

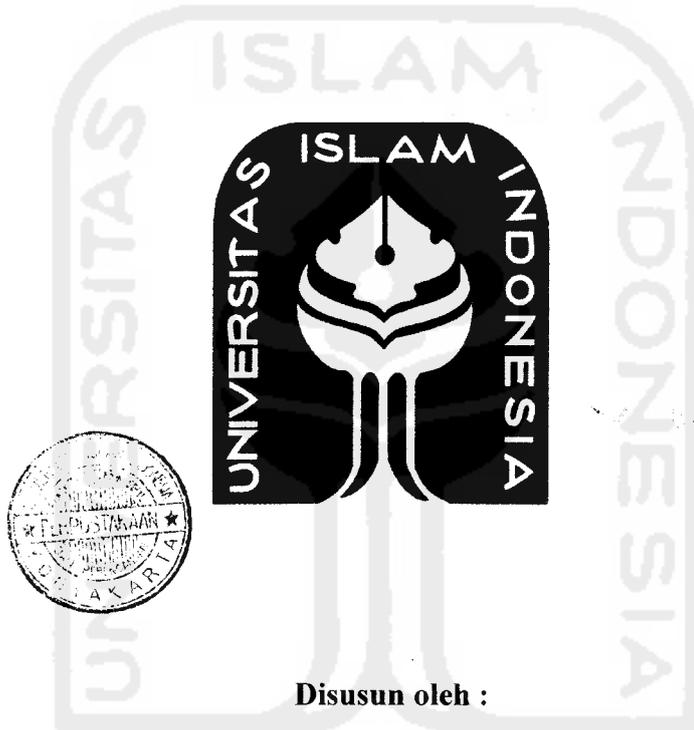
TA/TL/2006/0109

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN FTSP UH	
HADIAH/DELI	
TGL. TERIMA :	26 April 2007
NO. JUDUL :	002388
NO. INV. :	5120002388001
NO. INDIK. :	

**PENGGUNAAN AEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN
HORIZONTAL DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN
WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Derajat Sarjana Strata – 1 Teknik Lingkungan**

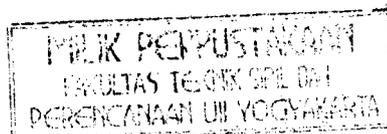


Disusun oleh :

Nama : AULIA EKA RAHMAYANTI

NIM : 02 513 002

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



LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGGUNAAN AEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN
HORIZONTAL DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN
WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK**

Nama : Aulia Eka Rahmayanti

NIM : 02 513 002

Program Studi : Teknik Lingkungan

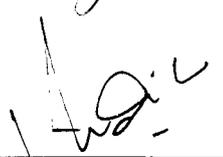
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Ir. H. KASAM, MT
Pembimbing I


Tanggal:

6-9-2006

ANDIK YULIANTO, ST
Pembimbing II


Tanggal:

9/9 06

Dengan cinta dan kasih kupersembahkan karya ini kepada:

Ayahanda, Ibunda & adiknda KikyTercinta

Yang Selalu Mencintai dan Mengasihiku

Terima kasih atas segala dukungan dan perhatiannya

Kalian adalah Harta yang paling Berharga dalam Hidupku

Kakakku Tersayang

Ka, Akhirnya lia mampu juga ya

Thanks for everything ...

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah urusan yang lain dengan sungguh-sungguh, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu memohon dan berharap"

(Q.S Asy-Syarh : 6-8)

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri"

(Q.S Ar-Ra'd : 11)

Kata Pengantar

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Alhamdulillahirobbil' alamin,

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW pemberi syafaat bagi seluruh alam beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Atas ridho dari Allah SWT akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul PENGGUNAAN AEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK.

Selama proses pelaksanaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis mendapatkan begitu banyak bantuan dan dukungan yang akhirnya penulis mampu membuat dan menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa penghargaan kepada :

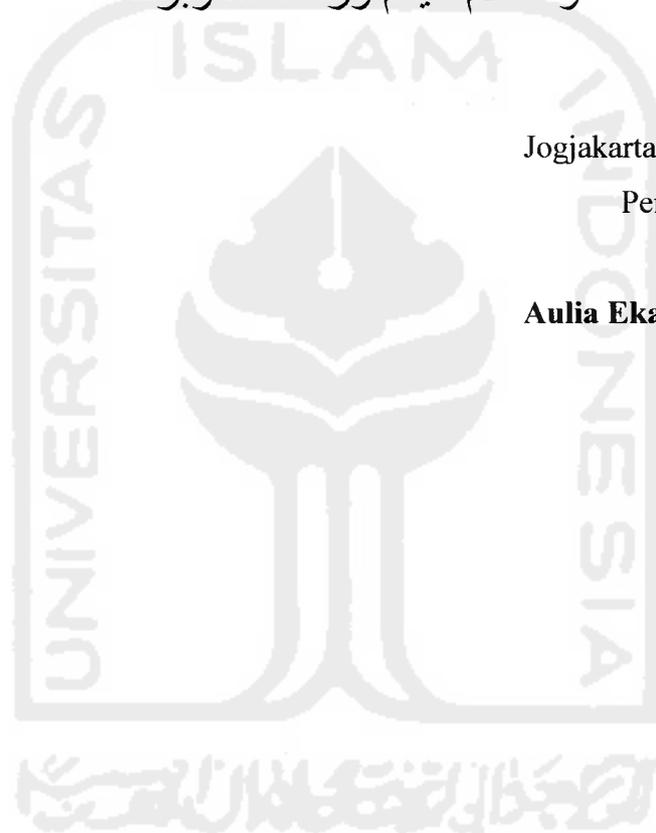
1. Bapak Lukman Hakim, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
2. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku pembimbing pertama yang selalu saja membimbing penulis di tengah kesibukannya yang sangat padat.
3. Andik Yulianto, ST selaku dosen pembimbing kedua yang senantiasa memberikan bimbingannya selama proses pembuatan tugas akhir ini. Terima kasih atas dukungan, kesabaran dan pengetahuan-pengetahuan yang telah diberikan.
4. Eko Siswoyo, ST selaku koordinator tugas akhir yang telah memberikan arahan dan pedoman dalam tugas akhir.
5. Hudori, ST yang telah membekali pengetahuan, nasehat serta dorongan kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.
6. Semua dosen yang telah membekali pengetahuan, hikmah, nasehat dan doa kepada penulis selama menempuh jenjang perkuliahan.

7. Bapak Tasyono dan mas Iwan yang telah membantu selama proses penelitian. Terima kasih atas kesabaran, keikhlasan, nasehat dan ilmu yang telah diberikan.
8. Bapak Agus Adi Prananto, yang telah membantu selama proses perkuliahan. Terima kasih atas segala bantuan administrasinya.
9. Kedua orang tuaku, Ayahanda yang tercinta, Bapak Noormansyah, SH, MH dan Ibunda tercinta, Ny. Aminur Rahmi yang selalu mendukung, membimbing, membiayai dan tidak pernah berhenti berdoa agar anak - anaknya dapat mencapai kesuksesan dan kebahagiaan dunia akhirat. Cinta dan sayang lia untuk kalian berdua.
10. Adinda tercinta, Rizki Normaliyanti yang selalu memberikan omelan, kasih sayang, dorongan dan dukungannya selama ini. *Makasihlah ding...*
11. Semua keluargaku tercinta yang selalu memberikan dorongan dan doanya selama ini. *Ka Dewi, Winda, Julak Inai dan yang lain, lia sayang kalian semua n especially for uwie, thanks ya sayang atas motornya, dah banyak membantu lho.*
12. Ka Daya dan keluarga, *thanks* atas segala doa, dukungan dan perhatiannya. *Ka, akhirnya lia bisa selesai juga. Tunggu kepulangan lia ya.....!*
13. Teman-teman di Wisma Annisa yang selalu ceria, khususnya Mba Budi, Anis, Nelly dan Tunjung terima kasih atas dukungan, motivasi, nasehat, dan kerjasamanya selama ini.
14. Teman-teman satu tim Roughing Filter. Mba Wiwin, mba Yuyun, Adhi, mas Affan, mas Dedi dan mba Dian, *thanks* atas kerjasamanya selama penelitian. Dan terima kasih atas bantuan bahan TA-nya.
15. *My best friend*, Putra, Wati, Arnis n Tuty, *thanks* atas segalanya dan semua teman-teman TL 02, yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Semua kenangan selama di kampus tercinta ini tak akan terlupakan.
16. Kepada semua pihak yang belum disebutkan disini, yang telah membantu penulisan tugas akhir ini.

Penulis sadar dalam tugas akhir ini masih banyak sekali kekurangan dan kelemahannya, karena itu perkenankanlah permohonan maaf dari penulis. Besar harapan penulis karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kontribusi kebaikan dunia dan akhirat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca atau rekan mahasiswa umumnya.

Wabillahitaufiq Walhidayah

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته



Jogjakarta, Agustus 2006

Penulis

Aulia Eka Rahmayanti

**PENGGUNAAN AEROBIK ROUGHING FILTER ALIRAN HORIZONTAL
DALAM MENURUNKAN KADAR COD DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI BATIK**

**Aulia Eka Rahmayanti, Kasam, Andik Yulianto
Jurusan Teknik Lingkungan**

ABSTRAK

Dalam proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia dan air yang dapat menyebabkan pencemaran. Adapun parameter pencemaran limbah industri batik misalnya COD, warna dan lain-lain. Salah satu alternatif pengolahan limbah adalah Aerobik Roughing Filter. Aerobik Roughing Filter ialah suatu unit pengolahan yang mempunyai ukuran material filter antara 20-4 mm yang dapat digunakan untuk memisahkan padatan dari air dan mengurangi beban organik yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar COD dan warna pada limbah cair industri batik dengan menggunakan roughing filter.

Metode yang digunakan untuk analisa COD mengacu pada SNI 06-6989.2-2004 dan analisa warna mengacu pada SNI 1991-Standar 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika Air SK SNI M-03-1989-F. Percobaan dilakukan dengan menggunakan air limbah batik dengan kapasitas $Q = 0,0123 \text{ m}^3/\text{jam}$, dipergunakan desain reaktor aerobik roughing filter dengan ukuran panjang = 85 cm, lebar = 35 cm dan tinggi = 25 cm yang terdiri dari 2 reaktor, reaktor 1 (gravel $\emptyset = 10 \text{ mm}$) dan reaktor 2 (gravel $\emptyset = 5 \text{ mm}$).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor Roughing Filter mampu menurunkan rata-rata konsentrasi COD sebesar 3.077% dan penurunan rata-rata konsentrasi warna hingga 3.628%. Penurunan konsentrasi COD disebabkan oleh kemampuan dari kerikil sebagai media filtrasi dalam menyaring zat-zat yang lewat. Penurunan warna disebabkan karena terjadinya penguapan zat warna organik pada kondisi aerob setelah terlebih dahulu dilakukannya pengolahan secara anaerob untuk memecah molekul zat warna yang terdapat pada limbah batik.

Kata Kunci : *Roughing Filter, Aerobik, Limbah batik, Efisiensi, COD, Warna*

**THE USE OF AEROBIC HORIZONTAL ROUGHING FILTER IN
DECERASING THE DEGREE OF COD AND COLOR IN WASTEWATER
BATIK INDUSTRIAL**

**Aulia Eka Rahmayanti, Kasam, Andik Yulianto
Environmental Engineering Study**

ABSTRACT

In production process, batik industrial uses chemical substances and water which can cause pollution. Batik industrial pollution parameter includes COD, color, etc. One of wastewater treatment alternatives is Aerobic Roughing Filter. Aerobic Roughing Filter is a treatment unit with filter material's width is 20-4 mm which is can be used to separate solids from water and to decrease the high of organic contents. The objectives of this research are to find out the efficiency of COD and color decrease in batik industrial wastewater by using roughing filter.

The method used in the COD analysis is SNI 06-6989.2-2004 and for the color analysis is SNI 1991-Standard 2 Water Physic Quality Test Method SK SNI M-03-1989-F. The research is conducted by using water from batik industrial waste with capacity $Q = 0.0123 \text{ m}^3/\text{h}$, and the researcher uses aerobic roughing filter reactor with 85 cm length, 35 cm width, 25 cm height which are consisted form 2 reactors, reactor 1 (Gravel $\text{Ø} = 10 \text{ mm}$) and reactor 2 (gravel $\text{Ø} = 5 \text{ mm}$).

The result of the research shows that Roughing Filter reactor can decrease the COD average concentration up to 3.077% and can decrease of color average concentration up to 3.628%. The decrease of COD concentration is caused by the ability of river stones as the filtration medium in filtering the substances which flow through it. There is a decrease of color concentration which is caused by happen the volatilization of organic color in aerobic condition. Before in this aerobic treatment, wastewater can treated in anaerobic condition for prevent the color binding in those batik industrial wastes.

Key words: *Roughing Filter, Aerobic, Batik Industrial waste, COD, Color*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah.....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Proses Pembuatan Batik Secara Umum	6
2.2. Limbah Industri Batik	10
2.3. Karakteristik Air limbah Batik	10

2.4. Bahan Pencemar Limbah Batik	16
2.5. Pengaruh Limbah Industri Batik Terhadap Lingkungan	17
2.6. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik	18
2.7. Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Aerobik	20
2.8. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Besar Kecilnya O ₂ Di Dalam Air	22
2.9. Tujuan Aerasi dan Tipe-tipe Aerator	24
2.10. Pengolahan Air Buangan Dengan Roughing Filter	25
2.10.1. Teknologi Roughing Filter	25
2.10.2. Bagian Penting Dari Roughing Filter	27
2.10.3. Pembersihan Filter	30
2.10.4. Aplikasi Roughing Filter	32
2.10.5. Gambaran Pengembangan Roughing Filter	33
2.10.6. Konstruksi dari Roughing Filter (RF)	36
2.10.7. Variabel Desain	37
2.10.8. Pemeliharaan filter	38
2.11. Parameter-parameter Penelitian	40
2.12. Hipotesa.....	46
BAB III. METODE PENELITIAN	47
3.1. Lokasi Penelitian.....	47
3.2. Obyek Penelitian.....	47
3.3. Jenis Penelitian.....	47
3.4. Kerangka Penelitian.....	47

3.5. Parameter Penelitian dan Metode Uji.....	48
3.6. Variabel Penelitian.....	49
3.7. Tahapan Penelitian.....	50
3.7.1. Persiapan Reaktor	50
3.7.2. Proses Runing	51
3.7.3. Proses pengambilan sampling	51
3.7.4. Proses pengambilan sampling	51
3.8. Analisa Data.....	54
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1. Hasil Penelitian.....	55
4.1.1. Hasil Penelitian Terhadap Parameter COD.....	56
4.1.2. Hasil Penelitian Terhadap Parameter Warna	57
4.2. Analisis Data Dengan Menggunakan Anova	58
4.2.1. Anova Untuk Analisa COD	58
4.2.2. Anova Untuk Analisa Warna	58
4.3. Pembahasan.....	60
4.3.1 Pembahasan Untuk Parameter COD	60
4.3.1 Pembahasan Untuk Parameter Warna	61
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Saran.....	64
Daftar Pustaka.....	65
Lampiran.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik	15
Tabel 2.2 Zat Pencemar Dalam Limbah Cair Pada Proses Pembuatan Batik	16
Tabel 2.3 Klasifikasi Filter	36
Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji	49
Tabel 3.2 Desain Reaktor Penelitian	53
Tabel 4.1 Data Konsentrasi COD dan Efisiensinya	56
Tabel 4.2 Data Konsentrasi Warna dan Efisiensinya	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya	9
Gambar 2.2. Mekanisme Penguraian Bahan Organik Oleh Mikroorganisme	21
Gambar 2.3. Desain Dan Aplikasi Dari Roughing Filter	26
Gambar 2.4. Konsep Kerja Dari Roughing Filter	27
Gambar 2.5. Kriteria Desain Roughing Filter Aliran Horizontal	28
Gambar 2.6. Lay Out Dari Sedimentasi Dan Roughing Filter	33
Gambar 2.7. <i>Indigofera</i> Sp	42
Gambar 2.8. <i>Bixa orrellana</i>	42
Gambar 2.9. <i>Morinda citrifolia</i>	43
Gambar 2.10. Reaksi Pelarutan Naphtol Menjadi Naphtolat	45
Gambar 2.11. Reaksi Pewarnaan Naphtol	45
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	48
Gambar 3.2. Desain Reaktor Penelitian	53
Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi COD	59
Gambar 4.2. Grafik Konsentrasi Warna	59
Gambar 4.3. Biodegradasi Zat Warna Azo Dengan Proses Anaerob dan Aerob .	63

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

Data Hasil Pemeriksaan Cod

LAMPIRAN B

Data Hasil Pemeriksaan Warna

LAMPIRAN C

Prosedur Kerja SNI Untuk Pemeriksaan COD (SNI 06-6989.2-2004)

LAMPIRAN D

Prosedur Kerja SNI Untuk Pemeriksaan Warna (Metode Pengujian Kualitas Fisika Air SK SNI M-03-1989-F)

LAMPIRAN E

Prosedur Kerja Analisa COD Dengan Uji Anova

LAMPIRAN F

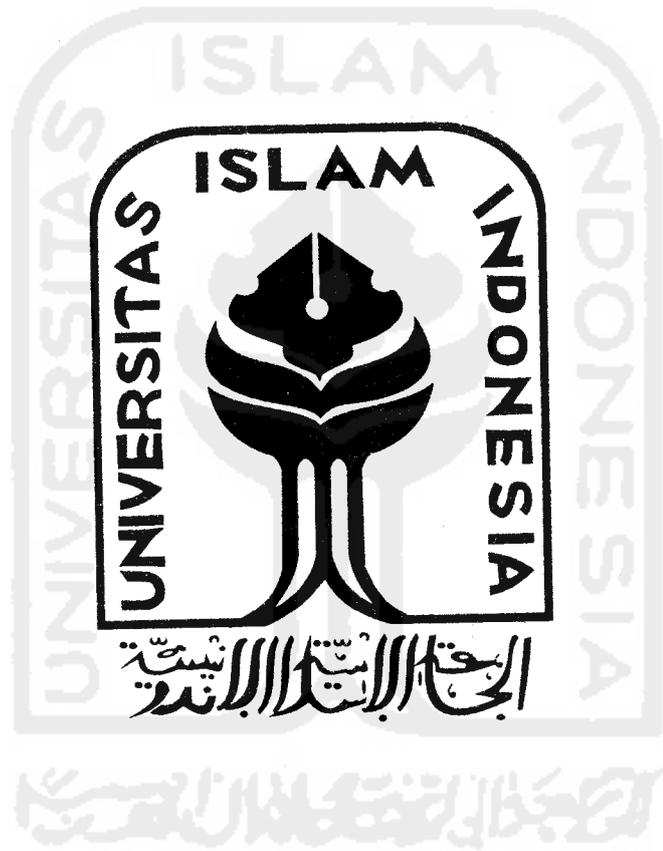
Prosedur Kerja Analisa Warna Dengan Uji Anova

LAMPIRAN G

Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Di Propinsi DIY

Lampiran H

Dokumentasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi manusia, karena air dipergunakan untuk berbagai macam kebutuhan hidup manusia akan air selalu meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini disebabkan bukan hanya oleh pertumbuhan penduduk, melainkan juga karena adanya peningkatan intensitas dan jenis kebutuhan manusia.

Dewasa ini air menjadi masalah yang mendapat perhatian, untuk mendapatkan air yang baik sesuai standar tertentu saat ini menjadi barang yang mahal. Karena air sudah banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah, dari hasil kegiatan rumah tangga dan hasil kegiatan industri yang akhir-akhir ini berkembang dengan pesat.

Di Indonesia pun sering terjadi pencemaran lingkungan khususnya pencemaran air karena kegiatan industri, sehingga menyebabkan kualitas air menurun. Hal ini disebabkan karena banyaknya industri yang membuang limbahnya ke dalam air tanpa ada pengolahan terlebih dahulu, atau sudah dilakukan pengolahan tetapi belum memenuhi baku mutu limbah cair yang sudah ditetapkan.

