

TA/TL/2008/0275

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI TSS (*Total Suspended Solid*), dan MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK INDAH RARA DJONGGRANG YOGYAKARTA DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

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



Oleh :

Nama : VIDYA AYU PRAVITASARI

NIM : 03 513 075

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2008**

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI TSS (*Total Suspended Solid*), dan MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK INDAH RARA DJONGGRANG YOGYAKARTA DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

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



Oleh :

Nama : VIDYA AYU PRAVITASARI

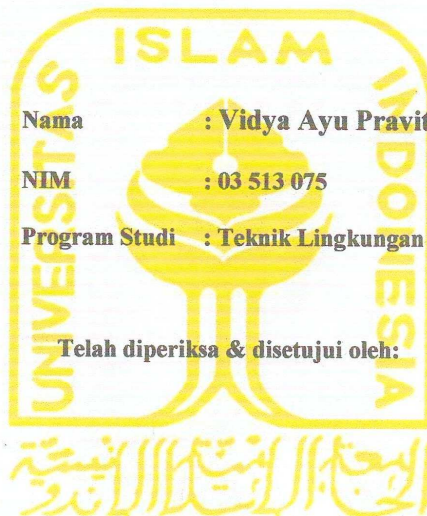
NIM : 03 513 075

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KONSENTRASI TSS (*Total Suspended Solid*), MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK INDAH RARA DJONGGRANG YOGYAKARTA DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI



Nama : Vidya Ayu Prayitasari

NIM : 03 513 075

Program Studi : Teknik Lingkungan

Telah diperiksa & disetujui oleh:

Dosen pembimbing I


Lugman Hakim, ST, MSi 07/08/07

Dosen Pembimbing II


Andik Yulianto, ST, MT 07/08/07

Mengetahui,

Ketua Program Studi




Lugman Hakim, ST, MSi 07/08/07

Kupersembahkan Dengan Sepenuh Hati dan Cinta, Hadiahku dan Karya Kebanggaanku Kepada...

ALLAH SWT

Terima kasih Ya Allah...Karena Engkau memberikanku Kebahagiaan yang luar biasa ini...Engkau beri aku Kesehatan, dan Kemudahan yang luar biasa karena Berkat, Rahmat, Karunia dan Kehendak-Mu semuanya dapat kulewati.....

"Sesungguhnya Sholatku, Ibadahku, Hidupku dan Matiku...Hanyalah untuk Allah SWT, Tuhan Semesta Alam " (QS. Al. An-'Am:162)

Rasulku, Nabi Besar Muhammad SAW

"Nabi lebih utama bagi orang mukmin daripada mereka sendiri..."(QS. Al. Ahzab:6)

DADA-MAMA TERCINTA

The best Parents in the world

Sebagai ungkapan rasa syukur kepada-Nya, yang telah menganugrahkan Orang Tua Terbaik, yang telah memberikan Cinta, Kasih Sayang, serta Ilmu yang tak terhingga jumlahnya selama ini...yang tidak bisa dibalas dengan apapun di dunia ini...

*Terima Kasih kedua **Orang Tuaku Tersayang**...atas semua Doa dan Restumu, Cinta, Perhatian, Kesabaran, Kepercayaan, Pengorbanan dan Segala Dukungan yang selama ini Kalian curahkan kepadaku, hinggaku menjadi anak yang Insya Allah akan selalu Kalian banggakan...I LOVE YOU...*

ADIK²-KU TERSAYANG

Yang selalu menjadi adik, kawan dan lawan terhebatku....

Tetap jadi yang terhebat ya dek....!!!

SAHABAT-SAHABAT TERBAIK

Thanks For Being My Candle Light In The Dark...When Iam There...

YOU

Still The Best, Thank You So Much.....

MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. " (Q.S. Asy Syarh : 6)

Sesungguhnya ALLAH tidak akan merubah suatu kaum sampai mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri

(QS. Ar Ra'du : 11)

Jenius adalah 1 % inspirasi dan 99 % keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras.

Keberuntungan adalah sesuatu yang terjadi ketika kesempatan bertemu dengan kesiapan.

(Thomas A. Edison)

Berhenti ditengah perjalanan akan lebih sulit dan terasa lebih melelahkan daripada terus berjalan hingga sampai tujuan

(Vidya Ayu Pravitasari)

**PENURUNAN KONSENTRASI TSS (Total Suspended Solid) DAN
MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK INDAH
RARA DJONGGRANG YOGYAKARTA DENGAN METODE
ELEKTROKOAGULASI**

Vidya Ayu Pravitasari, Luqman Hakim, Andik Yulianto

ABSTRAKSI

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit digunakan untuk mengolah air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi penurunan kadar Total Suspended Solid (TSS) dan Minyak Lemak yang terkandung dalam limbah cair industri batik setelah melalui proses elektrokoagulasi.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan bak elektrokoagulasi secara *batch*, dengan menggunakan lempengan *Stainlees Steel* sebagai anoda bermuatan positif dan lempengan Aluminium sebagai katoda yang bermuatan negatif sebagai elektroda. Dengan variasi waktu kontak sebesar 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit pada tegangan 12 volt dan 25 volt, serta jarak antar elektroda 3 cm dan 1,5 cm. Penelitian ini mengolah limbah cair batik didalam reaktor dengan aliran turbulen dan dialiri listrik supaya ion-ion yang ada pada limbah cair batik teradsorpsi oleh ion-ion pengikat yang dilepaskan oleh elektroda pada alat elektrokoagulasi sehingga akan terjadi ikatan antara ion senyawa organik yang ada pada limbah cair batik dengan ion yang disebabkan oleh proses elektrokoagulasi. Sampel diambil pada outlet kemudian dianalisa. Analisa laboratorium untuk parameter TSS mengacu pada SNI 06-6989.3-2004 Air dan Air Limbah-Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi (TSS) Secara Gravimetri. Sedangkan untuk analisa minyak lemak mengacu pada SNI 06-6989.10-2004 dengan metode gravimetri. Hasil penelitian mengacu pada baku mutu sesuai dengan KEP. GUB. DIY. No. 281/KPTS/1998.

