lapisan adalah 1,415 Angstrom. Tiga dari keempat elektron karbon membentuk ikatan kovalen dengan atom yang berdekatan, sedangkan elektron yang keempat beresonansi dengan beberapa struktur ikatan valensi. Struktur karbon aktif sedikit berbeda dari grafit.

Selama proses karbonisasi terbentuk dari beberapa inti aromatis yang mempunyai struktur yang sama dengan grafit. Dari data spektrograf sinar x, struktur diinterpretasikan sebagai struktur mikrokristal yang tersusun dari gabungan cincin-cincin heksagonal dari atom-atom karbon. Adanya pengotor pada saat pembuatan ini mempengaruhi pembentukan senyawa-senyawa didalam mikrokristal. Garten dan Weiss (1983) menyatakan bahwa struktur cincin pada ujung-ujung bidang sering kali merupakan gugus heterosiklis yang berasal baik dari bahan baku maupun dari proses pembuatannya. Gugus-gugus heterosiklis akan cenderung mempengaruhi jarak dari bidang sekitarnya dan sifat adsorpsi karbon.

Susunan teratur dari ikatan-ikatan karbon pada permukaan kristal dirusak selama proses aktivasi, menghasilkan valensi bebas yang sangat reaktif.

Perkembangan struktur yang dihasilkan adalah fungsi dari temperatur karbonisasi dan struktur aktivasi.

Struktur pori suatu adsorben dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu, makropori, transisional pori dan mikropori. Dua tingkat oksidasi terjadi selama proses aktivasi dengan gas pengoksidasi pada temperatur tinggi. Pertama, makropori terbentuk karena terbakarnya gugus ujung mikrokristal. Kedua, mikropori terbentuk terutama karena terbakarnya bidang mikrokristal.

Pori yang mempunyai radius efektif lebih besar dari 50-100 nm dikelompokkan oleh Dubinin sebagai mikropori. Pada karbon aktif, radius efektif mikroporinya berkisar 500-2000 nm, volumenya antara 1,2 – 0,8 ml/gram. Harga luas permukaan yang kecil atau dapat diabaikan, menunjukkan bahwa mikropori karbon aktif tidak cukup berperan dalam adsorpsi kecuali untuk senyawa-senyawa organik yang mempunyai ukuran molekul yang besar.

Transisional pori menurut Duninin mempunyai ukuran antara 100-200 nm dan 1,6 nm. Adsorpsi monomolekuler terjadi pada permukaan dalam pori ini. Biasanya karbon aktif mempunyai volume transisional pori relatif kecil dan berkisar antara 20-70 m/gram. Untuk karbon aktif dengan porositas transisional pori dapat mencapai 7 ml/gram dan luas permukaan spesifiknya dapat mencapai 450 m/gram. Radius efektifnya biasanya 4-20 nm.

Radius efektif mikropori lebih kecil dari pada 1,82 nm, berkaitan dengan ukuran molekul. Untuk karbon aktif, volume mikroporinya kira-kira 0,15-0,5 ml/gram dan luas spesifiknya minimal 95% dari luas permukaan seluruhnya.

B. Struktur Karbon Aktif

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

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

C. Daya Serap Karbon Aktif

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

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.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah sebagai berikut :

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

D. 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 dibawah 600°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 pergram. Selama proses karbonisasi dengan adanya dekomposisi pirolitik bahan baku, sebagian elemen-elemen bukan karbon, yaitu hidrogen dan oksigen dikeluarkan dalam bentuk gas dan atom-atom yang terbebaskan dari karbon elementer membentuk kristal yang tidak teratur, yang disebut sebagai kristal grafit elementer. Struktur kristalnya tidak teratur dan celah-celah kristal ditempati oleh zat dekomposisi tar. Senyawa ini menutupi pori-pori karbon, sehingga hasil proses karbonisasi hanya mempunyai kemampuan 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 $ZnCl_2$, $MgCl_2$, dan $CaCl_2$. 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 700-1100⁰C, 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:

1. 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 akaan memperluas hasil permukaan. Aktivasi ini dilakukan sampai derajat aktivasi cukup, yaitu sampai kehilangan berat berkisar antara 30-70%.
2. 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 ikomposisi tar yang juga memperluas pori-pori.

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

E. 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.

Tabel 2.4 Penggunaan karbon aktif

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

Sumber: www.narimok.net

2.12 Zeolit

A. Pengertian 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° celcius.

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).

B. Sifat-sifat zeolit

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



Sifat-sifat zeolit meliputi :

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi dari zeolit berpengaruh terhadap sifat adsorbsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam permukaan rongga yang menyebabkan medan listrik meluas kedalam 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

b. 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° - 400° 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.

c. 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.

d. Katalis

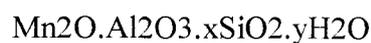
Ciri khusus zeolit yang secara praktis menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang membentuk saluran di dalam struktur. Apabila zeolit digunakan pada proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit merupakan katalisator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

e. 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.

C. Komposisi zeolit

Struktur kristal zeolit dibentuk oleh ion Al-Si-O, sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah bertukar. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut Si^{4+} dapat diganti dengan 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 : $(Na_4K_4)(Al_8Si_{40}O_{96}) \cdot 24H_2O$. ion K^+ dan Na^+ merupakan struktur kation dengan oksigen yang membentuk struktur tetrahedral. Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Komponen utama pembangunan struktur zeolit adalah bangunan primer $(SiO_4)^{4-}$ 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.

D. Pengolongan Zeolit

Menurut proses pembentukannya zeolit digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu Zeolit alam dan Zeolit sintetis.

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam (zeolitisasi) dari batuan tuf vulkanik, sedangkan 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 di antara celah-celah atau di antara 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.

E. Pengaktifan Zeolit

Beberapa cara pengaktifan zeolit, antara lain :

1. Cara Pemanasan

Pemanasan di sini 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.

2.13 Pasir

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

- a. Senyawa kimia pada pasir
- b. Karakteristik fisik pasir

- c. Persyaratan kualitas pasir yang disyaratkan
- d. Jenis pasir dan ketersediaannya

A. Susunan Kimia Pasir

Pada umumnya pasir mempunyai senyawa kimia antara lain : SiO_2 , Na_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 . Senyawa yang terpenting dalam pasir sebagai media filter adalah kandungan SiO_2 , yang tinggi, karena SiO_2 yang tinggi memberikan kekerasan pasir semakin tinggi pula (Lewis, 1980). Proses yang terpenting dalam filter yang berhubungan dengan kekerasan pasir adalah pencucian pasir.

B. Karakteristik Fisik Pasir

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

a. Bentuk Pasir

Bentuk pasir sangat berpengaruh terhadap kelolosan / permeabilitas. Menurut bentuknya pasir dapat dibagi menjadi 3, yaitu : bundar, menyudut tanggung, dan bundar menyudut (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 filtrasi yang dihasilkan.

d. Kekerasan pasir

Kekerasan pasir dihubungkan dengan kehancuran pasir selama pemakaian sebagai media filter. Kekerasan berhubungan erat dengan kandungan SiO₂ yang tinggi, maka akan memberikan kekerasan yang tinggi pula.

C. Jenis Pasir dan Ketersediaannya

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

Pasir yang diambil dari Sungai Progo ternyata cukup baik digunakan sebagai media filter karena mempunyai kekerasan yang tinggi juga mempunyai persediaan yang cukup banyak. Berdasarkan hasil pemeriksaan pasir yang berasal dari Sungai Progo dapat diketahui bahwa derajat kerja sebesar 0,398 mm, derajat keseragaman sebesar 2,03 serta kelarutan sebesar 3,5% dan berat jenis sebesar 2,857 gr/cm³ (BTKL,1990).

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

D. Jenis Operasi Saringan Pasir

Operasi filtrasi pada alat filter media butiran bertujuan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dari dalam air, dimana padatan tersuspensi tersebut paling

besar memberikan sifat keruh yang dimiliki air. Pada umumnya operasi unit filter media butiran di bagi menjadi tiga jenis yaitu :

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

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

Faktor yang mempengaruhi efisiensi penyaringan ada 4 (empat) faktor dan menentukan hasil penyaringan dalam bentuk kualitas effluent serta masa operasi saringan, yaitu :

- a. Kualitas air baku, semakin baik kualitas air baku yang diolah maka akan baik pula hasil penyaringan yang diperoleh.
- b. Suhu, Suhu yang baik yaitu antara 20-30 °C, temperatur akan mempengaruhi kecepatan reaksi-reaksi kimia.
- c. Kecepatan Penyaringan, Pemisahan bahan-bahan tersuspensi dengan penyaringan tidak dipengaruhi oleh kecepatan penyaringan. Berbagai hasil penelitian ternyata, kecepatan penyaringan tidak mempengaruhi terhadap kualitas effluen. Kecepatan penyaringan lebih banyak terhadap masa operasi saringan. (Huisman, 1975)

- d. Diameter butiran, secara umum kualitas effluent yang dihasilkan akan lebih baik bila lapisan saringan pasir terdiri dari butiran-butiran halus. Jika diameter butiran yang di gunakan kecil maka yang terbentuk juga kecil. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penyaringan.

Tabel 2.5 Perbandingan konstruksi dan operasi antara filter pasir lambat dan filter pasir cepat.

Keterangan	Filter lambat	Filter cepat
Kecepatan filtrasi	0.1-0.2-0.24 m/jam	4-5-21 m/jam
Luas media filter	Luas : 2000 m ²	Sempit : 40-400 m ²
Kedalaman media	Kerikil : 30 cm Pasir : 90-110 cm Biasa berkurang 50-80 cm, karena pengerukan pasir aktif	Kerikil : 30-45 cm Pasir : 60-70 cm Tidak berkurang karena pengerukan pasir aktif
Ukuran pasir	0.25-0.3 mm	0.55 mm atau lebih
Distribusi butiran pasir dalam filter	Tidak berlapis	Berlapis antara butiran teringan diatas dan terberat di bawah
Sistem buangan	Melalui pipa berlubang, bercabang keluar melalui pipa utama	Melalui pipa berlubang keluar melalui pipa utama
Kehilangan head	6 cm awal - 120 cm akhir	30 cm awal - 240 cm atau 275 akhir
Kurun waktu	20-30-60 hari	12-24-72 hari
Penetrasi unsur tersuspensi	Sangat baik	Sangat baik
Metoda pencucian	Pengerukan lapisan kotor dan pencucian pasir	Pencucian balik dan menghilangkan solida tersuspensi
Jumlah air pencucian	0.2-0.6% air yang disaring	1-4-6 % air yang disaring
Persiapan pengolahan	Tidak perlu jika NTU < 50	Koagulasi, flokulasi sedimentasi
Penambahan pengolahan klorinasi :		
<ul style="list-style-type: none"> • Biaya konstruksi • Biaya operasi • Depresiasi 	Relatif murah Relatif murah Relatif rendah	Relatif mahal Relatif mahal tinggi

Sumber : *Pengantar Konsep Teknologi Bersih, KRT Tjokrokusumo 1995*

tarik menarik elektrostatis, yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan.

4. Aktivitas Kimia, beberapa reaksi kimia akan terjadi dengan adanya oksigen maupun bikarbonat.
5. Aktivitas biologis yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup dalam filter.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

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

1. Industri Batik Nakula Sadewa, Sleman, Yogyakarta.

Merupakan tempat untuk survei dan tempat pengambilan sampel limbah cair dimana limbah diambil dari seluruh proses yaitu proses persiapan, pewarnaan, pelepasan lilin batik, penyelesaian batik.

2. Laboratorium Rancang Bangun

Merupakan tempat pembuatan alat pengolahan aerokarbonfilter.

3. Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia.

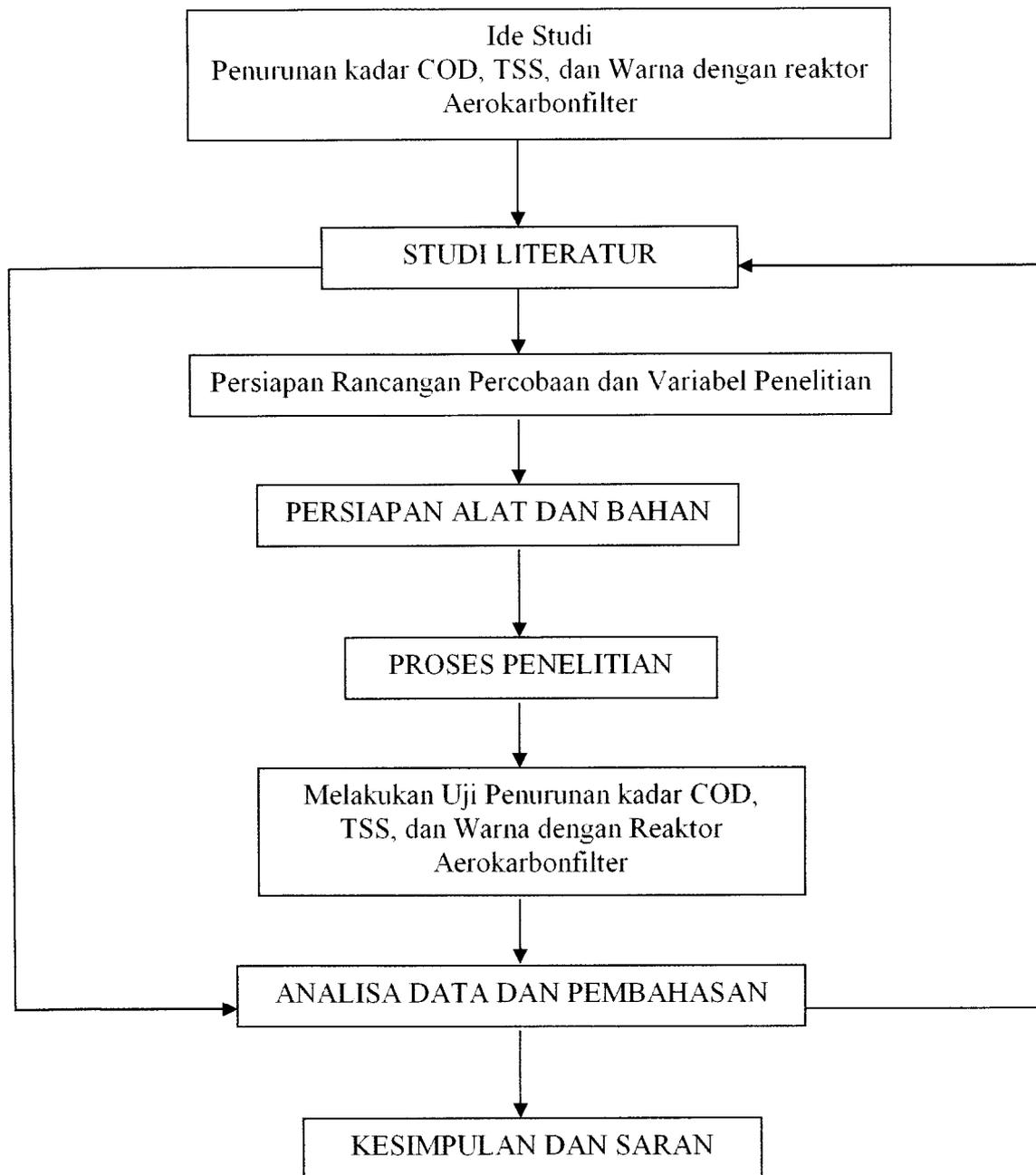
Merupakan tempat penelitian dan pemeriksaan air sampel untuk mengetahui konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD), warna, dan *Total Suspended Solids* (TSS).

3.2 Objek Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri batik yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa yang terletak didaerah Sleman, Yogyakarta.

3.3 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

3.4 Parameter Dan Variabel Penelitian

3.4.1 Parameter Penelitian

Penelitian ini dilakukan pengujian parameter limbah cair industri batik yang meliputi:

- COD (*Chemical Oxygen Demand*)
- TSS (*Total Suspended Solids*)
- Warna

3.4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Parameter yang diteliti adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), warna, dan *Total Suspended Solids* (TSS).
2. Variabel penelitian adalah perbandingan efektifitas antara karbon aktif dan pasir zeolit yang akan digunakan pada reaktor aerokarbonfilter.
3. Nilai efisiensi reaktor Aerokarbonfilter.

3.5 Reaktor Aerokarbonfilter

3.5.1. Desain Reaktor

Perencanaan pembuatan reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Aerasi

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

2. Karbon aktif dan pasir zeolit

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa, sedangkan pasir zeolit yang digunakan adalah pasir zeolit alam. Karbon aktif dan pasir zeolit memiliki ketebalan 0,3 m.

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 0,3 m.

3.5.2. Dimensi Reaktor

Reaktor yang direncanakan terbuat dari kaca. Reaktor yang digunakan adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri atas aerasi, karbon aktif, dan filter pasir.

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
 - a. Pasir Kuarsa
 - b. Arang Aktif
 - c. Zeolit

3.6. Metode Pelaksanaan Penelitian

Reaktor yang dirancang adalah jenis reaktor bertingkat yang susunannya terdiri dari aerasi, karbon aktif dan pasir. Tipe aerasi dengan menggunakan tipe multipletray aeration, yang terdiri atas 4 tray dengan ketinggian tiap tray 10 cm. Sedangkan media adsorpsi yang digunakan adalah arang aktif dan

pasir zeolit. Pada penelitian ini dilakukan perbandingan efektifitas antara arang aktif dan pasir zeolit dengan ketebalan yang sama 30 cm. Selanjutnya tipe saringan pasir cepat dengan menggunakan media pasir kuarsa dengan ketebalan 30 cm.

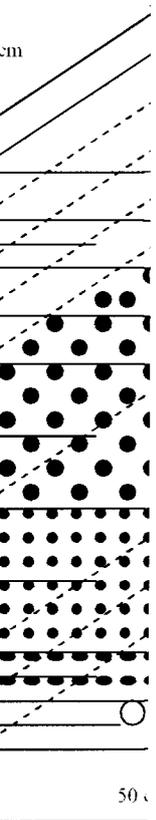
3.6.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Proses dilaksanakan di Laboratorium, pada pelaksanaan proses ini variasi yang digunakan yaitu variasi reaktor yang menggunakan arang aktif dan zeolit pada jenis adsorban.

Cara Kerja

1. Air baku ditampung di bak penampungan sehingga terjadi proses homogenisasi dari air limbah tersebut
2. Pengukuran parameter COD, TSS, dan Warna dan Pada air baku
3. Air dipompakan menuju pipa yang bercabang-cabang dan berlubang-lubang, sehingga air akan keluar dengan memancar dan melalui lubang-lubang tray aerasi sehingga terjadi kontak dengan udara (aerasi).
4. Pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
5. Air jatuh di permukaan karbon aktif dan terjadi adsorpsi zat-zat pencemar
6. Pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
7. Air akan menuju filter pasir dan terjadi penyaringan oleh pasir
8. Pengambilan sampel air pada menit 0, 30, 60, 90, 120
9. Setelah semua proses selesai selanjutnya sample hasil percobaan diperiksa di Laboratorium Kualitas Air untuk diketahui hasilnya.

erokarboni



bar 3.2 Reak

3.6.2 Pemeriksaan Hasil Penelitian

Seperti yang dijelaskan pada bagan pelaksanaan penelitian, sample-sampel yang telah mengalami proses akan dianalisa di Laboratorium Kualitas Air FTSP Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan metode Spektrofotometri dengan refluks tertutup (SNI 06-6989.2-2004) untuk analisis COD, metode Larutan Induk Skala Warna 500 mg/L PtCo (SK SNI M-03-1989-F), sedangkan untuk penelitian parameter TSS menggunakan metode Gravimetri (SNI 06-6989.3-2004)

3.7 Analisa Data

Analisa data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara konsentrasi limbah awal dengan konsentrasi limbah setelah dilakukan proses dengan menggunakan persamaan *Overall Eficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Dimana: η = Overall Eficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi Akhir (mg/L)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan air limbah sangat penting dilakukan untuk mengetahui apakah air limbah yang akan dibuang ke badan air tersebut telah memenuhi standar kualitas air buangan atau belum. Oleh karena itu dalam penelitian ini mencoba untuk mengolah dan memeriksa air limbah yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa Sleman, Yogyakarta. Pengolahan air limbah ini menggunakan reaktor aerokarbonfilter. Dengan menggunakan reaktor ini diharapkan air hasil pengolahan telah memenuhi standar kualitas air buangan.