Berkembangnya sektor industri di Daerah Istimewa Jogjakarta, dapat menjadikan propinsi ini tidak hanya dikenal sebagai kota pelajar dan kota budaya,

melainkan dikenal juga sebagai daerah industri yang terbukti dengan banyak berdirinya beberapa jenis industri. Salah satu dari sekian banyak jenis industri adalah industri batik.

Dalam proses produksinya, industri batik banyak menggunakan bahan-bahan kimia dan air. Bahan kimia ini biasanya digunakan pada proses pewarnaan atau pencelupan. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri batik dapat berupa padatan tersuspensi, atau zat organik. Oleh karena itu apabila air buangan batik ini dialirkan langsung ke lingkungan, tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu maka akan menurunkan kualitas lingkungan dan merusak kehidupan yang ada di lingkungan tersebut.

Persyaratan air secara fisik meliputi kekeruhan, suhu, bau dan rasa. Kualitas air secara kimia meliputi pH, kandungan senyawa dalam air dan kandungan residu atau sisa. Sedangkan kualitas air secara biologis, khususnya secara mikrobiologis ditentukan oleh parameter mikroba pencemar.

Air normal yang memenuhi persyaratan untuk dapat digunakan dalam suatu kehidupan mempunyai pH berkisar antara 6,5-7,5. Air yang mempunyai pH lebih besar dari pH standar akan bersifat basa. Air limbah dan buangan dari kegiatan industri yang dibuang ke badan air umumnya akan mengubah pH air, sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air.

Adapun parameter pencemaran air buangan industri batik sangat beragam, misalnya bau, *suspended solid*, BOD, COD, warna dan lain-lain. Langkah yang harus dilakukan untuk mengurangi pencemaran, khususnya pencemaran air adalah dengan mengolah air buangan tersebut sebelum dibuang ke badan air.

Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan suatu usaha untuk menurunkan parameter pencemar dengan pengolahan secara fisik yaitu dengan memanfaatkan sekelompok mikroorganisme untuk mengolah dan menurunkan kandungan COD dan warna, sehingga dapat turun sampai tingkat tertentu.

Sebagai salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan konsentrasi pencemar dengan parameter COD dan warna ini yang dapat dilakukan adalah pengolahan dengan menggunakan Roughing Filter aliran horizontal bermedia gravel dengan proses aerobik.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dian Anjarwani (2006), dalam menurunkan TSS, amoniak dan nitrat pada limbah domestik, reaktor anaerobik roughing filter terbukti mampu menurunkan konsentrasi amonium dengan rata - rata prosentase 8,15 % dan mengalami kenaikan konsentrasi Nitrat hingga mencapai 1,89%. Penurunan konsentrasi amonium dan kenaikan konsentrasi Nitrat terjadi karena adanya oksidasi oksigen pada saat sampling atau karena reaktor belum sepenuhnya mencapai kondisi anaerobik sehingga dapat menyebabkan konsentrasi Nitrat naik dan sebaliknya akan menyebabkan konsentrasi amonium turun. Sedangkan pada parameter TSS terjadi penurunan hingga 77,03% karena adanya proses *screening* dan proses biologis. Sehingga pada kesempatan kali ini dilakukan penelitian mengenai penggunaan aerobik Roughing Filter aliran horizontal dalam menurunkan kadar COD dan warna pada limbah cair industri batik

Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian Tugas Akhir ini, untuk mengolah air buangan industri batik yang berasal dari industri batik Nakula

Sadewa akan digunakan dua unit reaktor Roughing Filter aliran horizontal bermedia gravel dengan proses aerobik yang ukuran diameter gravelnya berbeda untuk menurunkan kandungan COD dan warna. Dimana penambahan unit Roughing Filter ini akan memperbanyak jumlah oksigen yang dihasilkan.

Diharapkan dari hasil pengolahan dengan alat ini, konsentrasi pencemar dengan parameter COD dan warna dapat diturunkan, sehingga apabila dibuang ke lingkungan tidak menimbulkan kerusakan dan penurunan kualitas lingkungan baik lingkungan hidup perairan maupun lingkungan hidup lainnya.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

Berapakah efisiensi penurunan kadar COD dan warna pada limbah cair industri batik dengan menggunakan Roughing Filter aliran Horizontal ?

1.3. Tujuan Penelitian

Kegiatan penelitian untuk pengolahan limbah cair industri batik dengan membuat reaktor Aerobik Roughing Filter aliran horizontal bermedia gravel adalah bertujuan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar COD dan warna pada limbah cair industri batik dengan menggunakan Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan proses aerobik.

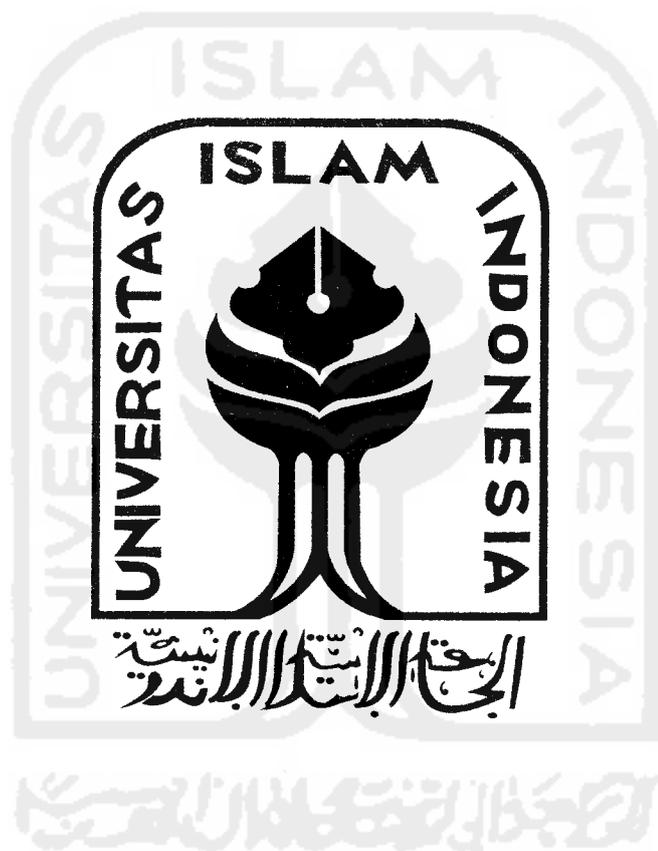
1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan salah satu alternatif pengolahan untuk menurunkan kadar COD dan warna pada limbah cair industri batik dengan penggunaan Roughing Filter aliran Horizontal bermedia gravel dengan proses aerobik.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

- a) Sumber limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa Djogja.
- b) Parameter yang diteliti adalah COD dan warna.
- c) Ukuran media gravel yang digunakan adalah 10–5 mm.
- d) Pemeriksaan parameter dilakukan 1 hari sekali untuk parameter warna dan 2 hari sekali untuk parameter COD.
- e) Pengaliran air buangan dilakukan secara kontinyu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pembuatan Batik Secara Umum

Teknik membuat batik adalah proses pekerjaan dari mori batik sampai menjadi kain batik. Proses pengolahan batik secara umum meliputi :

1. Proses persiapan bahan baku

a. Persiapan bahan baku mori

Proses persiapan bahan baku mori terdiri dari proses-proses penyediaan mori, perendaman, pengetelan, penganjian tipis, penghalusan permukaan mori dan pemolaan. Adapun maksud dari tahapan di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Perendaman dan pengetelan, dimaksudkan untuk menstabilkan dimensi, menghilangkan kanji dan zat *finish* lain,
- Penganjian tipis dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata sehingga memudahkan proses pematikan dan penghilangan lilin batik,
- Penghalusan permukaan mori dilakukan agar pemolaan dapat lebih mudah dilaksanakan.

b. Persiapan bahan baku lilin

Pada proses persiapan bahan baku lilin batik, lilin batik dibuat dari bermacam-macam bahan yang dicampur menjadi satu dengan

perbandingan tertentu sesuai dengan sifat lilin yang dikehendaki. Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan lilin batik terdiri dari gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, minyak kelapa, dan lilin batik bekas lorodan, tetapi tidak semua bahan tersebut di atas ada dalam pembuatan lilin batik.

2. Proses pembatikan

Adalah proses pelekatan lilin batik pada mori batik sesuai dengan pola yang diinginkan. Ada beberapa cara antara lain :

- a) Pelekatan lilin secara tulis dengan alat canting tulis, urutan pengerjaannya sebagai berikut :
 - Pembatikan Klowong,
 - Pembatikan Isen-isen.
- b) Pembatikan tembokan, pengerjaannya sebagai berikut :
 - Pembatikan Klowong,
 - Pembatikan Isen-isen,
 - Pembatikan Tembokan.

Ketiga tahapan pembatikan dengan alat canting tulis dikerjakan pada dua permukaan.

- c) Pelekatan lilin dengan alat cap, urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut :
 - Pencapan Klowong dan Isen-isen.
 - Pencapan Tembokan.

Untuk bahan mori yang tebal dan rapat kedua urutan pengecapan dilakukan pada kedua permukaan bahan, sedangkan untuk bahan mori yang tipis pengecapan dilakukan hanya pada satu permukaan saja.

3. Proses pewarnaan

Proses pewarnaan batik dilakukan pada suhu kamar dan secara garis besar dilakukan dengan dua cara, yaitu :

- a) Pewarnaan secara coletan, jenis warna yang digunakan antara lain zat warna rapid, zat warna indigosol dan zat warna reaktif.
- b) Pewarnaan secara celupan, zat warna yang digunakan dalam pewarnaan batik secara celupan antara lain zat warna naphthol, zat warna indanthrene, zat warna reaktif dan zat warna soga alam.

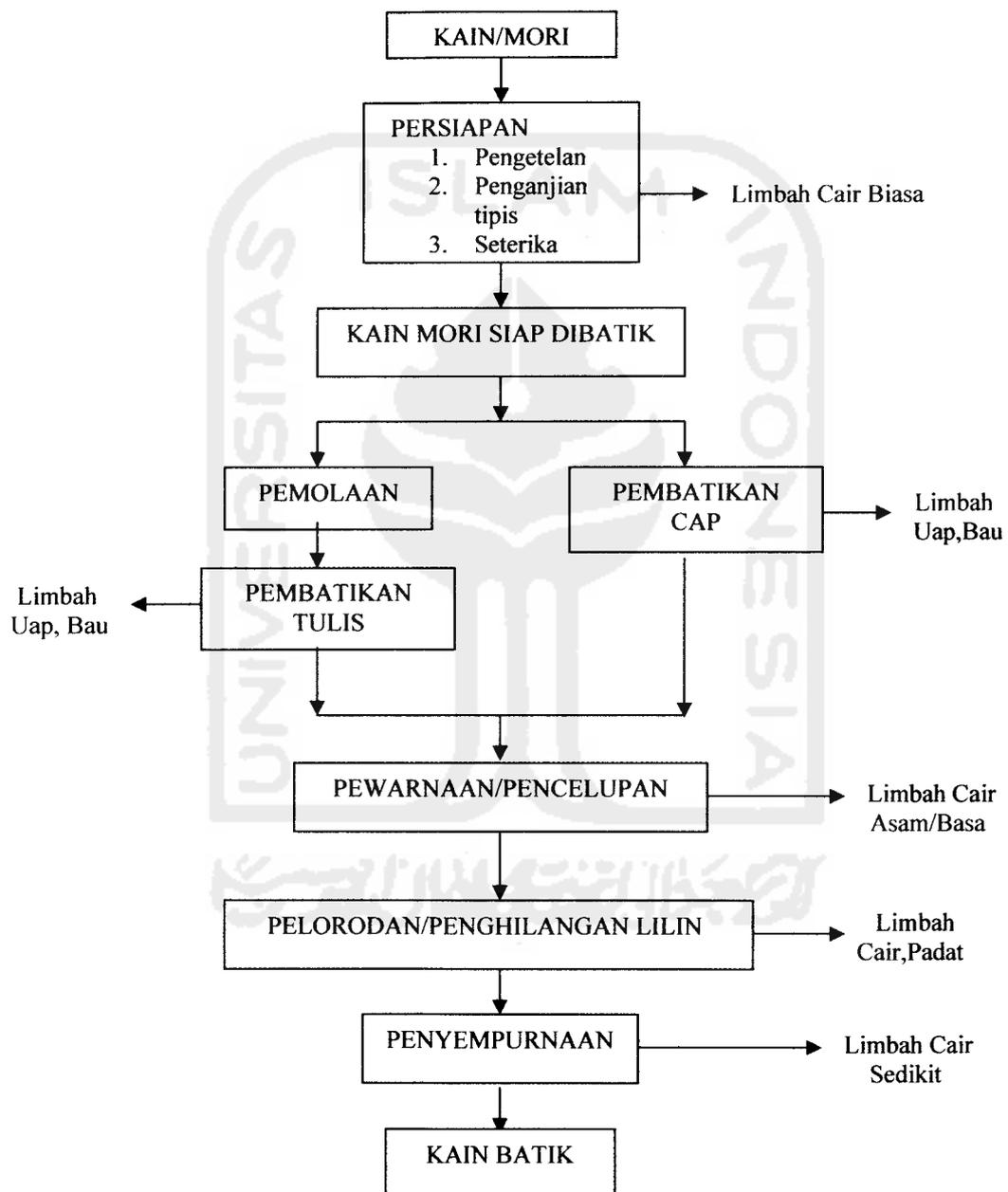
4. Proses pelepasan lilin batik

Terdiri dari 2 cara pelepasan, yaitu :

- a) Proses kerokan (proses pelepasan sebagian lilin), adalah proses pelepasan sebagian lilin batik dengan cara dikerok dan untuk penyempurnaan proses ini diperlukan adanya penyikatan dimana terlebih dahulu dalam larutan kostik soda.
- b) Proses lorodan (proses pelepasan seluruh lilin), adalah proses pelepasan lilin batik dengan cara direbus dalam air mendidih yang diberi kanji atau soda atau natrium silikat tergantung jenis bahan zat warna yang digunakan supaya proses pelepasan lilin secara keseluruhan dapat sempurna.

5. Proses penyelesaian

Maksud dari proses penyelesaian adalah memperbaiki penampilan produk batik yang dihasilkan, termasuk meningkatkan ketahanan warna dan pengemasan (Anonim, 1985).



Gambar 2.1. Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya
Sumber : Anonim,1997

2.2 Limbah Industri Batik

Kualitas limbah cair industri batik sangat tergantung jenis proses yang dilakukan, pada umumnya limbah cair bersifat basa dan kadar organik yang tinggi yang disebabkan oleh sisa-sisa pembatikan.

Pada proses pencelupan (pewarnaan), umumnya merupakan penyumbang sebagian kecil limbah organik, namun menyumbang warna yang kuat yang mudah terdeteksi, dan hal ini dapat mengurangi keindahan sungai maupun perairan.

Pada proses persiapan, yaitu proses *nganji* atau *menganji*, menyumbang zat organik yang banyak mengandung zat padat tersuspensi. Zat padat tersuspensi apabila tidak segera diolah akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan dapat digunakan untuk menilai kandungan COD dan BOD.

Kebanyakan penggunaan bahan pencelup dengan struktur molekul organik yang amat stabil tidak dapat dihancurkan dengan proses biologis, untuk menghilangkan warna air limbah yang efisien dan efektif adalah dengan perlakuan secara biologis, fisik dan kimia (Datye, 1984).

2.3 Karakteristik Air limbah Batik

Karakteristik air limbah dapat digolongkan dalam sifat fisika, kimia dan biologi, namun untuk limbah cair industri kecil batik biasanya hanya terdiri dari karakteristik fisika dan kimia.

1. Karakteristik fisik

Parameter yang tergolong karakteristik fisik, yaitu :

a) Zat padat (*solid*)

Penyebab adanya zat padat dalam air biasanya benda organik dan anorganik yang terlarut maupun tidak terlarut dalam air limbah. Pengaruh yang dapat ditimbulkan oleh adanya zat padat dalam air limbah adalah jumlah organik padat dan garam juga merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat.

Limbah cair industri batik juga mengandung zat padat. Berdasarkan ukuran partikel, zat padat dibedakan dalam padatan terlarut, koloid dan suspensi. Dalam industri batik, beberapa zat warna kimia merupakan padatan terlarut, misalnya : larutan zat warna reaktif, kostik soda, asam dan zat pembasah. Sedangkan yang merupakan padatan koloid dan tersuspensi, misalnya : gabungan zat warna Naphtol dan garam Diazo, zat warna Indigosol, Rapid, tapioka dan lilin batik.

a. Suhu

Suhu mempunyai pengaruh besar terhadap kelarutan oksigen. Kenaikan suhu air menyebabkan oksigen terlarut dalam air menurun. Kenaikan suhu diakibatkan oleh adanya bahan pencemar di dalam air. Pengaruh terhadap besarnya suhu mempengaruhi kehidupan biologis kelarutan oksigen/gas lain, juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan.

Suhu limbah cair terutama ditimbulkan dari proses yang menggunakan pemanasan.

b. Warna

Umur keadaan air limbah dapat ditandai dari warna dan bau air limbah, yang baru biasanya berwarna agak kelabu, tetapi apabila senyawa organik dipecah oleh bakteri, oksigen terlarut direduksi sampai nol dan warna berubah menjadi hitam. Pada keadaan ini limbah telah mengalami pembusukan.

Warna limbah cair batik terutama ditimbulkan oleh sisa-sisa zat warna yang masih ada dalam bekas larutan proses pencelupan. Selain mengganggu keindahan, beberapa zat warna diduga bersifat racun. Warna pada limbah cair industri batik umumnya sukar dihilangkan. Genangan air berwarna banyak menyerap oksigen terlarut, sehingga lama kelamaan membuat air berwarna hitam dan berbau.

c. Bau

Air buangan mempunyai bau seperti sabun atau lemak. Bau berasal dari bahan volatil, gas terlarut dan pembusukan bahan organik.

2. Karakteristik kimia

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

garam. Parameter-parameter kimia dinyatakan dalam indikasi sebagai berikut :

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen terlarut dalam limbah cair yang dipakai untuk menguraikan sejumlah senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi dan waktu tertentu. Pada umumnya waktu untuk reaksi penguraian zat organik tersebut diambil lima hari sehingga ditulis dengan BOD₅ (Anonim, 1994).

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

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/L yang dibutuhkan pada kondisi khusus untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi (Sugiharto, 1987). COD juga merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan bahan-bahan organik yang ada di dalam air.

Nilai COD menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi CO₂ dan air dengan perantara oksidator kuat dalam suasana asam.

c. pH

pH merupakan parameter penting untuk kehidupan biota air, tanaman dan industri. Limbah cair dikatakan bersifat asam apabila $\text{pH} < 7$ dan alkalis atau basa apabila $\text{pH} > 7$. Air limbah proses pencelupan batik, ada yang bersifat asam dan adapula yang bersifat basa.

d. Logam berat

Zat warna merupakan senyawa aromatik kompleks yang pada umumnya sukar diuraikan. Beberapa jenis zat warna mengandung logam-logam berat seperti Cr dan Cu, misalnya zat warna Ergan Soga. Disamping zat warna, beberapa zat pembantu pencelupan juga mengandung unsur-unsur logam berat seperti : senyawa-senyawa khrom asetat, kalium bikromat dan kalium permanganat. Zat warna Ergan Soga dan zat-zat pembantu seperti di atas sudah tidak dipakai lagi dalam pematikan.