Berdasarkan hasil laboratorium, setelah dilakukan analisa menunjukkan adanya penurunan konsentrasi TSS dan minyak lemak yang signifikan dengan presentase tertinggi sebesar 76,73% untuk TSS dan 87,88% untuk minyak lemak yang terjadi pada menit ke 60, kuat arus 1 Ampere pada tegangan sebesar 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm. Dimana limbah cair batik ini memiliki pH sebesar 9,5. Penurunan TSS dan minyak lemak ini dipengaruhi oleh waktu kontak, tegangan listrik, dan jarak antar elektroda yang digunakan pada saat melakukan pengolahan limbah cair batik dengan menggunakan elektrokoagulasi.

Kata Kunci: Limbah Cair, Total Suspended Solid (TSS), Minyak Lemak, dan Elektrokoagulasi.

**REMOVAL OF TSS (Total Suspended Solid) AND FATTY OIL
CONCENTRATION AT INDUSTRIAL LIQUID WASTE of BATIK INDAH
RARA DJONGGRANG YOGYAKARTA WITH ELECTROCOAGULATION
METHOD**

Vidya Ayu Pravitasari, Luqman Hakim, Andik Yulianto

ABSTRACT

Electrocoagulation is a coagulation process by using unidirectional electric current passed event of electrochemistry that is decomposition symptom of electrolyte applied to process effluent. This research aim to know level of removal efficiency of rate Total Suspended Solid (TSS) and fatty oil which implied in industrial liquid waste of batik after through electrocoagulation process.

Research is done by using electrcoagulation basin in batch, by using plate Stainlees Steel as anode haves positif charge and plate Aluminium as cathode which haves negative charge as electrode. With various residence time equal to 5 minute, 10 minutes, 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes, and 60 minutes at tension 12 volts and 25 volts, and distance between electrodes 3 cm and 1,5 cm. This research process batik liquid waste in reactor with turbulent flow and flown electrics so that ions of the batik liquid waste adsorbtion by fastener ions discharged by electrode at equipment of electrocoagulation so that there will be tying between organocompound ions of the batik liquid waste with ion which caused by electrocoagulation process. Sample taken at outlet then is analysed. Laboratory analysis for parameter TSS refers to SNI 06-69893-2004 Water and liquid waste-Part 3:Suspended solid Test (TSS) In Gravimetri. While to analyzing fatty oil refers to SNI 06-698910-2004 with method gravimetri. Result of research refers to standard quality of as according to KEP. GUB. DIY. No. 281/KPTS/1998.

Based on result of laboratory, after done analysis to show existence of degradation of concentration of TSS and fatty oil that significant with highest presentase equal to 76,73% for TSS and 87,88% for fatty oil happened at minute to 60, strong of current 1 Ampere at tension 25 volts with electrode distance 1,5 cm. Where this batik liquid waste has pH exponent 9,5. Removal concentration of TSS and this fatty oil influenced by residence time, voltage, and distance between electrodes applied at the time of doing waste treatment of batik liquid by using electrocoagulation.

Keyword: Liquid waste, Total Suspended Solid (TSS), Fatty oil, and Electrocoagulation.

KATA PENGANTAR

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Tunggal, Pencipta Alam semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-nya. Shalawat serta salam saya limpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Alhamdulillah atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul **“PENURUNAN KONSENTRASI TSS (*TOTAL SUSPENDED SOLID*) DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK INDAH RARA DJONGGRANG YOGYAKARTA DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI”**.

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

1. Bapak Luqman Hakim, ST, MSi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan juga sebagai dosen pembimbing I, atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini, sehingga penulis dapat menyelesaikannya sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.
2. Bapak Andik Yulianto, ST, MT, selaku dosen pembimbing II atas koreksi dan arahnya mulai dari pelaksanaan penelitian sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini selesai.
3. Ibu Any Juliani, ST, MSc, selaku dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas masukan yang pernah diberikan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dan juga sebagai koordinator Tugas Akhir.
4. Bapak Eko Siswoyo, ST, selaku dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas pengetahuan yang bapak ajarkan pada saya selama perkuliahan, saya ucapkan tarima kasih.