Adapun pemeriksaan dilakukan pada inlet, outlet aerasi, outlet karbon aktif dan outlet reaktor. Pengambilan contoh air dilakukan pada menit 0, 30, 60, 90, dan 120. Menit 0 berarti menit pada saat air pertama kali keluar dari reaktor dan menit 30, 60, 90, dan 120 adalah menit berikutnya untuk pengambilan contoh air. Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui kandungan COD, TSS, dan Warna yang terkandung dalam air Limbah batik tersebut. Pemeriksaan parameter COD, TSS, dan Warna dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

Untuk perhitungan prosentase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

Overall Efficiency yaitu:
$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Dimana: $\eta = \text{Overall Efficiency (\%)}$

$C_o = \text{Konsentrasi Awal (mg/L)}$

$C_e = \text{Konsentrasi Akhir (mg/L)}$

4.1 Hasil Pengujian Awal Kadar COD, TSS, Warna Sebelum Proses Dilaksanakan

Hasil pengujian awal terhadap seluruh parameter yang akan diamati yaitu COD, TSS, dan Warna pada limbah batik yang telah dihomogenkan yang berasal dari seluruh proses pembuatan batik yang menghasilkan limbah cair dari Industri Batik Nakula Dan Sadewa, Sleman, Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil pengujian parameter awal sebelum dilakukan proses

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisis	Standar Baku *
1.	COD	Mg/L	322.138	100
2.	TSS	Mg/L	360	200
3.	Warna	PtCo	425.10	50

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

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas air buangan batik Nakula Sadewa, Sleman Yogyakarta untuk parameter COD, TSS, dan Warna belum memenuhi syarat untuk dapat dibuang ke badan air karena masih jauh berada diatas ambang batas dari Baku Mutu Limbah Cair berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998.

4.2 Hasil Dan Pembahasan Terhadap Hasil Pengujian Akhir Kadar COD, TSS, Dan Warna Setelah Proses Dilaksanakan

Pada pelaksanaanya percobaan dilakukan sebanyak dua kali, ini dilakukan karena adanya variasi pada media karbon aktif, dimana:

Percobaan I : Aerokarbonfilter dengan menggunakan media Arang Aktif

Percobaan II : Aerokarbonfilter dengan menggunakan media Zeolit

4.2.1 Chemical Oxygen Demand (COD)

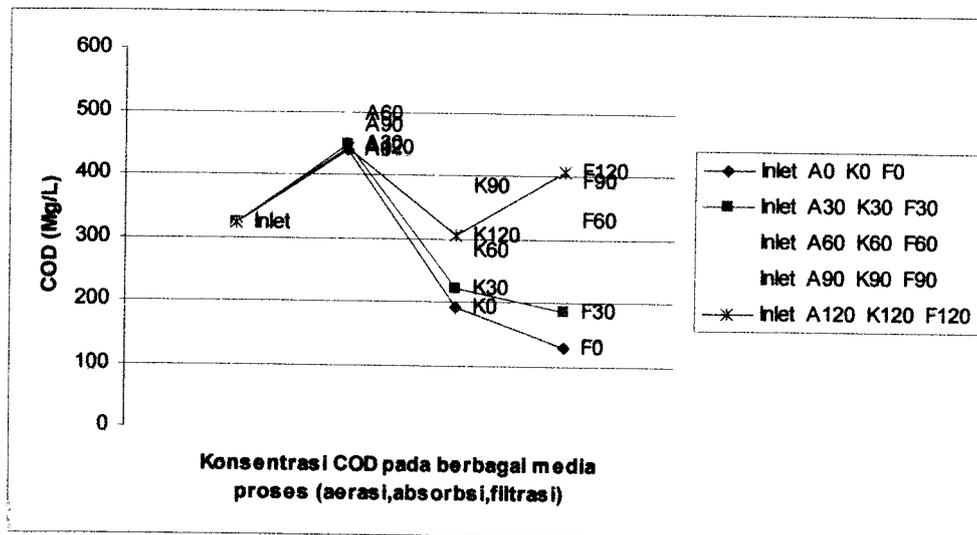
Pada reaktor Aerokarbonfilter penurunan nilai COD pada setiap bagian dari reaktor Aerokarbonfilter dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3

Tabel 4.2 Hasil Percobaan I Parameter COD

Menit	Aerasi		Arang Aktif		Filter	
	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	322,1380		322,1380		322,1380	
0	437,3657	-35,77*	190,9780	56,33	129,2887	32,30
30	447,5547	-38,93*	221,3600	50,54	185,4207	16,24
60	496,8323	-54,23*	279,7147	43,70	328,6220	-17,48*
90	477,9363	-48,36*	382,1603	20,04	390,6817	-2,23*
120	441,0707	-36,92*	304,5383	30,95	407,1693	-33,70*

*= Terjadi kenaikan

Dari tabel 4.2 dapat dibuat grafik konsentrasi COD pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) yang menggunakan zeolit sebagai media adsorban yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



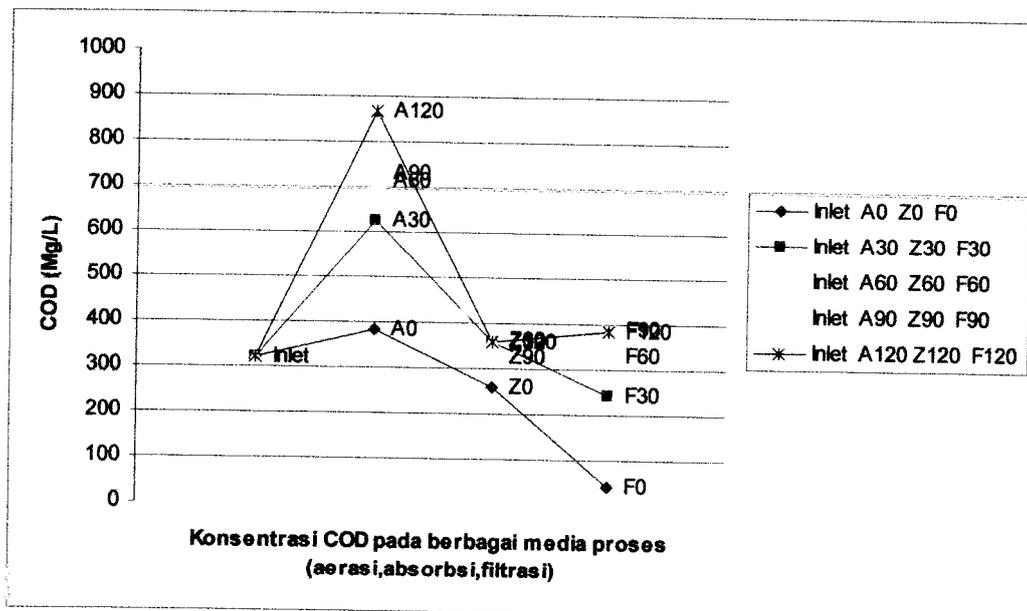
Gambar 4.1. Grafik konsentrasi COD pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media arang aktif sebagai adsorban.

Tabel 4.3 Hasil Percobaan II Parameter COD

Menit	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	322,1380		322,1380		322,1380	
0	384,9390	-19,50*	260,0777	32,44	41,3560	84,10
30	626,5097	-94,48*	356,9657	43,02	242,8493	31,97
60	711,7267	-120,94*	363,2643	48,96	330,2890	9,08
90	728,7700	-126,23*	325,6577	55,31	387,3470	-18,94*
120	868,6367	-169,65*	360,3003	58,52	381,4193	-5,86*

*= Terjadi kenaikan

Dari tabel 4.3 dapat dibuat grafik konsentrasi COD pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) yang menggunakan arang aktif sebagai media adsorban yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.2. Grafik konsentrasi COD pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media zeolit sebagai adsorban.

4.2.1.1 Aerasi

Dari Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 diatas dapat kita lihat bahwa untuk bagian aerasi mengalami kenaikan, baik pada percobaan I maupun pada percobaan II. Hal ini kemungkinan dapat terjadi disebabkan oleh 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 contoh 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 disini 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 kimia yang baru pada bak penampung mengingat begitu banyaknya zat kimia yang terdapat pada limbah batik sehingga dapat menyebabkan terbentuknya zat kimia baru sehingga meningkat pula kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat kimia yang ada didalam air limbah. Namun kenaikan ini dapat juga terjadi pada saat proses aerasi berlangsung, dimana proses aerasilah yang membuat kenaikan pada nilai COD tersebut yaitu pada bak pengumpul dan pada saat proses homogenisasi dilakukan zat kimia yang berasal dari seluruh proses pembatikan bercampur maka ia akan membentuk zat kimia baru, namun pada saat pengambilan contoh uji sebagai hasil pengujian pertama zat kimia tersebut belum terdeteksi atau terbentuk dengan sempurna dan pada saat proses aerasi inilah zat

kimia tersebut terbentuk dikarenakan zat kimia yang baru tersebut memerlukan oksigen sebagai oksidator untuk pembentukan senyawa kimia baru tersebut, sehingga pada saat proses aerasi telah dilalui terbentuklah zat kimia baru tersebut dan membuat nilai COD cenderung meningkat. Untuk itu diperlukannya penelitian lebih lanjut mengenai aerasi pada unit Aerokarbonfilter dalam mengolah limbah batik.

4.2.1.2 Karbon Aktif

Pada media karbon aktif dilakukan variasi dengan menggunakan Arang aktif dan Zeolit seperti telah dijelaskan diatas. Pada percobaan I nilai COD mengalami penurunan, namun semakin lama semakin kecil pula efisiensi penurunan dari reaktor Aerokarbonfilter, hal ini dapat disebabkan oleh limbah batik yang mempunyai bermacam-macam jenis molekul, sehingga apabila arang aktif lebih dulu menyerap molekul yang lebih besar maka akan menutupi pori-pori sehingga menyulitkan molekul yang lebih kecil untuk masuk kedalam pori tersebut sehingga sangat mempengaruhi terjadinya proses absorpsi (*Cheremisinoff, 1978*) dan juga memungkinkan arang aktif yang digunakan telah jenuh yang dikarenakan limbah batik yang digunakan mengandung bahan organik yang sangat tinggi, sehingga dalam waktu yang singkat telah mampu mengisi seluruh pori-pori yang ada. Tidak sempurnanya proses adsorpsi pada media arang aktif dimungkinkan terjadi dikarenakan pada arang aktif sendiri telah mengandung bahan organik dan oleh terjadinya proses atraksi dimana ion logam yang bermuatan negatif pada permukaan akan mengisi pori dari arang aktif dan arang

aktif sendiri cenderung untuk melepaskan bahan organik dan menyerap logam tersebut. Untuk lebih jelasnya mengenai efisiensi dari media arang aktif dalam menurunkan COD dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pada percobaan II nilai COD mengalami penurunan, dan nilai penurunannya lebih besar dibandingkan dengan nilai penurunan pada percobaan I. Untuk lebih jelasnya hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.3. Bila dilihat dari nilai efisiensi dapat diartikan bahwa kemampuan Zeolit untuk mengadsorpsi zat-zat kimia lebih baik bila dibandingkan dengan Arang aktif. Berbeda dengan Arang aktif kemampuan mengadsorpsi Zeolit lebih lama bila dibandingkan dengan Arang aktif, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 dimana efisiensi dari media ini cenderung meningkat dan belum pada kondisi jenuh. Hal ini memungkinkan disebabkan oleh pori-pori yang dimiliki oleh zeolit lebih luas dan permukaan dari zeolit ini lebih luas juga bila dibandingkan dengan permukaan dari Arang aktif. Tidak tercapainya hasil maksimal dari proses adsorpsi disini dapat disebabkan oleh waktu kontak yang dibutuhkan oleh media adsorpsi baik arang aktif maupun pasir zeolit tidak memenuhi waktu yang dianjurkan agar media dapat mengadsorpsi dengan sempurna, pada reaktor aerokarbonfilter waktu yang dibutuhkan untuk melalui media karbon aktif adalah ± 4 menit, sedangkan waktu yang dibutuhkan oleh karbon aktif untuk melakukan proses adsorpsi yang sempurna lebih lama. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontaknya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4.2.1.3 Filter

Pada proses filtrasi untuk kadar COD mengalami penurunan baik pada Percobaan I maupun Percobaan II. Hal ini disebabkan oleh 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 disini dapat dilihat bahwa hasil penurunan percobaan II lebih baik bila dibandingkan dengan hasil dari percobaan I. Dan untuk hasil yang memenuhi standar yang telah ditentukan yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998 hanya pada keluaran dari percobaan II dan hanya pada menit ke 0 yang memenuhi dari standar tersebut. Disini dapat dilihat bahwa filter yang digunakan tidak terlalu efektif dalam menurunkan kadar COD bila mengacu pada standar yang berlaku. Namun bila dilihat dari hasil keluaran media Karbon aktif yang menjadi air yang masuk kedalam media filtrasi media ini dapat menurunkan nilai dari COD tersebut 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 penurunan dari menit ke-0 hingga menit ke-30 untuk percobaan I dan menit ke-0 hingga menit ke-60 untuk percobaan II. Namun pada menit-menit berikutnya terjadi kenaikan melebihi dari masukkan kenaikan yang terjadi disebabkan oleh adanya zat organik yang terkandung pada media arang aktif yang terbawa oleh aliran limbah, zat organik ini terbawa oleh limbah yang mengalir dikarenakan

karbon aktif cenderung untuk menyerap logam yang terkandung pada air limbah dan melepaskan zat organik yang ada dirongga karbon aktif tersebut. Dan pada percobaan I dan II telah terjadi penyumbatan atau *clogging* pada menit ke 80 sehingga media filter tidak lagi berkerja secara sempurna pada menit tersebut dan seterusnya.

4.2.2 Total Suspended Solid (TSS)

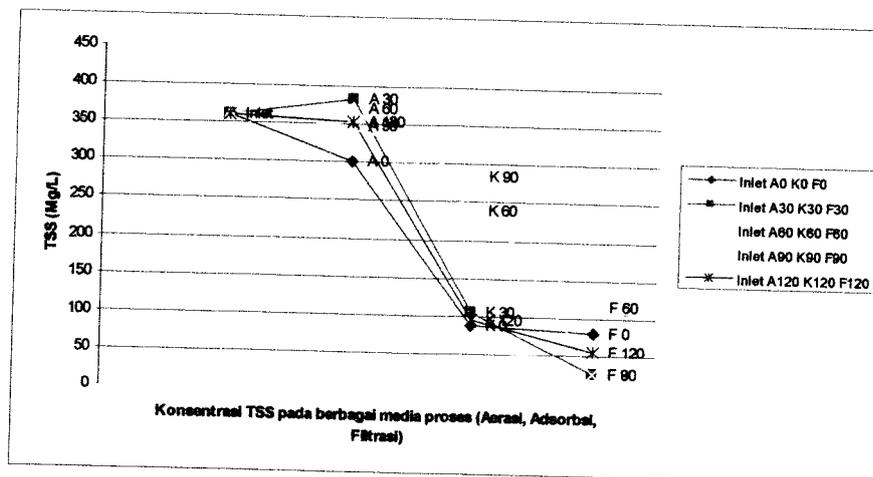
Pada reaktor Aerokarbonfilter penurunan nilai TSS pada setiap bagian dari reaktor Aerokarbonfilter dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5

Tabel 4.4 Hasil Percobaan I Parameter TSS

Menit	Aerasi		Karbon aktif		Filter	
	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	360					
0	300	16,67	86	71,33	80	6,98
30	382	-6,11*	104	72,77	24	76,92
60	370	-2,78*	238	35,68	114	52,10
90	348	3,33	284	18,39	24	91,55
120	352	2,22	94	73,30	54	42,55

*= Terjadi kenaikan

Dari tabel 4.4 dapat dibuat grafik konsentrasi TSS pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) yang menggunakan arang aktif sebagai media adsorpsi yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



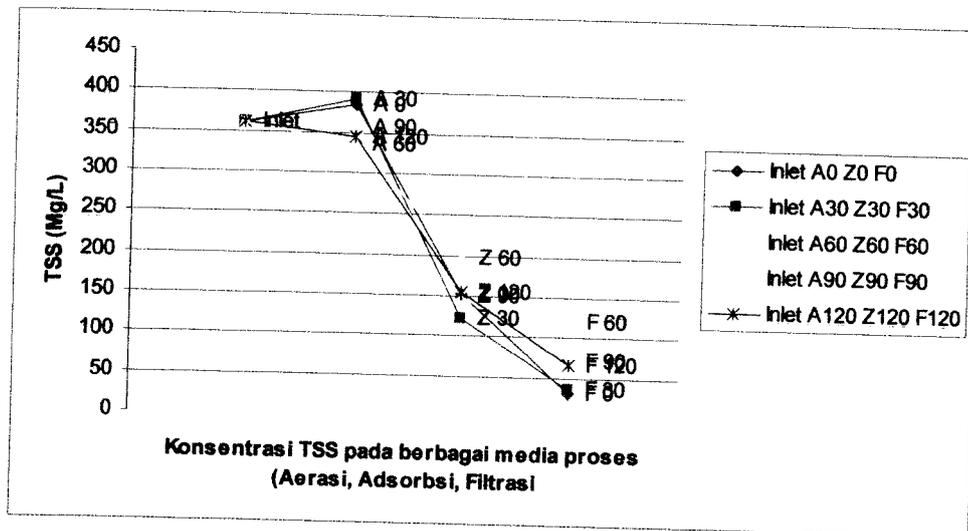
Gambar 4.3. Grafik konsentrasi TSS pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media arang aktif sebagai adsorpsi.

Tabel 4.5 Hasil Percobaan II Parameter TSS

Menit	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	360					
0	384	-6,67*	152	60,42	30	80,26
30	391	-8,61*	122	68,80	34	72,13
60	334	7,22	196	41,32	120	38,78
90	357	0,83	150	57,98	70	53,33
120	344	4,44	155	54,94	66	57,42

*= Terjadi kenaikan

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



Gambar 4.4. Grafik konsentrasi TSS pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media zeolit sebagai absorban.

4.2.2.1 Aerasi

Pada proses aerasi kandungan TSS yang ada tidak berpengaruh banyak dengan adanya proses aerasi ini, namun pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 terdapat perbedaan pada hasil pengukuran pada unit aerasi, hal ini kemungkinan disebabkan oleh 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 contoh 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.

4.2.2.2 Karbon Aktif

Seperti yang telah dijelaskan bahwa ada variasi karbon aktif antara arang aktif dengan zeolit. Hasil pada percobaan I dapat dilihat pada Tabel 4.5 konsentrasi TSS menurun dan cenderung memiliki efisiensi yang konstan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan adsorpsi dari arang aktif untuk mengadsorpsi zat-zat yang ada disekitarnya. Namun pada menit 60 dan 90 efisiensi alat menurun, hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh tidak mengenanya seluruh bagian dari karbon aktif sehingga kejenuhan cepat terjadi pada sebagian arang aktif, namun pada menit ke 120 efisiensi kembali pada nilai efisiensi awal, hal ini disebabkan karena air limbah telah mampu mengalir pada seluruh area dari bagian arang aktif dan proses adsorpsi kembali berjalan seperti awal. Pada percobaan II kemampuan zeolit untuk mengadsorpsi zat-zat disekitarnya terutama zat-zat yang tersuspensi cenderung tetap namun masih terjadi permasalahan yang sama dengan percobaan I yaitu belum meratanya air limbah yang masuk kedalam media sehingga proses sedikit terganggu, seperti yang terjadi pada menit ke 60 dimana efisiensi mengalami penurunan dari 68.80 % menjadi 41.32 % penurunan ini disebabkan oleh zeolit yang melakukan proses hanya sedikit yang terkena air limbah sehingga proses kejenuhan cepat terjadi dan air limbah tidak tersaring secara maksimal. Dan juga hal yang membuat proses adsorpsi baik pada percobaan I maupun percobaan II tidaklah berlangsung secara maksimal adalah dikarenakan waktu kontak yang dibutuhkan oleh karbon aktif tidak memenuhi persyaratan yang sesuai dengan waktu kontak ideal bagi karbon aktif untuk melakukan proses adsorpsi. Pada unit karbon aktif waktu tinggal yang terjadi hanya ± 4 menit

sedangkan waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4.2.2.3 Filter

Nilai TSS pada limbah cair batik setelah mengalami proses filtrasi mengalami penurunan sampai dengan angka 91.55% pada menit ke 90 pada percobaan I dan mencapai penurunan sampai angka 80.26% pada menit ke 0 pada percobaan II, namun pada menit-menit berikutnya yang digunakan untuk mengambil contoh menghasilkan angka efisiensi yang berbeda dengan kedua menit diatas, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5. Hal ini terjadi akibat kemampuan filter untuk menyaring zat-zat yang tersuspensi semakin lama semakin menurun bila dilihat dari nilai efisiensinya, hal ini dapat disebabkan oleh banyaknya zat-zat yang tersuspensi didalam air sehingga sangat cepat menyumbat pasir atau terlalu cepatnya aliran, dimana kecepatan penyaringan tidak mempengaruhi terhadap kualitas effluen. Namun kecepatan penyaringan lebih banyak berpengaruh terhadap masa operasi saringan (Huisman, 1975) dan juga dapat disebabkan oleh tidak menyebar secara meratanya seluruh air yang masuk pada media filtrasi sehingga menyebabkan perbedaan waktu terjadinya kejenuhan pada media dan menyebabkan perbedaan hasil keluaran dari media filtrasi tersebut.