Pada tabel di bawah ini disajikan data karakteristik limbah cair industri kecil batik berikut baku mutunya berdasarkan Kep. Gubernur Kepala DIY No : 281/KPTS/1998)

Tabel 2.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1.	pH	-	5.8	6 - 9
2.	BOD	mg/L	1260	30 - 300
3.	COD	Mg/L	3039.7	60 - 600
4.	TSS	Mg/L	855	100 - 400
5.	Minyak/Lemak	Mg/L	60.0	1.0 - 20.0
6.	Phenol	Mg/L	0.926	0.1 - 2.0
7.	Warna	PtCo	185	50
8.	Nitrat	Mg/L	82.17	0.06 - 5.0
9.	Cr	Mg/L	0.0	2.0
10.	Sisa Klor	mg/L	-	600 - 1200

(Sumber : Anonim, 1997), (Baku mutu : Kep. Gubernur Kepala DIY No : 281/KPTS/1998)

2.4 Bahan Pencemar Limbah Batik

Pada setiap proses pembuatan batik akan menimbulkan bahan yang dapat mencemari lingkungan seperti dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Zat Pencemar Dalam Limbah 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. Naphtol	Naphtol, Garam Diazonium, NaOH, TRO, Kanji.	
	b. Indigosol	Indigosol, NaNO ₂ , HCl, H ₂ SO ₄ , TRO, Kanji.	
	c. Reaktif Dingin	Reaktif, NaCl, Na ₂ CO ₃ , Na ₂ SiO ₄ , TRO, Kation Aktif, Kanji.	Sangat tinggi (cair).
	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, padat).
5.	Penyelesaian	Kanji, zat resin finishing.	Rendah (cair).

(Sumber : Anonim, 1997)

2.5. Pengaruh Limbah Industri Batik Terhadap Lingkungan

Air bekas cucian pembuatan batik yang menggunakan bahan-bahan kimia banyak mengandung zat pencemar/racun yang dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan, kehidupan manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Zat warna dapat mengakibatkan penyakit kulit dan yang sangat membahayakan adalah dapat mengakibatkan kanker kulit (Sugiharto, 1987).

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air. Hal ini mengakibatkan matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air, juga dapat menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air, sehingga proses *self purification* yang seharusnya dapat terjadi pada air limbah menjadi terhambat (Sugiharto, 1987).

Semakin banyak zat organik dalam perairan yang mengalami pembusukan, akibat selanjutnya adalah timbulnya bau hasil penguraian zat organik. Disamping bau yang ditimbulkannya, maka menumpuknya ampas akan memerlukan tempat yang banyak dan mengganggu keindahan tempat di sekitarnya. Dan selain bau dan tumpukan ampas yang mengganggu, maka warna air limbah yang kotor akan menimbulkan gangguan pemandangan.

2.6. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik

Maksud dan tujuan pengolahan limbah cair industri batik adalah untuk menghilangkan unsur-unsur pencemar dari limbah batik dan untuk mendapatkan *effluent* dari pengolahan yang mempunyai kualitas yang dapat diterima oleh badan air penerima buangan tanpa gangguan fisik, kimia dan biologis.

Pengolahan adalah proses yang dilakukan sehingga menyebabkan terjadinya perubahan akibat proses fisika, kimia dan biologi dengan melibatkan satuan operasi atau satuan proses pada unit-unit bangunan pengolahan (Tjokrokusumo, 1995).

Ada tiga cara pengolahan air limbah batik berdasarkan karakteristik, yaitu:

1. Pengolahan limbah cair secara fisik

Bertujuan untuk menyisahkan atau memisahkan bahan pencemar tersuspensi atau melayang yang berupa padatan dari dalam air limbah. Pengolahan limbah cair secara fisik pada industri batik misalnya penyaringan dan pengendapan. Proses penyaringan dimaksudkan untuk memisahkan padatan tersuspensi atau padatan terapung yang relatif besar seperti lilin batik, zat-zat warna, zat-zat kimia yang tidak larut dan kotoran-kotoran pada limbah cair. Proses penyaringan ini dilakukan sebelum limbah tersebut mendapatkan pengolahan lebih lanjut. Sedangkan proses pengendapan ditujukan untuk memisahkan padatan yang dapat mengendap dengan gaya gravitasi.

2. Pengolahan limbah cair secara kimia

Bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), menetralkan limbah cair dengan cara menambahkan bahan kimia tertentu agar terjadi reaksi kimia untuk menyisahkan bahan polutan. Penambahan zat pengendap disertai dengan pengadukan cepat menyebabkan terjadinya penggumpalan, hasil akhir proses pengolahan biasanya merupakan endapan yang kemudian dipisahkan secara fisika. Zat-zat pengendap yang ditambahkan biasanya adalah kapur, Fero Sulfat, Feri Sulfat, Aluminium Sulfat, Feri Khlorida dan sebagainya.

3. Pengolahan limbah cair secara biologi

Pengolahan secara biologi ini memanfaatkan mikroorganisme yang berada di dalam air untuk menguraikan bahan-bahan polutan. Pengolahan limbah cair secara biologi ini dipandang sebagai pengolahan yang paling murah dan efisien. Pengolahan ini digunakan untuk mengolah air limbah yang *biodegradable*.

Pada dasarnya, reaktor pengolahan secara biologi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- a) Reaktor pertumbuhan tersuspensi, di dalam reaktor ini mikroorganisme tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi. Proses lumpur aktif, lagoon dan kolam oksidasi termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi.

b) Reaktor pertumbuhan melekat, di dalam reaktor ini mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya.

Proses pengolahan secara biologi pada prinsipnya dibedakan menjadi tiga jenis :

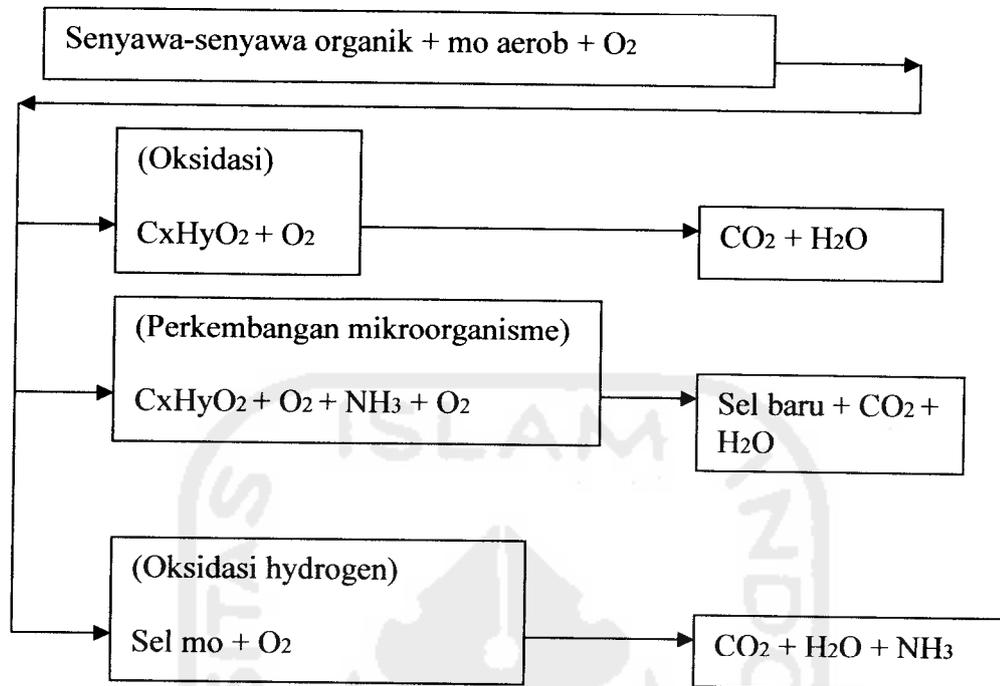
- Proses aerob, yang berlangsung dengan adanya oksigen,
- Proses anaerob, yang berlangsung tanpa adanya oksigen,
- Proses fakultatif, yang berlangsung dengan atau tanpa adanya oksigen.

2.7. Proses Pengolahan Limbah Cair Secara Aerobik

Proses pengolahan biologis secara aerobik berarti proses dimana terdapat oksigen terlarut. Oksidasi bahan organik menggunakan molekul oksigen sebagai elektron akseptor yang menghasilkan energi kimia untuk mikroorganisme. Sedangkan yang menjadi elektron donor adalah bahan organiknya itu sendiri. Beberapa pengolahan limbah cair secara aerobik adalah lumpur aktif, *trickling filter*, kolam oksidasi, lagoon aerasi dan parit oksidasi (Jenie, 1993).

Senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam limbah cair dapat dipecahkan oleh mikroorganisme aerobik menjadi senyawa-senyawa yang tidak mencemari, dimana pemecahan ini berlangsung dalam suasana aerobik atau ada oksigen.

Reaksinya adalah :



Gambar 2.2 Mekanisme Penguraian Bahan Organik Oleh Mikroorganisme

Senyawa-senyawa organik tersebut sebagian dipergunakan oleh mikroorganisme sendiri dan sebagian dipecahkan menjadi CO_2 dan H_2O . Penggunaan tersebut antara lain untuk pertumbuhan, perkembangan dan lain-lain. Setiap mikroorganisme dalam menjaga kelangsungan hidupnya selalu melakukan metabolisme, sehingga perlu penambahan senyawa-senyawa organik dan dihasilkan CO_2 , H_2O dan NH_3 (Anonim, 1997).

Selama berlangsungnya proses metabolisme oleh mikroorganisme terutama bakteri dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti :

- a) Jumlah nutrisi
- b) Jumlah oksigen

Kedua faktor tersebut saling berkaitan di dalam membantu pertumbuhan bakteri, selama sumber nutrisi cukup dan jumlah oksigen tidak berkurang, bakteri akan berkembang biak dan menghasilkan energi yang cukup untuk menguraikan senyawa organik. Aktivitas mikroorganisme akan merata selama perbandingan jumlah nutrisi cukup. Karena energi yang terbentuk dari penguraian senyawa organik akan membentuk protoplasma, maka proses akan berlangsung di dalam dua tahap, yaitu :

- a) Fase penambahan (nilai pertumbuhan)
- b) Fase pengurangan (nilai penurunan)

Pada fase pertumbuhan, jumlah nutrisi yang cukup akan menambah jumlah mikrobia, akan tetapi tidak membentuk flok. Sedangkan pada fase penurunan, konsentrasi organik akan turun dan akibatnya sumber nutrisi akan berkurang jumlahnya.

2.8. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Besar Kecilnya O_2 Di Dalam Air

Air dikategorikan sebagai air terpolusi jika konsentrasi O_2 terlarut menurun di bawah batas yang dibutuhkan untuk kehidupan biota. Faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecilnya O_2 di dalam air adalah antara lain :

- a. Penyebab utama berkurangnya O_2 terlarut di dalam air adalah adanya bahan-bahan buangan yang mengkonsumsi O_2 . Bahan-bahan tersebut terdiri dari bahan-bahan yang mudah dibusukkan atau dipecah oleh bakteri yang aktif memecah bahan-bahan tersebut. Oleh karena itu

semakin tinggi kandungan bahan-bahan tersebut semakin berkurang konsentrasi O₂ terlarut.

b. Difusi dengan udara

Apabila udara semakin kencang mengenai air, maka akan terjadi gelombang yang akhirnya menyebabkan udara masuk ke dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme terutama bakteri aerobik.

c. Gerakan air

Air akan mengandung O₂ terlarut yang di dalamnya terdapat gerakan, misalnya grojokan. Grojokan secara langsung akan menambah besar kecilnya O₂ dalam perairan.

d. Luas permukaan

Apabila permukaan kolam semakin luas, maka sinar matahari dan angin yang akan masuk pada kolam tersebut semakin banyak. Dengan semakin banyaknya sinar matahari yang menembus permukaan kolam, akan membantu proses fotosintesa alga yang ada di dalam kolam.

e. Alga

Alga dalam perairan memiliki fungsi yang sangat penting untuk menambah besar kecilnya O₂. Semakin banyak alga yang berada di perairan maka proses fotosintesa semakin banyak pula dan tentunya dengan adanya sinar matahari proses fotosintesa akan menghasilkan O₂.

Reaksinya :



2.9. Tujuan Aerasi dan Tipe-tipe *Aerator*

Tujuan dari proses aerasi menurut Fair dan Okum (1969) adalah :

1. Menambah kandungan O₂ pada air tanah atau menambah kadar DO sehingga unsur-unsur besi dan mangan yang ada pada air tanah akan menurun.
2. Mereduksi gas metan yang ada di dalam air guna mencegah ledakan/kebakaran.
3. Menurunkan dan mereduksi zat hidrogen sulfida yang menyebabkan bau dan rasa yang tidak sedap.
4. Mereduksi zat karbondioksida yang menyebabkan korosi pada logam.
5. Mereduksi substansi yang terdapat pada lapisan minyak yang menyebabkan bau dan rasa yang tidak enak akibat adanya mikroorganisme.

Aerator adalah alat yang digunakan untuk memasukkan oksigen ke dalam suatu zat, dimana oksigen akan membantu dalam proses pemurniannya.

Beberapa model *aerator* adalah sebagai berikut :

a. *Cascade aerator*

Pada dasarnya *aerator* ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap tangga kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira 0,01 m³/detik per m² untuk menghilangkan putaran (*turbulance*) guna menaikkan efisiensi aerasi. Hambatan yang sering terjadi terletak di tepi peralatan setiap tangga. Keuntungan dari *cascade* ini adalah tidak diperlukannya pemeliharaan.

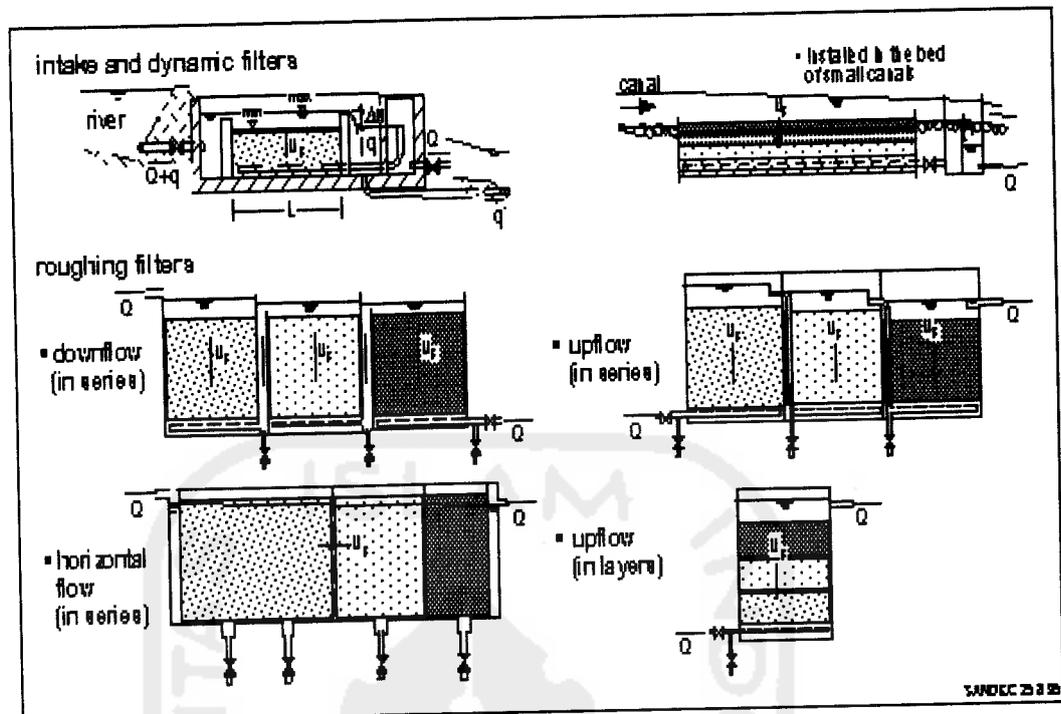
b. *Submerged cascade aerator*

Aerator ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lompongan tangga miring yang membawanya masuk ke dalam air yang dikumpulkan kelompongan di bawahnya. O₂ kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara ke dalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5m dibagi 3-5 tangga. Kapasitasnya bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m³ per meter luas.

2.10. Pengolahan Air Buangan Dengan Roughing Filter

2.10.1. Teknologi Roughing Filter

Roughing Filter adalah proses yang utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan dari air. Roughing Filter biasanya berisi material berukuran yang berbeda pada aliran langsung. Bagian terbesar padatan dipisahkan oleh medium filter kasar untuk selanjutnya menuju filter inlet. Media filter yang baik mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi. Roughing Filter dioperasikan pada *hydraulic loads* yang kecil. Kecepatan filtrasi biasanya berkisar 0,3- 1,5 m/h. Desain dan aplikasi Roughing Filter sangat bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



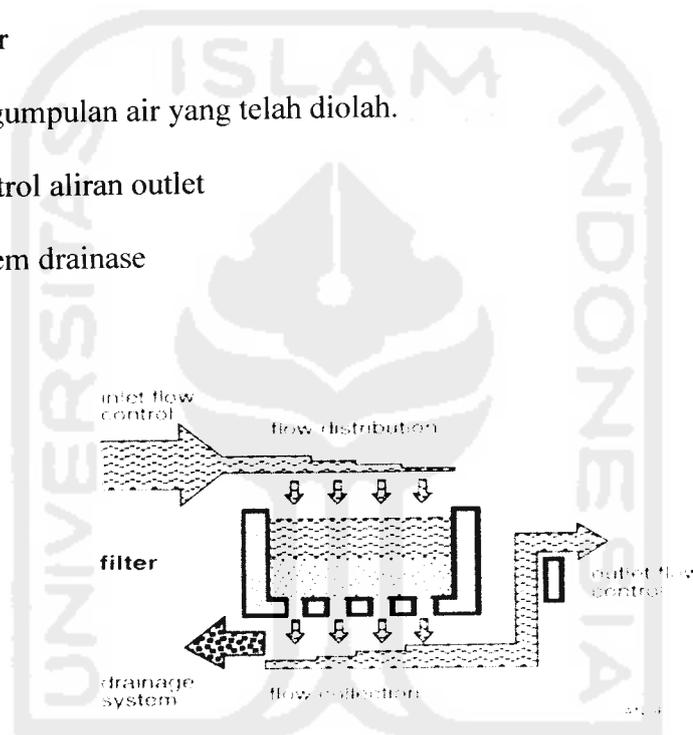
Gambar 2.3 Desain Dan Aplikasi Dari Roughing Filter

Roughing Filter seringkali diprioritaskan sebagai teknologi *pretreatment* untuk rencana suplai air perkotaan. Tipe filter yang berbeda dikembangkan untuk melihat variasi kualitas air baku. *Intake* dan *dynamic filters* sering diaplikasikan sebagai *pretreatment* pertama diikuti oleh Roughing Filter yang dioperasikan menjadi filter aliran vertikal atau horizontal. Prefilter dan Roughing Filter secara ekstensif keduanya digunakan pada rencana penyediaan air pada beberapa negara berkembang, dan rencana air bawah tanah buatan di negara industri. Intake filter mampu mereduksi material padatan 50-70% dan Roughing Filter mampu memisahkan material partikulat 90% lebih (Wegelin, Martin, 1996).

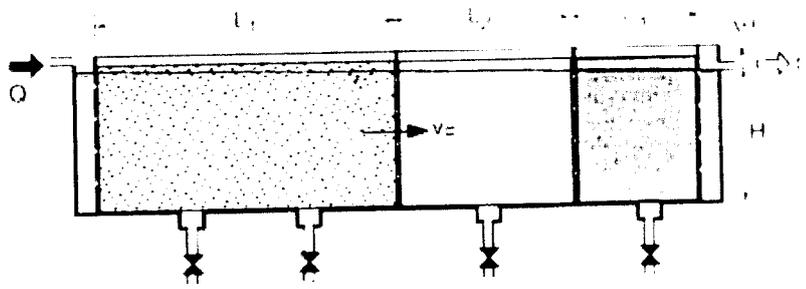
2.10.2. Bagian Penting Dari Roughing Filter

Bagian penting dari filter adalah bagian yang terdiri dari material filter. Sebuah filter terdiri dari 6 elemen, adapun konsep kerja dari Roughing Filter dapat dilihat pada gambar 2.4, yaitu:

1. Kontrol aliran inlet
2. Distribusi air baku.
3. Filter
4. Pengumpulan air yang telah diolah.
5. Kontrol aliran outlet
6. Sistem drainase



Gambar 2.4 Konsep Kerja Dari Roughing Filter



list of symbols

d_g	(mm)	gravel size
H	(m)	filter depth
$L_{1,2,3}$	(m)	filter length
W	(m)	filter width
A	(m^2)	filter cross-section area
ΔH	(cm)	maximal headloss
Q	(m^3/h)	flow rate
Q_d	(m^3/h)	drainage rate
v_f	(m/h)	filtration rate
v_d	(m/h)	drainage rate

design guidelines

$v_f = \frac{Q}{A}$	$Q = q \cdot A$	$q = 0,5 - 1,5 \text{ m}^3/m^2 \cdot h$
$v_d = \frac{Q_d}{A}$	$Q_d = q_d \cdot A$	$q_d = 0,05 - 0,1 \text{ m}^3/m^2 \cdot h$
$\Delta H = \frac{Q}{W}$	$Q = q \cdot W$	$q = 0,5 - 1,5 \text{ m}^3/m \cdot h$
$\Delta H = 30 \text{ cm}$		
$H = 0,80 - 1,20 \text{ m}$		
$d_1 = 12 - 18 \text{ mm}$	$L_1 = 0 - 4 \text{ m}$	
$d_2 = 8 - 12 \text{ mm}$	$L_2 = 1 - 3 \text{ m}$	
$d_3 = 4 - 8 \text{ mm}$	$L_3 = 1 - 2 \text{ m}$	

Gambar 2.5 Kriteria Desain Roughing Filter Aliran Horizontal

1. Kontrol aliran inlet

Pemberian debit *inflow* ke sebuah filter harus konstan untuk mencapai operasi filter yang efisien.