5. Bapak Ir. H. Kasam, MT selaku dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas nasehat-nasehat yang bapak berikan untuk saya dalam penulisan Tugas Akhir ini maupun selama dalam perkuliahan, saya ucapkan tarima kasih.
6. Pak Tasyono dan mas Iwan, atas bantuan dan bimbingannya selama saya berada di Laboratorium Kualitas Air & Rancang Bangun.
7. Mas Agus, yang banyak membantu dalam pengurusan kepentingan surat dan yang lainnya.
8. Bapak Felik waskito,yang telah membantu proses penelitian di Laboratorium BPKL Yogyakarta
9. Keluarga tercinta, terima kasih atas semuanya.
10. Teman seperjuangan Elektrokoagulasi: mbak Indah Purwaningsih. Terima kasih atas kerja sama dan bantuannya dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Alhamdulillah.
11. Teman-teman seperjuangan selama penelitian TA dilaboratorium; Reni, Ana, Diana, Astri, Arif, Yudis, Adin, Cahyo, dan Tris.
12. Didi, Ervan, Fadhli, Kiki, Tris, Adin, yang sudah menemani pada waktu running alat, terima kasih.
13. All Crew WPP(Wisma Putri Pelangi), terima kasih atas dukungan dan motivasinya selama ini, kalian semua benar-benar yang terbaik.
14. Beni dan Mas Egi, Statistik, MIPA, UII terima kasih atas ajarannya tentang SPSS.
15. Temen-temen KKN Unit 92 angkatan 34, dukungan dan doanya.
16. Semua teman-teman Enviro 03.

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

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Mei 2008

Vidya Ayu Pravitasari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Proses Pembuatan Batik Secara Umum	6
1. Proses Persisapan Bahan Baku	6
2. Proses Pembatikan	6
3. Proses Pewarnaan	7
4. Proses Pelapisan Lilin	7
5. Proses Penyelesaian	8
2.2 Pengelolaan Lingkungan	10
2.3 Limbah Industri Batik	10
2.4 Karakteristik Air Limbah Batik	11

1. Karakteristik Fisik	11
2. Karakteristik Kimia	12
2.5 Bahan Pencemar Limbah Batik	14
2.6 Pengaruh Limbah Industri Batik Terhadap Lingkungan	15
2.7 Pengolahan Limbah Cair Industri Batik	16
2.8 Elektrolit	18
2.9 Parameter-Parameter Penelitian	18
2.9.1. <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	18
2.9.2. Minyak Lemak	21
2.9.3. pH	25
2.10 Elektrokoagulasi	26
2.10.1 Mekanisme Elektrokoagulasi	33
2.10.2 Keuntungan Metode Elektrokoagulasi	34
2.10.3 Kerugian Metode Elektrokoagulasi	35
2.11 Proses Koagulasi	35
2.12 Proses Flotasi	38
2.13 Elektrokimia	39
2.13.1 Sel Volta atau Sel Galvani	39
2.13.2 Sel Elektrolisa	39
2.13.3 Aluminium	41
2.13.4 Besi (<i>Stainlees Steel</i>)	42
2.14 Elektrolisis	42
2.14.1 Hukum Faraday	42
2.14.2 Hukum Ohm	44
2.15 Arus Listrik	45
2.16 Waktu Kontak	46
2.17 Penelitian Metode Elektrokoagulasi Terdahulu	46
2.18 Hipotesa	48

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	49
-----------------------	----

3.2	Jenis Penelitian	49
3.3	Waktu penelitian	49
3.4	Variabel Penelitian	49
3.5	Alat dan Bahan	50
3.5.1	Alat	50
3.5.2	Bahan	50
3.6	Kerangka Penelitian	50
3.6.1	Alat Elektrokoagulasi	51
3.6.2	Tahapan Cara Kerja	52
3.7	Analisis TSS	53
3.8	Analisis Minyak dan Lemak	53
3.9	Analisis pH	54
3.10	Analisa Data	54

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Umum	55
4.2	<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	56
4.2.1	Pembahasan	58
4.2.2	Uji Statistik	67
4.3	Minyak Lemak	67
4.3.1	Pembahasan	70
4.3.2	Uji Statistik	73
4.4	pH Sebagai Parameter Pendukung	74
4.4.1	Uji Statistik	75
4.5	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Baku Mutu	77

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	78
5.2	Saran	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Limbah Cair Industri Kecil Batik	13
Tabel 2.2. Komposisi Air Limbah Industri Batik Indah Rara Djonggrang	14
Tabel 2.3 Zat Pencemar dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik	15
Tabel 2.4 Sifat-Sifat aluminium	41
Tabel 2.5 Sifat-Sifat Besi	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya	9
Gambar 2.2	Hubungan Konseptual Teknologi Elektrokoagulasi	29
Gambar 2.3	Proses Elektrokoagulasi	32
Gambar 2.4	Mekanisme Elektrokoagulasi dengan Anoda Aluminium	33
Gambar 3.2	Alat Elektrokoagulasi	52
Gambar 4. 1	Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak	57
Gambar 4.2	Proses Terjadinya Reaksi Oksidasi-Reduksi Dalam Proses Elektrokoagulasi	62
Gambar 4.4	Efisiensi Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak	68
Gambar 4.6	Kadar pH Pada Tiap Variasi Waktu Kontak, Jarak Elektroda Serta Tegangan	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I