Namun bila keseluruhan keluaran dari hasil proses filtrasi tersebut dibandingkan dengan standar ketentuan yang digunakan yaitu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998, seluruh hasil proses filtrasi tersebut telah memenuhi standar yang ditentukan yaitu maksimum 200 Mg TSS/L, sehingga hasil seluruh proses filtrasi ini masih aman untuk dibuang ke badan air. Pada menit ke 80 pada Percobaan I dan Percobaan II terjadi penyumbatan pada permukaan pasir kuarsa. Hal ini menyebabkan proses filtrasi terganggu atau terhenti. Terjadinya peristiwa ini disebabkan oleh tertahannya atau terjadinya proses penyaringan partikel *suspended matter* yang terlalu besar untuk bisa lolos melalui lubang antara butiran pasir, yang berlangsung diseluruh permukaan saringan pasir dan sama sekali tidak bergantung pada kecepatan penyaringan yang biasa disebut *Mechanical Straining* (Razif 1985). Dan juga jenis filter yang digunakan disini merupakan jenis filter *single* media dengan menggunakan pasir kuarsa dan pada sistem ini penyaringan terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena menyebabkan filter mudah untuk tersumbat (Ali Masduki dan Agus Selamat, 2002).

4.2.3 Warna

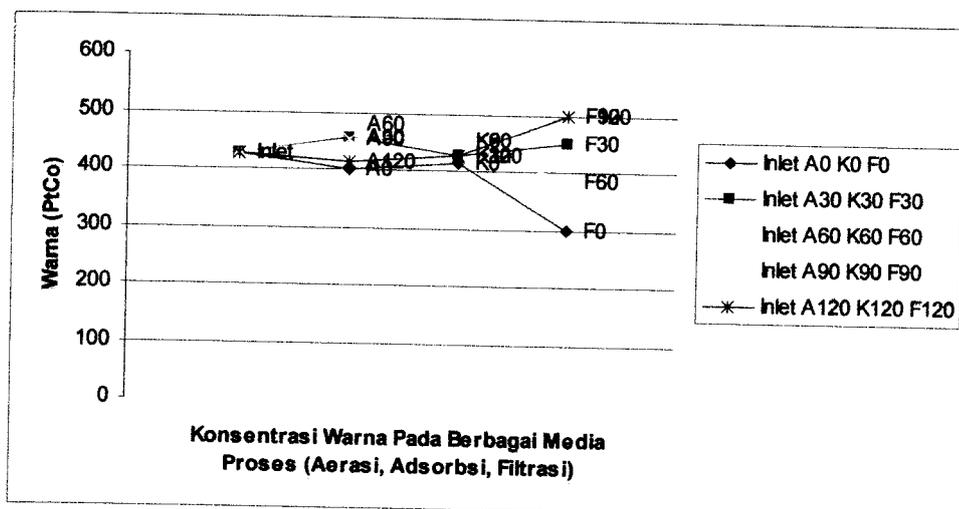
Pada reaktor Aerokarbonfilter penurunan nilai Warna pada setiap bagian dari reaktor Aerokarbonfilter dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7

Tabel 4.6 Hasil Percobaan I Parameter Warna

Menit	Aerasi		Arang aktif		Filter	
	Konsentrasi (PtCo)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (PtCo)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (PtCo)	Efisiensi (%)
Inlet	425,10					
0	401,40	5,58	413,25	-2,95*	297,15	28,09
30	455,90	-7,25*	425,10	6,76	448,80	-5,58*
60	477,25	-12,27*	453,55	4,97	384,85	15,15
90	451,20	-6,14*	451,20	0,00	498,60	-10,51*
120	413,25	2,79	427,50	-3,45*	498,60	-16,63*

*= Terjadi kenaikan

Dari tabel 4.6 dapat dibuat grafik konsentrasi warna pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) yang menggunakan arang aktif sebagai media adsorban yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



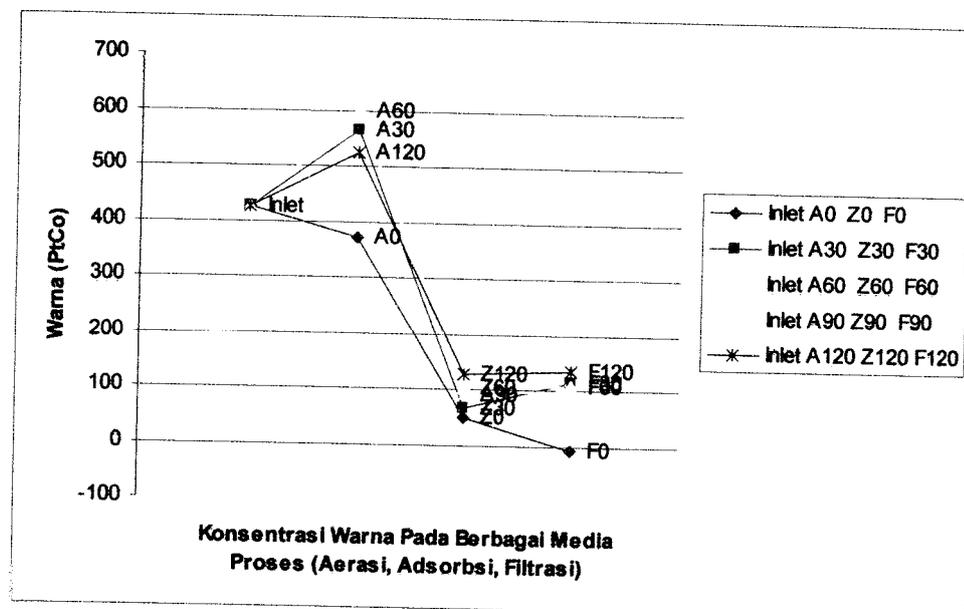
Gambar 4.5. Grafik konsentrasi Warna pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media arang aktif sebagai adsorban.

Tabel 4.7 Hasil Percobaan II Parameter Warna

Menit	Aerasi		Zeolit		Filter	
	Konsentrasi (PtCo)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (PtCo)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (PtCo)	Efisiensi (%)
Inlet	425,10					
0	371,55	12,60	50,70	86,35	0	100
30	563,50	-32,56*	67,30	88,06	114,70	-70,43*
60	599,05	-40,92*	104,03	82,64	106,40	-2,28*
90	591,95	-39,25*	89,83	84,83	99,30	-10,55*
120	523,25	-23,09*	126,75	75,78	132,48	-4,52*

*= Terjadi kenaikan

Dari tabel 4.7 dapat dibuat grafik konsentrasi warna pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) yang menggunakan zeolit sebagai media adsorban yang terjadi dalam reaktor aerokarbonfilter.



Gambar 4.6. Grafik konsentrasi Warna pada berbagai media proses (aerasi, adsorpsi, dan filter) dengan media zeolit sebagai adsorban.

4.2.3.1 Aerasi

Warna yang terdapat pada limbah batik Nakula Sadewa adalah warna yang disebabkan oleh akibat adanya TSS dalam limbah batik dan adanya senyawa-senyawa warna yang digunakan dalam proses pewarnaan batik. Oleh karena itu pada percobaan I nilai dari warna cenderung tetap atau mengalami perubahan namun tidak secara signifikan, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.6 hal ini kemungkinan dapat disebabkan oleh warna yang digunakan oleh industri batik yang menggunakan pewarna dari bahan sintetik sehingga proses transfer udara tidak mampu untuk memecah ikatan zat warna yang ada dalam limbah batik tersebut. Pada percobaan II terjadi penurunan nilai warna namun hanya terjadi pada menit ke 0 yaitu turun dari 425.10 PtCo menjadi 371.55 PtCo namun pada menit-menit berikutnya nilai warna justru naik, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.7. kenaikan dan penurunan ini kemungkinan dapat terjadi disebabkan oleh 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 contoh 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 disini 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 kimia yang baru pada bak penampung mengingat begitu

banyaknya zat kimia pada limbah batik sehingga dapat menyebabkan terbentuknya zat kimia baru sehingga meningkatkan kadar warna pada limbah batik tersebut. Namun kenaikan ini dapat juga terjadi pada saat proses aerasi terjadi dimana proses aerasilah yang membuat kenaikan pada nilai zat warna tersebut dimana pada bak pengumpul dan proses homogenisasi dilakukan zat kimia yang berasal dari seluruh proses pembatikan bercampur maka ia akan membentuk zat kimia baru namun pada saat pengambilan contoh uji sebagai hasil pengujian pertama zat kimia tersebut belum terdeteksi atau terbentuk dengan sempurna, dan pada saat proses aerasi inilah zat kimia tersebut terbentuk dikarenakan zat kimia yang baru tersebut memerlukan oksigen sebagai oksidator untuk pembentukan senyawa kimia baru tersebut, sehingga pada saat proses aerasi telah dilalui terbentuklah zat kimia baru tersebut dan membuat warna pada limbah batik tersebut menjadi cenderung meningkat. Untuk itu diperlukannya penelitian lebih lanjut mengenai aerasi pada unit Aerokarbonfilter dalam mengolah limbah batik.

4.2.3.2 Karbon Aktif

Pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 dapat kita lihat bahwa nilai penurunan warna pada percobaan I dan nilai penurunan warna pada percobaan II berbeda, pada percobaan I nilai warna setelah melalui media arang aktif pada menit ke 0 naik, menit 30 dan menit 60 turun sedikit saja, menit 90 tetap, dan menit 120 kembali naik lagi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 kenaikan ini juga terjadi pada beberapa penelitian sebelumnya, seperti

penelitian yang dilakukan oleh Santi Purwaningsih, dkk pada hasil penelitian mereka yang berjudul Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Pada Limbah Kayu Lapis yang dilakukan di Laboratorium Pulp-kertas Fakultas Ilmu Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda pada tahun 2000, pada penelitian tersebut didapatkan hasil pengolahan naik dari data awal sebesar 30 PtCo setelah dilakukan proses menjadi sebesar 366.67 PtCo, dan para peneliti tidak mengetahui apa yang menyebabkan kenaikan pada hasil akhir penelitian mereka sehingga menjadi begitu besar. Berdasarkan penelitian lainnya ternyata didapat pernyataan bahwa pada arang aktif sendiri telah terdapat zat organik yang cukup tinggi sehingga pada saat limbah mengalir pada media arang aktif zat organik tersebut terlepas, terlepasnya zat organik tersebut dikarenakan oleh air limbah yang dialirkan melalui media arang aktif tersebut mengandung juga logam berat sehingga arang aktif cenderung untuk mengikat logam berat tersebut dan melepas zat organik yang sebelumnya menempel pada permukaan arang aktif tersebut. Hal inilah yang dapat menyebabkan kenaikan nilai warna limbah cair batik setelah melalui media arang aktif tersebut, karena zat organik yang terlarut dan zat organik yang tersuspensi adalah salah satu penyebab kenaikan daripada nilai warna.

Pada percobaan II hasil yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan hasil yang didapatkan pada percobaan I. Hal ini terjadi karena zeolit tidak mengandung bahan organik sebanyak zat organik yang dikandung oleh arang aktif, ini bila dilihat dari asal terbentuknya kedua jenis karbon aktif tersebut sehingga kemungkinan penambahan zat warna oleh zeolit seperti yang terjadi

pada media arang aktif tidak terjadi pada media zeolit. Serta kemampuan zeolit yang dapat memilih molekul serta partikel apa yang akan dia adsorpsi dapat menyebabkan zeolit mampu melakukan proses adsorpsi terhadap warna yang terdapat pada limbah cair batik lebih baik bila dibandingkan dengan arang aktif pada reaktor Aerokarbonfilter. Proses adsorpsi baik pada percobaan I maupun percobaan II tidaklah berlangsung secara maksimal hal ini dikarenakan waktu kontak yang dibutuhkan oleh karbon aktif tidak memenuhi persyaratan yang sesuai dengan waktu kontak ideal bagi karbon aktif untuk melakukan proses adsorpsi. Pada unit karbon aktif waktu tinggal yang terjadi hanya ± 4 menit, sedangkan waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakanya cukup dan waktu kontak berkisar 10 – 15 menit (Reynolds, 1982).

4.2.3.3 Filter

Pada unit filtrasi penurunan nilai warna pada percobaan I menunjukkan efisiensi sebesar 28.09% pada menit ke 0 dan pada menit ke 60 sebesar 15.15% pada menit-menit yang lain malah menunjukkan kenaikan pada nilai warna, dan pada percobaan II yang menggunakan zeolit hasil yang didapatkan lebih baik ke 0 dengan nilai efisiensi sebesar 100% namun sama dengan percobaan I nilai efisiensi semakin lama semakin menurun, bahkan nilai warna keluaran ada yang melebihi nilai masukan yang berasal dari zeolit, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 hal ini disebabkan karena

pada menit ke 0 pasir mampu menyaring seluruh warna yang ada pada air limbah, namun karena jenis filter yang digunakan disini merupakan jenis filter *single media* dengan menggunakan pasir kuarsa dan pada sistem ini penyaringan terjadi pada lapisan paling atas sehingga karena kurang meratanya aliran air limbah menyebabkan air limbah hanya mengalir pada bagian tertentu saja sehingga warna yang sebelumnya telah tersaring dan tertahan pada lapisan atas terbawa pada aliran berikutnya karena tumbukkan yang terus menerus dapat menyebabkan lepasnya partikel yang telah menempel pada permukaan butiran pasir. Tumbukan antar media menyebabkan lepasnya kotoan yang menempel pada media, selanjutnya kotoran yang telah terkelupas akan terbawa bersama aliran air (Ali Masduki dan Agus Selamat, 2002). Penambahan warna media filter juga dapat disebabkan oleh kandungan zat kimia yang ada pada pasir filter yang digunakan, apabila pencucian awal kurang begitu sempurna, penambahan warna pada hasil akhir dapat saja terjadi karena seperti diketahui pasir juga mengandung logam antara lain Mn dan Fe.

Hal ini juga dapat disebabkan oleh keluaran dari media arang aktif yang merupakan masukan bagi media filter telah mengalami penambahan zat organik yang sangat terlarut sehingga menambah pekatnya warna yang ada pada air limbah tersebut, dan karena zat organik yang dilepaskan oleh media arang aktif merupakan zat organik yang sangat terlarut sehingga membuat filter tidak mampu untuk menyaring karena bentuk molekul dari warna tersebut lebih kecil daripada rongga-rongga yang terdapat pada media filter sehingga media filter tidak dapat berkerja dengan baik untuk melakukan penyaringan. Sehingga media filter ini

dianggap kurang efektif untuk menyaring zat warna karena bila dilihat dari seluruh hasil pengolahan tidak ada satupun hasil yang memenuhi standar yang telah ditetapkan.

4.3 Perbandingan Hasil Akhir Dan Efisiensi Total Alat Antara Reaktor Aerokarbonfilter Yang Menggunakan Media Arang Aktif Dengan Media Pasir Zeolit

Hasil akhir dan efisiensi dari dua kali percobaan yang membandingkan antara arang aktif dan zeolit dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Tabel 4.9

Tabel 4.8 Hasil Dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Arang Aktif

Menit	Arang Aktif					
	COD		TSS		Warna	
	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	322,138		360		425,1	
0	129,2887	59,87	80	77,78	297,15	30,10
30	185,4207	42,44	24	93,33	448,8	-5,58*
60	328,6220	-2,01*	114	68,33	384,85	9,47*
90	390,6817	-21,28*	24	93,33	498,6	-17,29*
120	407,1693	-26,40*	54	85	498,6	-17,29*

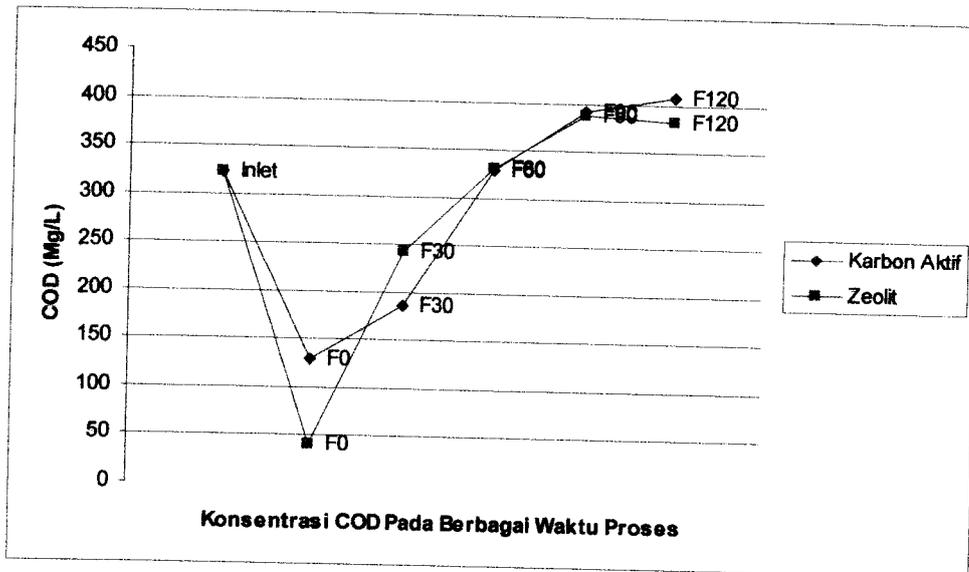
*= Terjadi kenaikan

Tabel 4.9 Hasil Dan Efisiensi Akhir Pada Reaktor Aerokarbonfilter Dengan Media Pasir Zeolit

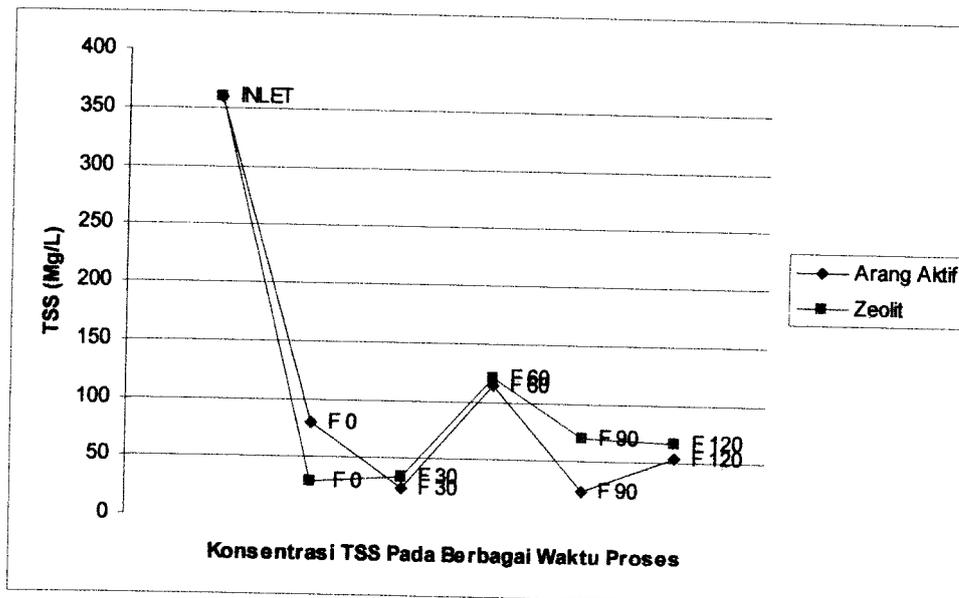
Menit	Pasir Zeolit					
	COD		TSS		Warna	
	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)	Konsentrasi (Mg/L)	Efisiensi (%)
Inlet	322,138		360		425,1	
0	41,3560	87,16	30	91,67	0	100
30	242,8493	24,61	34	90,56	114,7	73,02
60	330,2890	-2,53*	120	66,67	106,4	74,97
90	387,3470	-20,24*	70	80,56	99,3	76,64
120	381,4193	-18,40*	66	81,67	132,475	68,84

*= Terjadi kenaikan

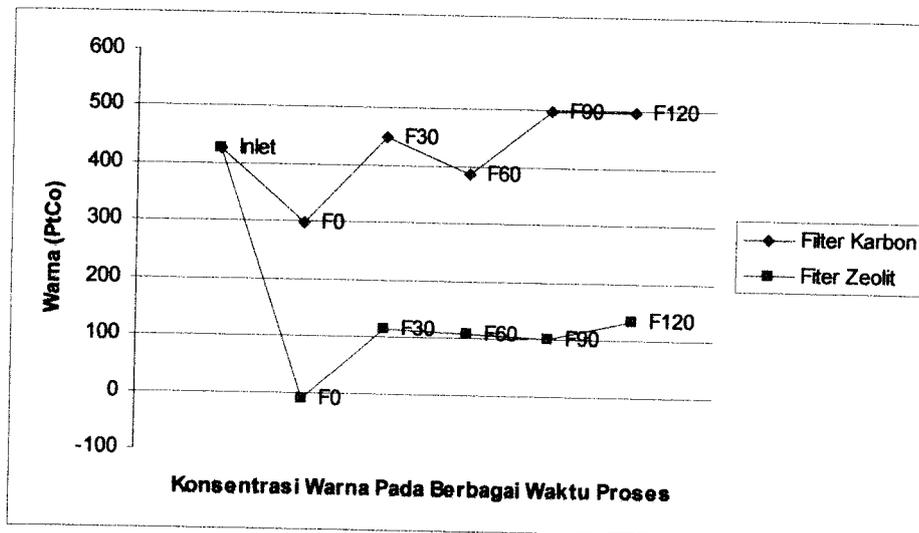
Dari hasil Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 dapat dibuat grafik konsentrasi pada outlet akhir pada berbagai waktu proses.



