

No : TA/TL/2007/0169

PERPUSTAKAAN FTSP UIN
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 15 Mei 2007
NO. JUDUL : 00 24 40
NO. INV. : 0200024 40 001
NO. INDUK. :

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN BIJI KELOR SEBAGAI KOAGULAN UNTUK MENURUNKAN KADAR WARNA DAN KEKERUHAN PADA LIMBAH BATIK NAKULA SADEWA

Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi persyaratan
guna memperoleh derajat Sarjana Strata - 1 Teknik Lingkungan



Disusun oleh :

Nama : Mulyanto

No. Mahasiswa : 02513090

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2007



HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**“PEMANFAATAN BIJI KELOR SEBAGAI KOAGULAN
UNTUK MENURUNKAN KADAR WARNA DAN KEKERUHAN
PADA LIMBAH BATIK NAKULA SADEWA ”**

Nama : Mulyanto
No. Mahasiswa : 02 513 090
Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I
Luqman Hakim ST, Msi

Tanggal :

Dosen Pembimbing II
Hudori, ST.

Tanggal : 26 Februari 2007

Motto

*ALLAH TIDAK AKAN MEMBEBANI SESEORANG KECEUALI
SEPADAN DENGAN KEMAMPUANNYA*

(AL-BAQARAH 2:286)

*Berjalan di titian kodrat
(apa yang harus kita katakan)
Jika berharap dia menentukan
(Fatin Hamama)*

*“ Jadikanlah Sabar dan Sholat Sebagai Penolongmu. Dan Sesungguhnya
Yang Demikian Itu Sungguh Berat, Kecuali Bagi Orang-Orang Yang
Khusyu”*

(QS. AL Baqarah :45)

*Setinggi - tingginya Burung Terbang
Masih Tinggi Pesawat Terbang
(Sembul)*

*Air mata adalah ungkapan cinta yang ditujukan untuk orang lain
Sedangkan tawa adalah ungkapan kegembiraan seseorang
Yang tenggelam dalam egonya sendiri
(Anonimus)*

PERSEMBAHAN

Sebuah karya kecil sebagai ungkapan cinta, hormat dan baktiku bagi orang-orang tercinta, dengan kerendahan hati karya ini kupersembahkan untuk:

Kedua Orang Tuaku untuk Kasih Sayang, Tetesan Keringat, Air Mata, Lantunan Doa, Perih Hati, dan Segalanya yang tidak akan pernah habis untuk ananda sebutkan.....kupersembahkan tetesan tinta ini untuk papa dan mama tercinta I love u.....

*Ade'ku yang selalu menjadi mottivasiku untuk menjadi terbaik dan bertahan menghadapi cobaan hidup
Thank's ya....*

Ndu'ku, berkat kamu aku jadi bisa lebih dewasa....berkat dukungan dan doronganmu, menjadi motivasi "mas" bias menyelesaikan karya kecil ini

*Thank's "Nduk"
Mis u honay.....*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alakum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**PEMANFAATAN BIJI KELOR SEBAGAI KOAGULAN UNTUK MENURUNKAN KADAR WARNA DAN KEKERUHAN PADA LIMBAH BATIK NAKULA SADEWA**”.

Tugas akhir ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan – Universitas Islam Indonesia.

Dalam rangka penyusunan tugas akhir ini, tak lepas dari bantuan berbagai pihak baik yang berupa material maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak **Luqman Hakim, ST, Msi** selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, dan juga selaku Dosen pembimbing I yang banyak memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir ini dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. bapak **Hudori, ST** selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi penulis banyak masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak **Eko Siswoyo, ST** selaku Sekertaris Jurusan Teknik Lingkungan
4. Buat **bapak, ibu** dan **adekku** makasih banyak atas doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan TA dengan lancar.
5. **Patner penelitian** ayo semangat.....kita jangan mo kalah kita bikin penelitian yang lebih baik lagi dari yang lain.
6. **Mas Iwan**, Labornya Teknik Lingkungan. Makasih banyak yah mas atas bantuannya selama ngeLab meskipun mas susah banget di temui maklum kok sibuk.

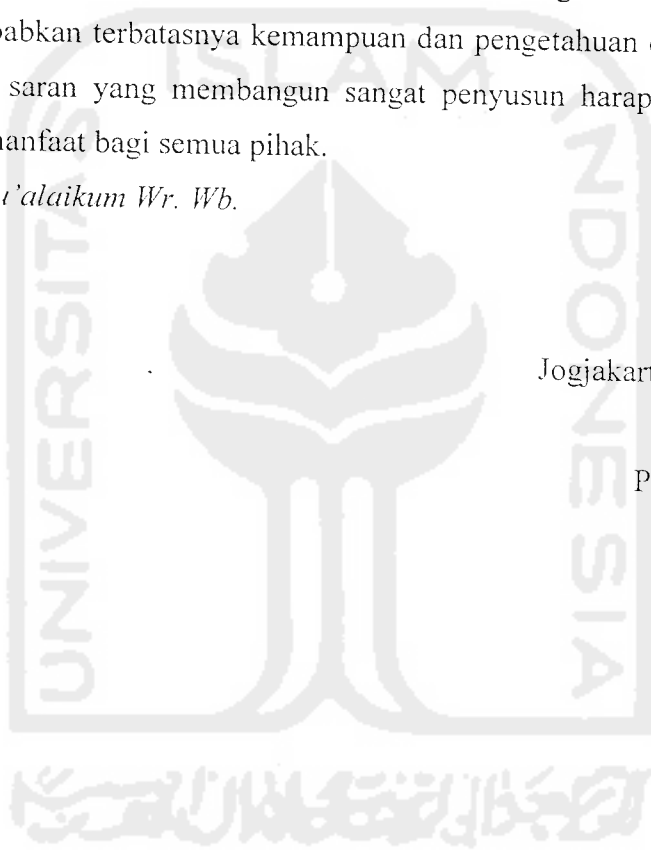
7. **Maz Agus** maaf klo sering bikin repot mas di jurusan thanx buanget buat bantuannya selama di Teknik Lingkungan.
8. Buat **nduk** jangan malez makan n jangan suka nakal..
9. Buat ibu kos en bapak kos yang dah baik ma aku.
10. Buat temen –temen kos yang membantu en selalu bikin aku ketawa..’
11. dan semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini mungkin masih banyak kekurangan yang disebabkan terbatasnya kemampuan dan pengetahuan dari penyusun. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Jogjakarta, Februari 2007

Penyusun



ABSTRAK

Batik merupakan sektor andalan yang dapat meningkatkan pendapatan asli Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah terkenal baik yaitu nasional maupun internasional. Namun banyaknya produsen batik baik yang besar maupun yang berskala rumah tangga memunculkan masalah sosial lain, yaitu melimpahnya produksi limbah. Limbah usaha kerajinan batik sebagian besar dalam bentuk cair yang sebagian besar dihasilkan dari proses pembilasan/pencucian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas koagulan biji kelor dalam menurunkan kadar kekeruhan dan warna pada limbah batik Nakula Sadewa.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan biji kelor sebagai zat koagulan pada proses koagulasi-flokulasi. Optimalisasi variasi dosis koagulan dilakukan dengan Jar test dengan variasi dosis 4 gr/l, 8 gr/l, 12 gr/l, 16 gr/l dan 20 gr/l. Variasi kecepatan pengadukan yang digunakan yaitu 120 rpm selama 1 menit untuk proses koagulasi dan 20 rpm selama 15 menit untuk flokulasi. Sedangkan pH optimum yang dipakai 10. Biji buah kelor (*Moringa oleifera*) mengandung zat aktif *rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate*, yang mampu mengadsorpsi dan menetralisasi partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah suspensi, dengan partikel kotoran melayang dalam air. Setelah jar test, sample didiamkan selama 1 jam supaya terjadi pengendapan. Analisa laboratorium untuk parameter kekeruhan mengacu pada SNI M-03-1989-F metode spektrofotometri dan warna yang mengacu pada SNI M-03-1989-F metode spektrofotometri serta memperhatikan nilai pH.

Berdasarkan analisa laboratorium menunjukkan terjadinya penurunan kadar kekeruhan dan warna pada limbah batik Nakula Sadewa. Dimana efisiensi penurunan dari kekeruhan dan warna tertinggi terjadi pada variasi dosis koagulan biji kelor 20 gr/l yaitu sebesar 96.230 % untuk parameter kekeruhan dan 94.725 % untuk parameter warna.

Kata kunci : Limbah batik, biji kelor, *Koagulasi-flokulasi*, pH optimum, adsorpsi, kekeruhan, warna.

ABSTRACT

Batik is the main sector which can increase the income in D.I. Yogyakarta which is famous either nationally or internationally. However, there are a lot of batik producers, either the big producers or home industry ones which create other social problems, in which there is the large amount of production waste. Most wastes from batik industry are in the form of liquid waste which comes from the wash off process. The objective of this research is to find out the affectivity of *Moringan aleifera* seed coagulant in decreasing the degree for turbidity and color in Nakula Sadewa Batik's waste.

This research is conducted by using *Moringan aleifera* seed as the coagulant and using coagulant-flocculation process. The optimum various coagulant dosage is done by jar test with the variation of 4gr/l, 8gr/l, 12gr/l, 16gr/l and 20gr/l. The variations of steering speed used in this research are 120 rpm for one minute in the coagulation process and 20 rpm for 15 minutes in the flocculation process. While the optimum pH used in this research is 10. *Moringan aleifera* seed contains active substance which is *rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate*, which can adsorb and neutralize mud and metal particles contained in the suspended liquid waste with pollutant particles fly beneath the water. After the jar test, sample is resided for 1 hour so that there is accumulation. The laboratory analysis for turbidity parameter refers to SNI M-03-1989-F spectrophotometer method and the color parameter refers to SNI M-03-1989-F spectrophotometer method which pays attention to the pH.

The result of laboratory analysis shows that there is a decrease of the degree of turbidity and color in Nakula Sadewa Batik's waste. The efficiency the highest decrease of turbidity and color is found in the variation dosage of 20 gr/l *Moringan aleifera* seed which is 96.230% for the turbidity parameter and 94.725 % for the color parameter.

Key words: Batik waste, *Moringan aleifera* seed, coagulation-flocculation, optimum pH, adsorption, turbidity, color.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
MOTTO	iii
PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAKSI	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Limbah Cair	5
2.2 Industri Tekstil dan Batik	6

2.2.1	Jenis Industri Tekstil.....	6
2.2.2	Pencemaran Industri Tekstil dan Batik.....	7
2.3	Kelor	8
2.4	Karakteristik Kelor	11
2.5	Kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$	14
2.6	Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	15
2.7	Kekeruhan	17
2.8	Warna	18
2.9	Koagulasi dan Flokulasi.....	23
2.9.1	Bahan-bahan Koagulan.....	26
2.9.2	Proses Koagulasi-flokulasi.....	29
2.9.3	Metode Jar Test.....	32
2.9.4	Langkah-langkah Proses Koagulasi-flokulasi.....	32
2.10	Hipotesa	33
BAB III METODE PENELITIAN		34
3.1	Jenis Penelitian.....	34
3.2	Objek Penelitian.....	34
3.3	Lokasi Penelitian.....	34
3.4	Waktu Penelitian	34
3.5	Metode Penelitian.....	35
3.6	Parameter dan Variabel Penelitian.....	36

3.6.1 Parameter Penelitian.....	36
3.6.2 Variabel Penelitian.....	36
3.7 Tahapan Penelitian.....	36
3.7.1 Studi Literatur.....	36
3.7.2 Persiapan Penelitian.....	37
3.8 Cara Kerja.....	37
3.8 Analisis Data.....	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil pengujian awal konsentrasi kekeruhan dan warna sebelum dilakukan pengolahan.....	43
4.2 Penurunan Kadar Kekeruhan.....	44
4.3 Penurunan Kadar Warna.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Kecil.....	8
Tabel 2.2	Jenis Koagulan	29
Tabel 4.1	Hasil konsentrasi awal Kekeruhan dan Warna sebelum dilakukan proses pengolahan	43
Tabel 4.2	Data Pengujian Konsentrasi Kekeruhan, Efisiensi dan Kadar pH.	45
Tabel 4.3	Data Pengujian Konsentrasi Warna, Efisiensi dan Kadar pH.....	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Proses Pembuatan Batik	7
Gambar 2.2	Pohon Kelor.....	11
Gambar 2.3	Bunga Kelor	12
Gambar 2.4	Buah Kelor	13
Gambar 2.5	Proses pelarutan Naphtol menjadi Naphtolat.....	22
Gambar 2.6	Proses pembangkitan warna.....	22
Gambar 2.7	Prinsip Kerja Koagulan Dengan Partikel Koloid	31
Gambar 2.8	Diagram Alir Pengujian sampel	33
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 4.1	Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Kadar Kekeruhan...	45
Gambar 4.2	Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Efisiensi	46
Gambar 4.3	Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Kadar pH.....	46
Gambar 4.4	Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Konsentrasi Warna.	51
Gambar 4.5	Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Efisiensi	51
Gambar 4.6	Proses pelarutan Naphtol menjadi Naphtolat.....	53
Gambar 4.7	Proses Pembangkitan Warna.....	53
Gambar 4.8	Proses Penurunan Warna.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan perkembangan industri yang semakin pesat memberikan dampak negatif bagi lingkungan, salah satu diantaranya hasil buangan industri. Limbah ditimbulkan sebagai hasil sampingan akibat proses produksi (kegiatan manusia) yang berupa padatan, gas, cairan, dan bunyi yang dapat menimbulkan gangguan pada lingkungan sekitarnya, sehingga terjadi akumulasi limbah yang akan menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan di daerah tersebut.

Pencemaran lingkungan merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Jadi, terjadinya akumulasi limbah pada suatu tempat tertentu akan menyebabkan terjadinya pencemaran pada suatu tempat salah tersebut.

D.I.Yogyakarta terkenal sebagai daerah industri batik. Batik merupakan warisan nenek moyang yang kini menjadi ciri khas dan menjadi andalan D.I.Yogyakarta dan telah terkenal baik yaitu nasional maupun internasional. Dengan perkembangan industri batik yang ada saat ini mempunyai dampak positif dan negatif bagi manusia. Salah satu dampak positif yang ditimbulkan yaitu

terbukanya lapangan kerja sehingga dapat meningkatnya taraf hidup masyarakat. Sedangkan dampak negatif timbul adalah berkembangnya industri batik akan diiringi oleh meningkatnya produk samping yang berupa limbah yang hanya jika dibiarkan akan merugikan bagi manusia dan lingkungan hidup, termasuk tanah, air, dan udara di sekitar daerah industri.

Sebagian besar pengelola industri batik di D.I Yogyakarta belum menangani secara serius terhadap limbah yang dihasilkan. Beberapa diantaranya langsung membuang limbah batik ke sungai, karena hingga saat ini belum ditemukan teknik menangani limbah yang murah dan sederhana yang dapat digunakan untuk mendaur ulang limbah cair industri batik. Limbah yang berasal dari perindustrian, contohnya adalah substansi-substansi organik seperti detergen, bahan farmasi, minyak-minyak, pestisida, garam-garam logam, partikel-partikel baik organik maupun anorganik yang mengendap.

Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan suatu pengolahan dan pengelolaan secara teknologi sebelum limbah batik (kekeruhan dan kekeruhan) dibuang ke lingkungan. Alternatif pengolahan yang ditawarkan dan merupakan bahan penelitian adalah penggunaan biji kelor. Bagi masyarakat desa di Sudan dan Peru dalam mengupayakan kebutuhan air bersih memanfaatkan tanaman tersebut untuk proses penjernihan air (Anonim, 1995). Biji kelor dipergunakan sebagai koagulan dengan cara sederhana dan dipakai dalam proses penjernihan air.

Biji buah kelor (*Moringa oleifera*) mengandung zat aktif *rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate*, yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah suspensi, dengan partikel kotoran melayang dalam air. Sehingga pengembangan potensi kelor perlu diperluas dengan memanfaatkan sebagai bahan koagulan untuk pengolahan limbah cair industri batik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka permasalahan yang akan diangkat, yakni : seberapa besar kelor sebagai koagulan dapat digunakan untuk digunakan menurunkan kadar warna dan kekeruhan yang ada dalam limbah batik.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diangkat maka penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Untuk mengetahui pengaruh kelor sebagai koagulan dapat menurunkan Warna dan Kekeruhan.
- b. Untuk mengetahui dosis koagulan yang paling baik.
- c. Untuk membandingkan efisiensi antara biji kelor dengan tawas.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Dapat memberikan salah satu alternatif pengolahan air limbah batik.
- b. Dapat memanfaatkan kelor sebagai bahan koagulan untuk pengolahan air limbah batik.
- c. Dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi peneliti.