- Tabel 4.1 Hasil Penelitian Penurunan Konsentrasi TSS dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak
- Tabel 4.2 Efisiensi Removal Konsentrasi TSS Pada Kuat Arus 1 A
- Tabel 4.2i Konsentrasi TSS 60 Pengadukan
- Tabel 4.3 *Paired Sample Statistics (TSS)*
- Tabel 4.4 *Paired Samples Correlation (TSS)*
- Tabel 4.5 *Paired Samples Test (TSS)*
- Tabel 4.10 Hasil Penelitian Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak
- Tabel 4.11 Efisiensi Removal Konsentrasi Minyak Lemak Pada Kuat Arus 1Ampere
- Tabel 4.11i Konsentrasi Minyak Lemak 60 Menit Pengadukan
- Tabel 4.12 *Paired Sample Statistics (Minyak Lemak)*
- Tabel 4.13 *Paired Samples Correlation (Minyak Lemak)*
- Tabel 4.14 *Paired Samples Test (Minyak Lemak)*
- Tabel 4.19 *Paired Sample (pH)*
- Tabel 4.20 *Paired Samples Correlation (pH)*
- Tabel 4.21 *Paired Sample Test (pH)*
- Tabel 4.24 Kadar pH
- Tabel 4.24i Kadar pH 60 Menit Pengadukan
- Tabel 4.25 Efisiensi Removal Elektrokoagulasi Rata-rata

LAMPIRAN II

- Gambar 3.1 Bak Elektrokoagulasi dengan Jarak Plat 1,5 cm
- Gambar 3.2 Bak Elektrokoagulasi dengan Jarak Plat 3 cm
- Gambar 3.3 Adaptor 12 Volt, 25 Volt dengan kuat arus 1A
- Gambar 3.4 Voltmeter
- Gambar 3.5 Lokasi Pengambilan Sampel Industri Batik Indah Rara Djonggrang
- Gambar 3.6 Bak Pewarnaan
- Gambar 3.7 Bak Lilin Batik
- Gambar 3.8 Bak Pembilasan Batik
- Gambar 3.9 Cawan Untuk Minyak Lemak
- Gambar 3.10 Larutan Petroleum Ether yang Dipakai Untuk Uji Minyak Lemak
- Gambar 3.11 Erlenmeyer Untuk Uji Minyak Lemak
- Gambar 3.12 HCL 1:1
- Gambar 3.13 Proses Penambahan Larutan
- Gambar 3.14 Penimbangan Cawan
- Gambar 3.15 Desikator
- Gambar 3.16 Proses Ekstraksi
- Gambar 3.17 Saringan Untuk Minyak Lemak
- Gambar 3.18 Krustang dan Pinset
- Gambar 3.19 Desikator
- Gambar 3.20 Oven
- Gambar 3.21 Timbangan Digital

Gambar 3.22 Proses Penyaringan TSS
Gambar 3.23 Kertas Saring Yang Sudah Dioven & Ditimbang
Gambar 3.24 Botol Sampel
Gambar 3.25 Proses Elektrokoagulasi dengan Jarak Plat 1,5 cm
Gambar 3.26 Proses Pembentukan Flok (< 5 menit)
Gambar 3.27 Proses Pembentukan Flok dengan Jarak Elektroda 3 cm (5 menit)
Gambar 4.8 Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak
Gambar 4.9 Penurunan Konsentrasi *Total Suspended Solid*.

LAMPIRAN III

SNI 06-6989.3-2004 Air dan Air Limbah-Bagian 3:Cara Uji Padatan Tersuspensi (TSS)
Secara Gravimetri
SNI 06-6989.10-2004 Air dan air limbah – Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri
Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi DIY untuk Industri Batik
Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Propinsi DIY untuk Industri Tekstil
Peta Lokasi Penelitian
Gambar Tempat Pembuatan Batik CV. Batik Indah Rara Djonggrang
Laporan Pengujian Parameter Minyak Lemak dan pH
Hasil Pengujian Parameter Minyak Lemak dan pH
Hasil Pengujian Parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air adalah salah satu unsur yang sangat penting bagi lingkungan hidup. Lingkungan dapat dikatakan baik jika unsur-unsur yang menyusun lingkungan tetap terpelihara. Saat ini, masalah utama yang dihadapi oleh sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah mampu memenuhi kebutuhan yang terus menerus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik semakin menurun. Terjadinya pencemaran air sebagai akibat kegiatan masyarakat yang beraneka ragam serta kegiatan industri akan berakibat buruk bagi lingkungan. Pencemaran air ini dapat terjadi karena buangan limbah cair yang dihasilkan oleh industri atau pabrik yang tidak dikelola sebagaimana mestinya dan dibuang begitu saja ke aliran air atau permukaan tanah disekitarnya.

Kegiatan industri yang mengalirkan buangan limbah cairnya ke aliran-aliran air sekitarnya semakin bertambah banyak, dan hal ini berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain menyebabkan penurunan kualitas air, sehingga kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, pengaruh, kerusakan dan bahaya bagi ekosistem akuatik maupun makhluk hidup lain yang bergantung pada sumber daya air. Untuk mencegah terjadinya akibat-akibat tersebut, maka diadakan suatu upaya pengawasan atau pemantauan terhadap limbah cair yang dibuang (UN Mahida, 1984).

Industri Batik Indah Rara Djonggrang yang terletak di Jl. Tirtodipuran No. 18, Brontokusuman, Mergangsan, Yogyakarta adalah salah satu industri diantara puluhan industri batik yang sudah berkembang di wilayah Yogyakarta. Setiap industri sudah dapat dipastikan akan menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan sebagai akibat proses produksi ini dapat mengakibatkan lingkungan dan sekitarnya menjadi tidak bersih, tidak sehat. Dengan kata lain bahwa kesehatan

lingkungan di lokasi tersebut akan terganggu, bahkan dapat menimbulkan berbagai penyakit yang disebabkan oleh buruknya kualitas lingkungan.