2. Distribusi air baku

Pendistribusian air baku di filter harus homogen untuk mencapai kondisi aliran yang seragam pada filter, karena itu aliran dari pipa atau saluran harus sama rata untuk di distribusikan ke seluruh permukaan filter.

3. Filter

Filter terdiri dari tingkatan material filter. Bentuk kotak filter normalnya persegi panjang dengan dinding vertikal. Tetapi hal ini tergantung dari teknik konstruksinya, sirkular dan dinding yang miring juga bisa dibangun. Biasanya yang digunakan sebagai media filter adalah gravel disekitar sungai atau pecahan batu-batu dengan ujung-ujung yang tajam. Meskipun banyak material lain yang tahan pada kecepatan mekanik serta tidak larut dan tidak lemah untuk kualitas air (warna atau bau) dapat juga digunakan sebagai media filter.

4. Pengumpulan air yang telah diolah

Debit air yang telah diolah harus seragam pada seluruh filter. Pada outlet, pengumpulan air yang telah diolah juga sangat penting.

5. Kontrol aliran outlet

Kontrol aliran outlet mencegah filter dari kekeringan. Roughing Filter yang telah terakumulasi solid sangat sulit dibersihkan, karena itu semua Roughing Filter harus dioperasikan di bawah kondisi jenuh. Sebuah weir dan pipa effluent aerasi berguna untuk mempertahankan air di atas level *filter bed*. Selain itu, alat V-Notch juga boleh digunakan untuk pengukuran pada outlet filter.

6. Sistem Drainase

Sistem drainase dari roughing Filter disiapkan untuk 2 (dua) tujuan, yaitu:

1. Untuk pembersihan filter secara hidrolik
2. Untuk melengkapi kegiatan pemeliharaan atau perbaikan

2.10.3 Pembersihan Filter

Berikut ini adalah cara pembersihan filter menurut jenis filternya, yaitu :

- ✓ Filter intake, bahan padat akan terakumulasi pada lapisan filter atas. Filter intake biasanya dibersihkan secara manual dengan sebuah penggaruk dan sekop sekali seminggu. Langkah pertama dalam proses pembersihan adalah membersihkan katup pada batas air permukaan filter. Kemudian, katup kontrol dibuka untuk meningkatkan aliran horizontal dalam kotak filter kira-kira 0,20 m/s–0,40 m/s. Aliran sepanjang permukaan filter dapat pula ditingkatkan dengan mendekatkan inlet filter secara paralel dan mengarahkan aliran air ke dalam unit filter untuk dibersihkan.

Pembersihan manual seharusnya mulai pada batas atas filter dan berlanjut searah aliran air untuk menghindari endapan yang menempel di kerikil. Kerikil filter intake harus dibersihkan secara kontinyu kira-kira sekali setahun.

Operasi filter dimulai kembali dengan mengalirkan air *prefilter* ke dalam sungai, atau membuangnya sampai kembali bersih. Kemudian,

air yang belum diolah dapat dialirkan kembali ke filter berikutnya dari rencana pengolahan.

- ✓ Filter dinamis juga merupakan filter permukaan, dibersihkan secara manual. Prosedur pembersihan mirip dengan filter intake. Filter dinamik harus dibersihkan setiap mengalami turbiditas air yang tinggi atau ketika resistensi filter secara gradual meningkat sepanjang periode. Membersihkan filter dinamik relatif mudah karena area filter yang relatif kecil sebagai akibat dari penetapan angka filtrasi yang tinggi.
- ✓ Filter kasar terutama dibersihkan secara hidrolis tetapi jika perlu bisa juga secara manual. Pembersihan teratur media filter penting untuk operasi filter yang baik.

Pada filter kasar aliran horizontal, sangat penting untuk memulai prosedur pembersihan pada sisi dalam, karena kebanyakan solid ditahan dalam bagian filter ini. Suatu pengaliran yang cepat pada bagian belakang filter akan mencuci gumpalan bahan solid pada titik drainase tersebut dan meningkatkan resiko tersumbatnya bagian filter yang halus.

Pada filter kasar aliran vertikal, setiap kompartemen filter dapat di dibersihkan secara terpisah, sehingga dapat membersihkan kompartemen filter spesifik secara individual. *Backwashing* filter konvensional seperti yang diterapkan dalam filtrasi pasir cepat tidak

mungkin dilakukan karena lapisan filter dari filter kasar tidak dapat di *fluidized*.

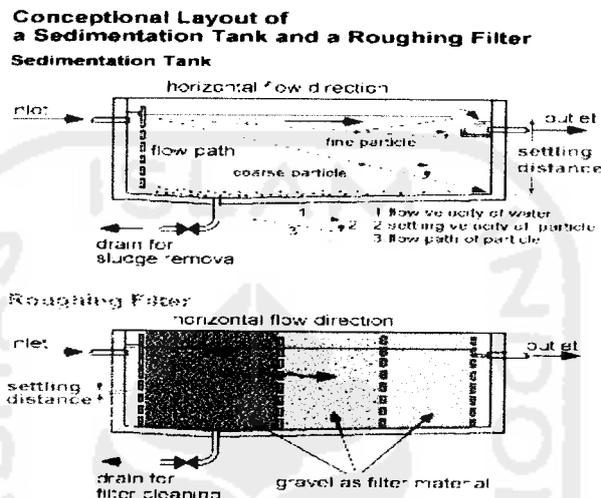
2.10.4 Aplikasi Roughing Filter

Slow sand filter diaplikasikan pada pengolahan air permukaan, efektif memperbaiki kualitas mikrobiologi air. Aplikasi yang efisien pada proses pengolahan membutuhkan air baku dengan kekeruhan yang rendah. *Pretreatment* air permukaan dengan *loading* yang tinggi biasanya dibutuhkan pada pengolahan material padatan. Flokulasi kimia yang dikombinasi dengan sedimentasi untuk mereduksi material padatan tidak dapat diterapkan pada suplai air perkotaan di negara berkembang yang memiliki masalah pada pengolahan air.

Menghadapi masalah tersebut, *prefiltrasi* adalah alternatif proses pengolahan yang efisien dan sederhana yang utamanya digunakan untuk memisahkan material padatan. Hal itu tidak menggunakan bahan kimia dan juga memperbaiki mikrobiologi kualitas air. Sejak itu *prefilter* umumnya berisi fraksi material filter kasar yang berbeda, yang diketahui sebagai Roughing Filter. Roughing Filter biasanya digunakan sebagai teknologi *pretreatment* untuk rencana suplai air perkotaan.

Prefilter dan Roughing Filters juga memperbaiki kualitas mikrobiologi air yaitu mereduksi *faecal coliform*. Filter juga memberi kontribusi untuk mereduksi warna pada organik terlarut dan bahan lainnya pada permukaan. Sejak saat itu, limbah yang memiliki kandungan material warna yang kuat sulit diolah oleh Roughing Filter, namun biasanya dilakukan penambahan koagulan. Dalam

kombinasi dengan *slow sand filter*, *prefilter* dan Roughing Filter dipercaya dalam proses pengolahan yang tepat menahan partikulat di negara berkembang (anonim, 2005).



Gambar 2.6 lay Out Dari Sedimentasi dan Roughing Filter
Sumber : Anonim, 2005

2.10.5 Gambaran Pengembangan Roughing Filter

Dari tahun 1982 sampai tahun 1984 test filtrasi secara ekstensif dilakukan di laboratorium Institut Federal Swiss untuk Penelitian dan Teknologi Lingkungan (EAWAG) oleh Departemen Air dan Sanitasi di negara berkembang (SANDEC) di Duebendorf. Model suspensi kaolin digunakan untuk menyelidiki mekanisme Roughing Filter aliran horizontal. Menambahkan dua hasil test laboratorium yang penting, efisiensi filter dipengaruhi oleh sifat permukaan medium filter dan pembaharuan filter melalui pengurasan. Hasil penelitian disimpulkan:

1. Praktek implementasi Roughing Filter aliran horizontal disusun pada sebuah desain yang dioperasikan secara manual. Test laboratorium SANDEC dibatasi oleh Development Cooperation Swiss (SDC), pada akhirnya didukung promosi dan penyebaran informasi teknologi Roughing Filter aliran horizontal yang dimulai pada tahun 1986. Dibawah SANDEC, Insinyur perguruan tinggi lokal mendemonstrasikan studi teknologi ini dan pengalaman praktek dengan proses pengolahan. Roughing filter aliran horizontal dibuat untuk merehabilitasi *slow sand filter* di pabrik. Empat tahun yang lalu, teknologi filter dipromosikan penyebarannya ke lebih dari 20 negara, dan lebih dari 60 pabrik Roughing Filter dibangun di periode ini.
2. Kemudian beberapa institusi melakukan penambahan studi penelitian kerja proses Roughing Filter aliran horizontal. Laboratorium atau test dasar Roughing Filter aliran horizontal juga dilakukan oleh *Universitas Dar es Salaam, Tanzania, Universitas Tampere Teknologi di Finland, Universitas Surrey di Guildford Inggris, Institut Internasional Hydraulic dan Teknologi Lingkungan di Delft, Universitas Delft Teknologi di Nederlands, Universitas Newcastle Upon Tyne di Inggris dan Universitas New Hampshire di Durham USA*. Perbedaan metode *pretreatment* mereka yaitu meliputi Roughing Filter yang dijadikan sebagai test dasar pada perbandingan program penelitian ekstensif di Cali, Colombia. The *Centro Inter Regional de Abastecimiento y Remocian de Agua (CINARA)* meneliti hal tersebut, dikolaborasi

dengan Pusat Sanitasi dan Air Internasional di Belanda, meyerhanakan dan menyakinkan proses pretreatment dalam penelitian ini.

3. SANDEC dilibatkan dalam pengembangan dan promosi Roughing Filter untuk dekade mendatang. Roughing filter aliran horizontal pada dasarnya dipelajari di laboratorium, test dasar dilakukan di negara berkembang dan akhirnya di implementasikan pada proyek. Secara manual berisi deskripsi proses pengolahan yang dipublikasikan pada tahun 1986 sebagai IRCWD laporan No. 06/86.
4. Teknologi Roughing Filter dikembangkan mengikuti tahun. Perbedaan tipe *prefilter* dan Roughing Filter akan dipelajari dan dites. Para peneliti akan melanjutkan aplikasi secara eksklusif pada Roughing Filter aliran horizontal.
5. Secara manual, disusun untuk membatasi jembatan informasi ini. Hal ini didasari pada sebuah perbaikan yang lengkap pada masa sebelumnya, pada draft yang dipresentasikan di konferensi Internasional Roughing Filter di Zunch, Switzerland yang diadakan pada bulan Juni 1992 dan pengalaman dasar SANDEC dengan implementasi Roughing Filter. Hal tersebut juga diterjemahkan ke dalam bahasa Francis dan Spanyol.

2.10.6 Konstruksi Dari Roughing Filter (RF)

Pada tabel 2.3 di bawah ini menunjukkan klasifikasi filter berdasarkan ukuran material filter dan kecepatan filtrasi dengan kategori *rock filter*, Roughing Filter, saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat. Roughing Filter yang menggunakan gravel sebagai media filter yang dioperasikan tanpa bahan kimia, dan tidak dilengkapi dengan perlengkapan mekanik untuk operasi dan pemeliharaan, perbedaan dari tipe Roughing Filter diklasifikasikan berdasarkan hal-hal di bawah ini:

1. Lokasi dan suplai air
2. Tujuan aplikasi
3. Aliran
4. Desain filter
5. Teknik pembersihan filter

RF umumnya ditempatkan pada Instalasi Pengolahan dan digunakan sebagai proses prapengolahan. Adapun klasifikasi filter berdasarkan ukuran material dan kecepatan filtrasi dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3. Klasifikasi Filter

Type filter	Ukuran Material Filter (dig [mm])	Kecepatan Filtrasi (VF [m/h])
rock filter	> 50 mm	1 - 5 m/h
roughing filter	20 - 4 mm	0.3 - 1,5 m/h
rapid sand filter	4 - 1 mm	5 - 15 m/h
slow sand filter	0.35 - 0.15 mm	0.1 - 0.2 m/h

Sumber : Anonim, 2005

Filter ini dapat dioperasikan sebagai *up flow*, *down flow* atau *horizontal flow filter*. Perbedaan fraksi gravel dari Roughing Filter dapat dibuat di kompartemen yang berbeda dan dioperasikan dengan seri atau ditempatkan di kompartemen yang sama.

Pembersihan filter dilakukan dengan manual dan hidrolis. Secara manual dengan membersihkan bagian atas dari filter dengan sekop atau penggaruk. Secara hidrolis dengan *flushing solid* media filter.

2.10.7. Variabel Desain

Desain Roughing Filter mempunyai 3 target, yaitu :

1. Mengurangi kekeruhan dan konsentrasi SS (mg/L).
2. Menghasilkan Q output spesifik setiap hari (m^3/s).
3. Mengijinkan operasional yang cukup berdasarkan determinan waktu *running* filter T_r (hari/minggu).

Desain filter ada 6 variabel dalam *range* tertentu, yaitu :

1. Kecepatan filtrasi V_f (m/jam), umumnya berkisar antara 0.3 - 1 m/jam.
2. Ukuran rata-rata d_{g1} (mm) dari setiap media filter, biasanya berkisar antara 20-4 mm. Fraksi media filter dapat dilihat pada tabel 2.3, direkomendasikan seragam.
3. Panjang l_i (m) dari setiap media filter yang spesifik

Setiap panjang l_i dari material filter tergantung pada tipe filter. Hal ini boleh berubah. Besarnya kedalaman dari *upflow* Roughing Filter

umumnya antara 80 dan 120 cm. Panjang *horizontal flow* Roughing Filter dalam hal ini tidak dibatasi, tetapi panjang normalnya 5 dan 7 m.

4. Angka n_1 dari fraksi filter

Angka n_1 dari fraksi filter bergantung juga pada tipe filter. Permukaan filter hanya boleh 1 fraksi saja dimana Roughing Filter biasanya terdiri dari 3 fraksi gravel. Akan tetapi, secara individual panjang filter li dari Roughing Filter sering di desain dengan rasio 3:2:1.

5. Tinggi H (m) dari luas permukaan filter (A (m^2))

Tergantung pada aspek struktural dan operasional. Direkomendasikan 1 - 2 m untuk menghindarkan dari masalah ketinggian air. Kedalaman 1 m juga dimungkinkan agar bila menggunakan pembersihan filter secara manual dapat dilakukan dengan mudah untuk meremoval material filter. Lebar filter tidak melebihi 4 - 5 m dan luas permukaan untuk *vertical flow filter* tidak lebih besar dari 25 - 30 m^2 atau 4 - 6 m^2 untuk *horizontal flow* Roughing Filter.

2.10.8. Pemeliharaan filter

Kesalahan utama seringkali merupakan hasil dari sebab-sebab minor. Kesalahan juga biasanya terjadi pada pemeliharaan Roughing Filter. Pemeliharaan filter tidak benar-benar dibutuhkan karena *prefilter* tidak termasuk beberapa bagian mekanis tersendiri dari katup. Sekalipun perlu, pemeliharaan seharusnya ditujukan pada kondisi yang baik dari awal rencana. Bantuan eksternal (dari luar)

untuk pemeliharaan biasanya dihindari, apabila dapat dilaksanakan dengan baik oleh pekerja lokal, pemeliharaan meliputi :

- ✓ Pemeliharaan periodik dari tanaman pengolahan (pemotongan rumput, penebangan pohon, dan semak- semak besar yang dapat mengganggu struktur).
- ✓ Proteksi tanah terhadap erosi (khususnya struktur intake air permukaan, saluran drainase air limbah dan run off permukaan).
- ✓ Memperbaiki keretakan dinding dari struktur dan penggantian *plaster shipped*.
- ✓ Pemakaian bahan anti karat pada bagian logam (bendungan V - Notch, penyangga pipa).
- ✓ Pemeriksaan katup-katup dan sistem drainase serta kadang-kadang melumasi bagian yang bergerak.
- ✓ Membersihkan material filter.
- ✓ Mengambil busa material terapung dari bagian atas filter.
- ✓ Mencuci material kasar (pada distribusi dan kotak inlet).
- ✓ Mengontrol dan mengganti bagian yang tidak sempurna (alat - alat dan peralatan uji).

Pemeliharaan lebih baik dilakukan pada awal pengolahan agar dapat menjamin pemakaian instalasi jangka panjang dan memakan biaya rendah.

2.11. Parameter-parameter Penelitian

Parameter-parameter yang diteliti dalam penelitian ini antara lain :

1) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Analisis BOD dan COD dari suatu air limbah dapat menghasilkan nilai-nilai yang berbeda karena kedua uji tersebut mengukur bahan yang berbeda. Nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD. (Jenie dan Rahayu, 1993).

Perbedaan diantara kedua nilai disebabkan banyak faktor antara lain :

- a) Bahan kimia tahan terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak tahan terhadap oksidasi kimia seperti lignin.
- b) Bahan kimia dapat dioksidasi secara kimia dan peka terhadap oksidasi biokimia tetapi tidak dalam uji BOD₅ seperti selulosa, lemak berantai panjang atau sel-sel mikroba.
- c) Adanya bahan toksik dalam limbah yang akan mengganggu uji BOD tetapi tidak uji COD.

2) Warna

Zat warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan atau dispersi kepada suatu bahan lain sehingga berwarna. Warna dalam air dapat disebabkan oleh adanya ion-ion metal alam, seperti besi (Fe) dan mangan (Mn). Warna pada air dihilangkan terutama unttuk keperluan industri dan air minum. Warna yang biasanya diukur adalah warna yang sebenarnya atau warna nyata yaitu warna setelah kekeruhan dihilangkan, sedangkan warna nampak adalah

warna yang tidak hanya disebabkan oleh zat-zat yang terlarut di dalam air tetapi juga oleh zat-zat tersuspensi.

Pemeriksaan warna ditentukan dengan membandingkan secara visual warna dari sampel dengan larutan standar warna yang diketahui konsentrasinya. Sebagai standar warna digunakan larutan platina (Pt), Cobalt (Co) dengan satuan mg/L/Pt-Co (Alaerts, G., Santika, 1984).

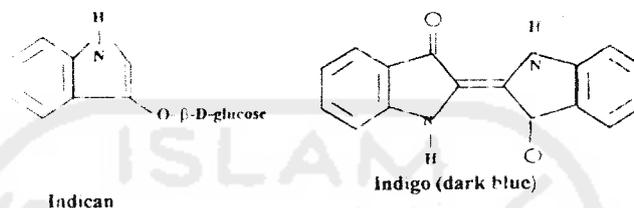
Warna dalam air limbah dapat menunjukkan warna abu-abu sedangkan air limbah yang sudah lama menunjukkan warna gelap (Mahida, 1984).