1.5 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Kelor yang digunakan sebagai bahan koagulan sudah dalam kondisi tua dan kering yang dikupas serta ditumbuk halus yang dibungkus dengan kain.
2. Air yang dipilih sebagai sampel yaitu air limbah batik.
3. pH air sample yang dianalisis 10.
4. Bahan pencemar yang dianalisis adalah Warna (Pt.Co) dan Kekeruhan (NTU).
5. Tahapan penelitian terdiri dari : menentukan dosis optimum koagulan biji kelor dengan analisis jartest, penerapan dosis optimum alat koagulasi-flokulasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Limbah Cair

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

a. Parameter kimia anorganik.

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

b. Parameter kimia organik

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

c. Parameter biologi

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

d. Parameter fisika

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

2.2 Industri Tekstil dan Batik

2.2.1 Jenis Industri Tekstil

Industri tekstil secara garis besar dibagi dalam 5 kelompok, yaitu:

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

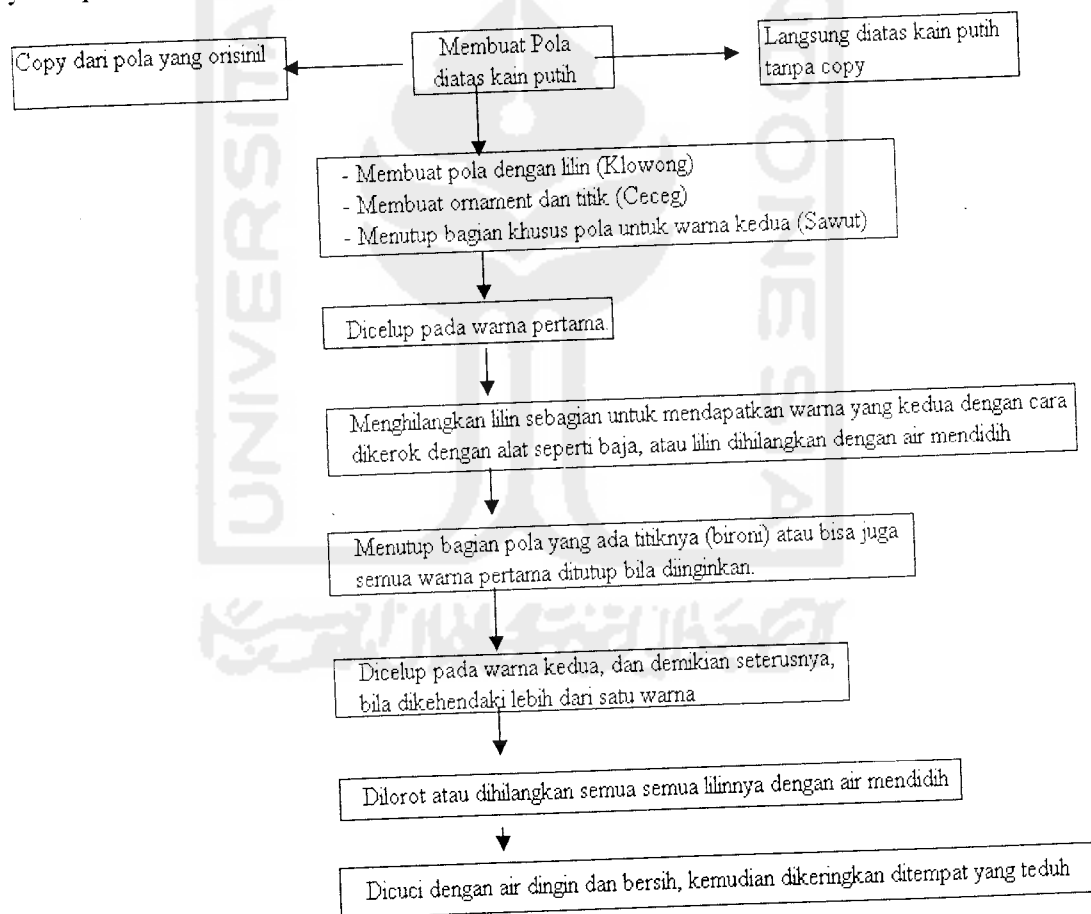
Sedangkan menurut bahan baku yang diolah, industri tekstil diklarifikasikan sebagai berikut :

1. Industri pengolahan kasur
2. Industri pengolahan wool
3. Industri pengolahan rayon
4. Industri pengolahan serat sintetis
5. Industri pengolahan sutera,dan lain-lain

2.2.2 Pencemaran Industri Tekstil dan Batik

Industri batik paling banyak menggunakan air untuk produksi, sehingga limbah yang dihasilkan lebih banyak. Lebih kurang 80% dari jumlah air yang akan digunakan akan dibuang sebagai limbah (Gintings, 1995).

Pencemaran air oleh industri batik pada umumnya bersumber dari proses pencelupan warna pertama, penghilangan lilin sebagian untuk mendapatkan warna yang kedua, dan ketiga dan seterusnya jika diperlukan, dan dari proses pelorotan yaitu proses menghilangkan semua lilin dengan air mendidih.



Gambar 2.1 Skema Proses Pembuatan Batik (anonim, 1982).

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

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Kecil

No	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1.	pH	-	5.8	6 – 9
2.	BOD	Mg/l	1260	30 – 300
3.	COD	Mg/l	3039.7	60 – 600
4.	TSS	Mg/l	855	100 – 400
5.	Minyak / Lemak	Mg/l	60.0	1.0 – 20.0
6.	Phenol	Mg/l	0.926	0.1 – 2.0
7.	Warna	PtCo	185	50
8.	Nitrat	Mg/l	82.17	0.06 – 5.0
9.	Kekeruhan	NTU	3320.8	25
10.	Sisa Klor	Mg/l	-	600 - 1200

(Sumber: Anonim, 1997)

2.3 Kelor

Buah kelor (*Morinaga Oleifera*) berasal dari India (wilayah Himalaya), tetapi ditanam di negara-negara tropis pada umumnya, seperti di Indonesia, sampai pada ketinggian 500 m di atas permukaan laut.

Dari hasil beberapa penelitian, didapat bermacam-macam unsur yang terkandung didalam biji kelor (*Morinaga Oleifera Lamk*) adalah : kadar CaO 0,18 %,

daging biji 64,92 % dan kadar protein sebanyak 32,09 %. Biji kelor dipergunakan sebagai koagulan dengan cara sederhana dan dipakai pada proses penjernihan air (Jhan, 1981). Bagi masyarakat desa di Sudan dan Peru dalam mengupayakan air bersih dengan memanfaatkan tanaman tersebut untuk proses penjernihan air (Anonim, 1995).

Banyak penelitian dilakukan untuk mengurangi atau meminimalkan kadar pencemar dalam air baku. Dewasa ini banyak penelitian mengenai bahan-bahan aktif yang mudah didapat di alam. Salah satu alternatif bahan yang dapat menurunkan kadar pencemar dalam air adalah dengan memakai bahan atau koagulan nabati. Bahan nabati yang diteliti salah satunya yaitu bahan aktif biji tumbuh-tumbuhan yang dilakukan secara komperatif, dengan cara memecah atau menghancurkan bahan nabati (biji tumbuhan) dalam pemecahan yang berbeda-beda. Karena banyaknya materi yang tidak diperlukan sehingga mengakibatkan sulitnya mendeteksi dan mengisolasi substansi aktif dalam konsentrasi yang kurang dari 1 mg/l maka kekurangan atau kelemahan dari pendekatan-pendekatan eksperimen ini harus dipahami.

Biji-bijian dibebaskan dari pecahan-pecahan aktif dan ekstrak aquesnya dengan cara *chromatografi* pada *sephadex*. Dari penelitian didapat bahwa hidrolisis biji kelor menghasilkan produk utama asam amino dengan titik iso-elektrik pada pH 10 (pH dengan ion dipolar secara aktif tidak pindah ke anoda maupun katoda). Berdasarkan penelitian itu didapatkan kandungan arginine pada asam amino sebesar 14,8 mol. Koagulan yang terisolasi memiliki kemiripan dengan sebuah kation

polielektrolit. Polielektrolit merupakan sebuah kation polymer yang berupa rantai lurus atau berupa rantai cabang dari sub unit yang identik antara satu dengan yang lainnya. Polymer ini dapat larut dalam air serta menghantarkan listrik yang dipengaruhi adanya daya elektrostatis antara muatan-muatan yang terkandung didalamnya.

Koagulasi koloid oleh polymer organik terjadi karena adanya interaksi kimia atau penjemputan. Jika kation atau anion dan muatannya berlawanan dengan yang dimiliki partikel koloid, maka polymer mereduksi muatan secara tuntas terhadap partikel dan berlaku ion bermuatan tinggi yang secara khusus terabsorpsi, sehingga beberapa koloid dapat terikat ke satu polymer tunggal untuk membentuk struktur jembatan. Bagian yang diserap tersebut cukup luas untuk menjangkau antara partikel dengan lapisan di sekelilingnya yang berhamburan karena adanya tabrakan antar ion. Flokulasi terjadi jika permukaan partikel hanya sebagian tertutup oleh polymer yang terabsorpsi.

Partikel koloid dapat dipisahkan biji kelor dari air dengan melarutkan polielektrolit dengan berat molekul antara 6.000 sampai dengan 16.000 dalton, walaupun hanya sesaat, akan tetapi lama-lama hidrolisis tidak selalu memberikan hasil yang sama (Jahn,1981).

2.4 Karakteristik Kelor

Ciri-ciri pohon kelor antara lain :

- Bengkok berlubang,
- Berisi damar-damaran,
- Tingginya dapat mencapai 3 sampai 10 meter,
- Rasa dan baunya tajam daunnya mengandung kelenjar seperti penggaris,
- Bunga besar,
- Putih berkumpul dalam bentuk malai,
- Buahnya coklat muda, besar (kira-kira 30cm),
- Bersegi tiga, berusuk dan terdiri atas tiga pintu daun yang mengandung sumsum putih lembek dan segaris 12 sampai 18 benih berwarna coklat tua dan agak bundar serta bersayap tiga seperti selaput.



Gambar 2.2 Pohon Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*)

Bunga kelor keluar sepanjang tahun dengan aroma bau semerbak. Dengan bunga panjang, berwarna putih dengan panjang antara 1 – 3 cm. Buah Kelor berbentuk segi tiga memanjang yang disebut *klentang* (Jawa). Sedang getahnya yang telah berubah warna menjadi coklat disebut *blendok* (Jawa). Pengembangbiakannya dapat dengan cara stek.



Gambar 2.3 Bunga Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*)

Daun Mahkota putih kuning, daun terdepan memiliki lebar 1.5 cm, sedangkan daun mahkota lainnya membalik. Benangsari tumbuhan ini dan staminodianya mempunyai ujung yang melengkung kembali. Tumbuh pada ketinggian antara 0 – 500 meter dpl dengan buah berbentuk kotak menggantung, bersudut 3 dengan panjang antara 20 – 45 cm. Katup buah tebal, sementara di tengah terdapat bekas cetakan yang dalam, berisi sebaris biji. Biji tanaman ini berbentuk bola bersayap 3.



Gambar 2.4 Buah Kelor (*Moringa Oleifera Lamk*)

Akar tanaman kelor ini membesar, mahkota tanaman tidak lebat. Tanaman yang umumnya diperbanyak dengan stek ini, semua bagian tanamannya memiliki rasa dan bau yang paling keras, kuat dan paling panas terdapat pada kulit akar yang mempunyai kulit mirik. Sifat kulitnya berair (*sekulen*) buahnya yang berbentuk segi tiga berisi bahan seperti rempah-rempah berwarna putih. Biji buah ini mengandung minyak berlemak 33.5 % minyak dari berat inti biji.

Pada penelitian macam-macam unsur yang terkandung adalah ;

Didalam biji kelor :

Kadar Ca 0.18 %

Kadar P 0.69 %

Komposisi Biji :

Kulit biji 35.08 %

Daging Biji 64.92 %

Kadar Protein dan Minyak Lemak:

Protein	36.00 %
Minyak Lemak	32.09 %

(Dian Desa, 1983)

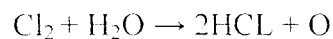
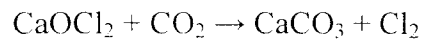
Tepung biji kelor merupakan bahan penggumpal alami yang cukup efektif sebab biji kelor mengandung mirosin, emulsin, asam gliserid, asam polmirat, lemak dan zat yang bersifat bakterisida (Kusnaedi, 1995).

2.5 Kapur Ca(OH)_2

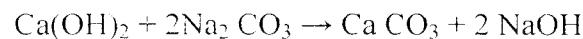
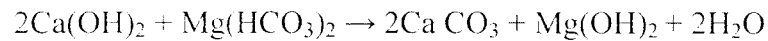
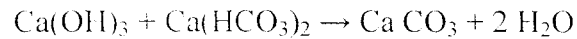
Kapur sering dijumpai didaerah pegunungan yang tandus. Kapur merupakan hasil presipitasi (pengendapan) dari kalsium karena terjadinya peningkatan suhu dan penurunan kadar karbondioksida (Wetzel, 1970).

Kapur biasanya mempunyai sifat-sifat :

1. Terdapat didaerah dataran rendah.
2. Berwarna putih abu-abu.
3. Konsentrasi larut dalam air 1 – 5 % Ca(OH)_2 .
4. Ca terdapat sebagai karbonat (batu kapur)
5. Berbentuk seperti serbuk kristal dan biasanya lembab
6. Membentuk senyawa-senyawa ion bervalensi 2.
7. Bila dibiarkan diudara dengan pengaruh CO_2 dan uap air akan mengeluarkan Cl_2 .



Reaksi yang terjadi dengan penambahan kapur adalah sebagai berikut :



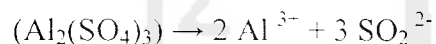
Dalam koagulasi-flokulasi CaO (kapur tohor) dengan air segera membentuk Ca(OH)₂ oleh karena itu CaO digunakan juga sebagai pengering (alkohol).

2.6 Tawas (Al₂(SO₄)₃)

Tawas merupakan salah satu jenis koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi dalam pengolahan air bersih maupun air limbah.

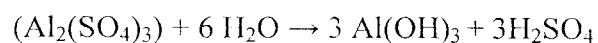
Reaksi tawas dan air pada proses koagulasi :

1. Reaksi Penguraian (Disosiasi)



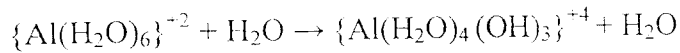
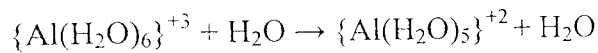
- Al³⁺ berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi koloid sehingga Al³⁺ akan terdifusi didalam koloid membentuk adanya muatan didalam koloid tersebut.

2. Reaksi Hidrolisa

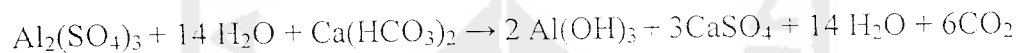


- Al₂SO₄ merupakan presipitat atau endapan halus yang membentuk inti flok.

3. Reaksi Polimerisasi Ion Kompleks

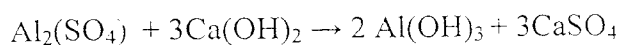


Ion Al^{+++} berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti jonjot, sedangkan ion kompleks $\{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2\}^{++++}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel. Dalam keadaan alkalis yang cukup tawas akan bereaksi dan menghasilkan flok hidroksid.



Pada reaksi di atas menyebabkan perbedaan H^+ sehingga pH larutan berkurang, akibat efek pengasaman ini maka flokulasi tidak dapat berlangsung dengan baik dalam air yang mengandung Al tinggi, karena pH terlalu rendah sedangkan untuk membentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$ dibutuhkan pH 4,5 sampai 7. Asam dinetralkan kalau kapasitas buffer yakni alkalinitas dalam air cukup tinggi. Pada proses koagulasi-flokulasi ini selain zat padat yang berupa partikel dan koloid tersebut, juga warna dan sedikit fosfat dan logam terlarut akan terbawa dan dapat diendapkan oleh flok-flok $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Sedangkan reaksi kimia dengan penambahan soda abu adalah :



Karakteristik $Al_2(SO_4)_3$ adalah :

- a. Bereaksi pada pH 4,5 - 7
- b. Penambahan koagulan alum ke dalam air akan menyebabkan penurunan alkalinitas serta penurunan pH (Tjokrokusumo, 1992).