Gambar 4.7. Grafik konsentrasi COD pada outlet akhir pada berbagai waktu proses.



Gambar 4.8. Grafik konsentrasi TSS pada outlet akhir pada berbagai waktu proses



Gambar 4.9. Grafik konsentrasi Warna pada outlet akhir pada berbagai waktu proses

Dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 dapat kita lihat bahwa perbandingan dari kedua reaktor menunjukkan hasil yang berbeda untuk setiap parameter, untuk parameter COD hasil terbaik didapatkan pada reaktor dengan menggunakan media pasir zeolit, dengan hasil mampu menurunkan hingga 41.3560 atau sebesar 87.16% dari nilai awal sebesar 322.138, dan hasil terbaik yang dihasilkan oleh reaktor yang menggunakan media arang aktif hanya mampu untuk menurunkan kadar COD sebesar 59.87% atau menjadi 129.2887 dari konsentrasi awal sebesar 322.138. Hal ini disebabkan oleh adanya zat organik yang terkandung pada arang aktif malah terlepas ketika air limbah melewati arang aktif dan arang aktif sendiri cenderung untuk mengikat logam-logam yang ada pada air limbah tersebut dan melepas zat organik yang sebelumnya sudah ada dan menempel pada permukaan dan pori-pori arang aktif, sehingga proses adsorpsi terhadap zat-zat organik yang ada pada air limbah yang lewat cenderung tidak berlangsung sempurna. Hal ini

kemungkinan dapat terjadi disebabkan oleh 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 contoh 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. Serta adanya kemungkinan terbentuknya zat-zat kimia baru yang terbentuk pada bak pengumpul maupun setelah proses aerasi dilakukan, seperti yang telah dijelaskan pada sub 4.2.1.1 sehingga justru meningkatkan nilai COD yang akan diolah. Untuk parameter TSS kedua reactor yang dibandingkan lebih mampu untuk menyaring *Suspended Solid* yang ada, ini lebih besar disebabkan oleh adanya dua kali proses penyaringan, yaitu pertama pada media karbon aktif dan kedua media filtrasi yang menggunakan media pasir kuarsa, dengan metode jenis filter yang digunakan disini merupakan jenis filter *single* media dengan menggunakan pasir kuarsa dan pada sistem ini penyaringan terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena menyebabkan filter mudah untuk tersumbat (Ali Masduki dan Agus Selamat, 2002). Untuk parameter Warna, hasil yang didapatkan pada percobaan I cenderung meningkat dari hasil pemeriksaan awal, hal ini telah dijelaskan pada sub 4.2.3 dan untuk percobaan II terjadi proses penghilangan warna sampai mencapai tingkat efisiensi sebesar 100%, namun seiring berjalannya waktu efisiensi tersebut menurun namun cenderung konstan berada pada angka efisiensi sebesar 70%.

Apabila keseluruhan hasil dari kedua perbandingan diatas dibandingkan dengan standar yang digunakan yaitu berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998, maka untuk parameter COD dan Warna hanya pada percobaan II dan pada menit ke 0 saja yang dapat memenuhi standar tersebut, sehingga diperlukannya penelitian lanjutan sehingga didapatkannya kesempurnaan dari reaktor Aerokarbonfilter dalam mengolah limbah batik. Untuk parameter TSS dilihat dari hasil akhir yang diperoleh, seluruh hasil yang diperoleh telah memenuhi standar yang telah ditentukan sehingga apabila dilihat dari hasil akhir untuk parameter TSS air limbah batik tersebut aman untuk dibuang ke badan air.

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

Hasil akhir yang didapatkan akan dianalisis 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 COD

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

Percobaan I dengan menggunakan media karbon aktif:

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

$0,370 \leq 5,32$

Menyimpulkan

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

Percobaan II dengan menggunakan media zeolit:

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

$0,501 \leq 5,32$

Menyimpulkan

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

Untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Penurunan COD dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh nilai F_{hitung} 0.370 dan nilai F_{tabel} 5,32, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F_{hitung} 0.501 dan nilai F_{tabel} 5,32. Dengan demikian dari kedua percobaan tersebut diperoleh $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ maka terima H_0 artinya tidak signifikan yang berarti terjadi penurunan COD yang tidak signifikan antara inlet dengan outlet.

4.4.2 Analisa Statistik Hasil Akhir Dengan Menggunakan Metode *One Way* Anova Pada Parameter TSS

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

Percobaan I dengan menggunakan media karbon aktif:

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

$304,608 \geq 5,32$

Menyimpulkan

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

Percobaan II dengan menggunakan media zeolit:

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

$334,924 \geq 5,32$

Menyimpulkan

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

Untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran

Penurunan nilai TSS dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh nilai F_{hitung} 304.608 dan nilai F_{tabel} 5,32, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F_{hitung} 334.924 dan nilai F_{tabel} 5,32. Dengan demikian dari kedua percobaan tersebut diperoleh $F_{hitung} \geq F_{tabel}$ maka tolak H_0 artinya signifikan, atau dengan kata lain terjadi penurunan nilai TSS yang signifikan antara inlet dengan outlet.

4.4.3 Analisa Statistik Hasil Akhir Dengan Menggunakan Metode *One Way*

Anova Pada Parameter Warna

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

Percobaan I dengan menggunakan media karbon aktif:

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

$1,088 \leq 5,32$

Menyimpulkan

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

Percobaan II dengan menggunakan media zeolit:

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

$205,938 \geq 5,32$

menyimpulkan

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

Untuk perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran

Penurunan Warna dari data hasil percobaan I dengan menggunakan arang aktif dan percobaan II dengan menggunakan pasir zeolit dilakukan analisa dengan menggunakan analisa anova. Pada percobaan I diperoleh nilai F_{hitung} 1.088 dan nilai F_{tabel} 5,32, sedangkan pada percobaan II diperoleh nilai F_{hitung} 205.938 dan nilai F_{tabel} 5,32. Dengan demikian hasil dari percobaan I tersebut diperoleh $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$ maka terima H_0 artinya tidak signifikan yang berarti terjadi penurunan COD yang tidak signifikan antara inlet dengan outlet. Dari percobaan II diperoleh $F_{\text{hitung}} \geq F_{\text{tabel}}$ maka tolak H_0 artinya signifikan yang artinya penurunan nilai TSS yang signifikan antara inlet dengan outlet.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian, analisis, dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan yang berkaitan dengan penelitian tersebut:

1. Reaktor aerokarbonfilter pada percobaan I mampu menurunkan konsentrasi COD dengan efisiensi 59.87%, dari konsentrasi awal 322.138 mg/L menjadi konsentrasi *effluent* 129.2887 mg/L dan pada percobaan II mampu menurunkan konsentrasi COD dengan efisiensi 87.16%, dari konsentrasi awal 322.138 mg/L menjadi konsentrasi *effluent* 41.356 mg/L. Sedangkan untuk penurunan konsentrasi TSS dengan efisiensi 93.33% dari konsentrasi awal 360 mg/L menjadi konsentrasi 24 mg/L dan pada percobaan II mampu menurunkan konsentrasi TSS dengan efisiensi 91.67% dari konsentrasi awal 360 mg/L menjadi konsentrasi 30 mg/L. Dan untuk penurunan parameter Warna pada percobaan I turun sebesar 30.1% dengan konsentrasi awal 425.1 PtCo menjadi konsentrasi 297.15 PtCo. Dan pada percobaan II turun sebesar 100% dari konsentrasi awal 425.1 PtCo menjadi 0 PtCo
2. Dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui efisiensi total reaktor aerokarbonfilter untuk penurunan konsentrasi COD dan Warna antara percobaan I menggunakan arang aktif dengan percobaan II menggunakan pasir zeolit, dari hasil yang diperoleh maka diketahui percobaan II memiliki

konsentrasi yang lebih baik untuk *effluent* akhir namun mulai dari menit 30 sampai menit 120 efisiensi alat semakin menurun. Sedangkan untuk penurunan konsentrasi TSS, dari hasil yang diperoleh maka percobaan I memiliki konsentrasi *effluent* yang sedikit lebih baik mulai dari menit 0 sampai menit 120.

3. Kualitas air hasil pengolahan dengan menggunakan reaktor aerokarbonfilter untuk parameter COD dan Warna baik pada percobaan I maupun percobaan II memiliki kualitas yang tidak memenuhi standar baku mutu air buangan yang ditetapkan, hanya pada menit ke 0 saja yang memenuhi standar air buangan. Dan untuk parameter TSS seluruh *effluent* dari percobaan I dan percobaan II telah memenuhi standar air buangan Sebagaimana tertuang dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: 03/MENLH/1998.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diajukan saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya agar selalu memeriksa nilai parameter 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 contoh 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 pada media karbon aktif dan pasir kuarsa 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 karbon aktif dan pasir kuarsa.
3. 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.
4. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan variasi debit, sehingga dapat diketahui pada debit berapa efisiensi reaktor paling baik.
5. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan menggunakan parameter lainnya terutama pada parameter logam yang ada pada limbah cair industri batik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts,G. 1984, Metodologi Penelitian Air, Usaha Nasional Indonesia, hal. 86-102,149-244
- Amsyari,F. 1997, Prinsip-prinsip masalah pencemaran lingkungan, khalia indonesia, jakarta hal; 50-52
- Anantatur, F. 2001. Pengaruh Tinggi Media Adsorpsi Karbon Aktif Batu Bara Terhadap Kadar Warna Dan Zat Padat Tersuspensi Pada Limbah Cair Industri Kecil Batik Tradisional Mivika Di Samarinda, ITB, Bandung.
- Anonim, 1978, Panduan pencegahan dan pengendalian pencemaran air buangan industri tekstil, Direktorat Jendral Industri tekstil, Departemen Perindustrian RI.
- Demmin R. Timothy, 1988. Improving Carpet Wastewater Treatment, American Dye Stuff Reporter. New York
- Dix, H.M. 1981, Environmental pollution, atmosphere, land, water and noise, John wiley and sons, chichers,P.
- Effendi, Hefni, 2003, "*Telaah Kualitas Air*", Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan, Kanisius, Yogyakarta.
- Gintings, P, 1995, Mencegah dan mengendalikan pencemaran Industri. Penerbit: Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Gutherie, R.K, 1972, Food Sanitation, Second Printing, The Avi Publishing Company, Inc. Investport, Connecticut.
- <http://apps5.oingo.com/apps/domainpark/result.cgi?karbon+aktif&acid=DOTS429&url=http%3A%2F%2Fwarintek, www.warintek.net>
- Jackson, M.W, 1980, Handbook of Acute toxicity of chemicals to fish and aquatics invertebrates. Departement of the intvario fish and wild animal service / Resource publications 137, Washington.
- Kartikasari, Vita. 1992, Pengolahan Limbah Batik Dengan Enceng gondok dan Kayambang, UGM, Yogyakarta
- Kasmidjo, R.B, dan Hardiman 1981, Penanganan Limbah Pengolahan Hasil Pertanian, Fak. Teknologi Pertanian, UGM, Yogyakarta.

- Kasmidjo, R.B, 1990 ,Tempe Mikrobiologi dan Biokimia Pengolahan Serta Pemanfaatannya, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta.
- Kasmidjo, R.B, 1991, Penanganan Limbah Pertanian, Perkebunan dan Industri Pangan, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, UGM, Yogyakarta
- Purba, Michael, 1994 “ *Ilmu kimia*” Penerbit Erlangga, Ciracas-Jakarta
- Mahida, C.F. 1981. *Biology of Fresh Water Pollution*, Long Man, London and NewYork.
- Masduki, ali Dkk, 2002 Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Odum, E.P, 1972, *Fundamentals of ecology* , third edition, WB Saunders Company, London.
- Purwaningsih, S, Dkk 2000 Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang kelapa Sawit Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Kayu Lapis, Unmul, Samarinda
- Reynolds, T, 1982. *Unit Operations and Process in Environmental Engineering*, Texas A&M University, Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California, USA, pp. 165 – 166.
- Santaniello, R.M, 1971, *Water Quality Criteria and Standart for Industrial Pollution Control Handbook*, H.F, Lund (ed), Mc Graw-Hill Inc., New York.
- Sugiharto, 1987, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Wardana, 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit: Andi Offset, Yogyakarta
- Yanarpriyanto, T. 2000. *Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik*. FMIPA – UGM. Yogyakarta.
- www.distam-propsu.go.id/kegiatan-5.php/lampiran_pertambangan.html

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

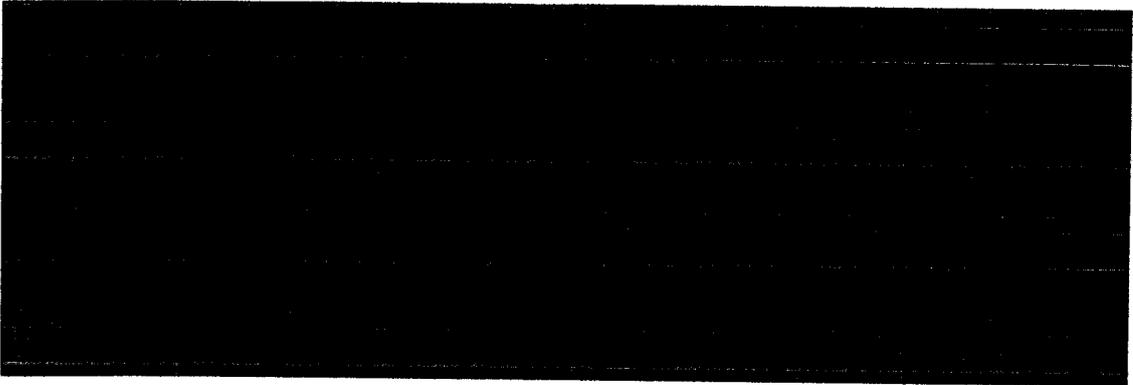
- STANDAR AIR BUANGAN

LAMPIRAN I

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

Tanggal : 15 Januari 1998

BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KAWASAN INDUSTRI



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

- STANDAR PENGUJIAN SAMPEL
- HASIL UJI LABORATORIUM

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
3.1 Prinsip.....	2
3.2 Bahan	2
3.3 Peralatan	3
3.4 Keselamatan kerja.....	3
3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji.....	3
3.6 Persiapan pengujian	4
3.7 Prosedur	4
3.8 Perhitungan	4
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu.....	4
4.1 Jaminan mutu	4
4.2 Pengendalian mutu.....	5
5 Rekomendasi.....	5
Lampiran A Pelaporan	6
Bibliografi.....	7

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

Metode ini merupakan hasil kaji ulang dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan dengan alat refluks tertutup*.

Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam air dan air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L pada panjang gelombang 600 nm dan nilai KOK lebih kecil 100 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm.

Metode ini digunakan untuk contoh uji air dan air limbah dan tidak berlaku bagi air limbah yang mengandung ion klorida lebih besar dari 2000 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

larutan induk

larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.2

larutan baku

larutan induk yang diencerkan dengan air suling bebas organik, dan mempunyai nilai KOK 500 mg/L

2.3

larutan kerja

larutan baku yang diencerkan dengan air suling bebas organik, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran nilai KOK: 0,0 mg/L; 100 mg/L; 200 mg/L; 300mg/L; 400mg/L

2.4

larutan blanko atau air suling bebas organik

adalah air suling yang tidak mengandung organik atau mengandung organik dengan kadar lebih rendah dari batas deteksi

2.5

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi yang merupakan garis lurus

2.6

blind sample

larutan baku dengan kadar tertentu

2.7

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

2.8

SRM (Standard Reference Material)

bahan standar yang tertelusur ke sistem nasional

2.9

CRM (Certified Reference Material)

bahan standar bersertifikat yang tertelusur ke sistem nasional atau internasional

3 Cara uji

3.1 Prinsip

KOK (*Chemical Oxygen Demand = COD*) adalah jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1000 mL contoh uji.

Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg /L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 400 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.

Untuk nilai KOK 100 mg/L sampai dengan 900 mg/L ditentukan kenaikan Cr^{3+} pada panjang gelombang 600 nm. Pada contoh uji dengan nilai KOK yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L ditentukan pengurangan konsentrasi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ pada panjang gelombang 420 nm.

3.2 Bahan

- a) Air suling bebas klorida dan bebas organik.
- b) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi tinggi.
Tambahkan 10,216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 ml air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- c) Larutan pencerna (*digestion solution*) pada kisaran konsentrasi rendah.
Tambahkan 1,022 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ yang telah dikeringkan pada suhu 150°C selama 2 jam ke dalam 500 mL air suling. Tambahkan 167 mL H_2SO_4 pekat dan 33,3 g HgSO_4 . Larutkan, dan dinginkan pada suhu ruang dan encerkan sampai 1000 mL.
- d) Larutan pereaksi asam sulfat
Tambahkan serbuk atau kristal Ag_2SO_4 teknis ke dalam H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 g Ag_2SO_4 untuk tiap satu kg H_2SO_4 pekat atau 10,12 g Ag_2SO_4 untuk tiap 1000 mL H_2SO_4 pekat. Biarkan 1 jam sampai dengan 2 jam sampai larut, aduk.
- e) Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$).
Digunakan jika gangguan nitrit akan dihilangkan. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg NO_2^- N yang ada dalam contoh uji.
- f) Larutan standar kalium hidrogen phtalat, $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ (KHP).
Gerus perlahan KHP lalu keringkan sampai berat konstan pada suhu 110°C . Larutkan 425 mg KHP ke dalam air suling, encerkan sampai 1000 mL. Secara teori, KHP mempunyai nilai KOK 1,176 mg O_2 /mg KHP dan larutan ini secara teori mempunyai nilai KOK 500 $\mu\text{g O}_2$ /mL. Larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin. Hati-hati terhadap pertumbuhan biologi. Siapkan dan pindahkan larutan dalam kondisi steril. Sebaiknya larutan ini dipersiapkan setiap 1 minggu.

3.3 Peralatan

- a) spektrofotometer sinar tampak;
- b) kuvet;
- c) tabung pencerna, lebih baik gunakan kultur tabung borosilikat dengan ukuran 16 mm x 100 mm; 20 mm x 150 mm atau 25 mm x 150 mm bertutup ulir. Atau alternatif lain, gunakan ampul borosilikat dengan kapasitas 10 mL (diarter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- d) pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung;
- e) mikroburet;
- f) labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL;
- g) pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
- h) gelas piala; dan
- i) timbangan analitik.

3.4 Keselamatan kerja

Perhatian Selalu gunakan pelindung wajah dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan ledakan tinggi pada suhu 150°C.

3.5 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- a) Homogenkan contoh uji.
- b) Cuci tabung refluks dan tutupnya dengan H₂SO₄ 20% sebelum digunakan.
- c) Pipet volume contoh uji dan tambahkan larutan pencerna dan tambahkan larutan pereaksi asam sulfat yang memadai ke dalam tabung atau ampul, seperti yang dinyatakan dalam tabel berikut:

Tabel 1 Contoh uji dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam tabung pencerna.