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 logam berat, 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 ekosistem serta mempengaruhi kesehatan masyarakat yang ada disekitar lingkungan tersebut.

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

Air normal 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 sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air.

Adapun parameter pencemaran air buangan industri batik sangat beragam, misalnya bau, *suspended solid*, BOD, COD, minyak, lemak, warna, nitrat 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 metode ***Elektrokoagulasi*** untuk mengolah dan menurunkan kandungan TSS, minyak, lemak, dan menetralkan pH, sehingga dapat turun sampai tingkat tertentu sesuai dengan ketentuan yang

berlaku dan dapat dibuang dengan aman ke lingkungan sekitarnya.

Kelebihan metode elektrokoagulasi ini adalah mampu mengolah pada TSS tinggi, suhu tinggi dan pH rendah. Dengan cara elektrokoagulasi, elektroda dapat berfungsi sebagai tempat reaksi oksidasi-reduksi dan sekaligus dapat berfungsi sebagai katalis.

Penelitian ini masih berskala laboratorium dengan proses *batch*, yang mana dalam metode elektrokoagulasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses ini dapat mempengaruhi dalam penurunan kadar COD, BOD, TSS, minyak, lemak, warna serta pH sebagai parameter yang akan digunakan. Pada penelitian ini akan dilakukan optimasi variabel yang mempengaruhi seperti konsentrasi vinase dan waktu kontak terhadap elektroda. Dengan dilakukannya optimasi variabel, maka akan diketahui hasil yang optimal dengan harapan dapat dipergunakan untuk pengembangan pengolahan limbah yang sebenarnya. Hasil elektrokoagulasi ini dapat ditentukan dengan menggunakan parameter COD, BOD, TSS, minyak, lemak, warna dan pH. Akan tetapi didalam peneelitan ini, penulis hanya menggunakan parameter TSS (*Total Suspended Solid*), minyak, lemak, pH untuk menentukan hasil elektrokoagulasi. Sampel yang akan diteliti adalah limbah cair Industri Batik Indah Rara Djonggrang Yogyakarta.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- a. Apakah metode elektrokoagulasi mampu digunakan untuk mempengaruhi penurunan kadar TSS, minyak, lemak dan pH pada limbah cair Industri Batik Indah Rara Djonggrang?
- b. Pada variasi berapakah waktu kontak, kuat arus, daya listrik (voltase), serta jarak antar plat elektrode yang lebih efektif dalam menurunkan TSS, minyak, lemak, dan pH pada proses elektrokoagulasi ini.

- c. Seberapa besarkah efisiensi penurunan kadar TSS, minyak, lemak, dan pH pada limbah cair Industri Batik Indah Rara Djonggrang dengan menggunakan proses elektrokoagulasi.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah:

- a. Untuk mengetahui besarnya efisiensi kemampuan elektrokoagulasi dalam pengaruh penurunan TSS, minyak, lemak dan pH pada limbah cair industri Batik Indah Rara Djonggrang.
- b. Untuk mengetahui apakah elektrokoagulasi ini mampu memberikan pengaruh didalam penurunan kadar TSS, minyak, lemak, dan pH pada limbah cair industri Batik Indah Rara Djonggrang.
- c. Untuk mencari variasi waktu kontak, kuat arus, daya listrik, serta jarak antar plat electrode yang lebih efektif dalam menurunkan TSS, minyak, lemak, dan pH pada proses elektrokoagulasi, sehingga mendapatkan penurunan yang paling optimal.

1.4. Manfaat Penelitian

Penggunaan unit elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah cair industri Batik Indah Rara Djonggrang diharapkan akan memberi manfaat sebagai berikut:

- a. Memberikan salah satu teknologi alternatif yang tepat guna dalam menurunkan kadar TSS, minyak lemak, dan pH pada limbah cair industri Batik Indah Rara Djonggrang.
- b. Memberikan data informasi tentang kemampuan unit elektrokoagulasi dalam menurunkan kadar TSS, minyak, lemak, dan pH pada limbah cair industri Batik Indah Rara Djonggrang.
- c. Sebagai referensi kepada penelitian berikutnya agar mencoba berbagai variasi percobaan, sehingga nantinya akan mendapatkan data yang lebih lengkap tentang kemampuan teknologi elektrokoagulasi dalam

menurunkan kadar TSS, minyak, lemak, dan pH pada limbah cair industri Batik Indah Rara Djonggrang.

1.5. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini akan dibatasi pada masalah:

- a. Limbah cair yang diambil dari hasil proses pembatikan pada Industri Batik Indah Rara Djonggrang.
- b. Variasi waktu kontak terhadap elektroda 0 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60menit.
- c. Kuat arus 1A pada daya listrik 12 Volt dan 25 Volt dengan anoda (*stainless steel*) dan katoda (Aluminium).
- d. Jarak antar plat elektrode stainlees steel dengan aluminium 3 cm dan 1,5cm.
- e. Parameter yang akan diteliti adalah kandungan TSS, minyak, lemak, dan pH.
- f. Penelitian elektrokoagulasi ini menggunakan *reactor batch*.