Dalam proses koagulasi partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air teradsorpsi (terserap) pada permukaan adsorben yaitu tawas ($Al_2(SO_4)_3$) sehingga membentuk inti flok.

2.7 Kekeruhan

Kekeruhan ialah suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan derajat kegelapan didalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan merupakan salah satu faktor penting yang menyangkut produktivitas perairan serta aliran energi (Reid, 1961; Wardoyo, 1975). sehingga kekeruhan berhubungan erat dengan warna perairan. sedangkan konsentrasinya sangat mempengaruhi kecerahan dengan cara membatasi transmisi sinar matahari kedalamnya (Swingle, 1968). Kekeruhan didalam air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, seperti lempung, lumpur zat organik, plankton dan zat-zat berbutir halus lainnya yang berukuran 1 sampai 100 milimikron. Istilah keruh (*turbid*) digunakan untuk air yang mengandung bahan yang melayang (*suspended matter*), dimana bahan ini mengganggu jalannya sinar yang melalui air tersebut. Bahan melayang tersebut mulai berukuran koloid sampai yang relatif besar.

Ada beberapa metode untuk mengukur tingkat kekeruhan, yaitu :

1. Metode Nefelometrik (unit kekeruhan Nefelometrik NTU).
2. Metode Hillige Turbidimetrik (unit kekeruhan silica).
3. Metode Visual (unit kekeruhan Jackson).

Metode Nefelometrik Turbidity Unit lebih sensitive dan dapat digunakan untuk berbagai tingkat kekeruhan (Alaert dan Santika, 1987). Kekeruhan dalam air disebabkan oleh adanya berbagai jenis substansi, kimia organik maupun anorganik. Substansi tersebut ada yang dapat mengendap tanpa adanya suatu proses pengolahan dan sebagian yang harus melalui suatu proses pengolahan. Substansi tersebut dapat mengendap secara gravitasi diantaranya : partikel diskrit (pasir, kerikil dan lumpur).

Sedangkan untuk substansi yang tidak dapat mengendap diantaranya : warna, partikel tanah liat, organisme mikroskopik serta koloid yang berasal dari hasil limbah. Koagulasi-flokulasi tidak akan ekonomis apabila kekeruhan terlalu besar, begitu pula klorinasi tidak akan efektif apabila kekeruhan tinggi karena merupakan habitat dari bakteri pathogen (G. Alaerts dan Sri Sumestri, 1994).

2.8 Warna

Warna adalah suatu senyawa yang kompleks yang dapat dipertahankan didalam jaringan molekul-molekul. Zat warna merupakan gabungan dari zat organik yang tidak jauh, sehingga zat warna harus terdiri dari chromogen sebagai pembawa warna dan Auksokrom sebagai pengikat antara warna dengan serat. Chromogen

adalah senyawa aromatik yang berisi chromopore yaitu zat pemberi warna yang berasal dari radikal kimia seperti kelompok azo ($N=N$).

Agar warna dapat masuk dengan baik kedalam bahan yang akan diberi warna maka diperlukan bahan dari auxochrome yaitu radikal yang memudahkan terjadinya pelarutan, misalnya kelompok pembentuk garam $-NH_2$ atau OH (Wardana, 1994). Warna akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna air limbah menunjukkan kualitasnya, air limbah yang baru akan berwarna abu-abu, dan air limbah yang sudah basi atau busuk akan berwarna gelap (Mahida, 1984). Warna tertentu dapat menunjukkan adanya logam berat yang terkandung dalam air buangan (Linsley dan Fransini, 1991).

Warna air limbah dapat dibedakan menjadi dua yaitu warna sejati dan warna semu. Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sejati, jika air tersebut mengandung kekeruhan oleh adanya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sejati maka warna tersebut dikatakan warna semu. Dan juga karena adanya bahan-bahan yang tersuspensi yang termasuk bersifat koloid (Tchobanoglous, 1985). Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Sawyer dan McCarty (1978) ditemukan bahwa organik didalam air limbah adalah koloid yang bermuatan negatif. Air berwarna memiliki gugus fungsi asam hidroksil dan indikasi kuat ketidakjenuhan dan kearomatikan.

Penetrasi sinar matahari dapat menembus lapisan air mempengaruhi kecerahan warna air, semakin dalam, semakin produktif pula perairan tersebut. Hal

ini seiring dengan banyaknya fitoplankton di perairan tersebut. Warna yang timbul pada perairan disebabkan oleh buangan industri di hulu sungai atau dapat juga berasal dari bahan hancuran sisi-sisi tumbuhan oleh bakteri. Eckenfelder (1989) menyatakan bahwa industri-industri yang mengeluarkan warna adalah industri kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia. Air yang digunakan oleh masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut mengandung tidak lebih dari 75 unit warna (Standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak lebih dari 10 warna. Hal ini penting mengingat zat-zat warna banyak mengandung logam-logam berat yang bersifat toksis.

Warna bersifat toksis dan fotosintesis juga terhambat di perairan yang mengandung 50 warna. Dalam hal ini, penurunan warna dapat dilakukan dengan cara koagulasi-flokulasi menggunakan bahan kimia $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (*Alum*) dalam suasana asam atau bahan lainnya seperti penggunaan biji kelor yang telah dihaluskan (G. Alaerts dan Sri Sumestri, 1994).

Cristman dan Ghassemi, mengemukakan dengan teknik yang bersifat degradasi menggunakan alkalin CuO pada zat yang diisolasi dari air alam, dapat mengidentifikasi tujuh pokok produk, yaitu : *Vannilin*, *Asam Vannilic*, *Asam Syrygic*, *Catechol*, *Resorcinol*, *asam Protocatechuic* dan *asam 3.5 Dihidroxy Benzoic* (Algamar, 1993).

Menurut Soeparman 1967 jenis zat warna ada dua, yaitu :

1. Zat warna alam

Zat warna alam adalah zat warna yang berasal dari alam, baik yang berasal dari tumbuhan, hewan atau bahan metal.

a. Zat warna yang berasal dari tumbuhan.

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

b. Zat warna yang berasal dari hewan.

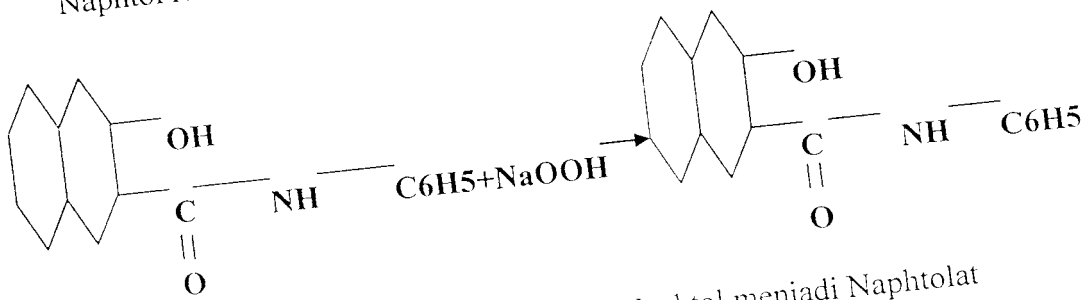
Jenis hewan yang bisa digunakan sebagai zaat warna misalnya : Kerang (*tryan purple*), insekta (*coechemical*) dan insekta warna merah (*loe*).

2. Zat warna sintetis

Zat warna sintetis merupakan zat warna buatan. Bahan dasar zat warna sintetis yang digunakan misalnya : Hidrokarbon aromatik dan Naftalena yang berasal dari batubara.

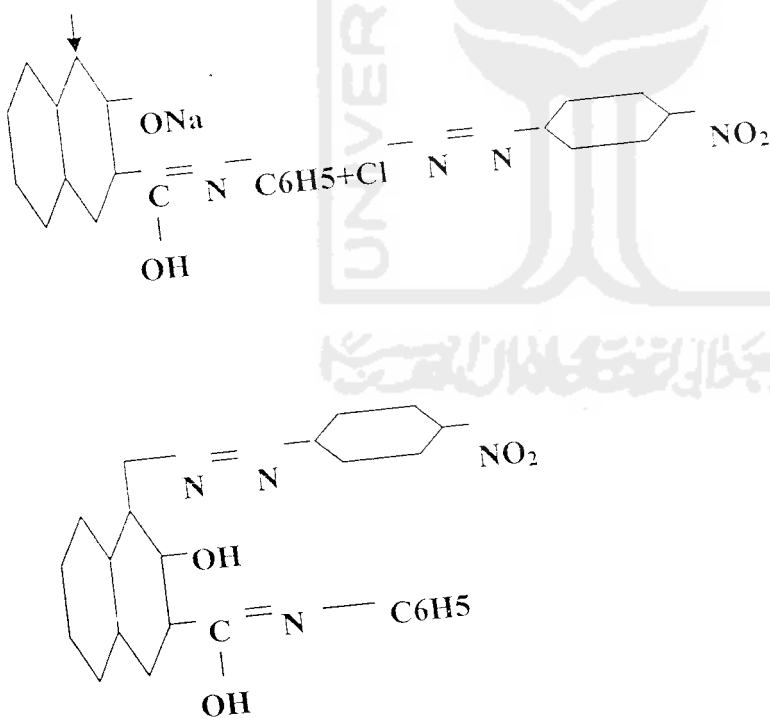
Zat warna yang digunakan dalam pematikan adalah naptol. Zat warna Naphtol adalah zat warna yang tidak larut dalam air, terdiri dari dua komponen yaitu Naphtol dan Garam Diazonium. Kedua komponen tersebut bergambut menjadi senyawa berwarna jika sudah dalam larutan. Komponen Naphtol supaya dapat bersenyawa dengan garam diazonium harus dirubah 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 \longrightarrow Naphtolat.



Gambar 2.5 Proses pelarutan Naphtol menjadi Naphtolat

Pada proses pembangkitan warna, Naphtolat tersenyawa dengan larutan diazonium warna Naphtol.



Gambar 2.6 Proses pembangkitan warna

Faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi adalah sebagai berikut :

1. Suhu air

Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi koagulasi. Pada saat suhu turun, maka besaran kisaran pH optimum pada koagulasi berubah sehingga pembubuhan dosis koagulan akan ikut berubah (Huisman, 1974).

2. pH

Koagulan akan dapat bekerja ioptimal pada kisaran pH antara 8 – 10. apabila nilai pH kurang dari angka tersebut maka diperlukan alkalinitas untuk membuat biji kelor dapat bekerja secara optimal (Anonim, 1995).

3. Kadar ion terlarut

Pengaruh ion-ion terlarut dalam air terhadap koagulasi yaitu pengaruh anion lebih besar dari kation

4. Tingkat kekeruhan

Pada kekeruhan rendah proses destabilisasi sulit terjadi, sebaliknya pada kekeruhan tinggi destabilisasi dapat berlangsung secara cepat.

5. Dosis koagulan

Untuk menentukan besarnya dosis koagulan tergantung pada karakteristik air dan jenis koagulan.

6. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh pada pembentukan flok, bila pengadukan lambat akan mengakibatkan pembentukan flok lambat dan sebaliknya apabila pengadukan cepat akan mengakibatkan flok pecah.

7. Jenis koagulan

Pemilihan jenis koagulan harus mempertimbangkan segi ekonomis dan daya efektivitas dari pada koagulan dalam pembentukan flok.

Flokulasi (Pengaduk Lambat) adalah proses pengadukan air yang mengandung partikel hasil destabilisasi proses koagulasi, untuk membentuk flok. Tujuannya adalah menyediakan kondisi dan waktu yang sesuai untuk pembentukan flok, sedemikian rupa sehingga flok yang terbentuk cukup besar dan berat untuk dapat mengendap di bak pengendap. Flokulasi merupakan fase lanjut dari koagulasi, yaitu suatu fase yang didalamnya terjadi perkembangan dari partikel endapan kecil ke dalam bentuk flok yang lebih besar setelah mengalami pengadukan lambat, sehingga dapat terjadi pengendapan sempurna.

Ada dua jenis flokulasi yaitu :

1) Flokulasi Perikinetik

Flok yang diakibatkan oleh adanya gerak thermal yang dikenal sebagai gerak Brown, prosesnya disebut flokulasi perikinetik.

2) Flokualasi Orthokinetik

Flokulasi orthokinetik adalah suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan oleh terbentuknya gerak suatu media (air), misalnya pada proses pengadukan (Sank, 1980)

Faktor yang mempengaruhi proses flokulasi adalah sebagai berikut :

1) Gradien kecepatan (G)

Pada umumnya kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Perubahan dari satu titik ke titik yang lainnya, dikenal sebagai kecepatan dengan notasi G. Adanya perubahan kecepatan aliran media cair akan mempunyai aliran kecepatan yang berbeda pula, akibatnya akan terjadi tumbukan antar partikel.

2) Lama pengadukan atau waktu kontak (td)

Faktor lamanya pengadukan sangat menentukan untuk mendapatkan sisa kekeruhan yang maksimum guna meningkatkan hasil flokulasi yang baik. Besarnya gradien kecepatan yang dikombinasikan dengan waktu pengadukan berkisar antara 10^4 sampai 10^5 (Fair, 1968)

2.9.1 Bahan-Bahan Koagulan

Bahan yang digunakan untuk menjernihkan air, di antaranya:

1. Karbon (arang) aktif.

Paling bagus menggunakan arang kayu waru atau tempurung kelapa karena mempunyai daya serap tinggi. Banyaknya arang yang dimasukkan ke dalam air adalah $1/8$ dari jumlah air

2. Biji kelor tua dan kering

Biji kelor juga bisa dimanfaatkan untuk menjernihkan air. Biji kelor yang dipilih yang sudah tua dan kering, dengan kadar air tinggal 10%. Untuk satu liter air diperlukan enam biji kelor. Selain bersifat koagulan, atau menggumpalkan dan mengendapkan zat organik, biji kelor juga bersifat desinfektan yang bisa membunuh bakteri Coli (penyebab diare) (Kusnaedi, 1995).

3. Karat besi atau fero sulfat (FeSO_4)

Masyarakat bisa mengambil besi yang sudah berkarat dan dimasukkan ke dalam air. Fungsi karat besi itu sebagai koagulan zat organik dan harganya 24 kali lebih murah dari tawas. Caranya masukkan tawas ke dalam air yang akan dijernihkan. Banyaknya tawas tergantung dari volume air yang akan dijernihkan. Yang perlu diperhatikan adalah jangan sampai air berubah menjadi asam karena terlalu banyak tawas.

4. Tanah gambut

Cara ini lebih tepat digunakan di daerah pedesaan yang terkena pencemaran. Tanah gambut dimasukkan ke dalam air yang akan dijernihkan. Untuk menjernihkan 200 liter air diperlukan 1,5 kilogram tanah gambut.

5. Alum

Sifat-sifat dari koagulan alum atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ sebagai berikut :

- a. Dapat mempengaruhi pH optimum
- b. pH optimum 6-7

- c. Memerlukan alkalinitas tambahan dalam bentuk karbonat, bikarbonat, hidroksid.

6. Ferri Chlorida

Ferri Chlorida (FeCl_3) adalah suatu tipe koagulan yang membutuhkan alkalinitas tambahan dalam bentuk garam besi yang tidak larut dalam air. FeCl_3 bersifat korosif sehingga memerlukan tempat khusus pada penyimpanan

- a. pH efektif 5, 4-7. 8
- b. Dapat menghilangkan warna dan mengoksidasikan H_2S .
- c. Membutuhkan alkalinitas tambahan
- d. Menghilangkan flok yang lebih besar jika dibandingkan dengan koagulan alum.

7. Polielektrolit

Polielektrolit adalah polimer berantai panjang atau rantai cabang yang mengandung kelompok ion seperti $-\text{CaOH}$; $-\text{OH}$; $-\text{NH}_2$.

Sifat-sifat polielektrolit adalah sebagai berikut :

- a. Sukar larut dalam air
- b. Mampu berionisasi
- c. Membentuk rantai panjang karena adanya gaya tolak menolak antar partikel yang bermuatan di sepanjang ikatan karbon.

8. Ferro Sulfat (FeSO_4)

Jesse (1971) menyatakan FeSO_4 memerlukan alkalinitas tambahan untuk membentuk ferro hydroxide, $\text{Fe}(\text{OH})_2$. pH untuk FeSO_4 adalah 6-8 (Raharjo, 1993).