Tabung pencerna	Contoh uji (mL)	Larutan pencerna (mL)	Larutan pereaksi asam sulfat (ml.)	Total volume (mL)
Tabung kultur				
16 x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar Ampul : 10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

- d) Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- e) Letakkan tabung pada pemanas yang telah dipanaskan pada suhu 150°C, lakukan refluks selama 2 jam.

3.5.2 Pengawetan contoh uji

Contoh uji diawetkan dengan menambahkan H₂SO₄ sampai pH lebih kecil dari 2,0 dan contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 7 hari.

3.6 Persiapan pengujian

Pembuatan kurva kalibrasi

- a) Optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian KOK.
- b) Siapkan setidaknya 5 larutan standar KHP ekuivalen dengan KOK untuk mewakili kisaran konsentrasi.
- c) Gunakan volume pereaksi yang sama antara contoh dan larutan standar KHP.
- d) Baca absorbansinya pada panjang gelombang 600 nm atau panjang gelombang 420 nm.
- e) Buat kurva kalibrasi.

3.7 Prosedur

- a) Dinginkan perlahan-lahan contoh yang sudah direfluks sampai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Jika perlu, saat pendinginan sesekali tutup contoh dibuka untuk mencegah adanya tekanan gas.
- b) Biarkan suspensi mengendap dan pastikan bagian yang akan diukur benar-benar jernih.
- c) Ukur contoh dan larutan standar pada panjang gelombang yang telah ditentukan (420 nm atau 600 nm).
- d) Pada panjang gelombang 600 nm, gunakan blanko yang tidak direfluks sebagai larutan referensi.
- e) Jika konsentrasi KOK lebih kecil atau sama dengan 90 mg/L, lakukan pengukuran pada panjang gelombang 420 nm, gunakan pereaksi air sebagai larutan referensi.
- f) Ukur absorpsi blanko yang tidak direfluks yang mengandung dikromat, dengan pereaksi air sebagai pengganti contoh uji, akan memberikan absorpsi dikromat awal.
- g) Perbedaan absorbansi antara contoh yang direfluks dan yang tidak direfluks adalah pengukuran KOK contoh uji.
- h) Plot perbedaan absorbansi antara blanko yang direfluks dan absorbansi larutan standar yang direfluks terhadap nilai KOK untuk masing-masing standar.
- i) Lakukan analisa duplo.

3.8 Perhitungan

Nilai KOK : sebagai mg /L O₂

- a) Masukkan hasil pembacaan absorbansi contoh uji ke dalam kurva kalibrasi
- b) Nilai KOK adalah hasil pembacaan konsentrasi contoh uji dari kurva kalibrasi.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan bahan kimia pro analisa (pa).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- d) Gunakan air suling bebas organik untuk pembuatan blanko dan larutan kerja.
- e) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- f) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 7 hari.

4.2 Pengendalian mutu

- a) Linieritas kurva kalibrasi (r) harus lebih besar atau sama dengan 0,995.
- b) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan organik (nilai KOK) dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- c) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different, RPD*) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah lebih kecil atau sama dengan 5%, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RPD = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100\%$$

dengan pengertian:

- X_1 adalah konsentrasi KOK pada penentuan pertama;
 X_2 adalah konsentrasi KOK pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar dari 5%, pengujian harus diulang.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- a) Analisis *SRM*.
- b) Lakukan analisis *SRM (Standard Reference Material)* untuk kontrol akurasi.
- c) Analisis blind sample.
- d) Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut.

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Batas deteksi.
- 9) Rekaman hasil perhitungan.
- 10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dalam contoh uji.

Bibliografi

Lenore S. Clesceri et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**, 20th Edition, 1998, Metode 5220 D (*Closed Reflux, Colorimetric Method*)

**Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan
tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*)
secara gravimetri**

Daftar Isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	1
3.1 Prinsip.....	1
3.2 Bahan	1
3.3 Peralatan	1
3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji.....	2
3.5 Persiapan pengujian	2
3.6 Prosedur	2
3.7 Perhitungan	3
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu.....	3
4.1 Jaminan mutu	3
4.2 Pengendalian mutu.....	3
5 Rekomendasi.....	4
Lampiran A Pelaporan.....	5
Bobliografi.....	6

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia SNI 06-6989.3-2004, *Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri*. SNI ini diterapkan untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

Metode ini merupakan hasil revisi dari butir 3.6 pada SNI 06-2413-1991, *Metode pengujian kualitas fisika air*. SNI ini menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta di konsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Oleh karena SNI 06-6989.3-2004 merupakan revisi dari butir 3.6 pada SNI 06-2413-1991, maka dengan ditetapkannya SNI ini, penerapan butir 3.6 pada SNI 06-2413-1991 dinyatakan tidak berlaku lagi. Adapun butir-butir lainnya sepanjang belum direvisi masih dinyatakan berlaku. Pemakai SNI agar dapat meneliti validitas SNI yang terkait dengan metode pengujian kualitas fisika air, sehingga dapat selalu menggunakan SNI edisi terakhir.

Air dan air limbah- Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid, TSS*) secara gravimetri

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk menentukan residu tersuspensi yang terdapat dalam contoh uji air dan air limbah secara gravimetri. Metode ini tidak termasuk penentuan bahan yang mengapung, padatan yang mudah menguap dan dekomposisi garam mineral.

2 Istilah dan definisi

2.1

padatan tersuspensi total (TSS)

residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid

3 Cara uji

3.1 Prinsip

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

3.2 Bahan

a) Kertas saring (*glass-fiber filter*) dengan beberapa jenis:

- 1) Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,5 μ m (*Standar for TSS in water analysis*).
- 2) Gelman type A/E, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,0 μ m (*Standar filter for TSS/TDS testing in sanitary water analysis procedures*).
- 3) E-D Scientific Specialities grade 161 (VWR brand grade 161) dengan ukuran pori (*Particle Retention*) 1,1 μ m (*Recommended for use in TSS/TDS testing in water and wastewater*).
- 4) Saringan dengan ukuran pori 0,45 μ m.

b) Air suling.

3.3 Peralatan

- a) desikator yang berisi silika gel;
- b) oven, untuk pengoperasian pada suhu 103°C sampai dengan 105°C;
- c) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
- d) pengaduk magnetik;
- e) pipet volum;

-) gelas ukur;
- j) cawan aluminium;
- i) cawan porselen/cawan *Gooch*;
-) penjepit;
-) kaca arloji; dan
- c) pompa vacuum.

3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.4.1 Persiapan contoh uji

Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen atau yang setara.

3.4.2 Pengawetan contoh

Awetkan contoh uji pada suhu 4°C, untuk meminimalkan dekomposisi mikrobiologikal terhadap padatan. Contoh uji sebaiknya disimpan tidak lebih dari 24 jam.

3.4.3 Pengurangan gangguan

- a) Pisahkan partikel besar yang mengapung.
- b) Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batasi contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.
- c) Untuk contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas residu yang menempel dalam kertas saring untuk memastikan zat yang terlarut telah benar-benar dihilangkan.
- d) Hindari melakukan penyaringan yang lebih lama, sebab untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan kertas saring atau cawan *Gooch*

- a) Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- b) Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan *Gooch* dapat langsung dikeringkan..
- c) Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.
- d) Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

3.6 Prosedur

- a) Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- b) Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.
- c) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik

- d) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

3.7 Perhitungan

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji, mL}}$$

dengan pengertian:

- A adalah berat kertas saring + residu kering, mg;
B adalah berat kertas saring, mg.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- a) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- b) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- c) Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu simpan maksimum 24 jam

4.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi.
- b) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis. Perbedaan persen relatif (*Relative Percent Different* atau RPD) terhadap dua penentuan (replikasi) adalah di bawah 5%, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{RPD} = \frac{(X_1 - X_2)}{(X_1 + X_2) / 2} \times 100 \%$$

dengan pengertian:

- X₁ adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan pertama;

SNI 06-6989.3-2004

K_2 adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan ke dua.

Bila nilai RPD lebih besar 5%, penentuan ini harus diulang

5 Rekomendasi

Dantumkan jenis atau ukuran saringan/pori kertas saring yang digunakan.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut.

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Nomor contoh uji.
- 5) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 6) Perhitungan.
- 7) Hasil pengukuran duplo.
- 8) Kadar Padatan Tersuspensi dalam contoh uji.

Bibliografi

Lenore S. Clesceri et al. "*Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*", 20th Edition, 1998, Metode 2540 D (*Total Suspended Solids Dried at 103^oC - 105^oC*).

3.2 Warna

3.2.1 Prinsip Kerja

Pemeriksaan warna dilakukan dengan membandingkan warna dari contoh dengan larutan baku warna. Pada metode ini sebagai baku warna digunakan larutan platina kobal dengan satuan skala PtCo.

3.2.2 Bahan

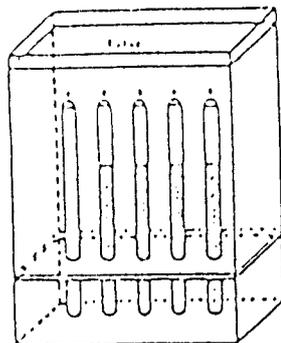
Bahan yang digunakan ialah :

- 1) larutan induk skala warna 500 mg/L PtCo;
- 2) larutan baku kerja dengan skala warna 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60 dan 70.

3.2.3 Peralatan

Peralatan yang diperlukan ialah :

- 1) tabung Nessler ukuran 50 mL yang seragam bentuk, ukurannya; contoh alat lihat Gambar 1;
- 2) Spektrofotometer;



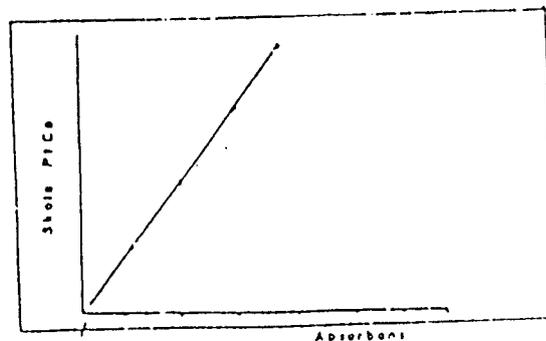
1. Tabung kosong untuk contoh
- 2, 3, 4, 5 Tabung standar warna
- Ø Dalam = 20 mm
- Ø Luar = 24 mm
- t (Tinggi) = 375 mm
- V (Volume) = 100 ml

GAMBAR 1
TABUNG NESSLER DALAM RAK UNTUK PEMERIKSAAN WARNA

3.2.4 Cara Kerja

Tahapan pemeriksaan warna adalah sebagai berikut :

- 1) pemeriksaan metode visual;
 - (1) contoh yang akan diperiksa terlebih dahulu disaring dengan kertassaring yang berpori $0,45 \mu\text{m}$ dan dimasukkan kedalam tabung Nessler 50 mL;
 - (2) warna contoh dibandingkan secara visual dengan larutan baku dimulai dari larutan baku paling encer; selama pengujian tabung Nessler ditempatkan pada alas yang berwarna putih;
 - (3) tetapkan warna contoh sesuai dengan skala warna larutan baku yang paling mendekati atau berada diantara dua skala larutan baku;
 - (4) apabila warna lebih dari 70 satuan skala PtCo, dilakukan pengenceran langsung pada tabung Nessler;
- 2) pemeriksaan secara spektrofotometri;
 - (1) buat kurva kalibrasi dengan membaca larutan baku kerja berskala warna 2,5; 5; 10 dan 25 dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 355 nm (lihat Gambar 2);



GAMBAR 2
KURVA KALIBRASI WARNA DALAM SATUAN SKALA PtCo
(Metode spektrofotometer)

- (2) contoh air terlebih dahulu disaring dengan kertas saring berpori $0,45 \mu\text{m}$ dan kemudian dibaca absorbansinya seperti pada larutan baku di atas.

3.2.5 Perhitungan

Perhitungan warna dilakukan sebagai berikut :

- 1) perhitungan skala warna hasil metode pemeriksaan visual dari contoh yang diencerkan dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Satuan skala Pt Co} = \frac{A \times 50}{B} \dots\dots\dots(1)$$

dengan penjelasan :

A = perkiraan skala warna dari contoh yang diencerkan

B = mL contoh yang diencerkan

pembuatan skala warna tergantung dari besarnya kadar warna seperti tertera pada Tabel 1

TABEL 1
SISTEM PEMBULATAN SKALA WARNA

Skala warna (satuan skala PtCo)	Pembulatan	Contoh Pembulatan
1 - 50	2,5	2,5; 5; 7,5;47,5
51 - 100	5	50; 55;.....95
101 - 250	10	100; 110;.....240
251 - 500	20	250; 270;.....480

- 2) perhitungan skala warna hasil metode pemeriksaan spektrofotometer ditetapkan dari kurva kalibrasi hubungan antara kadar warna dalam skala PtCo terhadap serapan.

3.3 Kekeruhan

Cara pemeriksaan kekeruhan dapat dilakukan dengan metode Nephelometri atau metode Helligometri.

3.3.1 Kekeruhan Metode Nephelometri

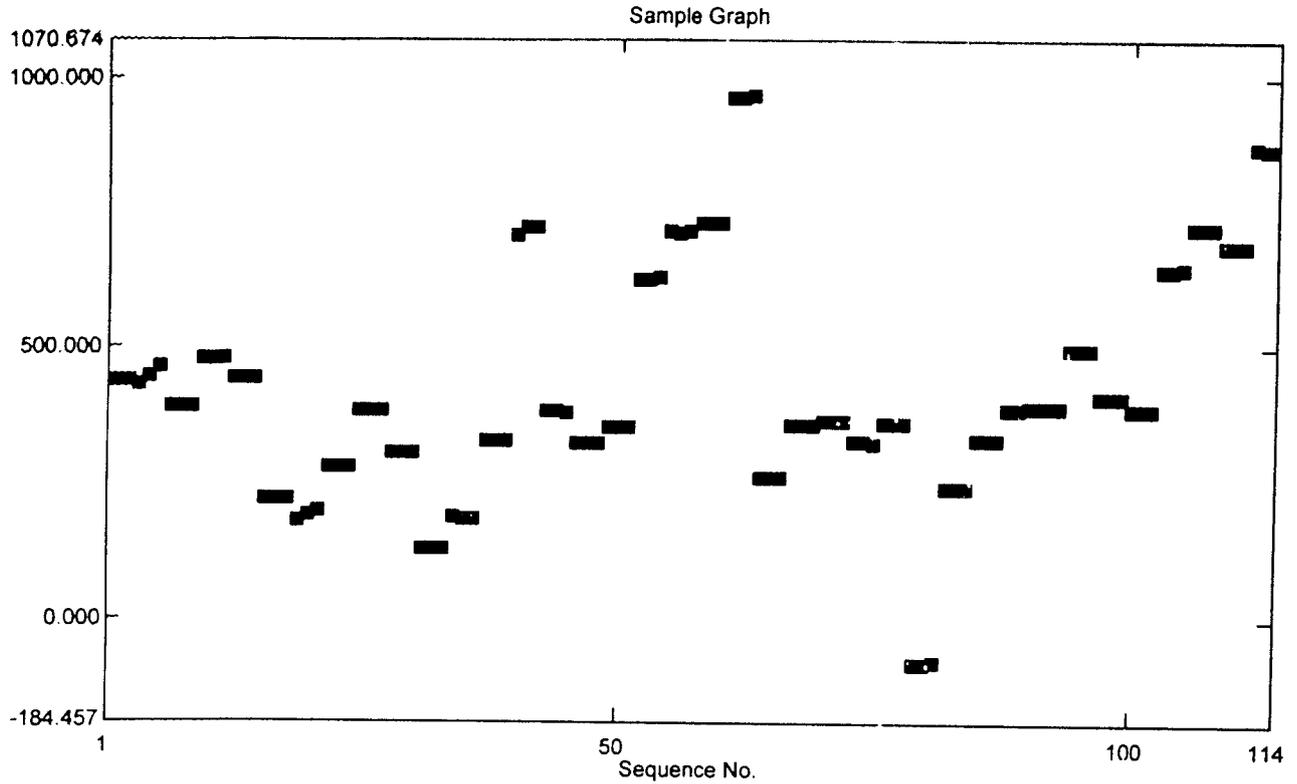
Ikhwil yang perlu diperhatikan :

- 1) prinsip kerja metode Nephelometri dilakukan dengan membandingkan intensitas cahaya yang dibiaskan oleh suatu contoh dengan intensitas cahaya yang dibiaskan oleh baku suspensi tertentu dalam kondisi yang sama;

ample Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

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



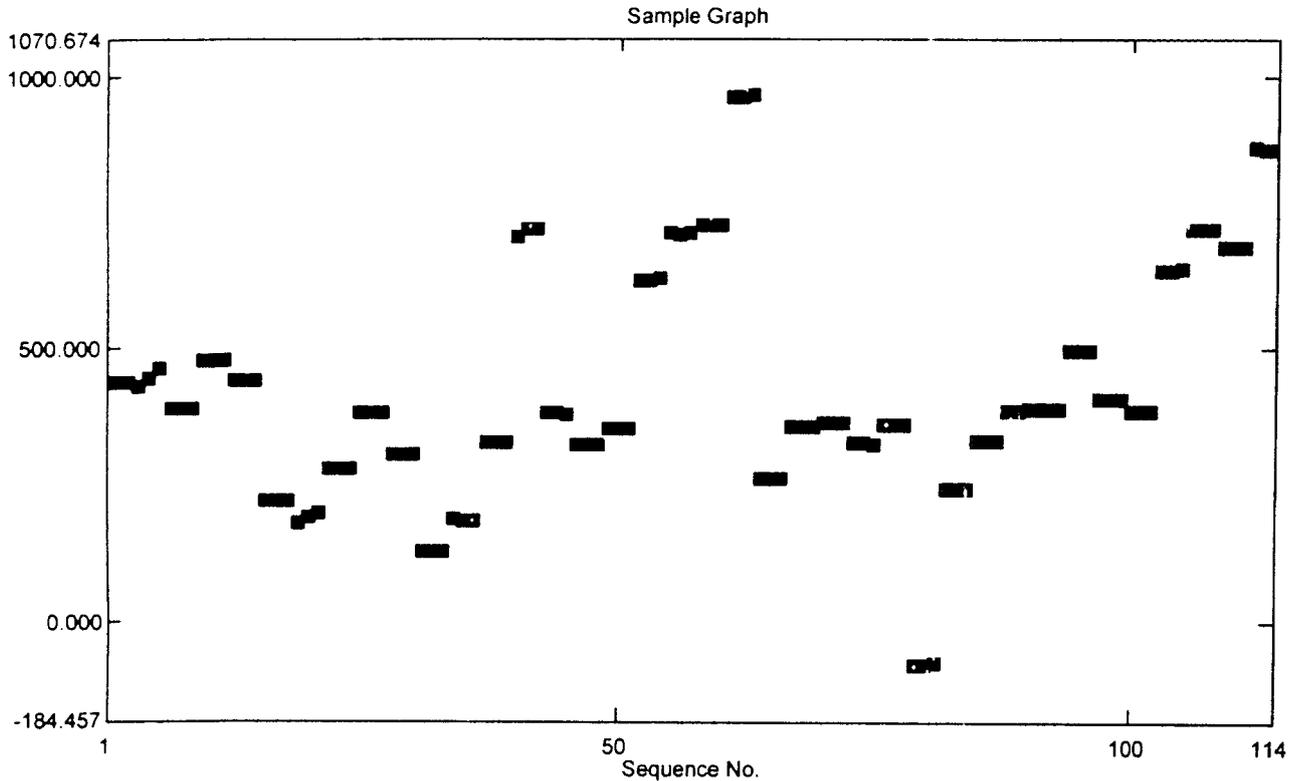
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1 A0 1	Unknown		436.995	0.128	
1 A0 2	Unknown		436.995	0.128	
1 A0 3	Unknown		438.107	0.128	
1 A30 1	Unknown		431.438	0.126	
1 A30 2	Unknown		446.443	0.130	
1 A30 3	Unknown		464.783	0.134	
1 A60 1	Unknown		390.867	0.118	
1 A60 2	Unknown		389.755	0.117	
1 A60 3	Unknown		389.200	0.117	
1 A90 1	Unknown		476.454	0.136	
1 A90 2	Unknown		478.122	0.137	
1 A90 3	Unknown		479.233	0.137	
1 A120 1	Unknown		441.441	0.129	
1 A120 2	Unknown		441.441	0.129	
1 A120 3	Unknown		440.330	0.128	
1 K30 1	Unknown		221.360	0.080	
1 K30 2	Unknown		221.360	0.080	
1 K30 3	Unknown		221.360	0.080	