Tumbuh-tumbuhan penghasil zat pewarna alami yang tumbuh di Indonesia kurang lebih ada 150 jenis tanaman, tetapi yang paling efektif untuk dapat digunakan dan dapat diproduksi menjadi powder maupun dalam bentuk pasta hanya beberapa jenis saja diantaranya adalah :

a) *Indigofera Sp*

Indigofera Sp merupakan salah satu tanaman penghasil zat warna alam jenis Indigoside yang terdapat pada daun. *Indigoside* yaitu indigo yang terdapat sebagai *glucoside* dan *indigo* mempunyai inti indool atau *benzopyrol*, yang jika direndam dalam air *indigoside* itu bersama-sama enzim indimulase larut dalam air dan oleh pengaruh enzim berubah menjadi *indoxyl* dan gula.

Indoxyl adalah senyawa yang tidak berwarna dan dalam larutan yang alkalis mudah teroksidasi menjadi indigo yang berwarna biru (Suprpto, H, 2000).



Gambar 2.7 *Indigofera Sp*

b) *Bixa orrellana*

Bixa orrellana mempunyai nama perdagangan internasional Annatto seed en gros. Tumbuhan ini termasuk famili *Bixaceae*, merupakan pohon perdu, tinggi sekitar 2-8 m dan tumbuh pada daratan 2000m di atas permukaan air laut. *Bixa orrellana* merupakan penghasil warna orange purple.

Struktur Kimia *Bixa orrellana*

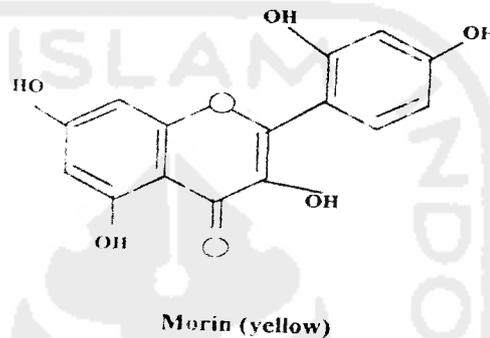


Bixin (orange purple)

Gambar 2.8 *Bixa orrellana*

c) *Morinda citrifolia*

Morinda citrifolia termasuk famili *Rubiaceae* mempunyai nama daerah Pace (Jawa), Kodhuk (Madura), Tibah, Sunthi (Bali), Bengkudu (Sumatera). *Morinda citrifolia*, merupakan penghasil warna kuning.



Gambar 2.9 *Morinda citrifolia*

Hampir semua zat warna yang digunakan dalam industri batik merupakan zat warna sintetik, karena zat warna jenis ini mudah diperoleh dengan komposisi yang tetap, mempunyai aneka warna yang banyak, mudah cara pemakaiannya dan harganya relatif tidak tinggi. Adapun jenis dari zat warna sintesis ini adalah :

a) Naphtol

Disebut juga zat warna azo, karena timbulnya warna terjadi akibat adanya penggabungan antara naphtol dengan garamnya (Anonim, 1991).

Menurut Soeparman (1967), zat warna naphtol dibedakan menjadi :

➤ Beta Naphtol (Zat Es)

Adalah zat warna azo yang lama, jumlah warnanya terbatas yang ada hanya merah. Orange, biru dan hijau hampir tidak ada. Golongan cat ini mempunyai ketahanan luntur yang baik, juga tahan chlor tetapi tidak begitu tahan terhadap gosokan. Zat warna golongan ini sering disebut zat warna es atau *ice colour*.

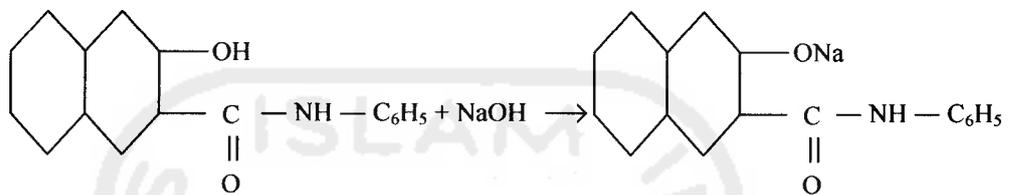
➤ Naphtol As

Adalah zat warna azo yang baru, jumlah warnanya banyak dimana hampir semua warna ada. Senyawa-senyawa naphtol As mempunyai daya serap terhadap selulosa sehingga proses pengeringan setelah pencelupan dengan senyawa tersebut tidak perlu dikerjakan lagi. Demikian pula tahan gosok dan hasil celupan lebih baik karena naphtol As sedikit mengadakan migrasi ke dalam garam diazonium sewaktu proses pembangkitan.

Zat warna naphtol adalah zat warna yang tidak larut dalam air, yang terdiri dari dua komponen yaitu naphtol dan garam diazonium. Komponen naphtol supaya bisa bersenyawa dengan garam diazonium harus diubah menjadi bentuk naphtolat atau larutan dengan penambahan

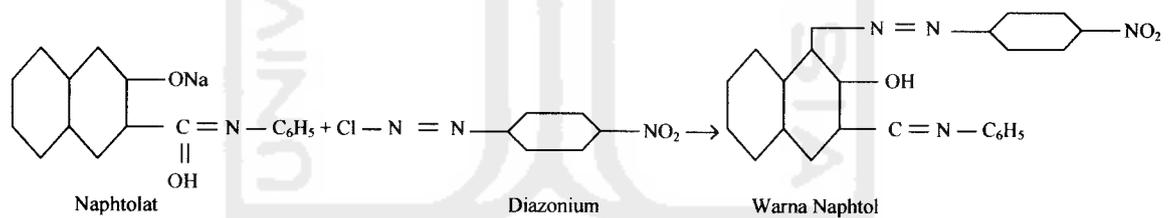
pembasah, air panas dan kostik soda. Garam diazonium mudah larut dalam air.

Naphtol AS + larutan kostik soda panas \rightarrow Naphtolat



Gambar 2.10 Reaksi pelarutan naphtol menjadi naphtolat

Pada proses pembangkitan warna, naphtolat bersenyawa dengan larutan diazonium menjadi naphtol.



Gambar 2.11 Reaksi Pewarnaan Naphtol

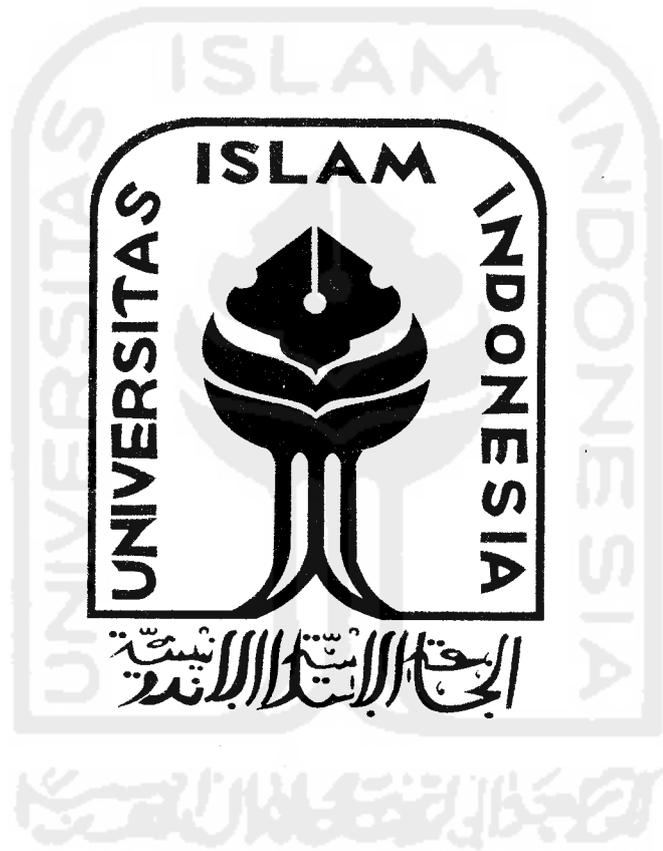


2.12. Hipotesa

Bahwa penggunaan roughing filter aliran horizontal bermedia gravel dengan proses aerobik dapat menurunkan :

1. Kadar COD dalam air buangan industri batik.
2. Kadar warna dalam air buangan industri batik





BAB III

METODE PENELITIAN

1.1. Lokasi Penelitian

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

3.2. Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah air buangan yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa, Triharjo, Sleman.

3.3. Jenis Penelitian

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

3.4. Kerangka Penelitian

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



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.5. Parameter Penelitian dan Metode uji

Dalam penelitian ini parameter yang akan diperiksa yaitu COD dan warna. Pada tabel 3.1 dapat dilihat parameter penelitian dan metode uji setiap parameter.

Tabel 3.1 Parameter Penelitian dan Metode Uji

No	Parameter	Satuan	Kep Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta No : 281/KPTS/1998	Metode Uji
1.	COD	mg/L	100	SNI 06-6989.2-2004 Air dan air limbah-bagian 2 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri.
2.	Warna	PtCo	50	SNI 1991-standar 2 Metode Pengujian Kualitas Fisika Air SK SNI M-03-1989-F

3.6. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Variabel tetap yaitu perbedaan diameter media tiap kompartemen pengambilan sampel.
2. Variabel bebas yaitu variasi waktu pengambilan sampel.

3.7. Tahapan Penelitian

3.7.1. Persiapan Reaktor

Reaktor yang akan digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan kayu yang dilapisi plastik, berukuran panjang 85 cm; lebar 35 cm dan tinggi 25 cm dan terdiri dari dua unit Roughing Filter. Media yang digunakan berbentuk gravel, dimana unit I diameter gravelnya 10 mm dan unit II diameter gravelnya 5 mm.

Dimensi Reaktor

Kriteria desain :

- Kecepatan filtrasi (vf) = 0,3 – 1 m/jam
- Ukuran material gravel = 20 – 4 mm
- Panjang filter (L) = 5 – 7 m
- Tinggi filter (H) = 1 – 2 m
- Lebar filter (W) = 4 – 5 m

Direncanakan :

- L = 5 m = 0,83 m = 83 m = 85 cm
- W = 2 m = 0,33 m = 33 cm = 35 cm
- H = 1,5 m = 0,25 m = 25 cm

$$\text{Volume : } L \times H \times W = (85 \times 25 \times 35)$$

$$= 74375 \text{ cm}^3 = 0,074375 \text{ m}^3$$

$$= 0,074 \text{ m}^3$$

Td direncanakan :

$$T_d = 6 \text{ jam}$$

$$T_d = V / Q$$

$$Q = 0,074 / 6$$

$$= 0,0123 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3.7.2. Proses Runing

Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah batik yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa, Triharjo, Sleman.

3.7.3. Proses pengambilan sampling

Proses pengambilan sampel dilakukan di dua tempat, yaitu pada outlet aerobik roughing filter I dan outlet aerobik roughing filter II. Pengambilan sample direncanakan :

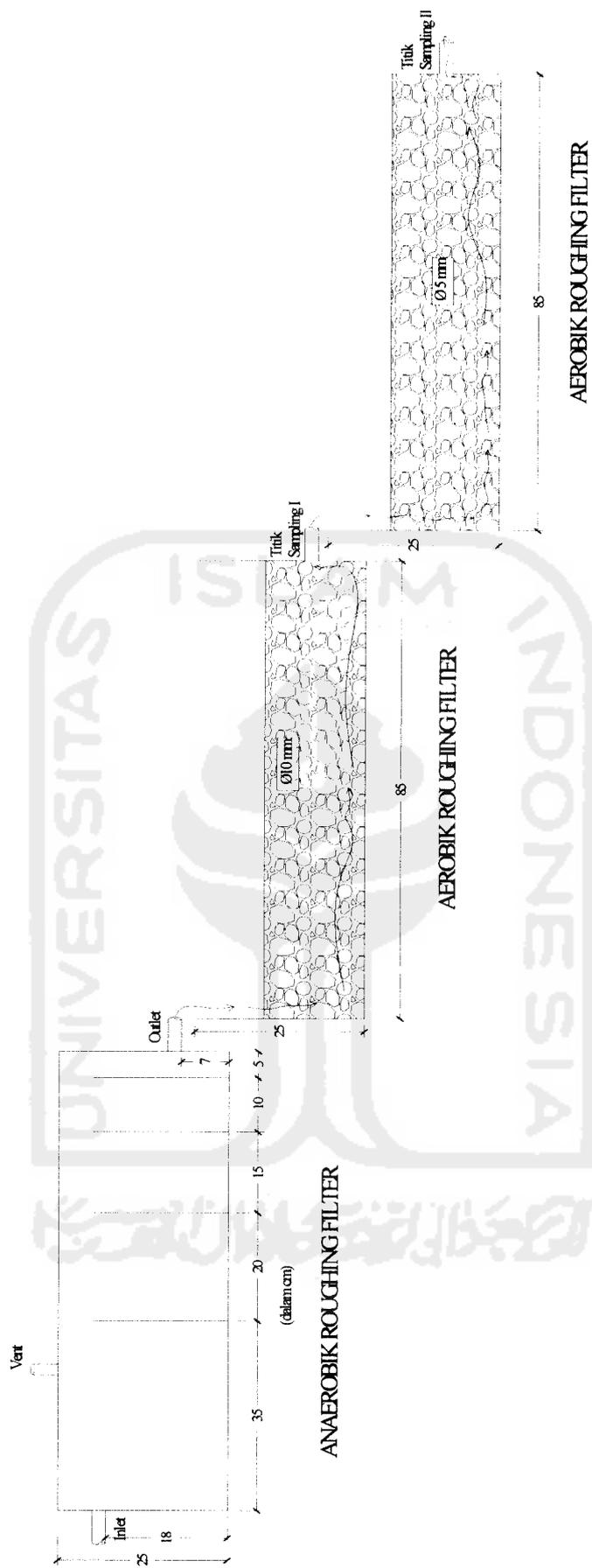
- a. COD : 2 hari sekali dalam waktu 10 hari.
- b. Warna : 1 hari sekali dalam 10 hari.

3.7.4. Prosedur Penelitian

- Air limbah batik yang berasal dari industri Nakula Sadewa, Triharjo, Sleman, dimasukkan kedalam bak netralisasi yang berfungsi sebagai bak penampung.

- Memeriksa kadar awal COD dan warna yang terkandung dalam air limbah yang akan dialirkan.
- Mengalirkan air limbah kedalam reaktor yaitu dengan debit sebesar $0,0123 \text{ m}^3/\text{jam}$.
- Mengambil sampel air untuk diperiksa kadar dari parameter COD dan warna yaitu pada outlet unit I (titik sampling 1) dan outlet unit II (titik sampling 2).





Gambar 3.2 Desain Reaktor Penelitian

3.8. Analisa Data

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

Analisa data untuk penentuan kualitas air dengan membandingkan antara konsentrasi awal dan akhir dari parameter penelitian setelah menjalankan reaktor dengan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu:

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

Dimana:

η = *Overall Efficiency* (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir (mg/L)

Selain itu dilakukan analisa data dengan *analysis of variance* (anova) satu jalur yang bertujuan untuk melihat ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara konsentrasi awal dengan masing-masing titik pengambilan sampel, sehingga dapat disimpulkan :

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_0 artinya ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet.

Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa inlet dan outlet.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat Roughing Filter secara aerobik. Roughing Filter ini menggunakan media kerikil yang berukuran 10 mm dan 5 mm. Alasan digunakannya ukuran media di atas pada penelitian ini adalah karena kriteria dari ukuran media pada roughing filter yaitu : a) Reaktor pertama : 8 mm – 12 mm; dan b) Reaktor kedua : 4 mm – 8 mm.

Proses aerobiknya dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah pada reaktor bertingkat dan pada reaktor tersebut juga tidak diberikan penutup agar oksigen dapat masuk ke dalam reaktor. Aerasi merupakan proses pengolahan air dengan cara mengontakkannya ke udara. Fungsi aerasi adalah penambahan jumlah oksigen, penurunan kadar karbondioksida, menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_4), dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatil (menguap) yang berkaitan dengan rasa dan bau. Kadar oksigen yang banyak akan dapat membantu mikroorganisme dalam proses metabolisme dan menguraikan zat-zat organik yang terdapat dalam limbah.

Penelitian dengan menggunakan aerobik Roughing Filter ini dimulai setelah dilakukannya penyaringan air limbah industri batik yang berasal dari Batik Nakula-Sadewa dengan menggunakan anaerobik Roughing Filter pada saat kandungan limbah 100%. Setelah itu limbah langsung dialirkan menuju aerobik

Roughing Filter. Selanjutnya, dilakukan proses penelitian selama 10 hari untuk parameter warna dan 5 hari untuk parameter COD. Dari penelitian selama 10 hari yang dilakukan dari tanggal 7 Juni sampai dengan 16 Juni 2006 diperoleh hasil penelitian terhadap konsentrasi COD dan warna sebagai berikut :

4.1.1. Hasil Penelitian Terhadap Parameter COD

Berikut ini adalah data konsentrasi COD dan efisiensi dari hasil penelitian dengan menggunakan aerobik Roughing Filter.

Tabel 4.1 Data Konsentrasi COD dan Efisiensinya

Hari ke	Inlet (mg/L)	Outlet 1 (mg/L)	Efisiensi 1 (%)	Outlet 2 (mg/L)	Efisiensi 2 (%)
1a	1193,735	1166,265	2,301	1133,708	2,792
1b	1148,969	1121,499	2,391	1198,822	-6,895
3a	1203,400	1151,513	4,312	1152,530	-0,088
3b	1297,510	1151,513	11,252	1174,404	-1,988
5a	654,003	1033,494	-58,026	778,635	24,660
5b	817,805	665,703	18,599	757,269	-13,755
7a	755,234	720,643	4,580	676,894	6,071
7b	1122,517	900,214	19,804	810,174	10,002
9a	1374,833	1137,778	17,242	1110,308	2,414
9b	1406,881	1292,423	8,136	1194,752	7,557
Xr	1097,489	1034,105	3,059	998,750	3,077

4.1.2. Hasil Penelitian Terhadap Parameter Warna

Berikut ini adalah data konsentrasi warna dan efisiensi dari hasil penelitian dengan menggunakan aerobik roughing filter.

Tabel 4.2 Data Konsentrasi Warna dan Efisiensinya

Hari ke	Inlet (PtCo)	Outlet 1(PtCo)	Efisiensi 1 (%)	Outlet 2 (PtCo)	Efisiensi 2 (%)
1a	345,611	355,374	-2,825	350,066	1,494
1b	373,621	367,318	1,687	359,403	2,155
2a	345,422	358,028	-3,649	357,081	0,265
2b	360,114	371,393	-3,132	363,763	2,054
3a	343,905	346,417	-0,730	358,218	-3,407
3b	282,246	309,877	-9,790	331,109	-6,852
4a	283,336	267,223	5,687	266,038	0,443
4b	169,545	221,204	-30,469	263,100	-18,940
5a	177,934	189,924	-6,738	177,270	6,663
5b	199,972	180,066	9,954	179,592	0,263
6a	210,303	202,483	3,718	192,009	5,173
6b	230,114	211,441	8,115	193,336	8,563
7a	187,981	186,986	0,529	187,507	-0,279
7b	219,071	216,464	1,190	207,791	4,007
8a	209,545	232,626	-11,015	195,280	16,054
8b	251,820	245,991	2,315	268,976	-9,344
9a	476,464	311,062	34,714	256,891	17,415
9b	576,986	422,009	26,860	324,379	23,135
10a	770,635	583,953	24,224	472,057	19,162
10b	805,848	649,782	19,367	620,303	4,537
Xr	341,024	311,481	3.500	296,208	3,628

4.2 Analisis Data Dengan Menggunakan Anova

4.2.1 Anova Untuk Analisa COD

Analisa COD menggunakan Uji Anova Satu Jalur bertujuan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan atau tidak terhadap konsentrasi COD pada bagian inlet dan outlet.

Uji Anova Satu Jalur Untuk Parameter COD

Dari perhitungan diperoleh $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ atau $0.475879 \leq 3.354131$ (lampiran E), sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi COD bagian inlet dan outletnya.