Tabel 2.2 Tipe/Jenis Koagulan

No	Jenis Koagulan	Rumus Kimia	Bentuk	Reaksi dlm Air
1	Alumunium Sulfat Alum	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Bongkah atau serbuk	Asam
2	Sodium Aluminat	NaAlO_2 atau Na_2AlO_4	Serbuk	Basa
3	Polyaluminium mchloride	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Serbuk	Asam

(Sumber : Anonim, 2005)

2.9.2 Proses Koagulasi-flokulasi

Koloid memiliki sifat elektrostatis pada sekitar air walaupun sangat relatif. Adanya daya elektrostatis pada partikel sangat penting guna mempertahankan dispersi koloid. Permukaan partikel koloid mengeluarkan arus elektrostatis dikarenakan terjadinya ionisasi dan adsorpsi ion gugus yang berada disekitar larutan. Hal ini juga terjadi pada kolid hidrofobik, disebabkan oleh adanya pengurangan ion didalam mineral. Koloid mineral seperti tanah liat mengandung atom nonmetalik lebih banyak dibandingkan atom metalik dalam struktur kristalnya, sehingga menghasilkan muatan negatif. Koloid hidrofobik ini umumnya adalah senyawa

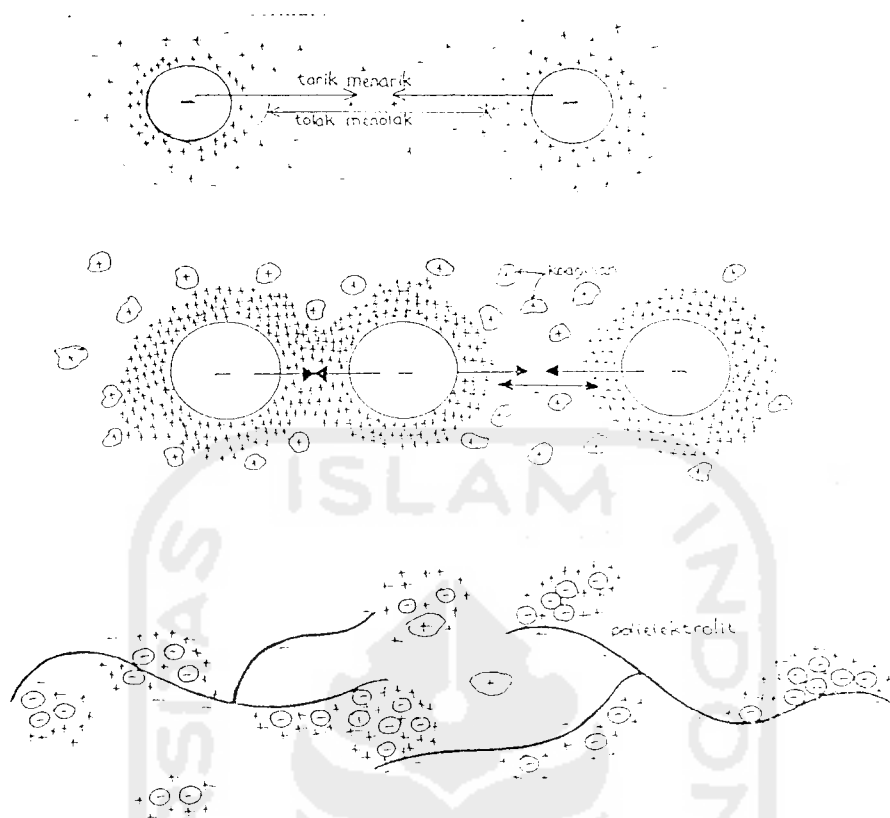
anorganik dan bermuatan negatif. Dengan demikian kenampakan adanya koloid tergantung pada jenis unsur koloid dan sifat sekitar larutan. Sifat koloida dalam sistem adalah tetap sehingga dikatakan terstabilkan dikarenakan adanya elektrostatik pada koloid. Karena pada umumnya muatan koloid adalah negatif dan saling tolak-menolak, maka koloid tinggal tetap dalam larutan.

Dalam proses koagulasi penggabungan partikel koloid dilakukan dalam dua tahapan. Tahapan pertama adalah reduksi gaya tolak menolak antar partikel. Umumnya partikel koloida akan stabil karena mempunyai muatan elektrostatik yang sama, sehingga menimbulkan gaya tolak-menolak satu sama lain. Dengan penambahan koagulan muatan tersebut yang umumnya negatif akan direduksi akibat netralisasi muatan oleh kation yang dilepas oleh koagulan. Tahap kedua dari proses koagulasi adalah penggabungan partikel yang telah stabil dengan cara saling tumbuk antar partikel (Tjokrokusumo, 1995).

Mekanisme pembentukan flok terdiri atas empat tahapan :

1. Tahap destabilisasi partikel koloid
2. Tahap pembentukan mikroflok
3. Tahap penggabungan mikroflok
4. Tahap pembentukan makroflok

Pada tahap 1 dan 2 berlangsung selama proses koagulasi, sedangkan tahap 3 dan 4 berlangsung pada proses flokulasi. Untuk lebih jelas proses kerja koagulan dengan partikel koloid dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Koagulan Dengan Partikel Koloid

Sumber : Tjokrokusumo, 1995

Keterangan :

- a. Daya kerja Hidrofobik
- b. Kompresi dua lapis penghantar pada koloid dengan penambahan koagulan kimia (destabilisasi)
- c. Aglomerasi hasil koagulan dengan garam logam pembantu polymer

Dalam gambar diatas koloid yang semula stabil dan cenderung tolak menolak setelah dimasukan bahan koagulan maka keadaan mulai tidak stabil atau destabilisasi dan akibat koagulan cenderung partikel koloid terjadi tarik menarik

dengan partikel koagulan. Partikel tersebut kemudian bergabung membentuk makroflok dan akhirnya mengendap.

2.9.3 Metode Jar Test

Percobaan *jar test* digunakan untuk menganalisa tentang optimasi penggunaan koagulan sebagai destabilisator. Cara analisa ini sangat membantu dalam keberhasilan proses koagulasi. Dalam analisa tersebut tidak hanya dipantau tentang besar kecilnya putaran, dosis koagulan, waktu pengendapan, kekeruhan, besar dan kecilnya flok saat pengadukan cepat dan lambat akan tetapi juga dipantau pH air baku setelah koagulasi (Tjokrokususmo, 1995).

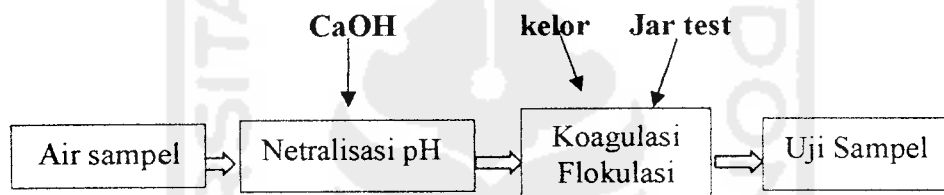
2.9.4 Langkah-Langkah Proses Koagulasi-flokulasi

Secara umum ada tiga langkah dalam proses koagulasi-flokulasi, yaitu :

1. Penambahan bahan koagulan dan pengatur pH ke dalam air sungai. Mula-mula air diukur pHnya sesuai range, kemudian tambahkan bahan koagulan ke dalam air sambil diaduk dengan cepat agar bahan koagulan tersebut terdispersi dengan cepat dan terdistribusi secara merata. Pengadukan ini sangat penting sebab jika tidak merata reaksi hanya akan berlangsung pada titik penambahan koagulan.
2. Koagulan terjadi karena reaksi kimia maupun fisika yang kompleks dan perubahan yang terjadi mengarah ke pembentukan endapan-endapan padat yang halus. Untuk membantu terjadinya penggumpalan endapan, maka

muatan listrik dari masing-masing dispersi koloid harus dinetralkan untuk menghilangkan daya tolak menolak.

3. Dengan cara pengadukan perlahan-lahan terjadi flokulasi karena partikel-partikel halus berhubungan dan kontak satu sama lainnya membentuk gumpalan yang lebih besar. Gumpalan yang terdapat dalam cairan dengan cara pengikatan secara mekanis, adsorpsi dari koloid dengan gumpalan dan netralisasi dari muatan listrik positif benda koloid dengan muatan negatif gumpalan.



Gambar 2.8 Diagram alir pengujian sampel

2.10 Hipotesa

Berdasarkan pada tinjauan pustaka, maka didapat hipotesis :

- a. Biji kelor dapat menurunkan kadar warna dan kekeruhan pada limbah batik.
- b. Semakin besar dosis koagulan biji kelor maka akan semakin kecil kadar warna dan kekeruhan.
- c. Efisiensi penurunan kadar kekeruhan dan warna dengan koagulan tawas lebih besar dibandingkan dengan koagulan biji kelor.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian lapangan (*field experiment*), yang dilakukan dengan percobaan dalam batasan waktu tertentu terhadap penurunan Warna dan Kekeruhan dari sumber air limbah batik Sadewa dengan menggunakan biji kelor (*Moringa Oleifera Lamk*) sebagai koagulan.

3.2 Objek Penelitian

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah kadar Warna dan Kekeruhan air limbah batik pada setiap variasi dosis koagulan.

3.3 Lokasi Penelitian

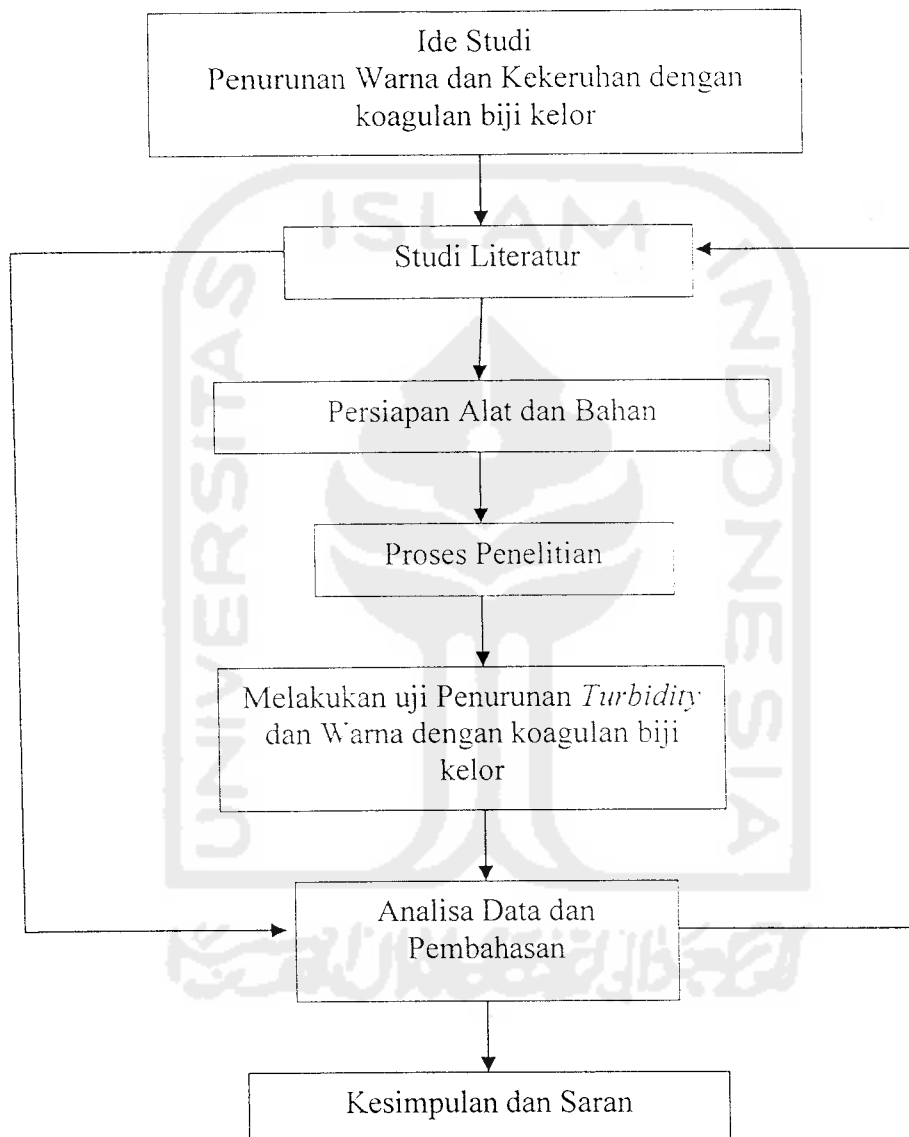
Sampel biji kelor berasal dari Sragen dan air limbah batik didaerah Sleman (Nakula Sadewa) sebagai sampelnya. Pengambilan sampel air direncanakan pada pagi hari. Sedangkan penelitian dan analisa parameter kualitas air limbah dilakukan di laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan, UII Yogyakarta.

3.4 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juli-Oktober 2006 yang dilanjutkan dengan pengolahan data, penyusunan data dan penyusunan skripsi

3.5 Metode Penelitian

Metodologi penelitian dalam kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada diagram penelitian yaitu pada Gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.6 Parameter dan Variabel Penelitian

3.6.1 Parameter Penelitian

Pada penelitian ini parameter yang dianalisa adalah *Turbidity* dan Warna.

Adapun parameter penelitian dan metode pengujian adalah sebagai berikut :

1. Untuk parameter *Turbidity* menggunakan metode uji SNI M-03-1989-F.
2. Untuk parameter Warna menggunakan metode uji SNI M-03-1989-F.

3.6.2 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)
 - a. Variasi dosis koagulan biji kelor 4 g, 8 g, 12 g, 16 g dan 20 g dalam setiap 1000 ml sampel air limbah.
 - b. Kecepatan pengadukan 120 rpm untuk koagulasi dan 20 rpm untuk flokulasi.
 - c. Waktu pengadukan 1 menit untuk koagulasi dan 15 menit untuk flokulasi.
 - d. Waktu pengendapan 1 jam.
2. Variabel terikat (*Dependent Variable*)

Kadar Warna dan Kekeruhan setiap dosis koagulan.

3.7 Tahapan Penelitian

3.7.1 Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan untuk mendasari dan menunjang penelitian yang dilakukan. Sumber literatur yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi buku-buku teks, laporan penelitian terkait, jurnal-jurnal dan penelusuran di internet.

3.7.2 Persiapan Penelitian

Bahan-bahan dan alat dalam penelitian :

- a. Sampel air dari limbah batik Sadewa.
- b. Biji kelor yang sudah tua dan kering.
- c. Menyiapkan alat uji *Jar Test* .
- d. Beaker glass 1000 ml 5 buah.
- e. Spectrofotometer.
- f. Timbangan .
- g. Tawas.
- h. Tabung Inhoff 5 buah.
- i. Kertas saring 0.45 μm .
- j. pH meter.

3.8 Cara kerja

a. Persiapan kelor

1. Kelor yang sudah tua dan kering dikupas dan diambil bijinya.
2. Biji kelor dihaluskan .
3. Disaring dengan saringan 0,1mm.
4. Dikeringkan sehingga kandungan air tinggal 10%.
5. Ditimbang biji kelor yang telah dihaluskan.

Partikel dari air dapat dipisahkan dengan melarutkan polielektrolit menggunakan substansi biji kelor, walaupun hanya sesaat, akan tetapi lama-kelamaan hidrolisis tidak memberikan hasil yang sama (Jahn, 1981). Dari analisa koagulan partikel koagulan, menunjukkan bahwa koagulan yang terisolasi memiliki kesamaan dengan sebuah kation polielektrolit. Dengan demikian hidrolisis biji kelor menghasilkan substansi aktif berupa polymer organik yang memiliki gugusan-gugusan yang dapat mengionisasi larutan dalam air dan mengkonduksi listrik.

2.9 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi (Pengaduk Cepat) adalah destabilisasi muatan koloid dan zat padat terlarut dalam air (termasuk bakteri dan virus) oleh koagulan. Untuk aplikasinya menggunakan proses pengaduk cepat (flash mixing). Tujuan pengaduk cepat adalah untuk menyebarkan bahan kimia yang dibubuhkan kedalam air secara cepat dan merata.