Sample Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

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



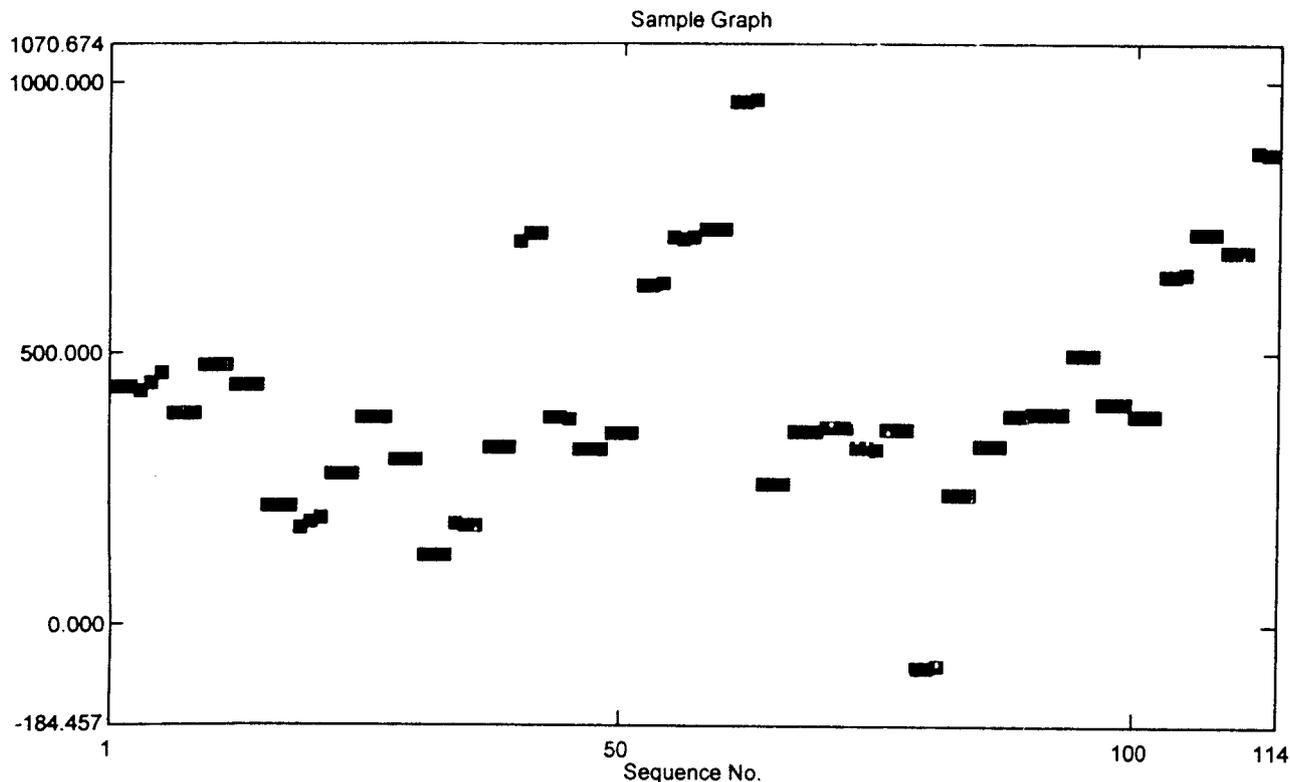
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1 K0 1	Unknown		181.345	0.072	
1 K0 2	Unknown		191.904	0.074	
1 K0 3	Unknown		199.685	0.076	
1 K60 1	Unknown		279.159	0.093	
1 K60 2	Unknown		280.270	0.093	
1 K60 3	Unknown		279.715	0.093	
1 K90 1	Unknown		382.531	0.116	
1 K90 2	Unknown		381.975	0.116	
1 K90 3	Unknown		381.975	0.116	
1 K120 1	Unknown		305.835	0.099	
1 K120 2	Unknown		304.168	0.099	
1 K120 3	Unknown		303.612	0.098	
1 F0 1	Unknown		128.548	0.060	
1 F0 2	Unknown		129.659	0.060	
1 F0 3	Unknown		129.659	0.060	
1 F30 1	Unknown		187.458	0.073	
1 F30 2	Unknown		184.124	0.072	
1 F30 3	Unknown		184.680	0.072	

Sample Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Qinoi COD.pho



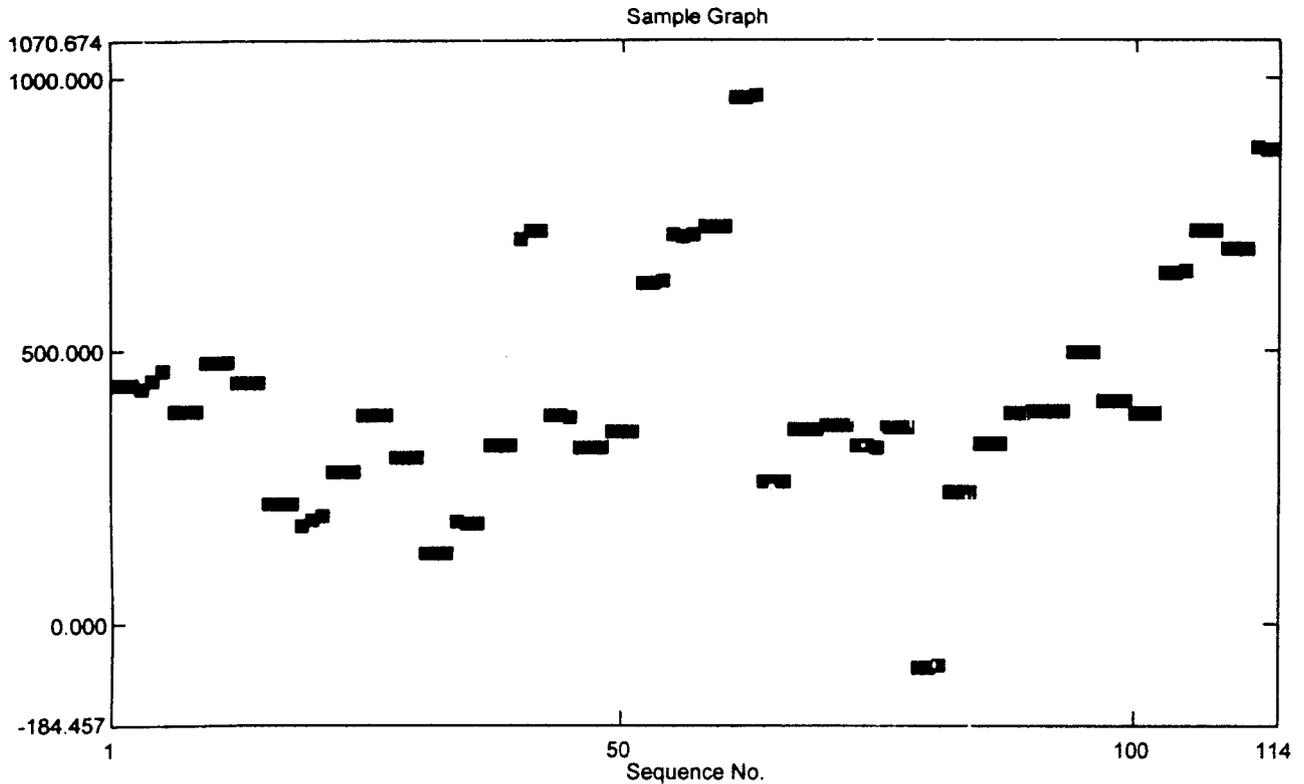
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1 F60 1	Unknown		328.622	0.104	
1 F60 2	Unknown		328.622	0.104	
1 F60 3	Unknown		328.622	0.104	
1 F120 1	Unknown		707.651	0.187	
1 F120 2	Unknown		720.433	0.190	
1 F120 3	Unknown		720.433	0.190	
2 F120 1	Unknown		382.531	0.116	
2 F120 2	Unknown		381.975	0.116	
2 F120 3	Unknown		379.752	0.115	
INLET 1	Unknown		321.953	0.102	
INLET 2	Unknown		321.953	0.102	
INLET 3	Unknown		322.508	0.103	
2 A0 1	Unknown		351.964	0.109	
2 A0 2	Unknown		351.964	0.109	
2 A0 3	Unknown		351.964	0.109	
2 A30 1	Unknown		625.954	0.169	
2 A30 2	Unknown		625.954	0.169	
2 A30 3	Unknown		627.621	0.170	

Sample Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Qinoi COD.pho



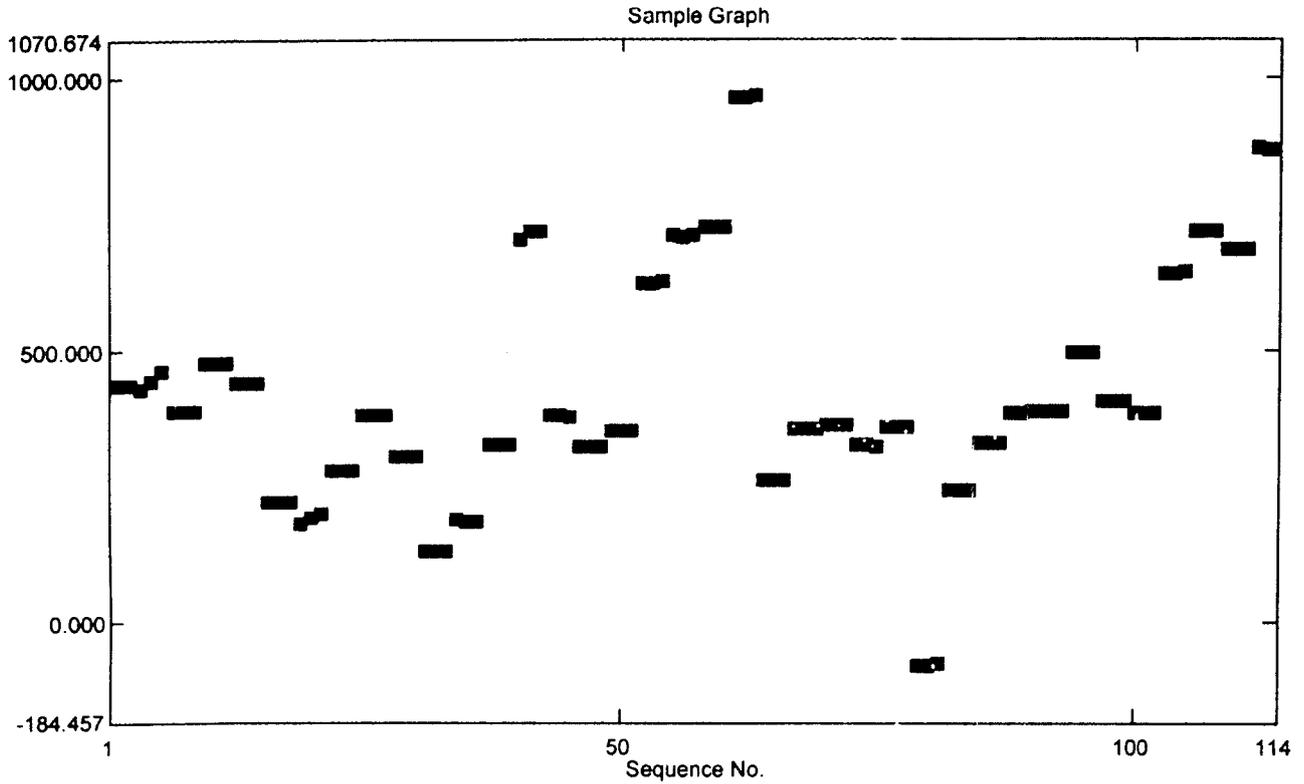
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
2 A60 1	Unknown		712.097	0.188	
2 A60 2	Unknown		710.986	0.188	
2 A60 3	Unknown		712.097	0.188	
2 A90 1	Unknown		728.770	0.192	
2 A90 2	Unknown		728.770	0.192	
2 A90 3	Unknown		728.770	0.192	
2 A120 1	Unknown		963.301	0.243	
2 A120 2	Unknown		963.301	0.243	
2 A120 3	Unknown		966.080	0.244	
2 K0 1	Unknown		259.707	0.089	
2 K0 2	Unknown		260.263	0.089	
2 K0 3	Unknown		260.263	0.089	
2 K30 1	Unknown		355.854	0.110	
2 K30 2	Unknown		356.966	0.110	
2 K30 3	Unknown		358.077	0.110	
2 K60 1	Unknown		363.079	0.111	
2 K60 2	Unknown		363.079	0.111	
2 K60 3	Unknown		363.635	0.112	

Sample Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Qinoi COD.pho



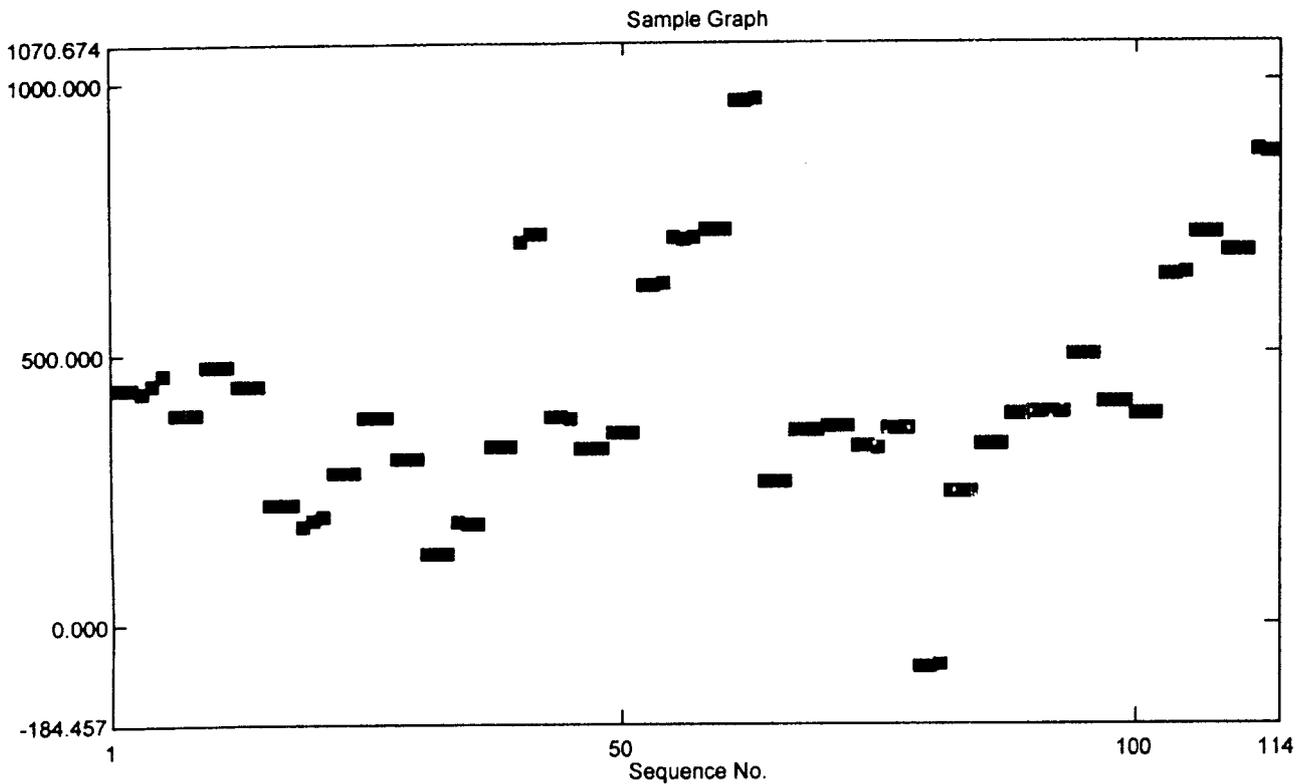
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
2 K90 1	Unknown		325.843	0.103	
2 K90 2	Unknown		325.843	0.103	
2 K90 3	Unknown		325.287	0.103	
2 K120 1	Unknown		359.189	0.111	
2 K120 2	Unknown		360.300	0.111	
2 K 120 3	Unknown		361.412	0.111	
2 F0 1	Unknown		-79.863	0.014	
2 F0 2	Unknown		-79.863	0.014	
2 F0 3	Unknown		-79.307	0.014	
2 F30 1	Unknown		242.479	0.085	
2 F30 2	Unknown		242.479	0.085	
2 F30 3	Unknown		243.590	0.085	
2 F60 1	Unknown		329.733	0.104	
2 F60 2	Unknown		330.289	0.104	
2 F60 3	Unknown		330.845	0.104	
2 F90 1	Unknown		385.865	0.116	
2 F90 2	Unknown		387.532	0.117	
2 F90 3	Unknown		388.644	0.117	

Sample Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Qinoi COD.pho



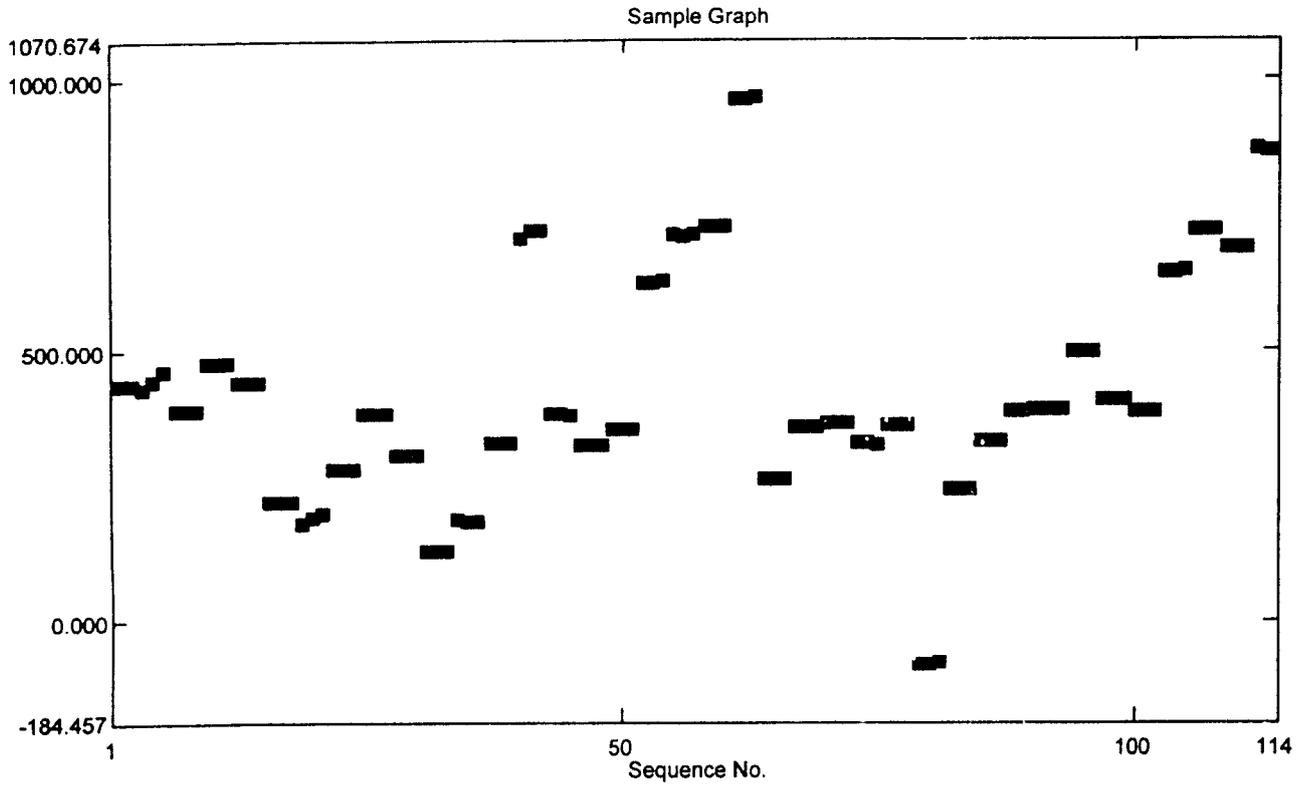
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
1 F90 1	Unknown		389.755	0.117	
1 F90 2	Unknown		390.867	0.118	
1 F90 3	Unknown		391.423	0.118	
U 1 A60 1	Unknown		495.906	0.141	
U 1 A60 2	Unknown		496.462	0.141	
U 1 A60 3	Unknown		498.129	0.141	
U 1 F120 1	Unknown		407.540	0.121	
U 1 F120 2	Unknown		406.984	0.121	
U 1 F120 3	Unknown		406.984	0.121	
U 2 A0 1	Unknown		384.754	0.116	
U 2 A0 2	Unknown		385.309	0.116	
U 2 A0 3	Unknown		384.754	0.116	
U 2 A30 1	Unknown		645.406	0.173	
U 2 A30 2	Unknown		645.406	0.173	
U 2 A30 3	Unknown		646.517	0.174	
U 2 A60 1	Unknown		720.433	0.190	
U 2 A60 2	Unknown		720.433	0.190	
U 2 A60 3	Unknown		720.433	0.190	

imple Table Report

03/19/2006 03:03:15 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Qinoi COD.pho