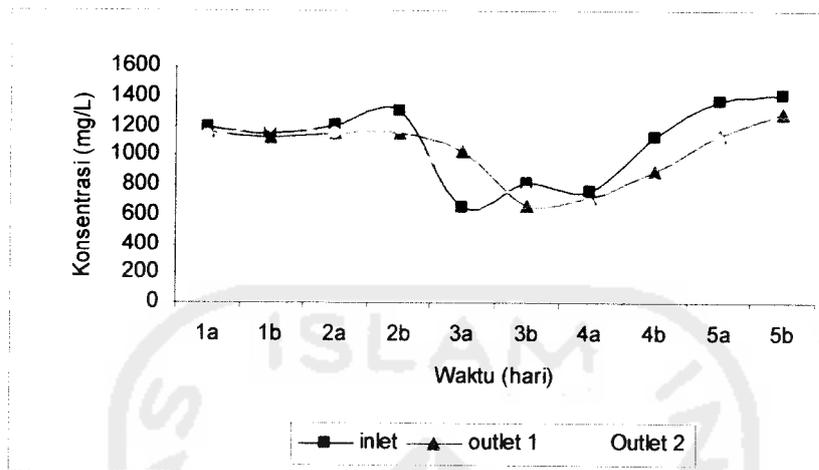
4.2.2 Anova Untuk Analisa Warna

Analisa Warna menggunakan Uji Anova Satu Jalur bertujuan untuk menguji apakah ada perbedaan yang signifikan atau tidak terhadap konsentrasi warna pada bagian inlet dan outlet.

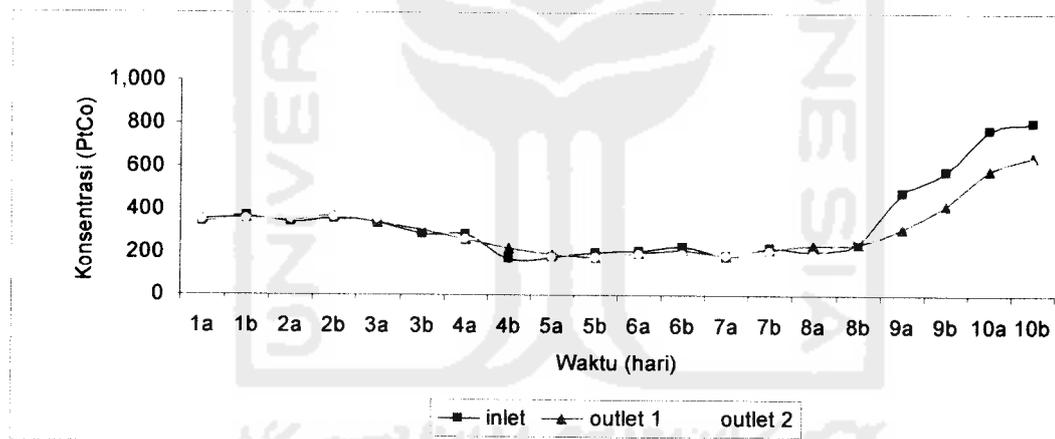
Uji Anova Satu Jalur Untuk Parameter Warna

Dari perhitungan diperoleh $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ atau $0.49147 \leq 3.158843$ (lampiran F), sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara konsentrasi warna pada inlet dan outletnya.

Berikut ini adalah grafik-grafik yang menunjukkan konsentrasi COD dan warna :



Gambar 4.1 Grafik konsentrasi COD



Gambar 4.2 Grafik konsentrasi warna

4.3 Pembahasan

Dari hasil penelitian yang dilakukan selama 10 hari dengan menggunakan reaktor aerobik Roughing Filter dengan sistem aliran kontinyu dalam menurunkan konsentrasi COD dan warna, dengan titik pengambilan sampel yaitu pada inlet, outlet I dan outlet II, pada setiap sampel dilakukan dua kali pengujian (duplo). Hasil penelitian seperti yang terdapat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, yang selanjutnya dilakukan uji data statistik menggunakan uji ANOVA, ternyata hasil yang didapat menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada konsentrasi COD dan warna antara konsentrasi inlet dan outletnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa di dalam reaktor aerobik Roughing Filter aliran horizontal ini tidak terjadi pengolahan air limbah batik secara maksimal.

Berikut ini akan dibahas mengenai kenaikan dan penurunan konsentrasi masing-masing parameter, yaitu sebagai berikut :

4.3.1 Pembahasan Untuk Parameter COD

Dari hasil penelitian yang disajikan dalam bentuk data seperti yang terdapat pada tabel 4.1, dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi parameter COD. Dari rata-rata data hasil penelitian, ternyata terjadi penurunan konsentrasi parameter COD hingga 3.077% dari konsentrasi inlet 1034.105 mg/L dan konsentrasi outlet 998.750 mg/L.

Penurunan konsentrasi ini dapat disebabkan oleh kemampuan kerikil yang digunakan sebagai media filtrasi dalam menyaring zat-zat organik yang terkandung dalam limbah batik, sehingga dapat memungkinkan material yang bersifat *soluble* akan dapat tertahan pada media kerikil, maka pada outletnya

terjadilah penurunan konsentrasi COD. Namun disini dapat dilihat bahwa hasil penurunan reaktor 2 lebih baik bila dibandingkan dengan hasil reaktor 1. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Roughing Filter dengan ukuran diameter media yang lebih kecil, lebih efektif dalam menurunkan kadar COD. Karena semakin kecil diameter kerikil, semakin kecil pula pori-pori yang dimilikinya. Hal tersebut dapat memungkinkan banyaknya solid yang terdapat pada limbah batik tertahan pada pori-pori media kerikil.

Penurunan konsentrasi COD yang tidak signifikan disebabkan karena terjadinya penyumbatan atau *clogging* di dalam reaktor yang dapat mengakibatkan terakumulasinya bahan organik di dalam reaktor, sehingga akan mempercepat laju aliran limbah sampai ke outlet reaktor. Maka akan mengakibatkan kurangnya waktu tinggal air buangan di reaktor. Sehingga reaktor aerobik Roughing Filter tidak mampu mengolah air limbah secara optimum.

4.3.2 Pembahasan Untuk Parameter Warna

Warna yang terdapat pada limbah batik Nakula Sadewa dihasilkan dari sisa-sisa zat warna yang masih terdapat dalam bekas larutan proses pencelupan. Selain mengganggu estetika, beberapa zat warna diduga bersifat racun. Warna pada limbah cair industri batik umumnya sukar dihilangkan. Genangan air berwarna banyak menyerap oksigen terlarut, sehingga lama kelamaan membuat air berwarna hitam dan berbau.

Adapun kandungan warna yang terdapat dalam limbah cair batik Nakula Sadewa ini terdiri dari bahan sintetis dan bahan alami. Zat warna alami yang

dipakai yaitu seperti zat warna jenis indigofera dan zat warna sintetis yang digunakan adalah azo atau biasa disebut naphtol. Zat warna naphtol adalah zat warna yang tidak larut dalam air, yang terdiri dari dua komponen yaitu naphtol dan garam diazonium.

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pengambilan sampel setiap hari dari hari pertama sampai hari kesepuluh, maka dapat disajikan dalam bentuk data seperti yang terdapat pada tabel 4.2. Pada tabel tersebut dapat dilihat terjadinya penurunan dan kenaikan konsentrasi parameter warna. Adapun rata-rata data hasil penelitian, ternyata terjadi penurunan konsentrasi parameter warna hingga 3.628% dari konsentrasi inlet 311.481 PtCo dan konsentrasi outlet 296.208 mg/L.

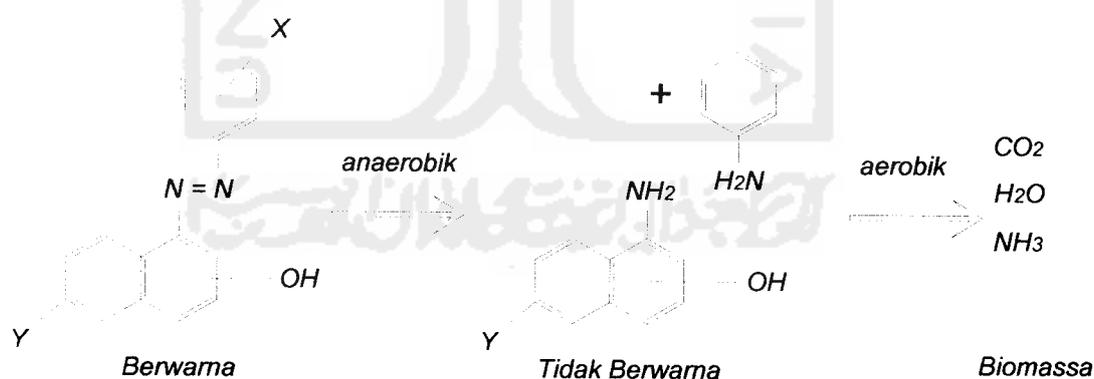
Tidak stabilnya perubahan konsentrasi warna ini dapat disebabkan oleh zat warna yang digunakan oleh industri batik lebih banyak menggunakan pewarna dari bahan sintetik sehingga proses transfer udara tidak mampu untuk memecah ikatan zat warna yang ada dalam limbah batik tersebut. Karena zat warna sintetik hanya dapat diuraikan dengan melakukan penambahan zat kimia lain yang dapat mendegradable zat warna tersebut.

Hampir semua zat warna yang digunakan dalam industri batik merupakan zat warna sintetik, karena zat warna jenis ini mudah diperoleh dengan komposisi yang tetap, mempunyai aneka warna yang banyak, mudah cara pemakaiannya dan harganya relatif murah. Berdasarkan struktur kimia, zat warna azo menduduki nomor teratas sebagai zat warna yang paling banyak digunakan dalam industri (Heaton, 1994). Zat warna azo mempunyai sistem kromofor bergugus azo ($-N=N-$) yang berikatan dengan gugus aromatik.

Untuk penghilangan warna yang berasal dari bahan organik dapat dilakukan dengan pengolahan secara anaerobik-aerobik. Karena pada penelitian yang dilakukan kali ini merupakan perpaduan dari reaktor anaerobik-aerobik, sehingga degradasi zat warna limbah batik Nakula Sadewa ini berjalan dengan baik. Dapat dilihat bahwa efisiensi dari degradasi warna secara aerobik mampu mencapai hingga 34.469%.

Brohm dan Frowein (1937), menyatakan biodegradasi senyawa azo dapat terjadi dalam sistem anaerob dan aerob. Tahap pertama degradasi adalah pembelahan kelompok azo pada kondisi anaerob, sehingga terjadi penghilangan warna. Tahap kedua pada kondisi aerob, senyawa aromatik sederhana dapat didegradasi melalui *hydroxylation* dan membuka cincin. Tahap ini dilakukan untuk mendekomposisi lebih lanjut kemungkinan amina aromatik yang bersifat racun dan karsinogenik. Proses ini dapat dilihat pada gambar 4.3.

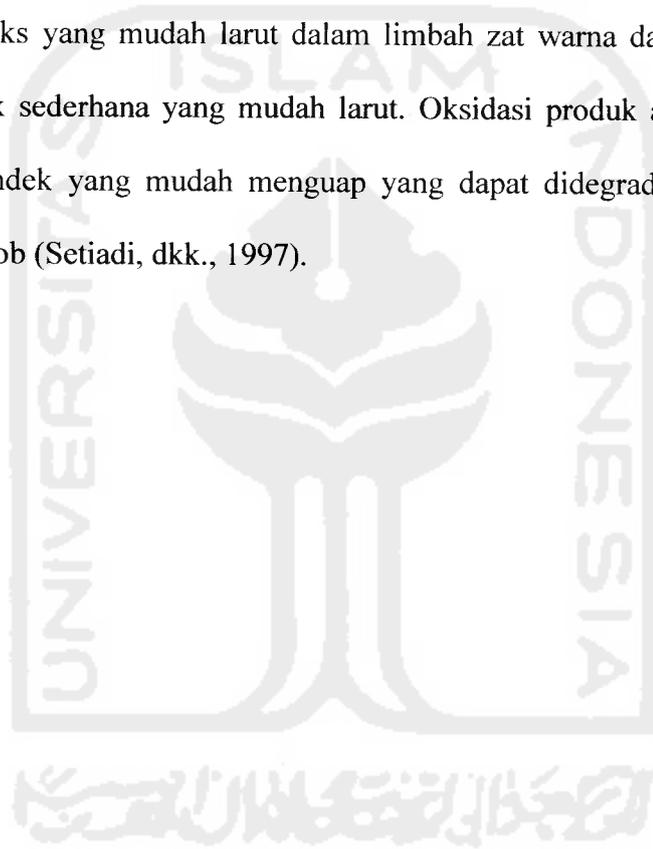
X dan Y adalah variasi (COOH atau SO₃H₂H)

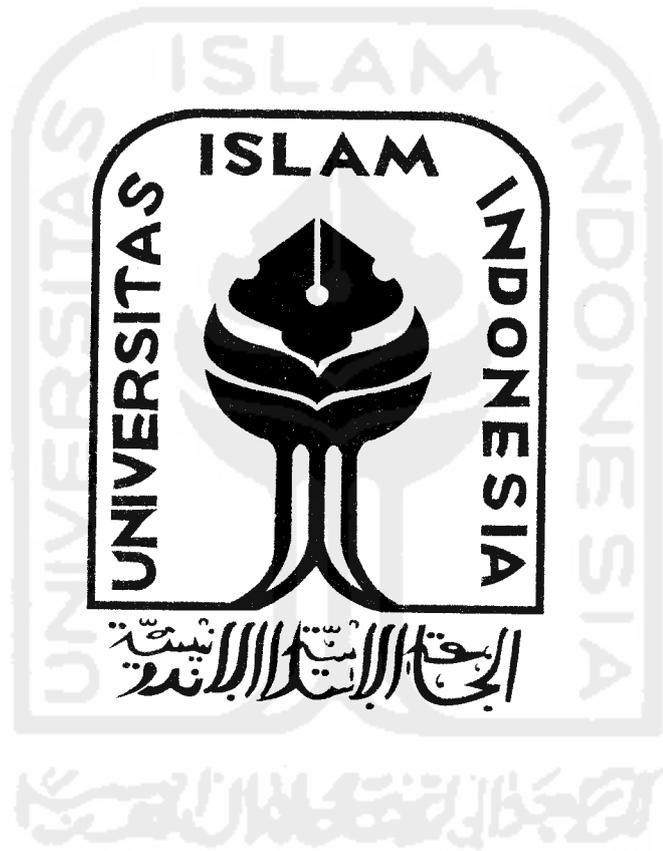


Gambar 4.3 Biodegradasi Zat Warna Azo Dengan Proses Anaerob dan Aerob

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Batthacarya (1990), perombakan warna pada pengolahan anaerob dapat dilakukan pada kondisi pH 6-7 dan pada temperatur 45 °C.

Pada tahap anaerob tidak hanya warna yang dapat dihilangkan, tetapi juga bahan yang sulit diuraikan secara biologi dapat didegradasi menjadi bahan yang mudah diuraikan secara biologi. Beberapa organik yang tidak mudah larut dan organik kompleks yang mudah larut dalam limbah zat warna dapat didegradasi menjadi organik sederhana yang mudah larut. Oksidasi produk akhirnya adalah asam rantai pendek yang mudah menguap yang dapat didegradasi lebih lanjut dalam tahap aerob (Setiadi, dkk., 1997).





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Reaktor Roughing Filter secara rata-rata mampu menurunkan konsentrasi parameter COD hingga 3.077% dari konsentrasi inlet 1034.105 mg/L dan konsentrasi outlet 998.750 mg/L. Dan rata-rata mampu menurunkan konsentrasi parameter warna sebesar 3.628% dari konsentrasi inlet 311.481 PtCo dan konsentrasi outlet 296.208 mg/L. Kedua parameter tersebut masih berada di atas baku mutu Kep. Gubernur Kepala DIY no : 281/kpts/1998.
2. Setelah dilakukan uji data statistik menggunakan ANOVA, hasil yang didapat menunjukkan bahwa tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada konsentrasi COD dan warna antara konsentrasi inlet dan outletnya.
3. Penurunan konsentrasi COD dapat disebabkan oleh kemampuan dari kerikil yang digunakan sebagai media filtrasi dalam menyaring zat-zat yang lewat, sehingga dapat memungkinkan pengendapan COD yang bersifat *soluble* atau COD yang jika pada proses pengendapan CODs juga akan mengendap.
4. Tidak signifikannya penurunan konsentrasi COD disebabkan karena Penurunan konsentrasi COD yang tidak signifikan disebabkan karena terjadinya penyumbatan atau *clogging* di dalam reaktor yang dapat

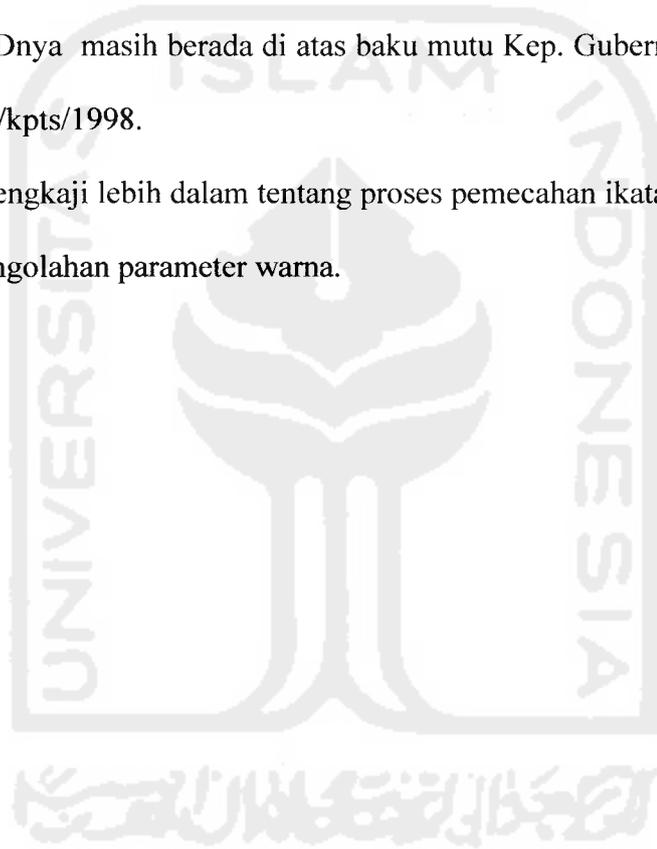
5. mengakibatkan terakumulasinya bahan organik di dalam reaktor, sehingga akan mempercepat laju aliran limbah sampai ke outlet reaktor. Maka akan mengakibatkan kurangnya waktu tinggal air buangan di reaktor. Sehingga reaktor aerobik Roughing Filter tidak mampu mengolah air limbah secara optimum.