Koagulasi-flokulasi adalah proses kimia yang lazim dilakukan untuk penjernihan air baik dalam skala kecil maupun skala besar, merupakan proses penambahan reagen kimia pembentuk flok dalam air untuk memisahkan koloid yang tidak dapat mengendap dengan menghasilkan pengendapan lumpur secara cepat dan endapan yang terjadi dipisahkan secara sedimentasi. Jenis koagulan umumnya dipergunakan garam besi (Fe) atau garam aluminium (Al) dalam senyawa kimia $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

b. Netralisasi pH

1. Masukkan limbah dalam gelas ukur 100 ml.
2. Diukur kadar pH, apabila kadar pH < 10, maka ditambah CaOH sampai didapatkan pH optimum yaitu : 10.

c. Jar Test

Langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

- a. pH air sampel diperiksa dengan pH meter. pH optimum yang diharapkan adalah 10.
- b. Beker gelas masing-masing diisi dengan sampel air sebanyak 1 liter, kemudian diletakkan pada *Jar test*.
- c. *Jar test* dihidupkan pada putaran 120 rpm.
- d. Tepung biji kelor (*Moringa Oleifera Lamk*) dimasukkan dan dicampur dengan air, dilakukan 5 variasi dengan dosis : 4 g, 8g, 12g, 16g dan 20g dalam tiap 1000 ml sampel air.
- e. Pengadukan dilakukan selama 1 menit.
- f. Kecepatan putaran *Jar Test* diturunkan hingga 20 rpm, pengadukan dilakukan selama 15 menit, kemudian *jar test* dimatikan.
- g. Air sampel yang telah mengalami perlakuan *Jar Test*, dipindahkan ke tabung Inhoff dan biarkan flok yang terbentuk mengendap.
- h. Pengendapan dilakukan selama 1 jam.
- i. Setelah air yang diolah kelihatan bening, kemudian air diambil untuk dilakukan analisis.

d. Percobaan Kekeruhan

Metode yang digunakan adalah spektrofotometri.

Cara analisa sampel :

1. Buat larutan standar kekeruhan(100 mg SiO₂ dilarutkan dalam 100 ml aquadest).
2. Aduk sampel sampai homogen.
3. Masukkan dalam kuvet.
4. Baca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 390 nm.
5. Catat hasilnya kemudian bandingkan sesudah dan sebelum proses pembubuhan koagulan.

e. Percobaan untuk menentukan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penurunan Warna

Metode yang digunakan adalah metode *spektrofotometri*, dengan menganalisa warna semu (*apperant color*).

Tahapan analisa sampel adalah sebagai berikut:

1. Masukkan air sampel ke dalam kuvet sampai tanda batas kemudian dikocok sempurna.
2. Baca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 355 nm.
3. Catat unit warna larutan baku yang sesuai dengan air sampel.

3.9 Analisis Data

Limbah batik sebelum dan sesudah proses pembubuhan koagulan dengan Jar Tes kemudian dibandingkan. Analisis data yang akan dipakai bersifat deskriptif dengan menggunakan tabel dan grafik, akan tetapi apabila grafik yang didapatkan nanti berkecenderungan membentuk satu garis lurus maka akan digunakan metode regresi linier untuk penganalisisan data, dengan rumus :

Perhitungan efisiensi :

$$E = \frac{\text{Kadar Awal} - \text{Kadar Akhir}}{\text{Kadar Awal}} \times 100 \%$$

Pada penelitian ini untuk analisis data digunakan T-Test (Uji t). Tujuan dari dilakukannya uji t dua variabel bebas adalah untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi) hasil penelitian yang berupa perbandingan keadaan variabel dari dua rata-rata sampel. Atau dengan kata lain, t-test digunakan untuk menguji rata-rata tetapi variannya tidak diketahui.

Adapun langkah-langkah dalam mengerjakan Uji t dua variabel adalah sebagai berikut :

Langkah 1. Membuat H_a dan H_o dalam bentuk kalimat :

H_a : Terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variabel yang dibandingkan (dibedakan).

Ho : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua variabel yang dibandingkan (dibedakan).

Langkah 2. Membuat Ha dan Ho model statistik :

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

$$H_o : \mu_1 = \mu_2$$

Langkah 3. Mencari rata-rata (\bar{x}), standar deviasi (s), dan varians (S).

Langkah 4. Mencari t_{hitung} dengan rumus :

$$t_{hitung} = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1}{n_1} + \frac{S_2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

r = nilai korelasi X_1 dengan X_2

n = jumlah sampel

\bar{x}_1 = rata-rata sampel ke-1

\bar{x}_2 = rata-rata sampel ke-2

s_1 = standar deviasi sampel ke-1

s_2 = standar deviasi sampel ke-2

S_1 = varians sampel ke-1

S_2 = varians sampel ke-2

Langkah 5. Menentukan kaidah pengujian

- Taraf signifikasinya (α)
- Dengan menggunakan rumus $dk = n_1 + n_2 - 2$ akan diperoleh nilai t_{tabel} .
- Kriteria pengujian dua pihak

Jika $-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq +t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah 6. Membandingkan t_{tabel} dengan t_{hitung} .**Langkah 7.** Membuat Kesimpulan.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi kekeruhan dan warna sebelum dilakukan pengolahan

Penelitian ini dilakukan pemeriksaan kualitas kekeruhan dan warna air limbah yang berasal dari industri batik Nakula Sadewa yang berada di jalan Magelang, Sleman, Yogyakarta. Penelitian dilakukan dilaboratorium kualitas air, UII Yogyakarta yang disajikan pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 Hasil konsentrasi awal Kekeruhan dan Warna sebelum dilakukan proses pengolahan

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Hasil Analisis
1.	Kekeruhan	NTU	25	33571.758
2.	Warna	Pt.Co	50	1465.919
3.	pH		6.5 - 9	10,45

(Data primer,2006)

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

Dari hasil analisis pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa kualitas air buangan limbah dari industri batik Nakula Sadewa menunjukkan bahwa untuk parameter kekeruhan dan warna masih berada diatas baku mutu limbah cair sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No : 03/MENLH/1998. Dimana kadar kekeruhan dan warna air limbah batik adalah 33571,758 NTU untuk parameter kekeruhan dan 1465,919 PtCo untuk parameter warna, sedangkan batas maksimum

yang diperbolehkan adalah 25 NTU untuk kekeruhan dan 50 PtCo untuk warna. Sehingga air limbah tersebut tidak boleh dibuang langsung ke badan air dan harus diolah terlebih dahulu supaya tidak mencemari lingkungan sekitar. Salah satu alternatif pengolahannya adalah dengan cara koagulasi-flokulasi.

Dalam penelitian ini digunakan koagulan biji kelor, sedangkan sebagai koagulan pembanding digunakan tawas dan kapur sebagai koagulan pembantu. Biji kelor yang digunakan yang sudah tua dan kering. Biji kelor yang sudah dikupas kulitnya kemudian ditumbuk hingga halus. Hal ini dilakukan untuk membantu proses koagulasi dan flokulasi. Untuk menentukan variasi dosis koagulan digunakan alat *jar test*. Sedangkan untuk variasi kecepatan koagulasi adalah 120 rpm dan untuk variasi kecepatan flokulasi adalah 30 rpm. Variasi dosis koagulan yang digunakan adalah 4 g, 8g, 12g, 16g dan 20g dalam tiap 1000 ml air limbah.

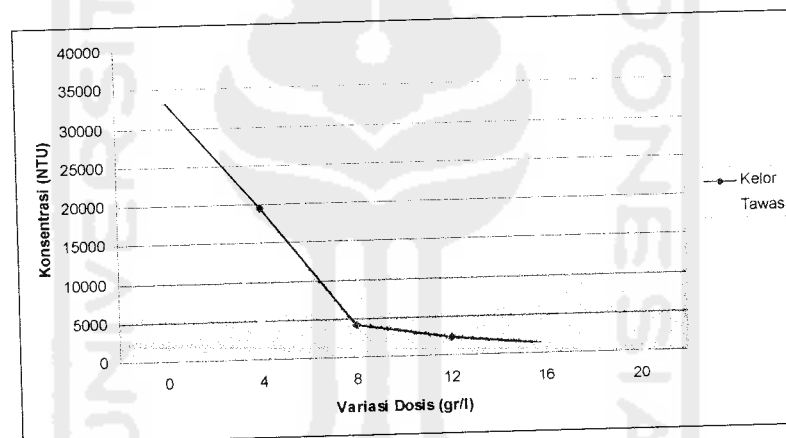
4.2 Penurunan Kadar Kekeruhan

Dalam penelitian ini, pengukuran kadar kekeruhan dilakukan dengan menggunakan koagulan biji kelor. Sedangkan sebagai koagulan pembanding digunakan tawas. Pada tabel 4.1 ditunjukkan data perolehan data dan efisiensi selama penelitian.

Tabel 4.2 Data Pengujian Konsentrasi Kekeruhan, Efisiensi dan Kadar pH

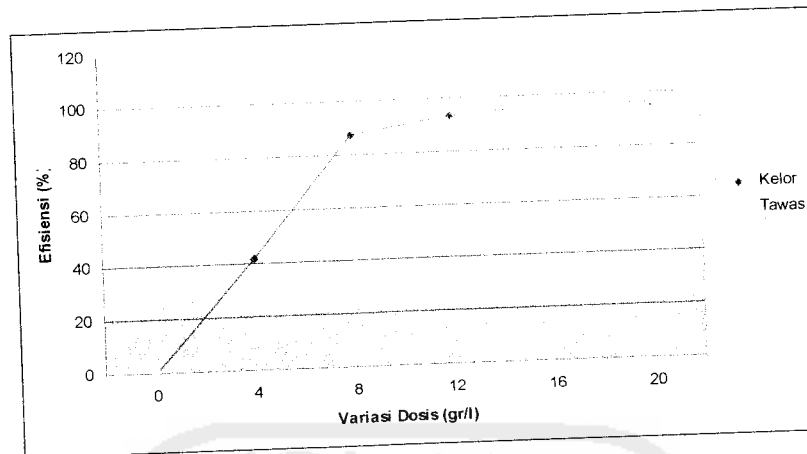
No	Variasi dosis (g/l)	Konsentrasi Kekeruhan		Efisiensi		pH	
		Kelor (NTU)	Tawas (NTU)	Kelor (%)	Tawas (%)	Kelor	Tawas
1	0	33571,758	33571,758	0,000	0,000	10,45	10,45
2	4	19473,373	4589,737	41,995	86,329	9,27	6,97
3	8	4235,394	1459,232	87,384	95,653	8,73	7,36
4	12	2265,293	1148,525	93,252	96,579	7,96	7,70
5	16	1270,141	1300,848	96,217	96,125	7,58	8,04
6	20	1265,697	1194,182	96,230	96,443	7,02	8,67

Hasil perolehan data, efisiensi dan kadar pH dari pengujian konsentrasi kekeruhan dapat juga dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3 berikut :

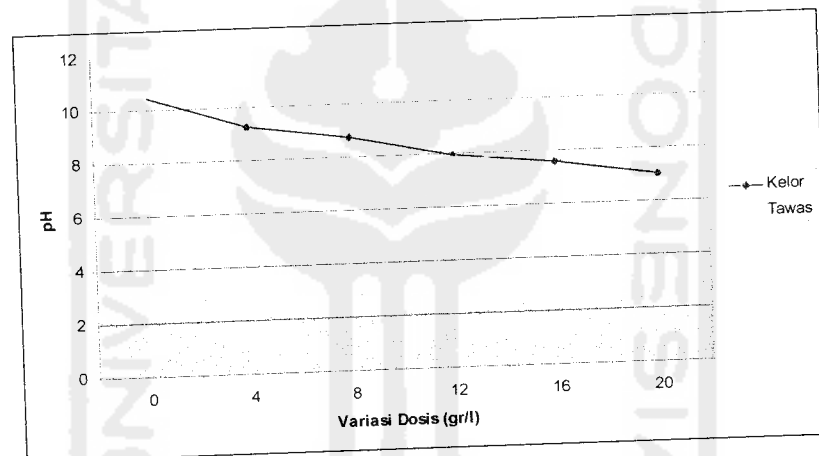


Gambar 4.1 Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Kadar Kekeruhan





Gambar 4.2 Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Efisiensi



Gambar 4.3 Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Kadar pH

Berdasarkan analisa laboratorium yang disajikan pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa koagulan biji kelor mampu menurunkan kadar kekeruhan. Efisiensi penurunan kadar kekeruhan tertinggi sebesar 96,230 % terjadi pada variasi dosis koagulan 20 gr/l yaitu dari 33571,758 NTU menjadi 1265,697 NTU. Terdapat perbedaan yang signifikan antara konsentrasi kekeruhan pada inlet dan outlet, hal ini ditunjukkan dengan $t \text{ tabel } (t \text{ critical}) < t \text{ hitung } (t \text{ stat})$ yaitu : $2,306 < 7,997$.

Penurunan konsentrasi kekeruhan terjadi karena adanya ikatan antara ion koloid dengan polielektrolit pada koagulan biji kelor. Koagulan biji kelor memiliki kemiripan dengan sebuah kation polielektrolit. Polielektrolit merupakan sebuah kation *polymer* yang berupa rantai lurus atau berupa rantai cabang dari sub unit kecil yang identik antara satu dengan yang lainnya (Anonim, 1995).

Biji kelor mengandung substansi aktif *rhamnosyloxy-benzilisoithiocyanate*, yang memiliki muatan-muatan (kation) karena pengaruh ionisasi dari kelompok-kelompok zat seperti asam amino (NH_2) dan asam karboksilat (COOH) yang berada disekitar permukaan partikel yang mengakibatkan biji kelor mampu mengadsorpsi dan menetralisasi partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah tersuspensi, dengan partikel kotoran melayang didalam air. Kemudian flok-flok akan bergabung untuk membentuk agregat yang lebih besar sehingga dapat mengendap lebih cepat (Jahn, 1991).

Polielektrolit merupakan flokulan yang mampu menjernihkan air dan memenuhi syarat endapan Lumpur, sedangkan substansi *polymer* mampu mengkoagulasi koloid-koloid dan mempengaruhi pembentukan flok.

Pada pengujian parameter kekeruhan dengan koagulan tawas dapat terlihat perbedaan penurunan yang signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* (untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran) yang menunjukkan $t \text{ tabel } (t \text{ critical}) < t \text{ hitung } (t \text{ stat})$ yaitu : $2,306 < 47,572$.

alkalinitas semakin rendah sedangkan kapur akan menyebabkan alkalinitas naik. Sehingga koagulan kapur dan tawas kurang efektif apabila digunakan secara bersamaan sebagai koagulan untuk mengolah limbah batik.

Efisiensi rata-rata penurunan kadar kekeruhan dengan menggunakan koagulan biji kelor adalah 83,016 %, sedangkan dengan koagulan tawas adalah 94,226 %. Walaupun efisiensi penurunan kadar kekeruhan lebih rendah dari tawas, tetapi biji kelor merupakan koagulan yang cukup efektif untuk menurunkan kadar kekeruhan pada limbah cair dari industri batik Nakula Sadewa.

Salah satu hal yang penting dalam koagulasi-flokulasi adalah penentuan dosis koagulan. Bila pembubuhan dosis koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan baik (Anonim, 1995). Semakin tinggi kadar kekeruhan limbah batik maka akan semakin besar dosis koagulan biji kelor yang dibutuhkan untuk mengolah air limbah tersebut.