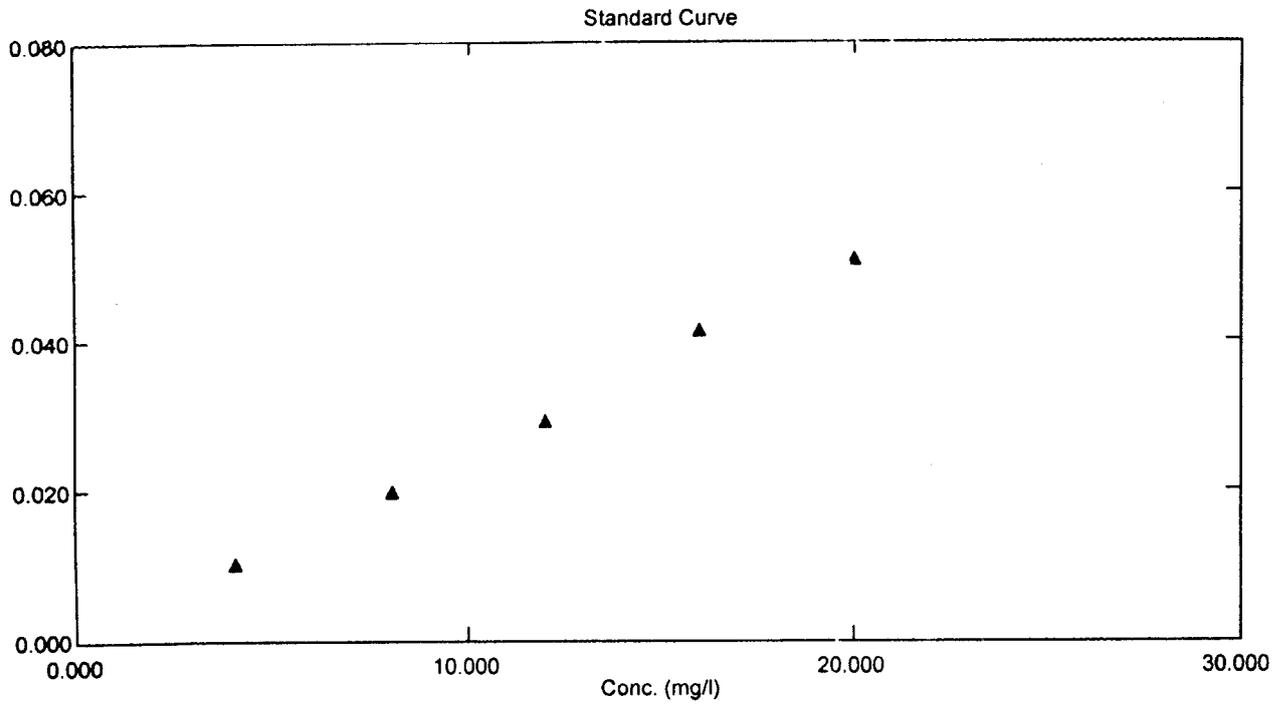
Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Comments
U 2 A90 1	Unknown		687.088	0.183	
U 2 A90 2	Unknown		687.088	0.183	
U 2 A90 3	Unknown		687.088	0.183	
U 2 A120 1	Unknown		870.489	0.223	
U 2 A120 2	Unknown		868.266	0.222	
U 2 A120 3	Unknown		867.155	0.222	

Standard Table Report

03/21/2006 04:02:51 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\Kinoi.pho



$0.00258 x - 0.00066$
 Correlation Coefficient = 0.99757
 Standard Error of Estimate = 0.00093

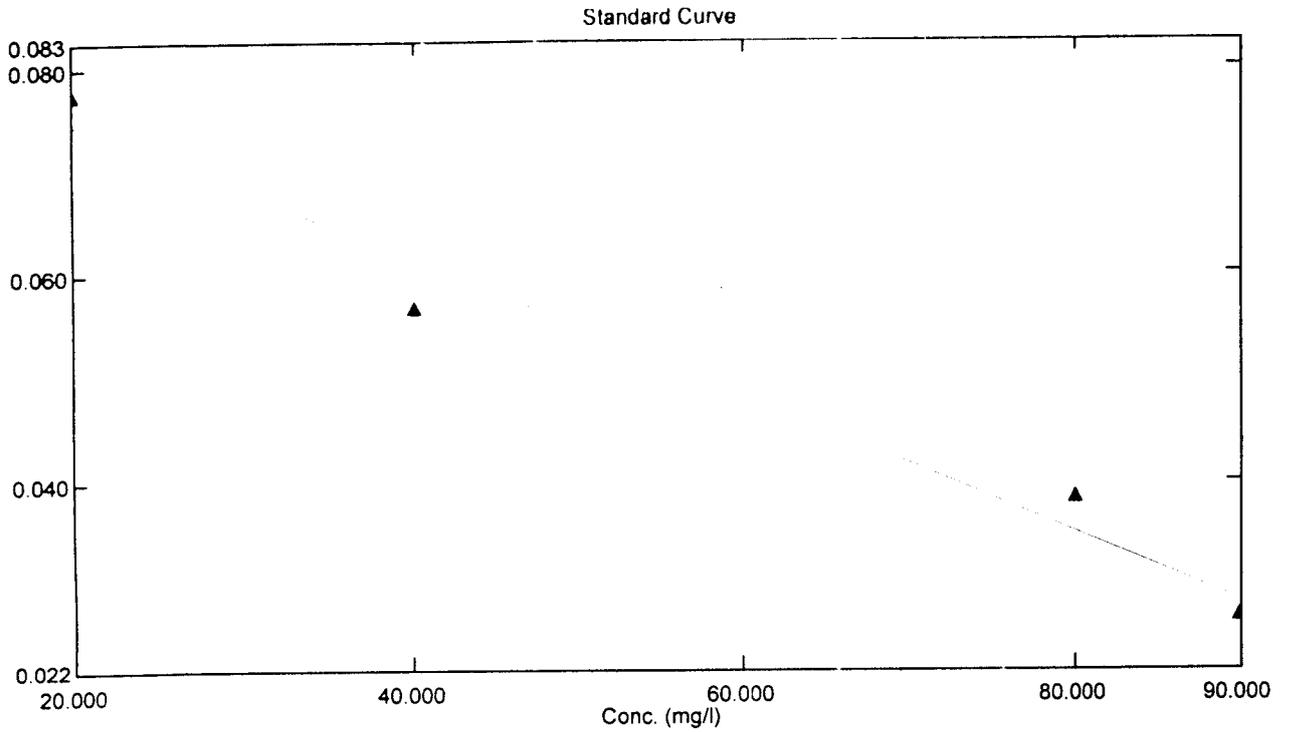
Standard Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL355	Wgt.Factor	Comments
standart 1	Standard		4.000	0.010	1.000	
standart 2	Standard		8.000	0.020	1.000	
standart 3	Standard		12.000	0.029	1.000	
standart 4	Standard		16.000	0.041	1.000	
standart 5	Standard		20.000	0.051	1.000	

Standard Table Report

03/19/2006 03:02:40 AM

File Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\kinoi cod2.pho



$y = -0.00066x + 0.08774$
 Correlation Coefficient = 0.97032

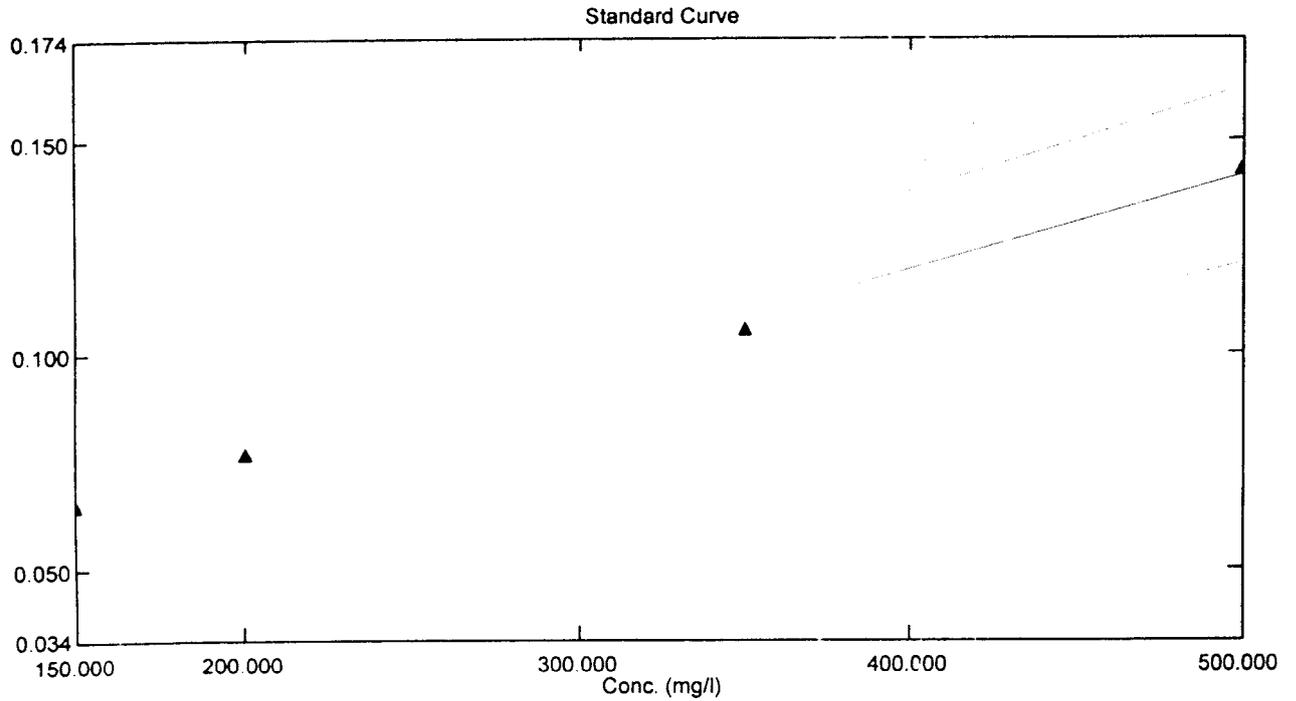
Standard Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420	Wgt.Factor	Comments
Standar 1	Standard		20.000	0.078	1.000	
std 2	Standard	✓	30.000	0.059	1.000	
std 3	Standard		40.000	0.057	1.000	
std 4	Standard	✓	50.000	0.036	1.000	
STD 6	Standard		80.000	0.038	1.000	
STD 7	Standard		90.000	0.027	1.000	

Standard Table Report

03/19/2006 03:11:43 AM

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



$y = 0.00022x + 0.03170$
 Correlation Coefficient = 0.99650
 Standard Error of Estimate = 0.00252

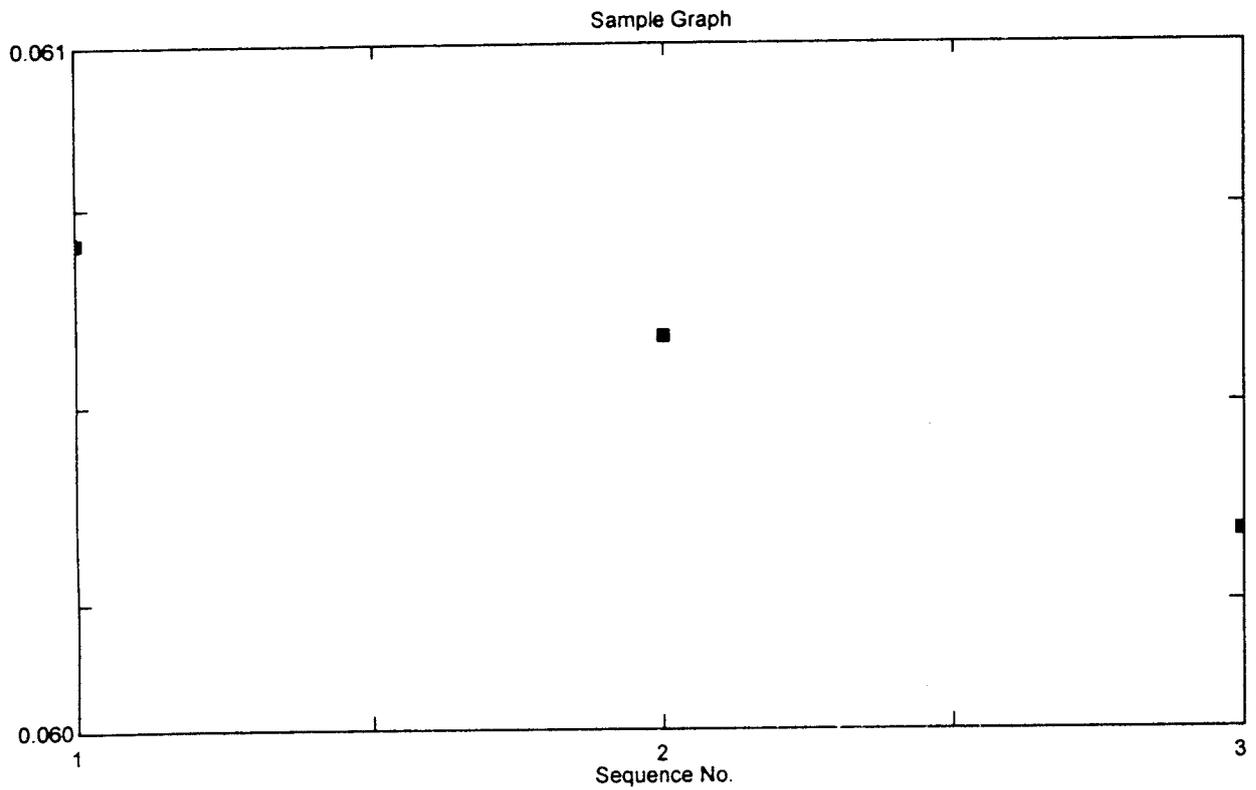
Standard Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL600	Wgt.Factor	Comments
Standar 1	Standard	✓	100.000	0.066	1.000	
Standar 2	Standard		200.000	0.077	1.000	
Standar 3	Standard	✓	300.000	0.105	1.000	
Standar 4	Standard	✓	400.000	0.135	1.000	
Standar 5	Standard		500.000	0.143	1.000	
Standar 1.5	Standard		150.000	0.065	1.000	
Standar 3.5	Standard		350.000	0.106	1.000	

Sample Table Report

03/19/2006 03:10:33 AM

Name: C:\Program Files\Shimadzu\UVProbe\Data\kinoi cod2.pho



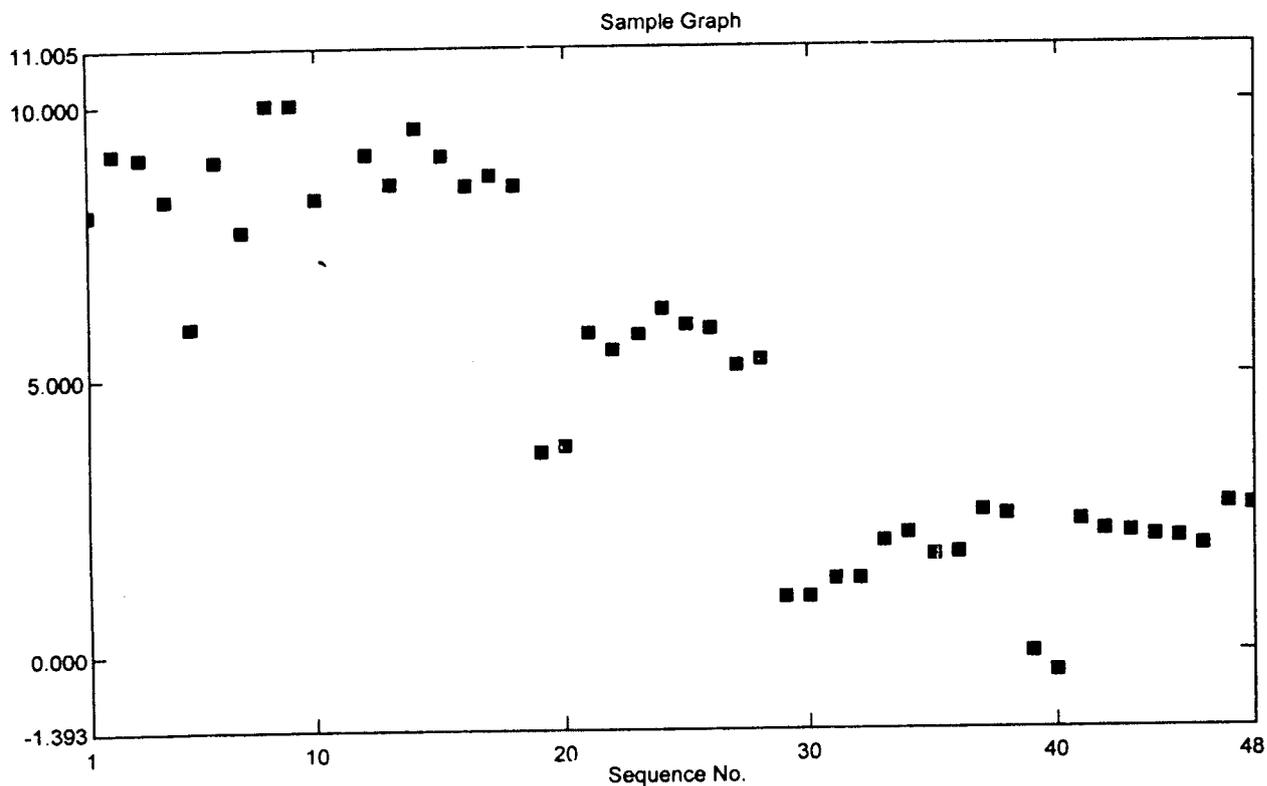
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL420	Comments
2 F0 1	Unknown		40.860	0.061	
2 F0 2	Unknown		41.232	0.061	
2 F0 3	Unknown		41.976	0.060	

ample Table Report

03/09/2006 02:42:20 AM

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



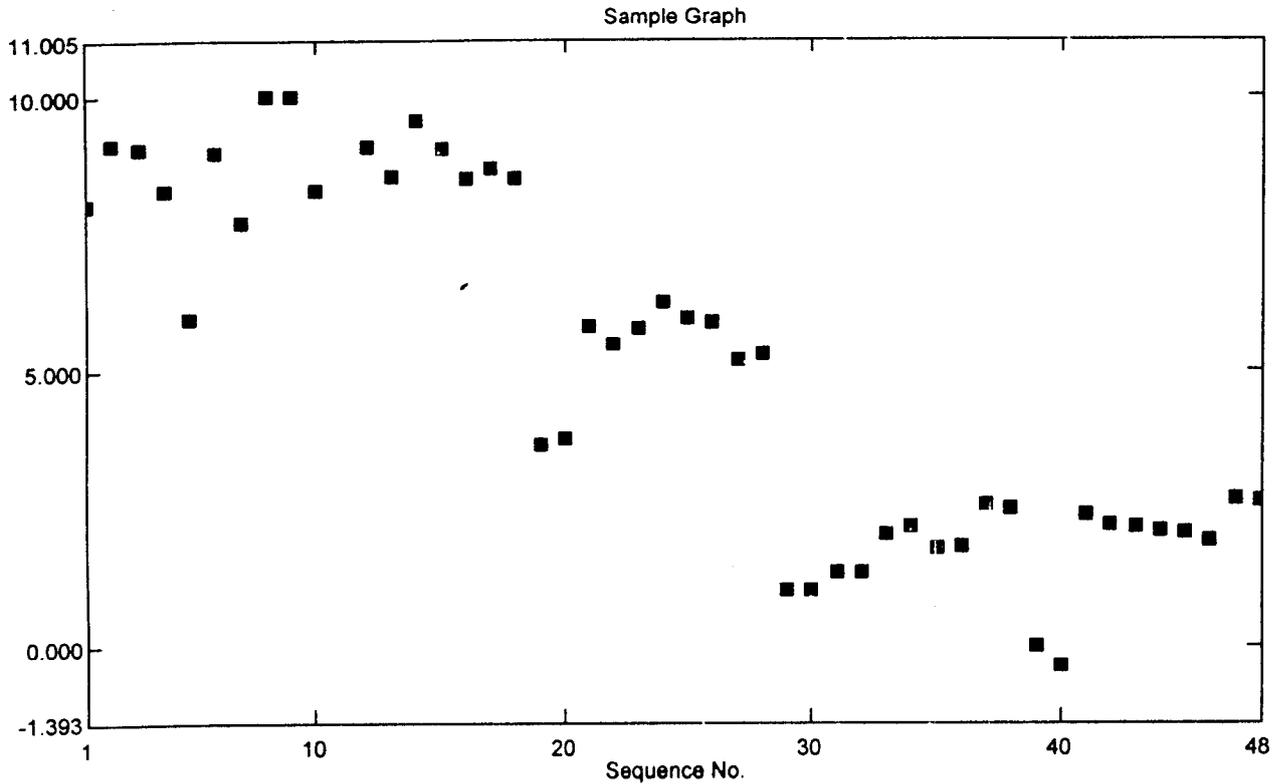
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL355	Comments
	IA 0	Unknown		8.028	0.020	
	IA 30	Unknown		9.118	0.023	
	IA 90	Unknown		9.024	0.023	
	IA 120	Unknown		8.265	0.021	
	IF 0	Unknown		5.943	0.015	
	IF 30	Unknown		8.976	0.022	
	IF 60	Unknown		7.697	0.019	
	IF 90	Unknown		9.972	0.025	
	IF 120	Unknown		9.972	0.025	
10	IK 0	Unknown		8.265	0.021	
11	IK 30	Unknown	✓	7.934	0.020	
12	IK 60	Unknown		9.071	0.023	
13	IK 120	Unknown		8.550	0.021	
14	ulang A 60	Unknown		9.545	0.024	
15	ul I 90 K	Unknown		9.024	0.023	
16	u inlet	Unknown		8.502	0.021	
17	UI K 0	Unknown		8.692	0.022	
18	ul K 30	Unknown		8.502	0.021	