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, terhilangkan kanji dan zat finish lain,
- penganjian tipis dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang rata, sehingga memudahkan proses pembatikan dan penghilangan lilin batik,
- penghalusan permukaan mori dilakukan agar pemolaan dapat lebih mudah dilaksanakan.

b. Persiapan Bahan Baku Lilin

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 di kehendaki. 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:

- Pematikan Klowong,
- Pematikan Isen-isen.

b) Pematikan Tembokan, pengerjaannya sebagai berikut:

- Pematikan Klowong,
- Pematikan Isen-isen,
- Pematikan Tembokan.

Ketiga tahapan pematikan 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 soda alam.

4. Proses Pelepasan Lilin Batik

Terdiri dari 2 cara pelepasan, yaitu

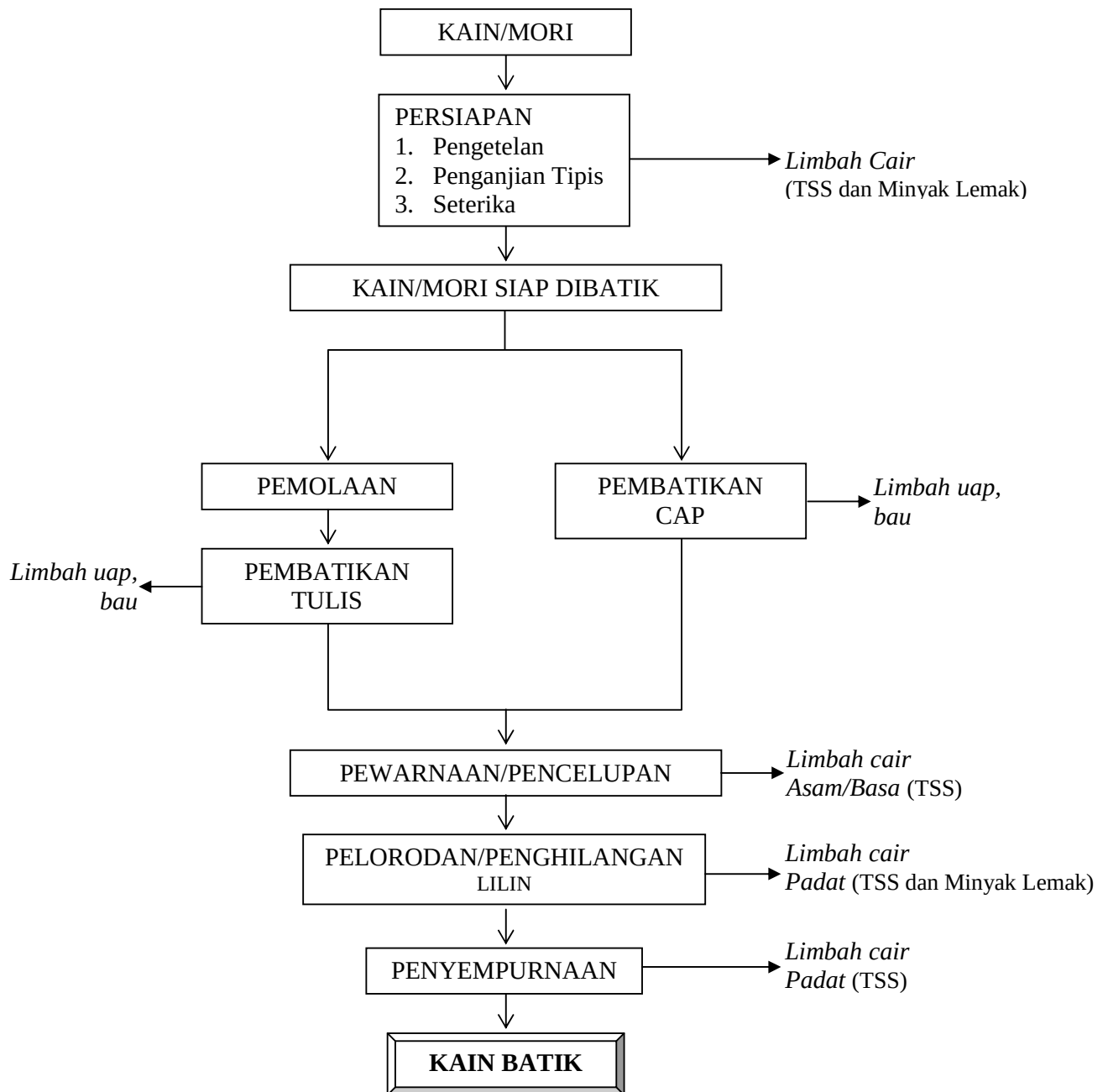
a) Proses kerokan (proses pelepasan sebagian lilin) adalah proses pelepasan sebagian batik dengan cara dikerok dan untuk penyempurnaan proses ini diperlukan adanya penyikatan dimana

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.



Gambar 2.1. Alur Proses Pembuatan Batik Beserta Limbahnya

Sumber: Anonim, 1997

2.2. Pengelolaan Lingkungan

Pengelolaan lingkungan adalah usaha atau upaya agar tanah, air dan udara tidak tercemar oleh air buangan, sehingga tidak menimbulkan pencemaran potensial lebih lanjut pada penderita pencemaran potensial yaitu manusia dan makhluk hidup lain. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tujuan pengelolaan lingkungan adalah terkendalinya dan terpeliharanya kesehatan secara menyeluruh.

Lingkungan hidup adalah kesatuan dengan kesemua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.

2.3. 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 penganjian, 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.