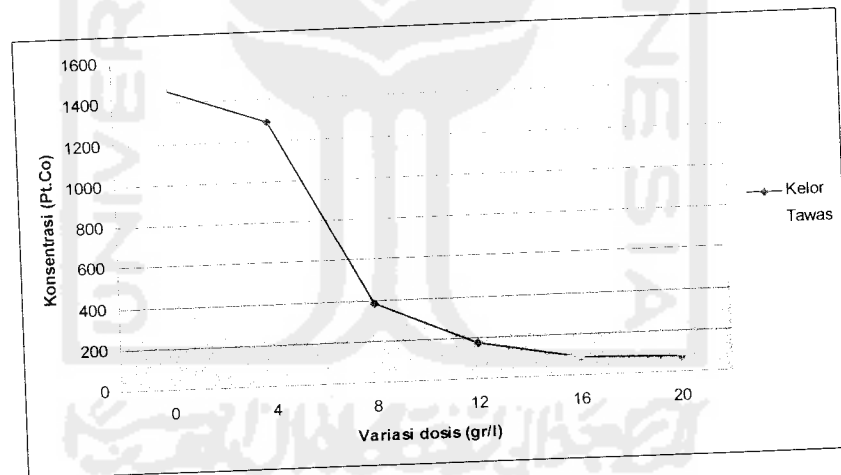
4.3 Penurunan Kadar Warna

Setelah dilakukan penjernihan air limbah batik Nakula Sadewa secara koagulasi dan flokulasi dengan biji kelor dan tawas didapat data hasil penelitian terhadap parameter warna. Data tersebut disajikan pada tabel 4.3 berikut :

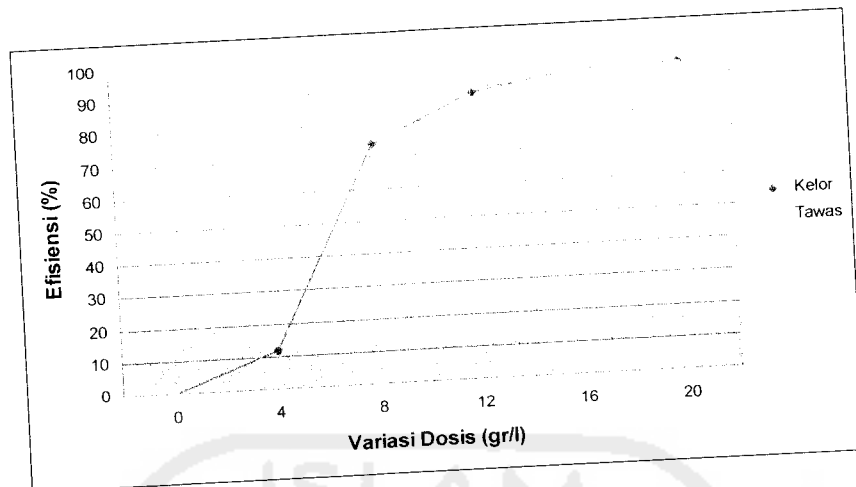
Tabel 4.3 Data Pengujian Konsentrasi Warna, Efisiensi dan Kadar pH.

No	Variasi dosis (g/l)	Konsentrasi Warna		Efisiensi		pH	
		Kelor (PtCo)	Tawas (PtCo)	Kelor (%)	Tawas (%)	Kelor	Tawas
1	0	1465,919	1465,919	0,000	0,000	10,45	10,45
2	4	1289,529	440,856	12,033	69,926	9,27	6,97
3	8	383,810	124,427	73,818	91,512	8,73	7,36
4	12	174,900	96,164	88,069	93,440	7,96	7,70
5	16	88,344	94,111	93,973	93,580	7,58	8,04
6	20	77,333	94,758	94,725	93,536	7,02	8,67

Data pengukuran kadar warna dapat juga dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.4 Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Konsentrasi Warna

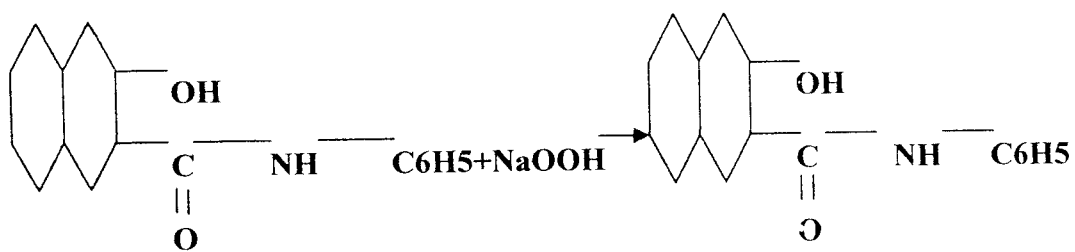


Gambar 4.5 Hubungan Antara Variasi Dosis Dengan Efisiensi

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada pengujian parameter warna dengan koagulan biji kelor dapat terlihat perbedaan penurunan kadar warna yang signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* yang menunjukkan bahwa $t \text{ tabel } (t \text{ critical}) < t \text{ hitung } (t \text{ stat})$ yaitu : $2,306 < 4,655$.

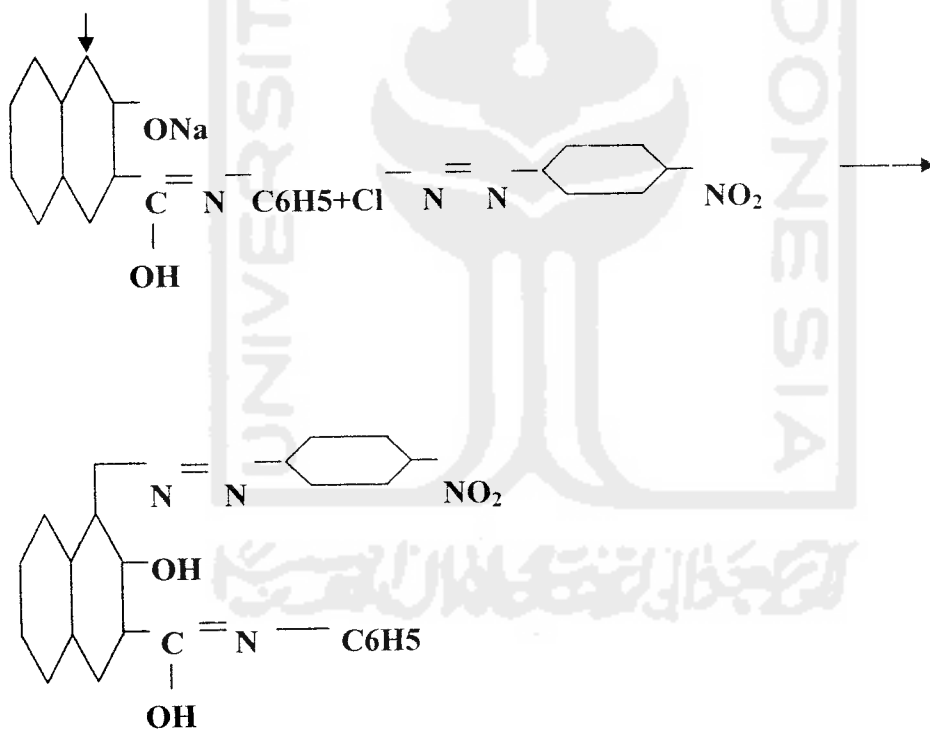
Pada limbah batik mengandung kadar warna yang tinggi karena pada proses pembatikan digunakan zat warna yang tidak larut dalam air, yaitu naphtol dan garam Diazanium. Komponen Naphtol supaya dapat bersenyawa dengan garam diazonium harus dirubah menjadi bentuk Naphtolat atau larutan dengan penambahan pembasah, air panas dan kostik soda supaya garam diazonium mudah larut dalam air.

Naphtol AS + larutan kostik soda panas \longrightarrow Naphtolat.



Gambar 4.6 Proses pelarutan Naphtol menjadi Naphtolat.

Pada proses pembangkitan warna, Naphtolat tersenyawa dengan larutan diazonium warna Naphtol.

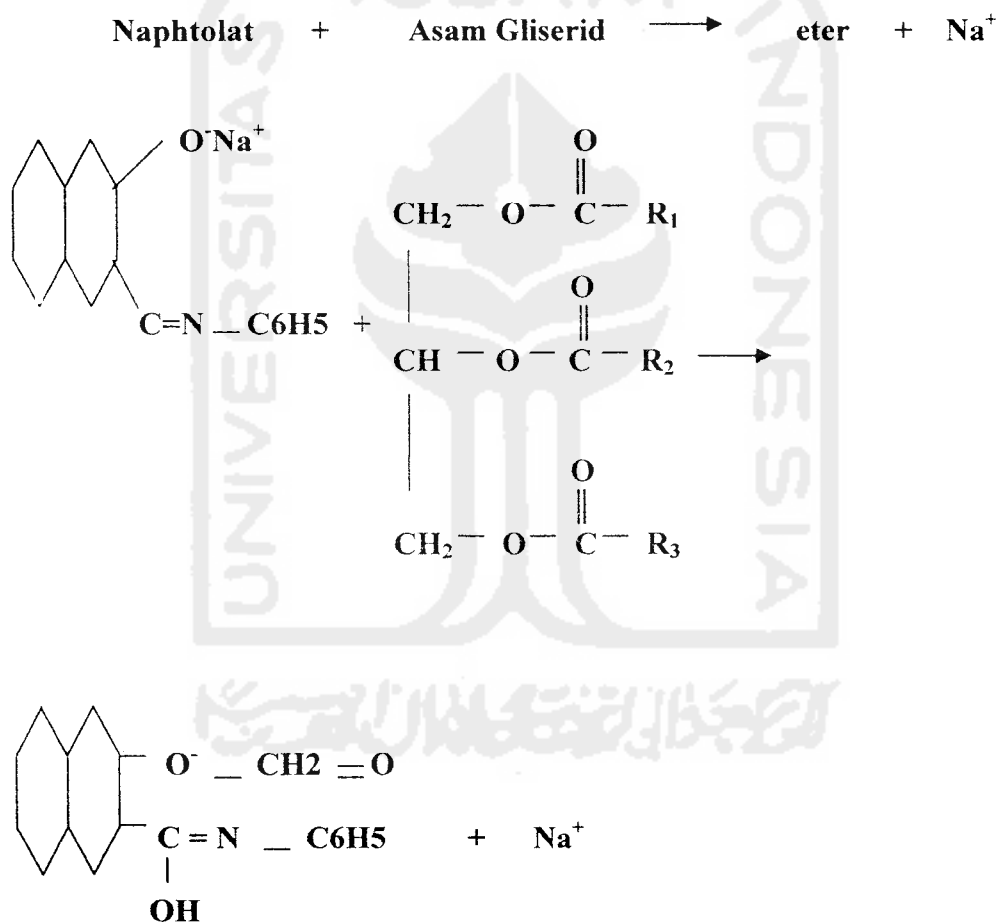


Gambar 4.5 Proses Pembangkitan Warna

Dengan menggunakan koagulan biji kelor pada proses koagulasi-flokulasi akan terjadi penurunan kadar warna pada limbah batik, ini karena biji kelor

mengandung emulsin, asam gliserid, dan asam polmarit (Kusnaedi, 1995) yang dapat menyebabkan penggumpalan partikel koloid pada limbah batik sehingga akan terjadi ikatan antara ion-ion koloid (bermuatan negatif) dengan partikel koagulan biji kelor (bermuatan positif) pada proses koagulasi-flokulasi.

Naphtolat termasuk dalam gugusan asam karboksilat, sehingga apabila bereaksi dengan asam gliserid akan menyebabkan pembentukan flok sehingga kadar warna akan mengalami penurunan. Adapun reaksi yang terjadi adalah :



Gambar 4.5 Proses Penurunan Warna

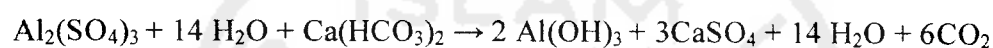
Sumber : Hardjono Sastrohamidjojo, 2005

Asam gliserid memiliki gugusan-gugusan $R1NR2^+$ yang dapat mengionisasi serta dapat larut dalam air dan mengkonduksi listrik yang dipengaruhi oleh adanya daya elektrostatis antara muatan yang terkandung didalamnya. Gumpalan yang terdapat dalam cairan dengan cara pengikatan secara mekanis, adsorpsi dari koloid dengan gumpalan dan netralisasi dari muatan listrik positif benda koloid dengan muatan negatif gumpalan. Substansi polymer akan mengkoagulasikan partikel koloid sehingga terjadi pembentukan flok dari benturan antar partikel yang akan membentuk butiran dan kemudian akan mengendap.

Sedangkan dengan menggunakan tawas penurunan kadar warna tertinggi terjadi pada variasi dosis 16 gr/l sebesar 96,579 %. Pada pengujian parameter warna dengan koagulan tawas dapat terlihat perbedaan penurunan kadar warna yang signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji statistik menggunakan Uji t atau *t-test* (untuk perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran) yang menunjukkan bahwa t tabel ($t_{critical}$) < t hitung (t_{stat}) yaitu : $2,306 < 19,074$.

Penurunan kadar warna terjadi karena proses adsorpsi fisika dan diikuti adsorpsi kimia (Khail, 2001). Menggumpalnya partikel tersuspensi menjadi dispersi yang lebih kasar disebabkan adanya tarik menarik antara kotoran-kotoran dalam air limbah dengan aluminium sulfat sehingga muatan dari partikel tersuspensi menjadi netral. Partikel-partikel yang teradsorpsi dengan polielektrolit ini akan terikat pada polielektrolit. Karena banyaknya partikel koloid yang terlibat akhirnya akan membentuk kompleks-kompleks partikel melalui teori jembatan dalam hal ini polymer bertindak sebagai jembatan (Tjokrokusumo, 1995). Selain itu Ion Al berperan sebagai

elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Senyawa Al(OH)_3 dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti jonjot, sedangkan ion kompleks $\{\text{Al(H}_2\text{O)}_4(\text{OH})_2\}^{++++}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel. Partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air teradsorpsi (terserap) pada permukaan adsorben yaitu tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sehingga membentuk inti flok. Kemudian flok tersebut bergabung dan akhirnya mengendap.



Pada proses koagulasi-flokulasi ini selain zat padat yang berupa partikel dan koloid tersebut, juga warna dan sedikit fosfat dan logam terlarut akan terbawa dan dapat diendapkan oleh flok-flok Al(OH)_3 .

Pada variasi dosis 20 gr/l terjadi penurunan efisiensi kadar warna menjadi 93,536 %. Penurunan ini terjadi karena kadar pH air limbah adalah 8,67. Pada pH 8,67 koagulan tawas tidak dapat bekerja secara optimal dalam proses koagulasi karena pH optimum tawas berkisar antara 4,5 – 7.

Efisiensi rata-rata penurunan kadar warna dengan menggunakan koagulan biji kelor adalah 72,523 %, sedangkan dengan koagulan tawas adalah 88,399 %. Walaupun efisiensi penurunan kadar warna lebih rendah dari tawas, tetapi biji kelor merupakan koagulan alami yang cukup efektif untuk menurunkan kadar warna pada limbah cair dari industri batik Nakula Sadewa.

Dalam melakukan pengadukan untuk pertumbuhan flok ini maka kecepatan dari pengadukan mempunyai pengaruh yang cukup besar. Kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terpisahnya kembali flok-flok yang telah

tergumpal dan apabila kecepatan pengadukan terlalu lambat tidak terbentuk gumpalan flok yang besar karena kurangnya benturan antar flok (Tjokrokusumo, 1995).

Kadar warna sangat berhubungan dengan kadar kekeruhan. Semakin tinggi konsentrasi kekeruhan dalam air maka akan semakin tinggi kadar warna dari air tersebut. Air yang memiliki nilai kekeruhan rendah biasanya memiliki warna tampak dan warna sesungguhnya yang sama dengan standar (APA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

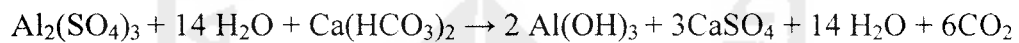
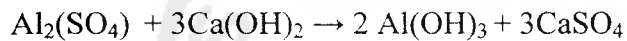
5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai kemampuan biji kelor sebagai koagulan alternatif dalam menurunkan kadar kekeruhan dan warna limbah cair dari industri batik Nakula Sadewa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Biji kelor mengandung zat aktif *rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate*, yang mampu mengadsorpsi dan menetralisasi partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah suspensi, dengan partikel kotoran melayang dalam air, sehingga akan terjadi tarik-menarik antara partikel koloid (negatif) dengan partikel biji kelor (positif) untuk membentuk butiran yang lebih besar dan akan mengendap.
2. Asam gliserid pada biji kelor akan bereaksi dengan naphtholat membentuk eter dan Na^+ , sehingga akan menyebabkan penurunan kadar warna air limbah batik.
3. Prosentase penurunan kadar kekeruhan tertinggi terjadi pada variasi dosis 20 g/l yang mencapai 96,23 % yaitu dari 33571,758 NTU menjadi 1265,697 NTU dan prosentase penurunan kadar warna tertinggi terjadi pada variasi dosis 20 g/l yang mencapai 94,725 % dari 1465,919 PtCo menjadi 77,333 PtCo.

Penurunan kadar kekeruhan tertinggi terjadi pada variasi dosis 12 gr/l sebesar 96,579 % yaitu dari 33571.758 NTU menjadi 1148,525 NTU. Penurunan ini terjadi karena tawas mampu menarik partikel-partikel yang lewat sebagai hasil daya tarik menarik elektrostatis yaitu antara partikel-partikel yang mempunyai muatan listrik yang berlawanan (Rizal, 1995).