Sample Table Report

03/09/2006 02:42:20 AM

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



Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL355	Comments
2AO 1	Unknown		3.668	0.009	
2AO 2	Unknown		3.763	0.009	
2A30 1	Unknown		5.801	0.014	
2A30 2	Unknown		5.469	0.013	
2A60 1	Unknown		5.754	0.014	
2A60 2	Unknown		6.227	0.015	
2A90 1	Unknown		5.943	0.015	
2A90 2	Unknown		5.896	0.015	
2A120 1	Unknown		5.185	0.013	
2A120 2	Unknown		5.280	0.013	
2K0 1	Unknown		1.014	0.002	
2K0 2	Unknown		1.014	0.002	
2K30 1	Unknown		1.346	0.003	
2K30 2	Unknown		1.346	0.003	
2K60 1	Unknown		2.009	0.005	
2K60 2	Unknown		2.152	0.005	
2K90 1	Unknown		1.773	0.004	
2K90 2	Unknown		1.820	0.004	

Hasil uji laboratorium parameter TSS media Arang aktif

Nama sampel	Berat Awal (gr/L)	Berat Akhir (gr/L)	Selisih (gr/L)	Selisih (mg/L)	Berat TSS (mg/L)
Inlet	1,1269	1,1089	0,018	18	360
A 0	1,1826	1,1676	0,015	15	300
A 30	1,1744	1,1553	0,0191	19,1	382
A 60	1,1742	1,1557	0,0185	18,5	370
A 90	1,1843	1,1669	0,0174	17,4	348
A 120	1,1501	1,1325	0,0176	17,6	352
K 0	1,1606	1,1563	0,0043	4,3	86
K 30	1,1216	1,1164	0,0052	5,2	104
K 60	1,1617	1,1498	0,0119	11,9	238
K 90	1,0793	1,0651	0,0142	14,2	284
K 120	1,1247	1,12	0,0047	4,7	94
F 0	1,1622	1,1582	0,004	4	80
F 30	1,1447	1,1435	0,0012	1,2	24
F 60	1,1244	1,1187	0,0057	5,7	114
F 90	1,1964	1,1952	0,0012	1,2	24
F 120	1,1092	1,1065	0,0027	2,7	54

$$\text{Berat TSS (mg/L)} = \frac{A - B}{Q} \times 1000$$

- A = Berat kertas saring + residu kering (mg)
 B = Berat kertas saring (mg)
 Q = Volume contoh uji (mL)
 Volume yang digunakan sebanyak 50 mL

Hasil uji laboratorium parameter TSS media Zeolit

Nama sampel	Berat Awal (gr/L)	Berat Akhir (gr/L)	Selisih (gr/L)	Selisih (mg/L)	Berat TSS (mg/L)
Inlet	1,1269	1,1089	0,018	18	360
A 0	1,0914	1,0722	0,0192	19,2	384
A 30	1,1567	1,13715	0,01955	19,55	391
A 60	1,1459	1,1292	0,0167	16,7	334
A 90	1,1508	1,13295	0,01785	17,85	357
A 120	1,1305	1,1133	0,0172	17,2	344
Z 0	1,1845	1,1769	0,0076	7,6	152
Z 30	1,1442	1,1381	0,0061	6,1	122
Z 60	1,1393	1,1295	0,0098	9,8	196
Z 90	1,1443	1,1368	0,0075	7,5	150
Z 120	1,1356	1,12785	0,00775	7,75	155
F 0	1,1245	1,123	0,0015	1,5	30
F 30	1,155	1,1533	0,0017	1,7	34
F 60	1,1804	1,1744	0,006	6	120
F 90	1,1085	1,105	0,0035	3,5	70
F 120	1,156	1,1527	0,0033	3,3	66

$$\text{Berat TSS (mg/L)} = \frac{A - B}{Q} \times 1000$$

- A = Berat kertas saring + residu kering (mg)
 B = Berat kertas saring (mg)
 Q = Volume contoh uji (mL)
 Volume yang digunakan sebanyak 50 mL

LAMPIRAN III

- HASIL PERHITUNGAN
STATISTIK

Perhitungan Analisa Statistik

1. Analisa warna (karbon) dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Hasil kadar warna				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	425.10	401.40	180710.010	161121.960
2	425.10	455.90	180710.010	207844.810
3	425.10	477.25	180710.010	227767.563
4	425.10	451.20	180710.010	203581.440
5	425.10	413.25	180710.010	170775.563

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
$\sum X$		2125.500	2199.000	4324.500
$\sum X^2$		903550.050	971091.335	1874641.385
AVR X		425.100	439.800	864.900
$(\sum X)^2/n_{A1}$		903550.050	967120.200	1870670.250

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((2125.500^2)/5) + ((2199.000^2)/5) - ((4324.500^2)/10))$$

$$= 540.2250000$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

dKA =

$$A - 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 540.2250000/1$$

$$= 540.2250000$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 1874641.385 - (((2125.500^2)/5) + ((2199.000^2)/5))$$

$$= 3971.13500$$

Langkah 8 mencari derajat kebebasan antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 3971.13500/8$$

$$= 496.3919$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

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

$$= 540.2250000/496.3919 = 1.088$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

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

Jika $F \leq F$ 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

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

$$1,088 \geq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

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

2. Analisa warna (zeolit)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Hasil kadar warna				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	425.10	0.00	180710.010	0.000
2	425.10	114.70	180710.010	13156.090
3	425.10	106.40	180710.010	11320.960
4	425.10	99.30	180710.010	9860.490
5	425.10	132.48	180710.010	17549.626

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
$\sum X$		2125.500	452.875	2578.375
$\sum X^2$		903550.050	51887.166	955437.216
AVR X		425.100	90.575	515.675
$(\sum X)^2/n_{A1}$		903550.050	41019.153	944569.203

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((2125.500^2)/5) + ((452.875^2)/5) - ((2578.375^2)/10))$$

$$= 279767.4390625$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

$$dKA = A - 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 279767.4390625/1$$

$$= 279767.4390625$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 955437.216 - (((2125.500^2)/5) + ((452.875)/5))$$

$$= 10868.01250$$

Langkah 8 mencari derajat kebebasan antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 10868.01250/8$$

$$= 1358.5016$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

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

$$= 279767.4390625/1358.5016$$

$$= 205.938$$

3. Analisa COD (karbon)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1≠A2

Langkah 3

Hasil kadar COD				
No	A1	A2	(A ₁) ²	(A ₂) ²
1	322.1380	129.2887	103772.891	16715.559
2	322.1380	185.4207	103772.891	34380.824
3	322.1380	328.6220	103772.891	107992.419
4	322.1380	390.6817	103772.891	152632.165
5	322.1380	407.1693	103772.891	165786.866

(DKD)

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
∑X		1610.690	1441.182	3051.872
∑X ²		518864.455	477507.833	996372.288
AVR X		322.138	288.236	610.374
(∑X) ² /n _{A1}		518864.455	415401.304	934265.759

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((1610.690^2)/5) + ((1441.182^2)/5) - ((3051.872^2)/10))$$

$$= 2873.2849059$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

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

Jika $F \leq F$ 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

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

$$0,370 \leq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

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

4. Analisa COD (zeolit)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

A1 = A2

A1≠A2

Langkah 3

Hasil kadar COD				
No	A1	A2	(A ₁) ²	(A ₂) ²
1	322.1380	41.3560	103772.891	1710.319
2	322.1380	242.8493	103772.891	58975.799
3	322.1380	330.2890	103772.891	109090.824
4	322.1380	387.3470	103772.891	150037.698
5	322.1380	381.4193	103772.891	145480.708

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
$\sum X$		1610.690	1383.261	2993.951
$\sum X^2$		518864.455	465295.347	984159.802
AVR X		322.138	276.652	598.790
$(\sum X)^2/n_{A1}$		518864.455	382682.014	901546.470

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((1610.690^2)/5) + ((1383.261^2)/5) - ((2993.951^2)/10))$$

$$= 5172.4101660$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

$$dKA = A - 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 5172.4101660/1$$

$$= 5172.4101660$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 984159.802 - (((1610.690^2)/5) + ((1383.261^2)/5))$$

$$= 82613.33282$$

Langkah 8 mencari derajat kebebasan antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 82613.33282/8$$

$$= 10326.6666$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

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

$$= 5172.4101660/10326.6666$$

$$= 0.501$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

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

Jika $F \leq F$ 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

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

$$0,501 \leq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

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

5. Analisa TSS (karbon)dengan anova

Langkah 1

Ha : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Ho : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Hasil kadar TSS				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	360.00	80	129600.000	6400.000
2	360.00	24	129600.000	576.000
3	360.00	114	129600.000	12996.000
4	360.00	24	129600.000	576.000
5	360.00	54	129600.000	2916.000

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
$\sum X$		1800.000	296.000	2096.000
$\sum X^2$		648000.000	23464.000	671464.000
AVR X		360.000	59.200	419.200
$(\sum X)^2/n_{A1}$		648000.000	17523.200	665523.200

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((1800.000^2)/5) + ((296.000^2)/5) - ((2096.000^2)/10))$$

$$= 226201.6000000$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

$$dKA = A - 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 226201.6000000/1$$

$$= 226201.6000000$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$671464.000 - (((1800.000^2)/5) + ((296.000^2)/5))$$

$$= 5940.80000$$

Langkah 8 mencari derajat kebebasan antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$

$$= 5940.80000/8$$

$$= 742.6000$$

Langkah 10

mencari nilai F hitung

F hitung = KRA/KRD

$$= 226201.6000000/742.6000$$

$$= 304.608$$

Langkah 11

menentukan kaidah pengujian

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

Jika $F \leq F$ 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

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

$$304,608 \geq 5,32$$

Langkah 14

menyimpulkan

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

6. Analisa TSS (zeolit)dengan anova

Langkah 1

H_a : ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

H_0 : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa kadar Fe inlet dan outlet

Langkah 2

$A_1 = A_2$

$A_1 \neq A_2$

Langkah 3

Hasil kadar TSS				
No	A1	A2	$(A_1)^2$	$(A_2)^2$
1	360.00	30	129600.000	900.000
2	360.00	34	129600.000	1156.000
3	360.00	120	129600.000	14400.000
4	360.00	70	129600.000	4900.000
5	360.00	66	129600.000	4356.000

Statistik				Total (T)
n		5	5	10
$\sum X$		1800.000	320.000	2120.000
$\sum X^2$		648000.000	25712.000	673712.000
AVR X		360.000	64.000	424.000
$(\sum X)^2/n_{A1}$		648000.000	20480.000	668480.000

Langkah 4

Mencari jumlah kuadrat antar group (JKA)

$$= (((1800.000^2)/5) + ((320.000^2)/5) - ((2120.000^2)/10)))$$
$$= 219040.0000000$$

Langkah 5

Mencari derajat kebebasan antar group (dKA)

$$dKA = A - 1$$

Langkah 6

Mencari kuadrat rerata antar group (Kra)

$$= 219040.0000000/1$$
$$= 219040.0000000$$

Langkah 7

Mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD)

$$= 673712.000 - (((1800.000^2)/5) + ((320.000^2)/5)))$$
$$= 5232.00000$$

Langkah 8 mencari derajat kebebasan antar group (DKD)

$$DKD = N - A$$

$$10 - 2 = 8$$

Langkah 9

mencari kuadrat rerata dalam antar group (krd)

$$KRD = JKD/DKD$$
$$= 5232.00000/8$$
$$= 654.0000$$

LAMPIRAN IV

- DOKUMENTASI



Proses pematikan



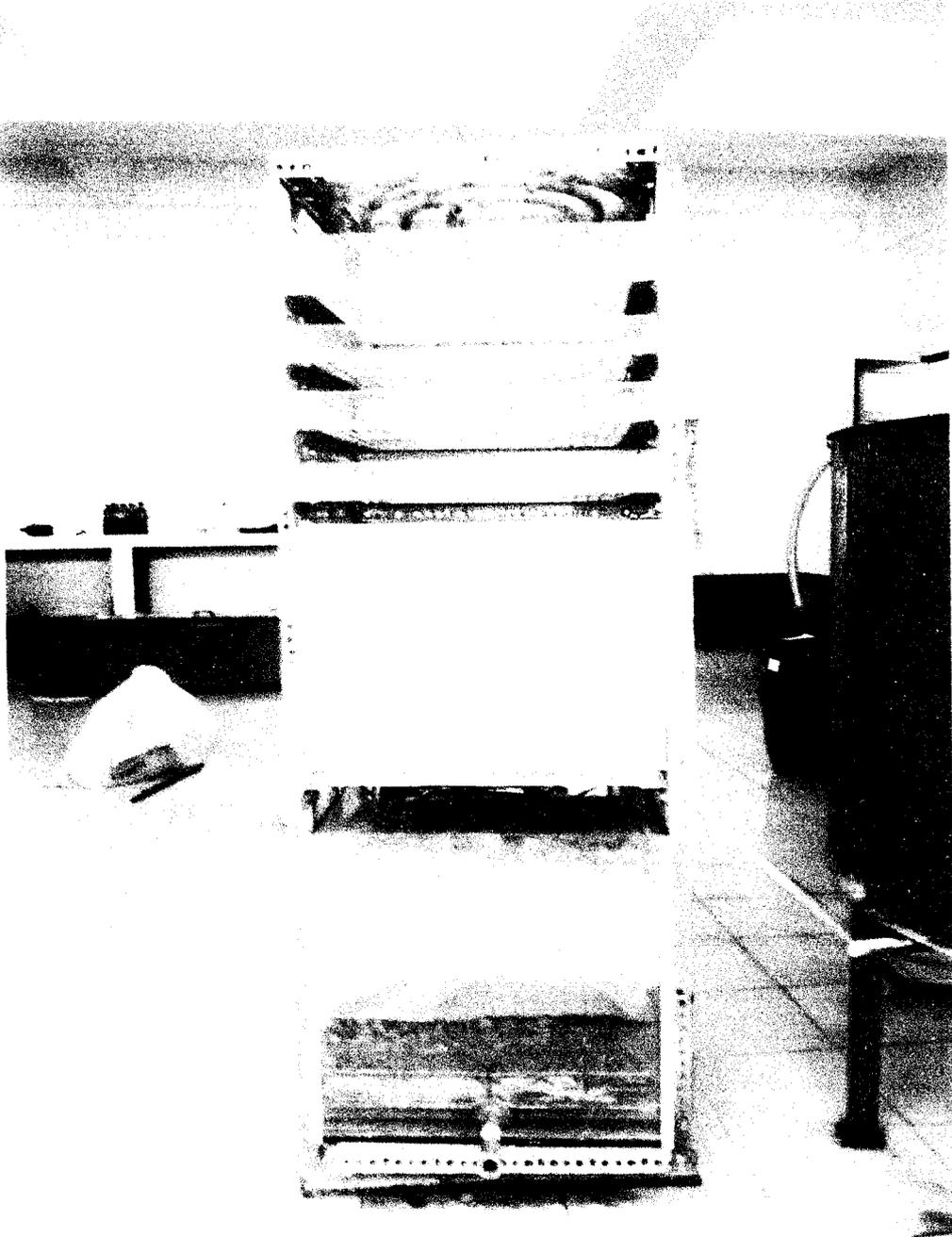
Air limbah batik di tempat proses pewarnaan



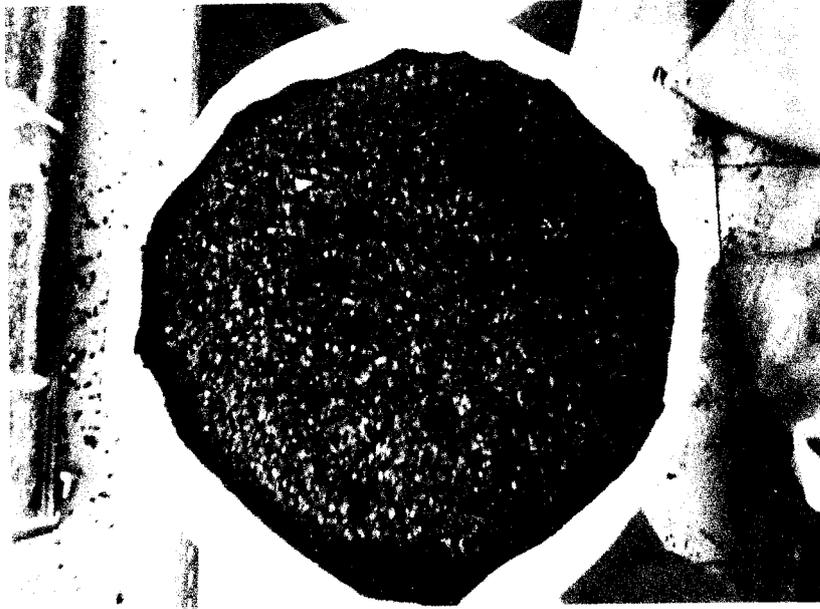
Pengambilan limbah batik



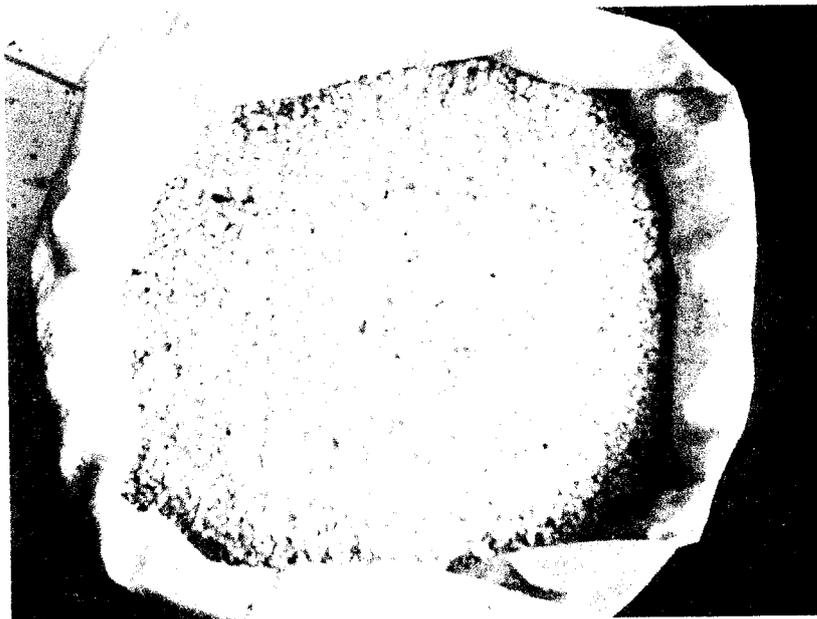
Tempat proses pewarnaan dan pencucian batik



Reaktor Aerokarbonfilter



Arang Aktif



Zeolit



Pasir Kuarsa



Pengambilan sampel dari outlet reaktor aerokarbonfilter