2.4. 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, 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, dan 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.

b. Suhu

Suhu mempunyai pengaruh besar terhadap kelarutan oksigen. Kenaikan suhu air menyebabkan oksigen terlarut dalam air menurun. Kenaikan suhu diakibatkan oleh adanya bahan pencernar 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 poses yang menggunakan pemanasan.

c. 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.

d. 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, 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 waktu tertentu. Pada umumnya waktu untuk reaksi penguraian zat organik tersebut diambil lima hari sehingga ditulis dengan BOD₅.

Zat-zat organik dalam limbah cair terutama tersusun dari unsur-unsur C, 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; 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 pH<7 dan alkalis atau basa apabila pH>7. Air limbah proses pencelupan batik, ada yang bersifat asam dan ada pula 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, kalium permanganat. Zat warna Ergan Soga dan zat-zat pembantu seperti di atas sudah tidak dipakai lagi dalam pembatikan.

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 Khlor	mg/l	-	600 – 1200

(Sumber : Anonim, 1997)

Adapun komposisi limbah cair yang dihasilkan oleh Industri Batik Indah Raradjonggrang yang diperiksa oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dapat dilihat dari tabel 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.2. Komposisi Air Limbah Industri Batik Indah Raradjonggrang

Parameter	Satuan	Gol. Baku Mutu Limbah Cair		Hasil Analisa
		I	II	
Temperatur	der C	38	40	32
Zat padat tersuspensi	mg/l	200	400	36
Cr Total	mg/l	0,5	1	ttd
Nitrit (NO ₂ - N)	mg/l	1	3	0,026
BOD ₅	mg/l	50	150	40,429
COD	mg/l	100	300	88,78
Phenol Total	mg/l	0,5	1	0,142
Minyak Lemak	mg/l	-	-	0,59
pH	-	60	9,0	7,03

Keterangan: ttd = tidak terdeteksi

Sumber: Anonim,1997.

2.5. Bahan Pencemar Limbah Batik

Pada setiap proses pembuatan batik akan menimbulkan bahan yang dapat mencemari lingkungan seperti dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Zat Pencemar dalam Limbah Batik Cair Pada Proses Pembuatan Batik

No	Jenis Proses	Zat-zat Pencemar	Bahan Pencemar
1.	Persiapan	Kanji, minyak kacang, soda abu.	Rendah (cair)
2.	Pembatikan	Uap lilin batik.	Kontak langsung (gas)
3.	Pewarnaan:		

	a. Naphtol	Naphtol, Garam Diazonium, NaOH, TRO, Kanji.	Sangat tinggi (cair)
	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.	
	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 : Baku Mutu : Kep. Gubernur Kepala DIY. No: 281/ KPTS/ 1998)

2.6. 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 akan mengalami pembusukan akibat selanjutnya adalah timbulnya bau hasil penguraian zat organik. Di samping 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.

2.7. 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 limbah cair untuk limbah batik ini pada umumnya hanya dengan cara pengendapan saja. Air limbah dari pengolahan batik tersebut ditampung ke bak pengendapan dan partikel-partikel yang ada didalamnya dibiarkan mengendap dengan sendirinya. Adapun partikel-partikel yang ringan yang mengambang pada permukaan air hanya diberlakukan penyaringan secara manual. Setelah itu hasil dari bak pengendapan dialirkan pada unit selanjutnya, yaitu filtrasi untuk dilakukan pengolahan sebelum akhirnya dibuang ke badan air.

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, 1998).

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 menyisihkan 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 oksida termasuk dalam jenis reaktor pertumbuhan tersuspensi.
- b) Reaktor pertumbuhan lekat, di dalam reaktor ini mikroorganisme tumbuh di atas media pendukung dengan membentuk lapisan film untuk melekatkan dirinya.

Menurut Sunu, 2001, 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.

2.8. Elektrolit

1. Suatu medium penghantar arus dimana arus mengalir disesuaikan dengan sifat zat/bahan. Keharusan seringkali pada larutan asam yang encer, basa, atau endapan tetapi terkandung beberapa media yang lain dengan ditambahkan endapan, ionisasi gas-gas, beberapa endapan dan sebagainya.
2. Suatu zat kimia yang dilarutkan dalam suatu pelarut (biasanya air), sehingga menghasilkan suatu konduksi (penghantar arus) media. Ini adalah larutan elektrolit diberikan pada elektrolit, hubungan selalu akan terjadi penepisan (pemisahan) yang merata.

2.9. Parameter-Parameter Penelitian

2.9.1. TSS (*Total Suspended Solid*)

Menurut Fardiaz S. (1992) air terpolusi selalu mengandung padatan yang dapat dibedakan atas empat kelompok berdasarkan besar partikelnya dan kelarutannya yaitu:

1. Padatan terendap (sedimen).
2. Padatan tersuspensi dan koloid.
3. Padatan terlarut.
4. Minyak dan lemak.

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih besar daripada molekul/ion yang terlarut. Dalam air alam, ditemui dua kelompok zat, yaitu zat terlarut seperti garam dan molekul organis, serta zat padat tersuspensi dan kolodial, seperti tanah liat, kwarts. Perbedaan pokok antara kedua kelompok zat ini ditentukan melalui ukuran/diameter partikel-partikel. Perbedaan

antara kedua kelompok zat yang ada dalam air alam cukup jelas, namun dalam prakteknya kadang-kadang batasan itu tidak dapat dipastikan secara definitif. Dalam kenyataan suatu molekul organik polimer tetap bersifat zat yang terlarut, walaupun panjangnya lebih dari 10 μm , sedangkan beberapa jenis zat padat koloid mempunyai sifat dapat bereaksi seperti sifat zat-zat yang terlarut.