5. Tidak stabilnya perubahan konsentrasi warna dapat disebabkan oleh zat warna yang digunakan oleh industri batik lebih banyak menggunakan pewarna dari bahan sintetik sehingga proses transfer udara tidak mampu untuk memecah ikatan zat warna yang ada dalam limbah batik tersebut. Karena zat warna sintetik hanya dapat diuraikan dengan melakukan penambahan zat kimia lain yang dapat mendegradable zat warna tersebut.
6. Pada pengolahan secara anaerob beberapa organik yang tidak mudah larut dan organik kompleks yang mudah larut dalam limbah zat warna dapat didegradasi menjadi organik sederhana yang mudah larut. Sehingga pada tahap aerob, terjadi oksidasi produk akhir, yaitu asam rantai pendek yang mudah menguap dan dapat didegradasi dengan cara penguapan.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian, terdapat adanya beberapa kekurangan, sehingga penulis mengungkapkan beberapa saran sebagai bahan perbaikan di penelitian yang akan datang, yaitu sebagai berikut:

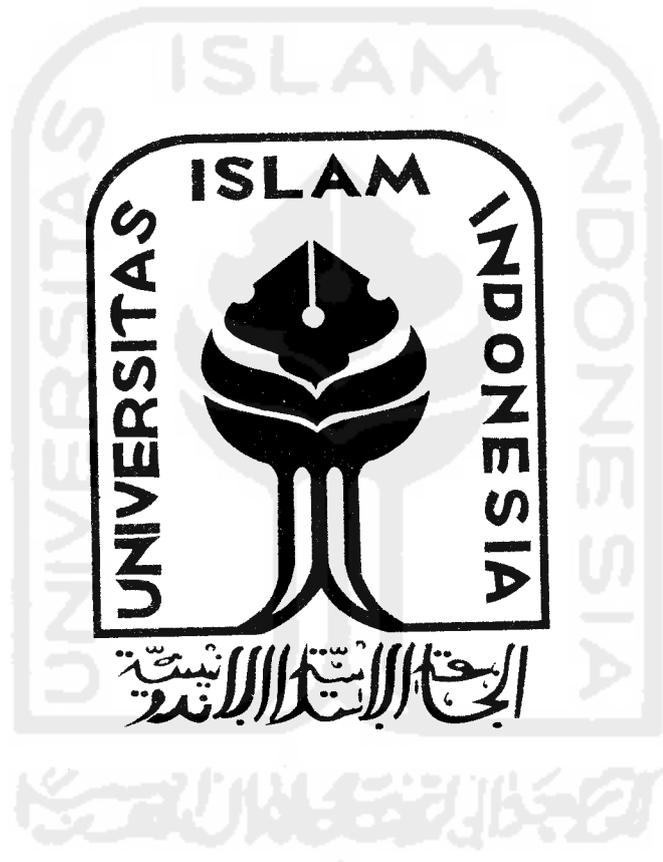
1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai Roughing Filter secara aerobic karena hasil pengolahan limbah pada penelitian ini, kadar warna dan CODnya masih berada di atas baku mutu Kep. Gubernur Kepala DIY no : 281/kpts/1998.
2. Perlu mengkaji lebih dalam tentang proses pemecahan ikatan rantai karbon pada pengolahan parameter warna.



DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., Santika, S. S. 1984. *Metoda Penelitian Air, Usaha Nasional*, Surabaya.
- Anjarwani, Dian, 2006, *Penurunan TSS, Amoniak Dan Nitrat Pada Limbah Domestik Dengan Menggunakan Reaktor Anaerobik Roughing Filter Aliran Horizontal*, TL UII, Jogjakarta.
- Anonim, 1991. *Kumpulan SNI Kualitas Air*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1997, *Perencanaan Teknik Pengelolaan Pencemaran Industri Skala Kecil Sentra Batik DIY*, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan dan Batik.
- Anonim, 2005, *Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater 6th Edition*, American Public Health Association, Washington.
- Anonim, 2005, *Slow Sand Filters, Iron Removing Filters, Roughing Filters, Blue Future Filters, Inc.*, www.bluefuturefilters.com
- Anonim, 2005, *Components Of a Rainwater Harvesting System*, Rainwaterharvesting.org, www.rainwaterharvesting.com.
- Anonim, *Anvance Greywater Treatment and Roughing Filter*, www.greywater.com
- Bhattacharya S.K., dkk, 1990, *Fate and Effect of Azo Dye on an Anaerobic-aerobic System*, 44th Purdue Industrial Waste Conference Proceedings, Lewis Publishers Inc., Chelsea.
- Brown, Frowein, dikutip dari Zaoyan, Y., dkk, 1992, *Anaerobic-Aerobic Treatment of a Dye Wastewater by Combination of RBC with Activated Sludge*, *Wat. Sci. Tech.*
- Darsono, Valantinus Ms, Ir, 1995, *Pengantar Ilmu Lingkungan Edisi Revisi*, Universitas Atma Jaya, Jogjakarta.
- Eddy and Metcalf, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, McGraw-Hill Companies, America.
- Hammer J. M, 1977, *Water and Wastewater Technology*, John Wiley and Sons, Newyork.
- Jenie dan Rahayu, 1993, *Penanganan Limbah Industri Pangan*, Kanisius, Jogjakarta.

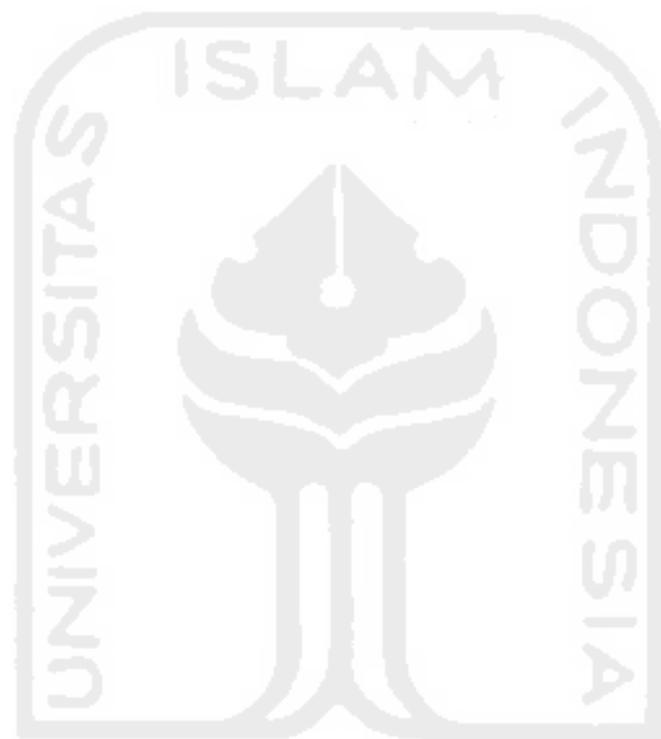
- Mahida, U.N, 1984. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri, Rajawali, Jakarta.
- Price, Elizabeth and Cheremisinoff, Asis, 1981, Teknik Pengelolaan Air Buangan Industri, Himpunan Karya Ilmiah Dibidang Perkotaan dan Lingkungan, KPPL, Jakarta.
- Rahayu, Bekti Budhy, 1997, Pengolahan Air Buangan Industri Tekstil Pada PT. Tyfountex Indonesia Sukoharjo Surakarta Dengan Berbagai Variasi Debit Pada Sistem Roughing Filter Untuk Menurunkan Kadar BOD, COD dan Suspended Solid, STTL, Jogjakarta.
- Rooklidge, Stephen. J, dkk, Clay Removal In Balastic and Limestone Horizontal Roughing Filter, Notre Dame, USA, www.elsevier.com/locate/aer.
- Sawyer, Clair N, dkk, 1994, Chemistry for Environmental Engineering, Mc Graw Hill International Edition, Mc Graw Hill Inc.
- Setiadi, Tjandra, dkk, 1997, Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Yang Mengandung Zat Warna Azo Reaktif Dengan Proses Gabungan Anaerob Dan Aerob, ITB, Bandung.
- Sugiharto, 1987, Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah, Universitas Press, Jakarta.
- Suprpto, Hendri, 2000, Penggunaan Zat Pewarna Alami Untuk Batik, Kimia Tekstil, UII, Jogjakarta.
- Wegelin, Martin, 1996, Surface Water Treatment by Roughing Filters, SKAT, Duebendorf.



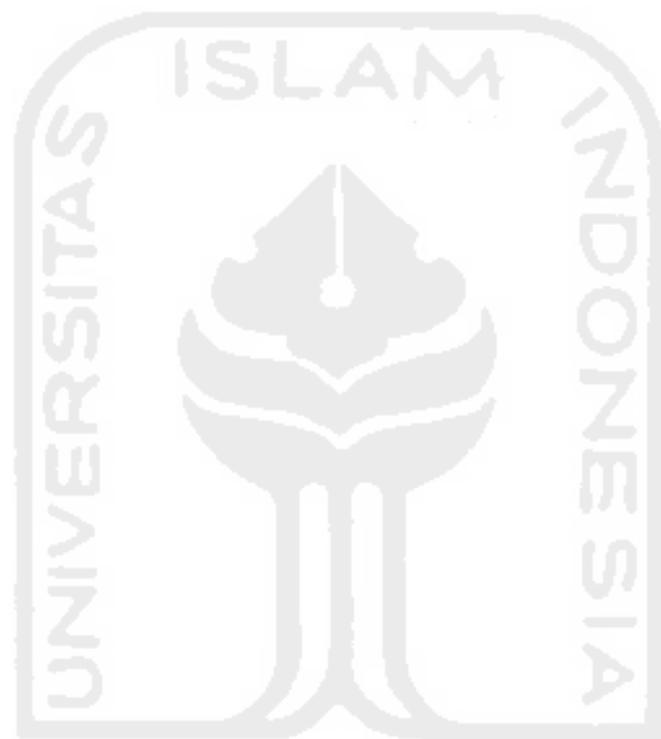
LAMPIRAN A

DATA HASIL PEMERIKSAAN COD :





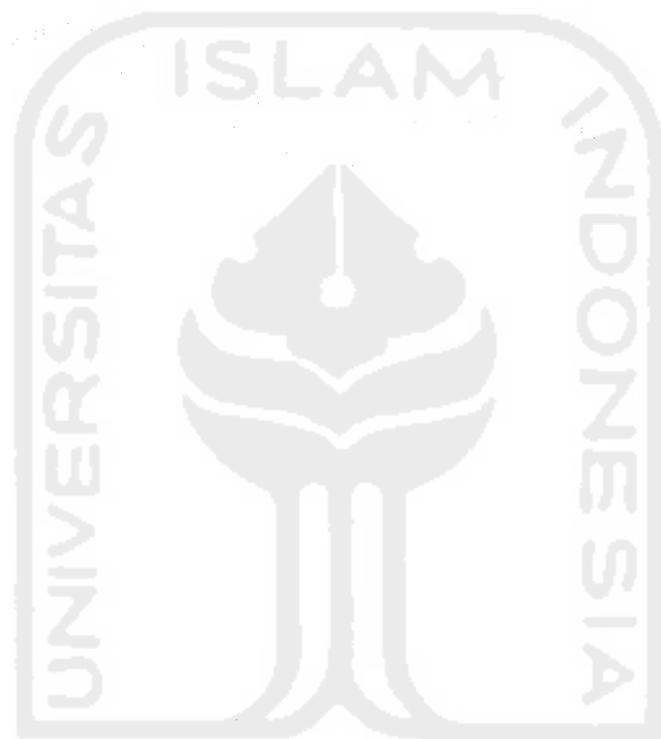
جامعة الإسلام في إندونيسيا



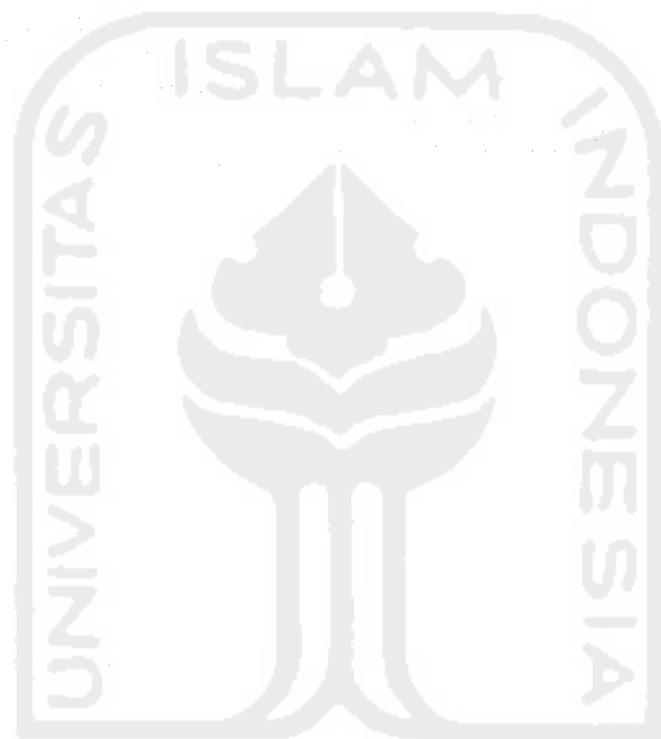
جامعة الإسلام في إندونيسيا

A
KS

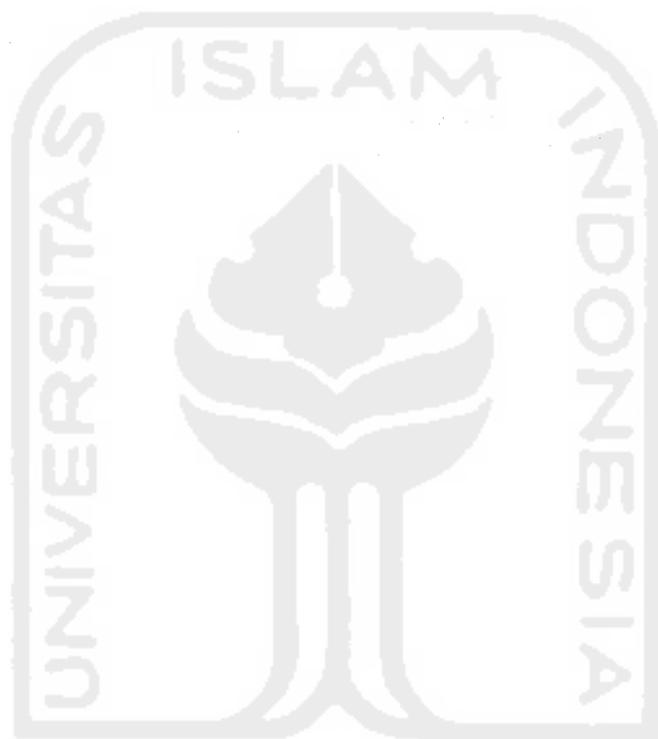




جامعة الإسلام في إندونيسيا



جامعة الإسلام في إندونيسيا

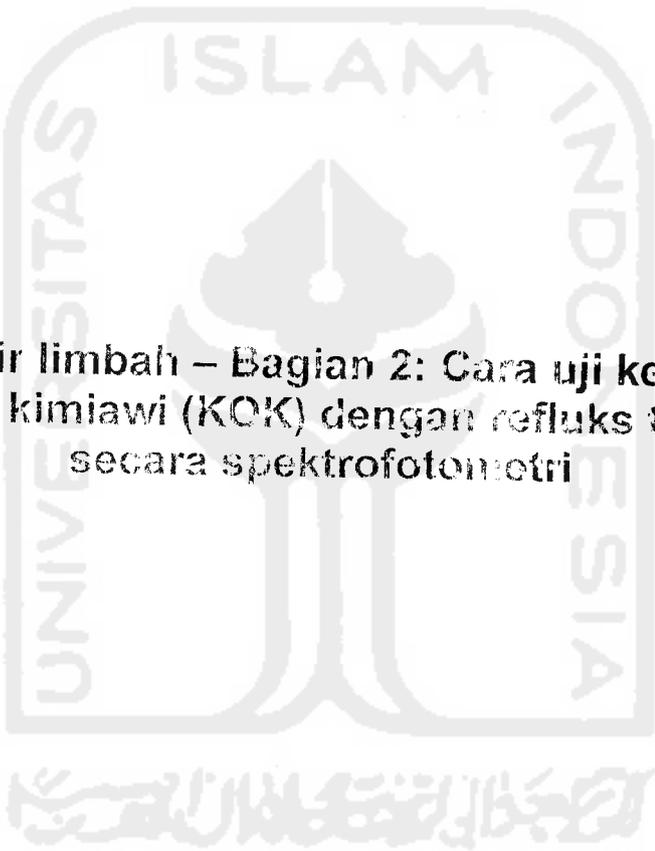


جامعة الإسلام في إندونيسيا



L
PR

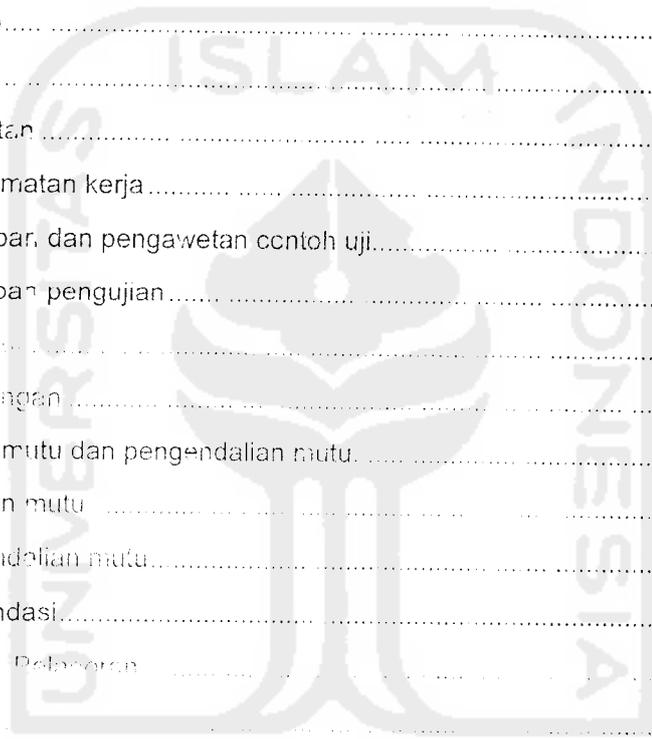




Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
1 Rentang lingkup	1
2 Informasi 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 Cara uji	4
3.8 Perhitungan	4
4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu	4
4.1 Jaminan mutu	4
4.2 Pengendalian mutu	6
5 Rekomendasi	6
Lampiran A – Definisi	7
Lampiran B – Definisi	7



 UIN AR-RANIRY

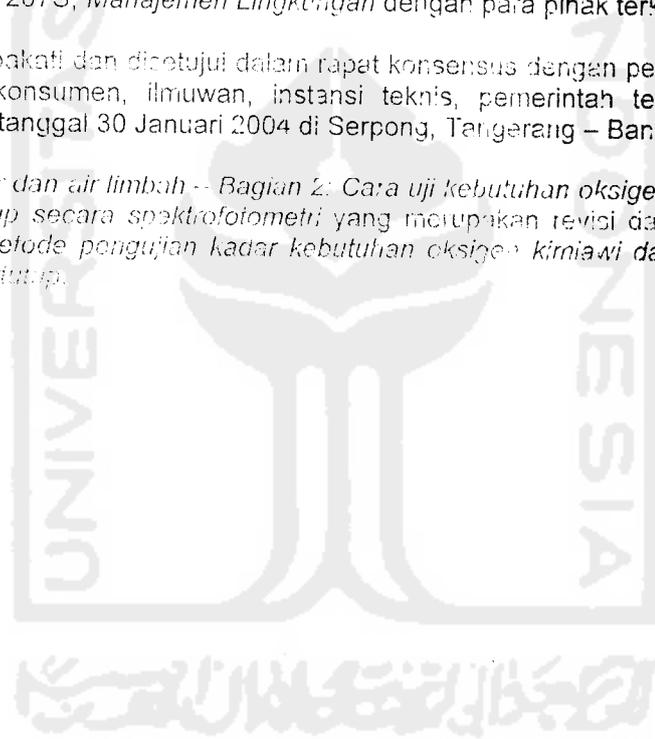
Prakata

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 refleks tertutup secara spektrofotometri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2504-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air dengan klangan alat refleks 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 bebas

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

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

standar

substansi yang mempunyai nilai in 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 $\text{NO}_2^- \text{N}$ yang ada dalam contoh uji.
- f) Larutan standar kalium hidrogen phtalat, $\text{HOOC}_6\text{H}_4\text{COOK}$ (KHP).
 Serus 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.

2,53 → Ag_2SO_4

2,50 → H_2SO_4

3.3 Peralatan

- spektrofotometer sinar tampak;
- kuvet;
- 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 (diameter 19 mm sampai dengan 20 mm);
- pemanas dengan lubang-lubang penyangga tabung;
- mikroburet;
- labu ukur 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL dan 1000 mL;
- pipet volum 5 mL, 10 mL, 15 mL, 20 mL dan 25 mL;
- gelas, plat; dan
- timbangan analitik.

3.4 Keselamatan kerja

Perhatikan selalu prosedur keselamatan kerja dan sarung tangan untuk melindungi dari panas dan kemungkinan ledakan tinggi pada suhu 150°C.