Adapun reaksi kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa tawas bereaksi dengan kapur akan menghasilkan flok hidroksid. Karena Ion Al berperan sebagai elektrolit positif dalam destabilisasi partikel koloid. Senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam bentuk presipitat berfungsi sebagai inti jonjot, sedangkan ion kompleks $\{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_4(\text{OH})_2\}^{++++}$ akan berfungsi sebagai jembatan antar partikel. Partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air teradsorpsi (terserap) pada permukaan adsorben yaitu tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sehingga membentuk inti flok. Kemudian flok tersebut bergabung dan akhirnya mengendap.

Sedangkan pada variasi dosis 20 gr/l terjadi penurunan efisiensi kadar kekeruhan. Penurunan ini terjadi karena kadar pH air limbah adalah 8,67. Pada pH 8,67 koagulan tawas tidak dapat bekerja secara optimal dalam proses koagulasi karena pH optimum tawas berkisar antara 4,5 – 7. pH air akan semakin tinggi dengan adanya penambahan kapur sebagai koagulan pembantu. Koagulan tawas memiliki sifat yang bellawanan dengan koagulan kapur. Koagulan tawas akan menyebabkan

4. Efisiensi rata-rata penurunan kadar kekeruhan dan warna dengan koagulan biji kelor adalah 83,016 % untuk parameter kekeruhan dan 72,523 % untuk parameter warna, sedang dengan koagulan tawas penurunan kadar kekeruhan sebesar 94,226 % dan 88,399 % untuk kadar warna.
5. Besarnya kadar pH sangat berpengaruh dalam keberhasilan proses koagulasi-flokulasi, sehingga dapat menentukan besarnya dosis koagulan yang tepat.
6. Hubungan antara kadar kekeruhan dan warna dengan variasi dosis koagulan biji kelor menunjukkan bahwa semakin besar dosis koagulan biji kelor maka akan semakin kecil kadar kekeruhan dan warna, sebaliknya akan semakin besar tingkat efisiensi penurunan kadar warna dan kekeruhan.

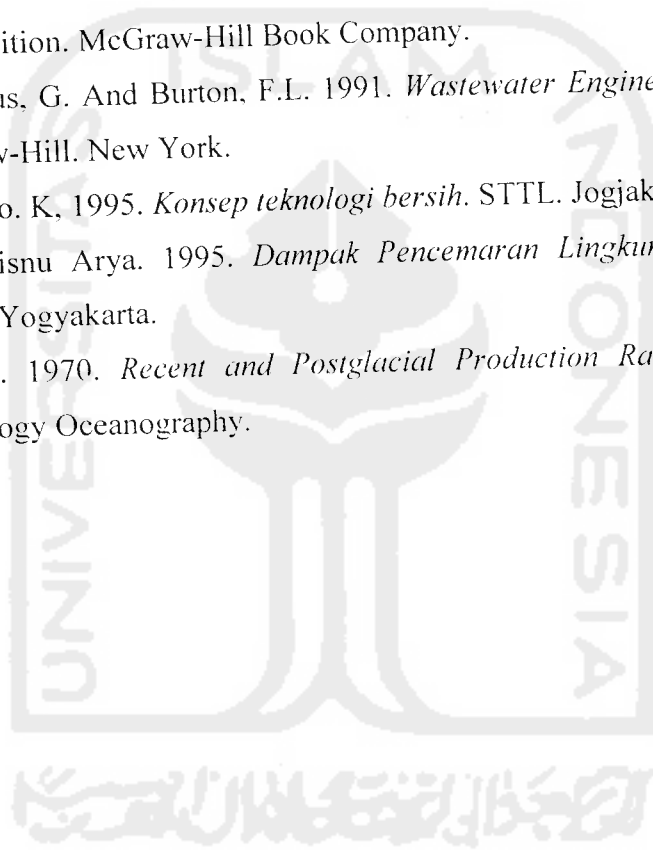
5.2 Saran

1. Limbah batik sebelum dibuang sebaiknya diolah terlebih dahulu supaya tidak mencemari lingkungan sekitar.
2. Pada proses pengolahan limbah cair batik harus memperhatikan karakteristik dari limbah yang dihasilkan.
3. Untuk penelitian lebih lanjut pengolahan limbah cair batik dengan proses koagulasi-flokulasi dapat disempurnakan lagi dengan memperhatikan faktor-faktor seperti kecepatan pengadukan, pH, dosis koagulan, jenis koagulan dan waktu pengadukan.

Daftar Pustaka

- Aleart.G dan Sumestri, S. 1994. *Metode Penelitian Air*. Usaha nasional. Surabaya.
- Anonim. 1978. *Panduan Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Air Buangan Industri Tekstil*. Direktorat Jendral Industri tekstil. Departemen Perindustrian RI.
- Anonim. 1995. *Usaha Memperbaiki Kualitas Air Minum di Pedesaan dengan Menggunakan Biji Kelor*. Yayasan Dian Desa Bekerjasama dengan Oxpam. Yogyakarta.
- APHA. 1976. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 4th edition. American Public Health Assotiation. Washington DC.
- Davis, M.L. and Cornwell, D.A.1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Second edition. Mc-GROW-Hill, Inc. New York.
- Eckenfelder, W.W. 1989. *Industrial Water Pollution Control*. Second edition. McGrow-Hill, Inc. New York.
- Fair, G.M.. 1968. *Water and Wastewater Engineering*. John Willy and Sons. Inc. New York.
- Gintings, P, 1995, *Mencegah dan mengendalikan pencemaran Industri*. Penerbit: Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Huisman, L.,et. Al. 1974. *Slow Sand Filtration*. Genewa. Swiss.
- Jhan, S.A.A. 1981. *Traditional Water Purification in Tropical Developing Countries*. Deusche Geselishaft Fur Techins Zu Sammerboit (GTZ). GmBh Eschborn.
- Kusnaedi. 1995. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor Untuk Air Minum*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Linsley. Ray. 1986. *Teknik Sumberdaya Air*. Jilid 1 dan Jilid II Edisi 3. Erlangga. Jakarta.
- Mahida, C.F. 1981. *Biology of Fresh Water Pollution*, Long Man. London and NewYork.

- Rahardjo. 1993. *Soil Mechanics for Unsaturated Soils*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Rizal. 1995. *Penjernihan Air Tanah dengan Koagulan Tawas*. Jakarta.
- Sank, R.K. 1980. *Water Treatment Plant Design For The Practicing Enggineer*. Ann Arbor Science Publisher, Inc. Michigan.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 2005. *Kimia Organik Stereokimia, Karbohidrat, Lemak, Protein*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sawyer, C.N. and McCarty, P.L. 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. Third edition. McGraw-Hill Book Company.
- Tchobanoglous, G. And Burton, F.L. 1991. *Wastewater Engineering*. Third Edition. McGraw-Hill. New York.
- Tjokrokusumo. K, 1995. *Konsep teknologi bersih*. STTL. Jogjakarta.
- Wardana, Wisnu Arya. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit: Andi Offset: Yogyakarta.
- Wetzel, R.G. 1970. *Recent and Postglacial Production Rates of a Mart Lake*. *Limnology Oceanography*.



LAMPIRAN



Analisa Data t-test

1. penurunan warna menggunakan koagulan kelor

	Variable 1	Variable 2
Mean	1465.919	402.7835333
Variance	0	260849.673
Observations	5	5
Pooled Variance	130424.8365	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	4.654558151	
P(T<=t) one-tail	0.000817483	
t Critical one-tail	1.859548033	
P(T<=t) two-tail	0.001634965	
t Critical two-tail	2.305004133	

2. penurunan warna menggunakan koagulan tawas

	Variable 1	Variable 2
Mean	1465.919	170.0632
Variance	0	23078.02622
Observations	5	5
Pooled Variance	11539.01311	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	19.07402501	
P(T<=t) one-tail	2.95554E-08	
t Critical one-tail	1.859548033	
P(T<=t) two-tail	5.91108E-08	
t Critical two-tail	2.306004133	

3. penurunan kekeruhan menggunakan koagulan kelor

	Variable 1	Variable 2
Mean	33571.7575	5701.979667
Variance	0	60733692.37
Observations	5	5
Pooled Variance	30366846.19	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	7.99656858	
P(T<=t) one-tail	2.19017E-05	
t Critical one-tail	1.859548033	
P(T<=t) two-tail	4.38033E-05	
t Critical two-tail	2.306004133	

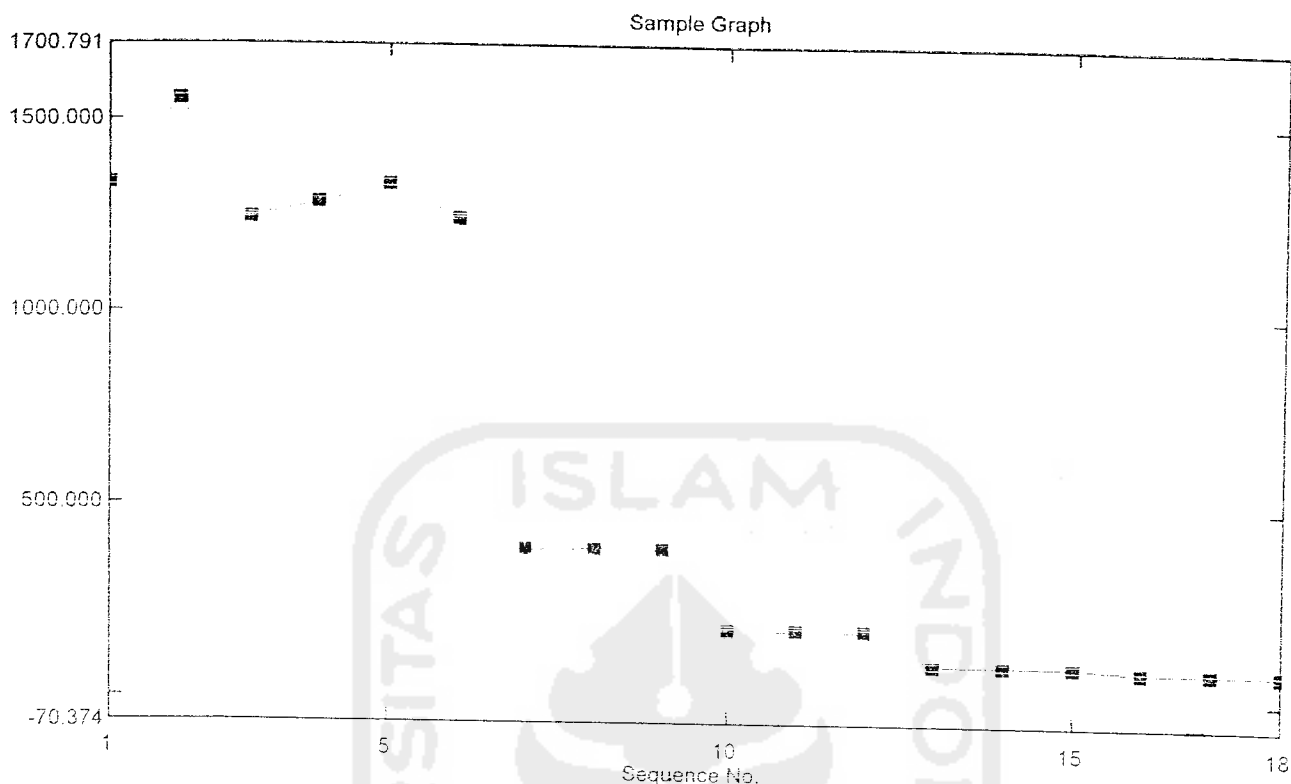
4. penurunan kekeruhan menggunakan koagulan tawas

	Variable 1	Variable 2
Mean	33571.7575	1938.504867
Variance	0	2210856.768
Observations	5	5
Pooled Variance	1105428.384	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	8	
t Stat	47.5716865	
P(T<=t) one-tail	2.10806E-11	
t Critical one-tail	1.859548033	
P(T<=t) two-tail	4.21611E-11	
t Critical two-tail	2.306004133	

Sample Table Report

12/21/2006 11:19:59 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Mulyanto\Mulyanto Warna 2 Kelor.pho



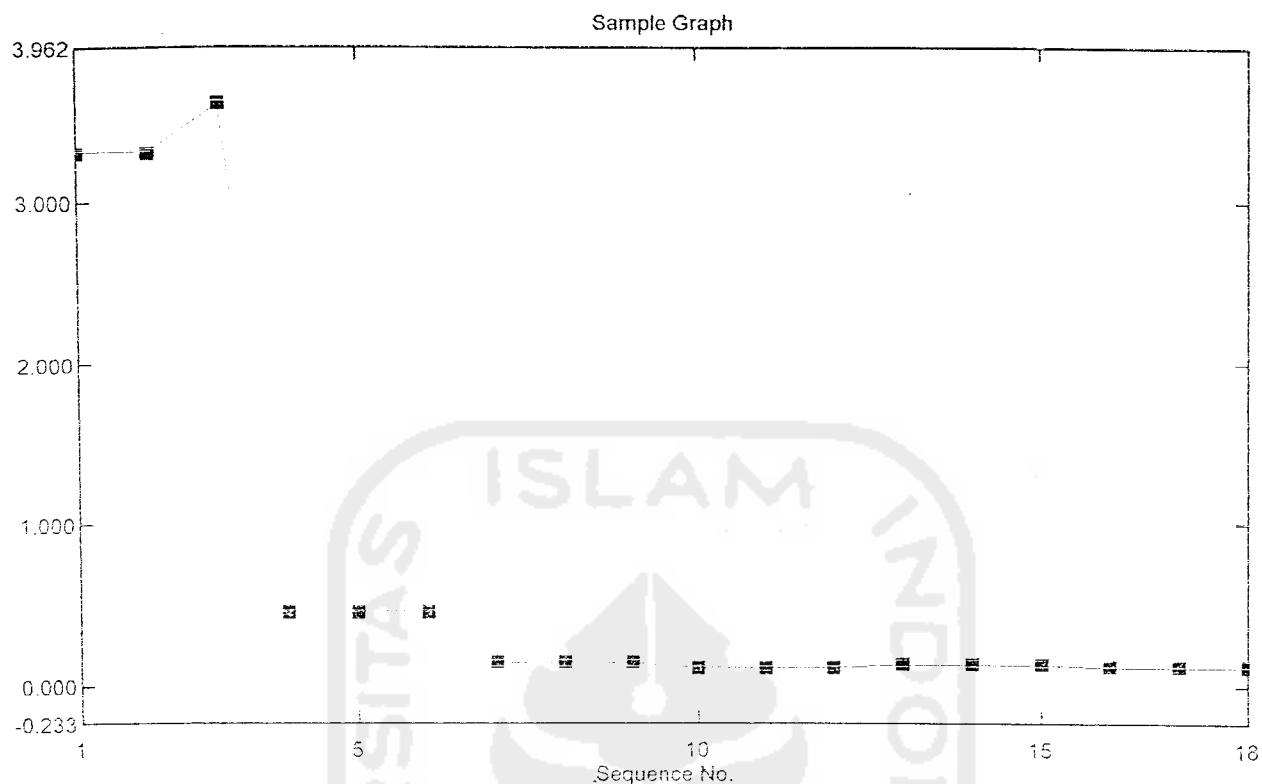
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL355	Comments
Awal 1	Unknown		1334.332	3.436	
Awal 2	Unknown		1553.194	4.000	
Awal 3	Unknown		1248.408	3.215	
4 gr 1	Unknown		1285.848	3.311	
4 gr 2	Unknown		1334.332	3.436	
4 gr 3	Unknown		1248.408	3.215	
8 gr 1	Unknown		382.910	0.986	
8 gr 2	Unknown		365.374	0.992	
8 gr 3	Unknown		383.147	0.986	
12 gr 1	Unknown		174.379	0.448	
12 gr 2	Unknown		175.090	0.450	
12 gr 3	Unknown		175.232	0.451	
16 gr 1	Unknown		88.313	0.227	
16 gr 2	Unknown		88.265	0.227	
16 gr 3	Unknown		88.455	0.227	
20 gr 1	Unknown		77.223	0.198	
20 gr 2	Unknown		77.412	0.199	
20 gr 3	Unknown		77.365	0.199	

Sample Table Report

12/21/2006 11:24:36 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Mulyanto\Mulyanto Kekeruhan 2 Kapur.pho