3.5 Perolehan dan pengawetan contoh uji

3.5.1 Persiapan contoh uji

- Homogenkan contoh uji.
- Cuci tabung refluks dan tutupnya dengan H_2SO_4 20% sebelum digunakan.
- 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

- Tutup tabung dan kocok perlahan sampai homogen.
- 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 H_2SO_4 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

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

3.7 Prosedur

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

3.8 Perhitungan

Nilai KOK adalah mg/L O₂

- Masukkan pembacaan absorbansi contoh uji ke dalam kurva kalibrasi

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

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

4.2 Pengendalian mutu

- Linieritas kurva kalibrasi (r) harus lebih besar atau sama dengan 0,995.
- Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan organik (nilai KOK) dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- 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:

- Analisis SRM.
- Lakukan analisis SRM (*Standard Reference Material*) untuk kontrol akurasi.
- Analisis blind sample.
- Kisaran persen temu balik adalah 85% sampai dengan 115% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat CRM.
- 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)



LAMPIRAN D

PROSEDUR KERJA SNI UNTUK PEMERIKSAAN WARNA

(Metode Pengujian Kualitas Fisika Air

SK SNI M-03-1989-F) :

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

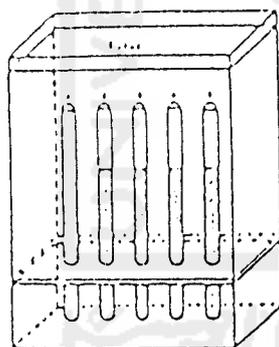
Bahan yang digunakan ialah :

- 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;



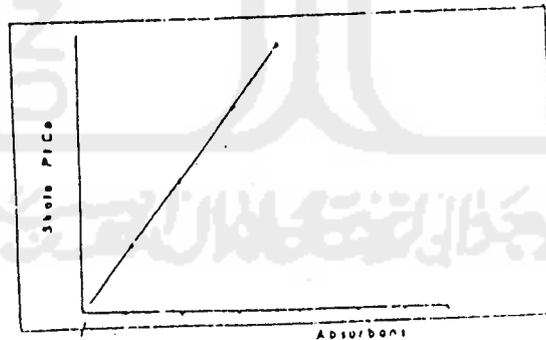
1. Tabung kosong untuk contoh
- 2, 3, 4, 5 Tabung standar warna
- Ø Dalam = 20 mm
- Ø Luar = 24 mm
- l (Tinggi) = 375 mm
- V (Volume) = 100 ml

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

Ikhtwal 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;

LAMPIRAN E

**PROSEDUR KERJA ANALISA COD
DENGAN UJI ANOVA :**

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Prosedur Kerja Analisa COD Dengan Uji Anova :

Langkah 1 : membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

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

H_o : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa COD inlet dan outlet

Langkah 2 : membuat H_a dan H_o dalam bentuk statistik

H_a : $A_1 \neq A_2 = A_3$

H_o : $A_1 = A_2 = A_3$

Langkah 3 : membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

Hari ke	A1 (mg/L)	A2 (mg/L)	A3 (mg/L)	
1a	1193.735	1166.265	1133.708	
1b	1148.969	1121.499	1198.822	
2a	1203.400	1151.513	1152.530	
2b	1297.510	1151.513	1174.404	
3a	654.003	1033.494	778.635	
3b	817.805	665.703	757.269	
4a	755.234	720.643	676.894	
4b	1122.517	900.214	810.174	
5a	1374.833	1137.778	1110.308	
5b	1406.881	1292.423	1194.752	
Statistik				total T
n	10	10	10	30
$\sum X$	10974.887	10341.045	9987.496	31303.428
$\sum(X^2)$	12673264.451	11075776.335	10384530.569	34133571
Xrata2	1097.4887	1034.1045	998.7496	3130.3428
$(\sum X)^2/n_{A1}$	12044814.5	10693721.17	9975007.64	32713543
(s)	264.2494581	206.0353708	213.313263	683.59809
(S)	69827.77613	42450.57401	45502.54817	157780.9

Langkah 4 :

mencari jumlah kuadrat antar group (JK_A) dengan rumus :

$$JK_A = \sum \frac{(\sum A)^2}{n_A} - \frac{(\sum T)^2}{N} = 50056.45211$$

Langkah 5 :

mencari derajat kebebasan antar group (dk_A) dengan rumus :

$$Dka = A - 1; 3 - 1 = 2$$

Langkah 6 :

mencari kuadrat rerata antar group (K_{ra}) dengan rumus :

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = 25028.226$$

Langkah 7 :

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JK_D) dengan rumus :

$$JK_D = \sum X_T^2 - \sum \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} = 1420028.085$$

Langkah 8 :

mencari derajat kebebasan dalam antar group (DK_D)

$$dk_D = N - A; 30 - 3 = 27$$

Langkah 9 :

mencari kuadrat rerata dalam antar group (K_{R_D})

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = 52593.63277$$

Langkah 10 :

mencari nilai Fhitung dengan rumus :

$$F_{hitung} = \frac{KR_A}{KR_D} = 0.47587939$$

Langkah 11 :

menentukan kaidah pengujian

Jika $F_{hitung} \geq F_{tabel}$, maka tolak H_0 artinya ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa COD inlet dan outlet

Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa COD inlet dan outlet

Langkah 12 :

mencari F_{tabel} dengan rumus :

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

$$F_{tabel} = F (1 - 0,05) (2,27)$$

$$F_{tabel} = F (0,95) (2, 27)$$

$$F_{tabel} = 3.354131$$

Langkah 13 :

membandingkan Fhitung dengan Ftabel

$$F_{hitung} \leq F_{tabel} = 0.47587939 \leq 3.354131$$

Langkah 14 :

Menyimpulkan ternyata $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka terima H_0 artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa COD inlet dan outlet

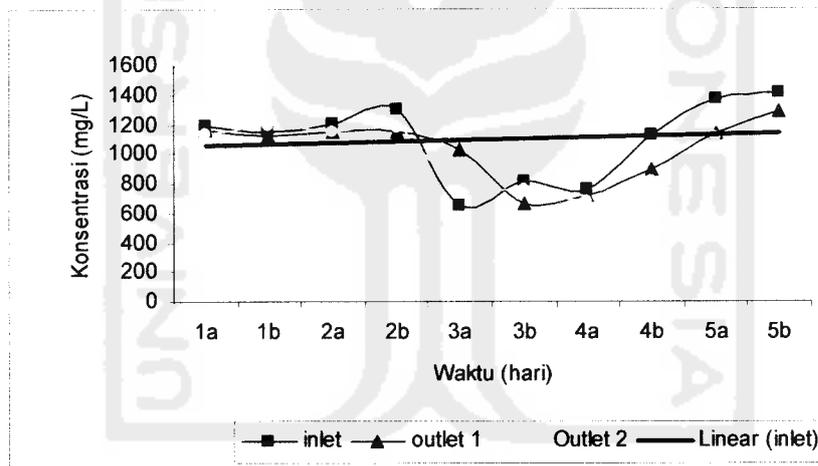
Tabel Ringkasan Anova Satu Jalur Parameter COD

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	10	10974.89	1097.4887	69827.78
Column 2	10	10341.05	1034.1045	42450.57
Column 3	10	9987.496	998.7496	45502.55

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	50056.4521	2	25028.2261	0.475879	0.62645146	3.354131
Within Groups	1420028.08	27	52593.6328			
Total	1470084.54	29				

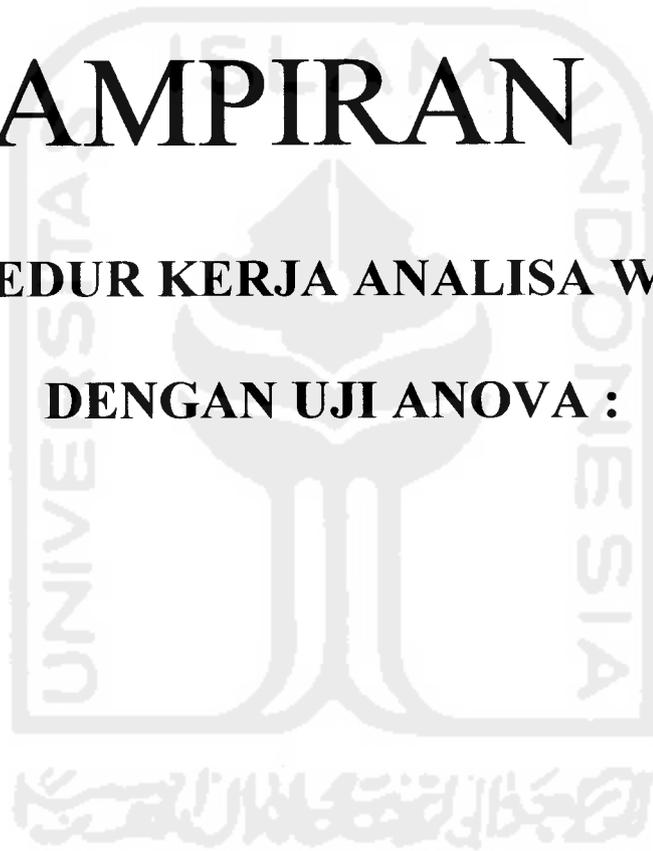


Gambar Garis Regresi Pada Parameter COD

LAMPIRAN F

PROSEDUR KERJA ANALISA WARNA

DENGAN UJI ANOVA :



Prosedur Kerja Analisa Warna Dengan Uji Anova :

Langkah 1 : membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat

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

H_o : tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil analisa warna inlet dan outlet

Langkah 2 : membuat H_a dan H_o dalam bentuk statistik

H_a : $A_1 \neq A_2 = A_3$

H_o : $A_1 = A_2 = A_3$



Langkah 3 : membuat tabel penolong untuk menghitung angka statistik

Hari ke	A1 (mg/L)	A2 (mg/L)	A3 (mg/L)	
1a	345.611	355.374	350.066	
1b	373.621	367.318	359.403	
2a	345.422	358.028	357.081	
2b	360.114	371.393	363.763	
3a	343.905	346.417	358.218	
3b	282.246	309.877	331.109	
4a	283.336	267.223	266.038	
4b	169.545	221.204	263.100	
5a	177.934	189.924	177.270	
5b	199.972	180.066	179.592	
6a	210.303	202.483	192.009	
6b	230.114	211.441	193.336	
7a	187.981	186.986	187.507	
7b	219.071	216.464	207.791	
8a	209.545	232.626	195.280	
8b	251.820	245.991	268.976	
9a	476.464	311.062	256.891	
9b	576.986	422.009	324.379	
10a	770.635	583.953	472.057	
10b	805.848	649.782	620.303	
Statistik				total T
n	20	20	20	60
$\sum X$	6820.473	6229.621	5924.169	18974.263
$\sum(X^2)$	2977676.898	2252415.162	1995069.105	7225161.165
Xrata2	341.02365	311.48105	296.20845	948.713
$(\sum X)^2/n_A$	2325942.597	1940408.89	1754788.917	6021140.404
(s)	185.2074656	128.145943	112.4558833	425.809
(S)	34301.80531	16421.38271	12646.32568	63369.514

Langkah 4 :

mencari jumlah kuadrat antar group (JKA) dengan rumus :

$$JK_A = \sum \frac{(\sum A)^2}{n_A} - \frac{(\sum T)^2}{N} = 20762.8$$

Langkah 5 :

mencari derajat kebebasan antar group (dkA) dengan rumus :

$$Dka = A - 1; 3 - 1 = 2$$

Langkah 6 :

mencari kuadrat rerata antar group (Kra) dengan rumus :

$$KR_A = \frac{JK_A}{dk_A} = 10381.4$$

Langkah 7 :

mencari jumlah kuadrat dalam antar group (JKD) dengan rumus :

$$JK_D = \sum X_T^2 - \frac{(\sum X_A)^2}{n_A} = 1204020.760$$

Langkah 8 :

mencari derajat kebebasan dalam antar group (DKD)

$$dk_D = N - A; 60 - 3 = 57$$

Langkah 9 :

mencari kuadrat rerata dalam antar group (KR_D)

$$KR_D = \frac{JK_D}{dk_D} = 21123.17123$$

Langkah 10 :

mencari nilai Fhitung dengan rumus :

$$Fhitung = \frac{KR_A}{KR_D} = 0.491469714$$

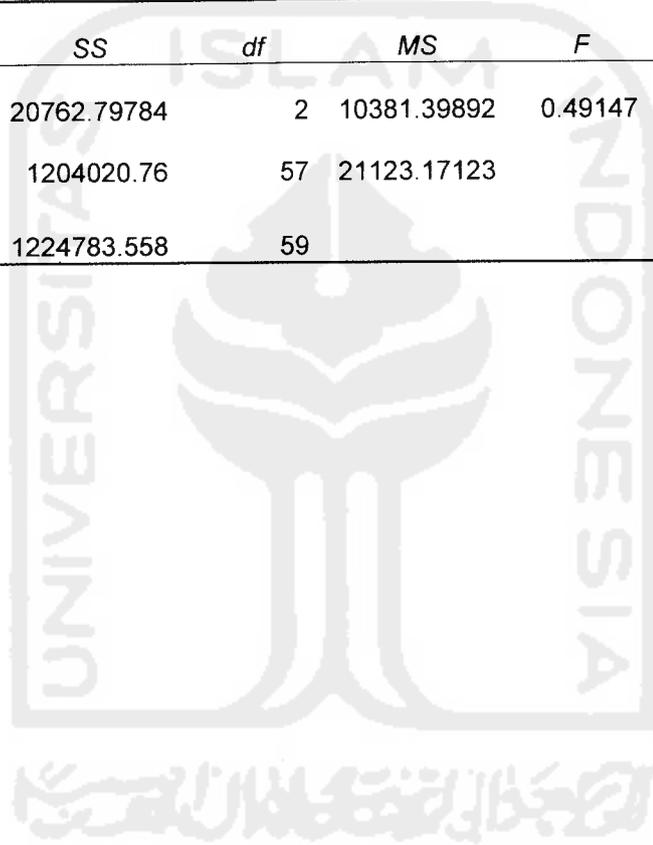
Tabel Ringkasan Anova Satu Jalur Parameter Warna

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Column 1	20	6820.473	341.02365	34301.81
Column 2	20	6229.621	311.48105	16421.38
Column 3	20	5924.169	296.20845	12646.33

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	20762.79784	2	10381.39892	0.49147	0.61429487	3.158843
Within Groups	1204020.76	57	21123.17123			
Total	1224783.558	59				





LAMPIRAN G

Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri
Di Propinsi DIY

LAMPIRAN 2.15

KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR : 201/KPTS/1998

TENTANG
BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN INDUSTRI
DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI KERTAS

PARAMETER	SATUAN	Batas Maksimum
BOD	mg/l	50
COD	mg/l	100
TSS	mg/l	200
Minyak dan lemak	mg/l	5
pH	6,0 - 9,0	

Yogyakarta, 10 NOPEMBER 1998

GUBERNUR

KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA



[Handwritten signature]
YOGYAKARTA BANGKU BUWONO X L

LAMPIRAN H

DOKUMENTASI





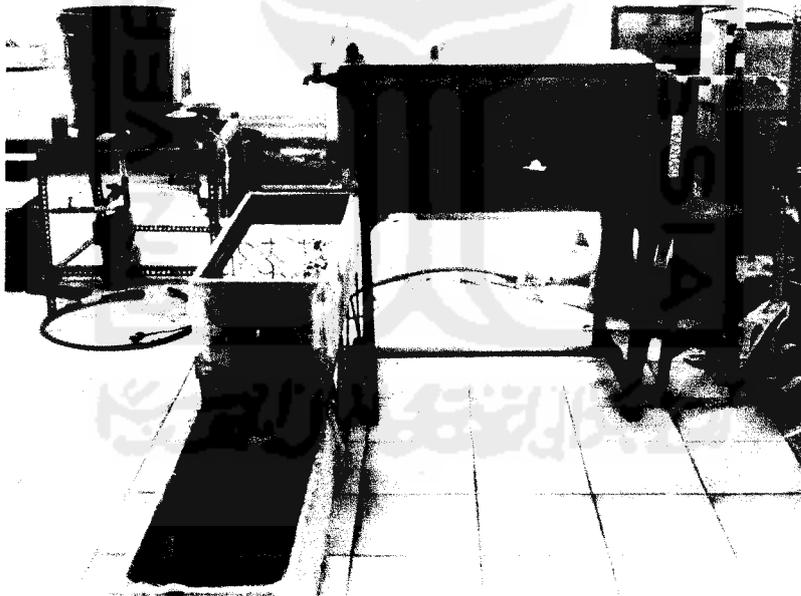
Gambar 1 Proses Pencelupan Warna Pada Industri Batik



Gambar 2 Limbah Hasil Industri Batik Nakula Sadewa



Gambar 3 Hasil Dari Tampungan Limbah



Gambar 4 Rangkaian Reaktor Anaerobic-Aerobic RF



Gambar 5 Pengambilan Sampel Pada Inlet (Outlet Anaerobic RF)



Gambar 6 Pengambilan Sampel Pada Outlet Reaktor I



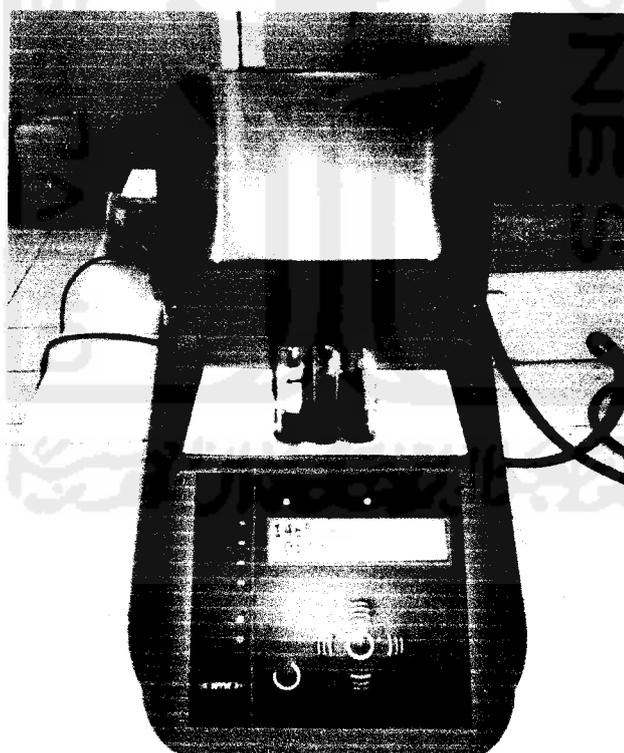
Gambar 7 Pengambilan Sampel Pada Outlet Reaktor II



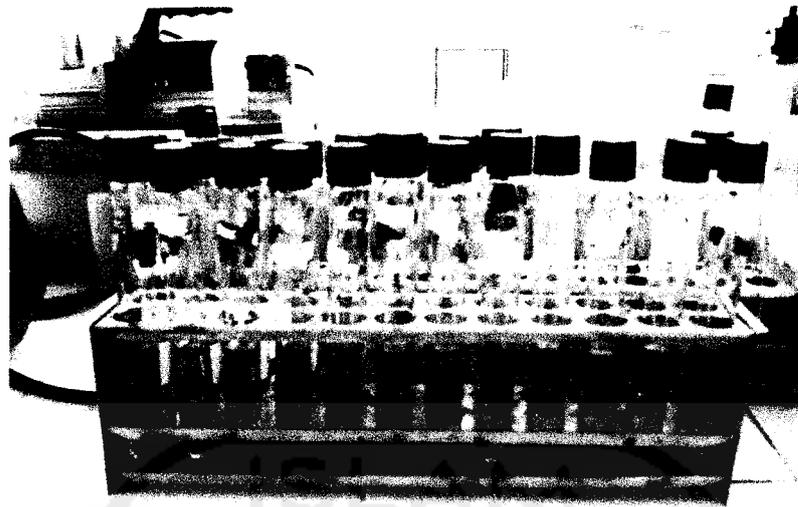
Gambar 8 Pengawetan Sampel COD



Gambar 9 Pengecekan pH <math>< 2</math> Pada Pengawetan Sampel COD



Gambar 10 Pemanasan Sampel COD Pada Termoreaktor



Gambar 11 Hasil Pemanasan Sampel COD



Gambar 12 Pemeriksaan Spektrofotometri Sampel COD dan Warna