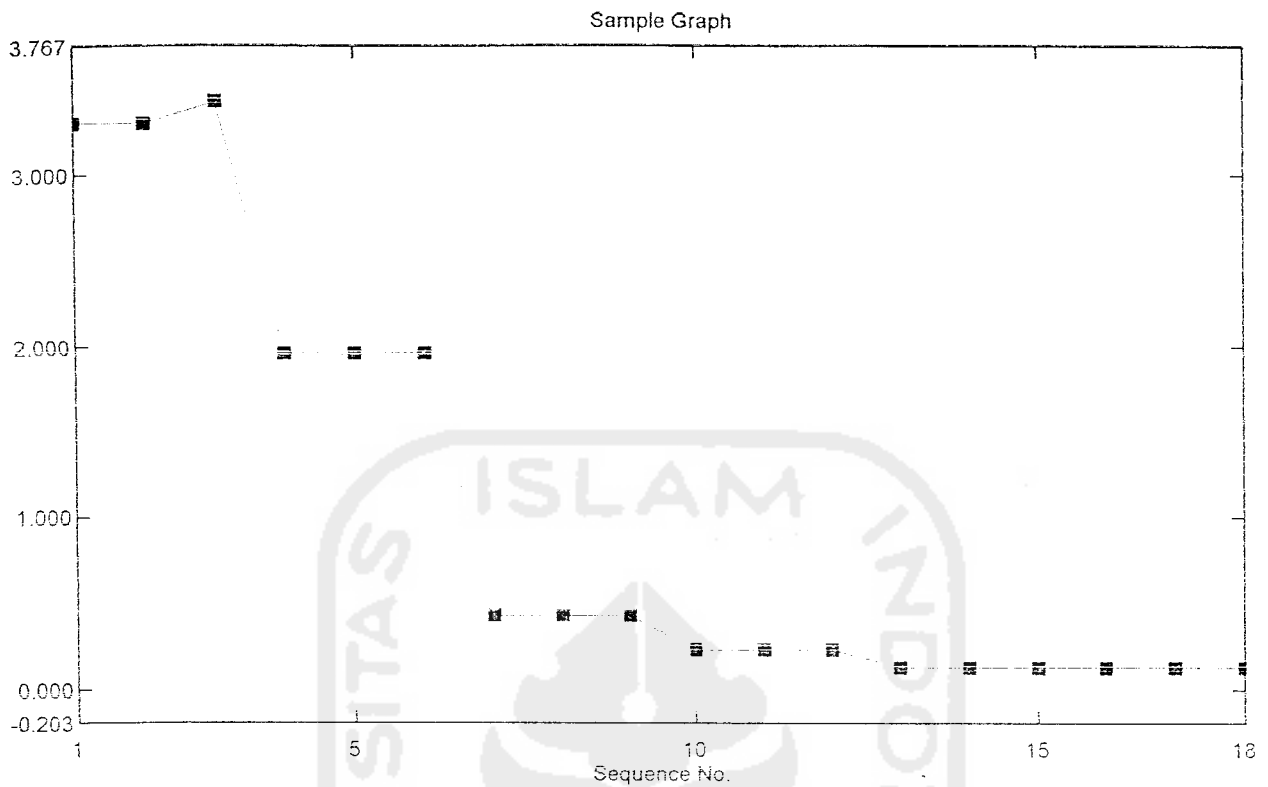
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL390	Comments
Awal 1	Unknown		32866.909	3.311	
Awal 2	Unknown		32866.909	3.311	
Awal 3	Unknown		35856.000	3.612	
8 gr 1	Unknown		4582.061	0.463	
8 gr 2	Unknown		4590.545	0.464	
8 gr 3	Unknown		4596.606	0.464	
16 gr 1	Unknown		1458.424	0.148	
16 gr 2	Unknown		1459.636	0.146	
16 gr 3	Unknown		1459.636	0.148	
24 gr 1	Unknown		1146.909	0.117	
24 gr 2	Unknown		1149.333	0.117	
24 gr 3	Unknown		1149.333	0.117	
32 gr 1	Unknown		1300.848	0.132	
32 gr 2	Unknown		1300.848	0.132	
32 gr 3	Unknown		1300.848	0.132	
40 gr 1	Unknown		1194.182	0.122	
40 gr 2	Unknown		1191.758	0.121	
40 gr 3	Unknown		1196.606	0.122	

Sample Table Report

12/21/2006 11:22:14 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Mulyanto\Mulyanto Kekeruhan 2 kelor.pho



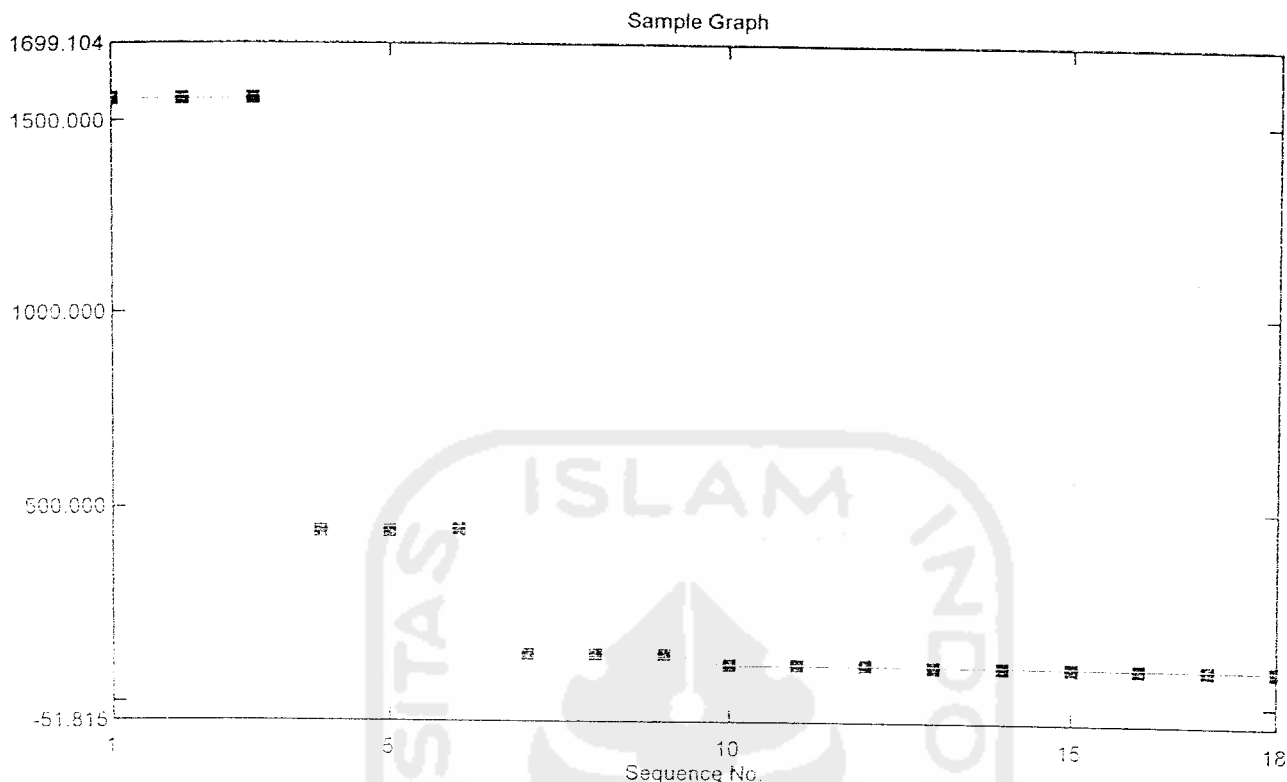
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL390	Comments
Awal 1	Unknown		32866.909	3.311	
Awal 2	Unknown		32866.909	3.311	
Awal 3	Unknown		34106.909	3.436	
4 gr 1	Unknown		19489.939	1.964	
4 gr 2	Unknown		19440.242	1.959	
4 gr 3	Unknown		19489.939	1.964	
8 gr 1	Unknown		4231.758	0.427	
8 gr 2	Unknown		4236.606	0.428	
8 gr 3	Unknown		4237.818	0.428	
12 gr 1	Unknown		2259.636	0.229	
12 gr 2	Unknown		2266.909	0.230	
12 gr 3	Unknown		2269.333	0.230	
16 gr 1	Unknown		1269.333	0.129	
16 gr 2	Unknown		1269.333	0.129	
16 gr 3	Unknown		1271.758	0.129	
20 gr 1	Unknown		1258.424	0.128	
20 gr 2	Unknown		1265.697	0.129	
20 gr 3	Unknown		1272.970	0.130	

Sample Table Report

12/21/2006 11:25:30 AM

File Name: D:\Hasil analisis Spektro\Mulyanto\Mulyanto Warna 2 kapur.pho



Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL355	Comments
Sampel awal 1	Unknown		1553.194	4.000	
Sampel awal 2	Unknown		1553.194	4.000	
Sampel awal 3	Unknown		1553.194	4.000	
8 gr 1	Unknown		440.682	1.134	
8 gr 2	Unknown		439.829	1.132	
8 gr 3	Unknown		442.057	1.138	
16 gr 1	Unknown		124.190	0.319	
16 gr 2	Unknown		124.264	0.319	
16 gr 3	Unknown		124.806	0.321	
24 gr 1	Unknown		96.227	0.247	
24 gr 2	Unknown		96.227	0.247	
24 gr 3	Unknown		96.038	0.247	
32 gr 1	Unknown		94.095	0.242	
32 gr 2	Unknown		94.095	0.242	
32 gr 3	Unknown		94.142	0.242	
40 gr 1	Unknown		94.711	0.243	
40 gr 2	Unknown		94.711	0.243	
40 gr 3	Unknown		94.853	0.244	

PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
NOMOR : 416/MENKES/PER/IX/1990
TANGGAL : 3 SEPTEMBER 1990

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

LEMBAR KE : I DARI 3

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAX YANG DIPERBOLEHKAN	KETERANGAN
A. FISIKA				
1	Bau	-	-	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1000	-
3	Kekeruhian	SKala NTU	5	-
4	Rasa	-	-	Tidak berasa
5	Suhu	°C	Suhu Udara ± 3 °C	-
6	Warna	Skala TCU	15	-
B. KIMIA				
a. Kimia Anorganik				
1	Air raksa	mg/l	0,002	
2	Aluminium	mg/l	0,2	
3	Arsen	mg/l	0,05	
4	Barium	mg/l	1,0	
5	Besi	mg/l	0,3	
6	Fluorida	mg/l	1,5	
7	Kadmium	mg/l	0,005	
8	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	
9	Klorida	mg/l	250	
10	Kromium Valensi 6	mg/l	0,05	
11	Mangan	mg/l	0,3	
12	Natrium	mg/l	200	
13	Nitrat, sebagai N	mg/l	10	
14	Nitrit, sebagai N	mg/l	1,0	
15	Perak	mg/l	0,05	
16	pH	mg/l	6,5 - 8,5	Melampaui batas min. dan max.
17	Selenium	mg/l	0,01	
18	Seng	mg/l	5,0	
19	Sianida	mg/l	0,1	
20	Sulfat	mg/l	400	
21	Sulfida (sebagai H ₂ S)	mg/l	0,05	
22	Tembaga	mg/l	1,0	
23	Timbal	mg/l	0,05	

LEMBAR KE: 2 DARI 3

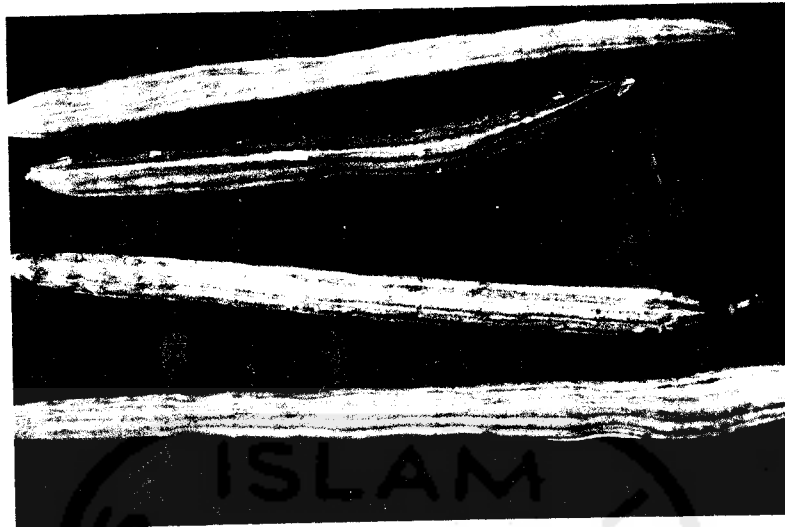
NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAX YANG DIPERBOLEHKAN	KETERANGAN
	b. Kimia Organik			
1	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,0007	
2	Benzene	mg/l	0,01	
3	Benzo (a) pyrene	mg/l	0,00001	
4	Chlordane (Total Isomer)	mg/l	0,0003	
5	Cloroform	mg/l	0,03	
6	2,4 - D	mg/l	0,10	
7	DDT	mg/l	0,03	
8	Detergen	mg/l	0,05	
9	1,2 - Dichloroethane	mg/l	0,01	
10	1,1 - Dichloroethane	mg/l	0,0003	
11	Heptachlor dan heptachlor epoxide	mg/l	0,003	
12	Hexachlorobenzene	mg/l	0,00001	
13	Gamma-HCH (Lindane)	mg/l	0,001	
14	Methoxychlor	mg/l	0,03	
15	Pentachlorophenol	mg/l	0,01	
16	Pestisida total	mg/l	0,10	
17	2,4,6 - trichlorophenol	mg/l	0,01	
18	Zat organik (KMnO ₄)	mg/l	10	
	C. MIKROBIOLOGI			
1	Koliform Tinja	Jumlah per 100 ml	0	
2	Total koliform	Jumlah per 100 ml	0	95 % dari sampel yang diperiksa selama setahun. Kadang-kadang boleh ada 3 per 100 ml sampel air, tetapi tidak ber-turut-turut

PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR : 416/MENKES/PER/IX/1990
 TANGGAL : 3 SEPTEMBER 1990

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

LAMBAR KE-1 DARI 2

NO.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAX YANG DIPERBOLEHKAN	KETERANGAN
A. FISIKA				
1	Bau	-	1.500	Tidak berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/l	25	-
3	Kekeruhian	Skala NTU	-	Tidak bening
4	Rasa	-	Suhu Udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
5	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	50	-
6	Warna	Skala TCU	-	-
B. KIMIA				
a. Kimia Anorganik				
1	Air raksa	mg/l	0,001	-
2	Arsen	mg/l	0,05	-
3	Besi	mg/l	1,0	-
4	Besi	mg/l	1,5	-
5	Fluorida	mg/l	0,005	-
6	Kadmium	mg/l	500	-
7	Kesadahan (CaCO_3)	mg/l	600	-
8	Klorida	mg/l	0,05	-
9	Kromium Valensi 6	mg/l	0,5	-
10	Mangan	mg/l	10	-
11	Nitrat, sebagai N	mg/l	1,0	-
12	Nitrit, sebagai N	mg/l	6,5 - 9 C	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
13	pH	-	-	-
14	Selenium	mg/l	0,01	-
15	Seng	mg/l	15	-
16	Sianida	mg/l	0,1	-
17	Sulfat	mg/l	400	-
18	Timah	mg/l	0,1	-



Gambar 1 buah kelor



Gambar 2 biji buah kelor



Gambar 3 biji kelor yang sudah dihaluskan



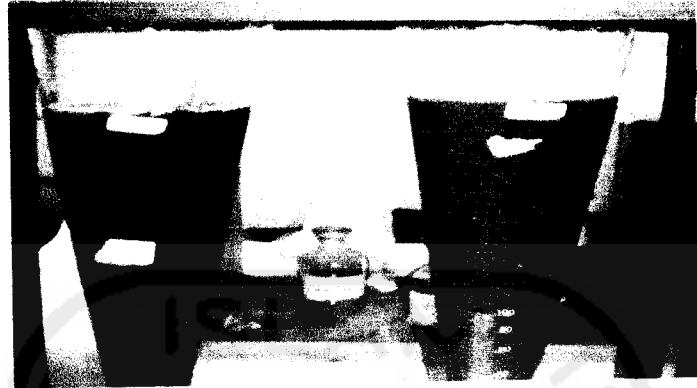
Gambar 4 menimbang serbuk kelor



Gambar 5 limbah cair batik Nakula Sadewa



Gambar 6 Jar Test



Gambar 7 Pengendapan dengan tabung in hoff