Analisa zat padat dalam air sangat penting bagi penentuan komponen-komponen air secara lengkap, juga untuk perencanaan serta pengawasan proses-proses pengolahan dalam bidang air minum maupun dalam bidang air buangan. Zat-zat padat yang berada dalam suspensi dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi kolodial (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan, materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya, sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan saringan (filter) air biasa.

Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (*efek tyndall*) yang disebabkan oleh pengimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual, sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang

Seperti halnya ion-ion dan molekul-molekul (zat yang terlarut), zat padat koloidal dan zat padat tersuspensi dapat bersifat inorganik (tanah liat, kwarts) dan organik (protein, sisa makanan, dan ganggang, bakteri). Dalam metode analisa zat padat, pengertian zat

padat total adalah semua zat-zat yang tersisa sebagai residu dalam suatu bejana. Bila sampel air dalam bejana tersebut dikeringkan pada suhu tertentu. Zat padat total terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada keterangan di bawah ini:

Zat padat total, terbagi menjadi dua:

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua:
 - a. Zat padat tersuspensi Organik
 - b. Zat padat tersuspensi Inorganik

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi, antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut analisa Volume Lumpur (*Sludge volume*) dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat di atas adalah dalam gr/l, atau g/l. Namun sering pula ditemui % berat, yaitu kg zat padat/kg larutan, atau % volume, yaitu dm^3 zat padat/liter larutan.

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara-muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta.

Dalam industri batik beberapa zat warna dan zat kimia merupakan padatan terlarut misalnya: larutan zat warna reaktif, kostik soda, asam, zat pembasah. Sedangkan yang merupakan

padatan koloid dan tersuspensi, misalnya: gabungan zat warna naphtol dan garam diazo, zat warna indigosol, rapid, tapioka, lilin batik. (Anonim, 1998)

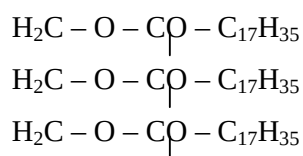
2.9.2. Minyak dan Lemak

Minyak lemak yang mencemari sering dimasukkan kedalam kelompok padatan yang mengapung di permukaan air. minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid merupakan lipid netral. Emulsi air dalam minyak terbentuk jika droplet-droplet air ditutupi oleh lapisan minyak dimana sebagian besar emulsi minyak tersebut akan mengalami degradasi melalui foto oksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme. Jika pencemaran minyak terjadi dipantai maka proses penghilangan minyak mungkin lebih cepat karena minyak akan melekat pada benda-benda padat seperti batu dan pasir di pantai yang mengalami kontak dengan air yang tercemar tersebut.

Suatu perairan yang terdapat minyak lemak didalamnya maka minyak lemak tersebut akan selalu berada diatas permukaan air, hal ini dikarenakan minyak lemak tidak larut dalam air dan berat jenis minyak lemak lebih kecil daripada berat jenis air.

Perbedaan fisik minyak dan lemak terletak pada titik leburnya. Minyak mempunyai titik lebur dibawah temperatur normal sehingga pada temperatur normal merupakan zat cair, sedang lemak mempunyai titik lebur diatas titik normal, sehingga pada temperatur kamar merupakan zat padat. Perbedaan minyak dan lemak terdapat pada titik leburnya dan tidak menyebutkan suhunya berapa, derajat tetapi hanya mengatakan pada temperatur kamar saja.

Lemak disusun oleh asam lemak jenuh, sedang minyak disusun oleh asam lemak tidak jenuh. (Mulyaningsih, 2006)



Senyawa tersebut diatas dikenal sebagai Trigliserida sederhana yaitu ester dan gliserol.

Ada tiga golongan minyak / lemak :

1. Minyak Mineral

Ini juga disebut sebagai minyak tanah atau minyak kasar. Ini merupakan minyak dari dalam tanah, jenis minyak ini terdapat pada oli, bensin, solar dan lain-lain.

2. Minyak Estiris

Minyak yang mudah menguap seperti ester, misalnya minyak kayu putih, sereh dan lain-lain. Senyawa ini adalah aldehida – aldehida, asam – asam atau alkohol – alkohol dan semuanya tidak jenuh dan bercampur minyak ester.

3. Minyak Organik

Ini merupakan ester dan gliserol dengan asam organic. Semua OH^- dari gliserol sudah diesterkan maka disebut *Trigliserol Ester*, misalnya: minyak kelapa, kacang, kedelai, dan lain-lain.

Minyak dan lemak merupakan komponen utama dari bahan makanan dan terdapat di dalam air limbah. Efek buruk dari minyak dan lemak adalah menimbulkan permasalahan pada saluran air limbah dan bangunan pengolahan air limbah. Minyak dan lemak dapat dikonsumsi oleh makhluk hidup asalkan jumlahnya tidak berlebihan. Minyak dan bahan terapung menyebabkan kondisi tak sedap dan terganggunya penetrasi sinar matahari serta masuknya oksigen dari udara kedalam badan air tersebut (aerasi). Lemak yang biasanya mengendap dan mengapung merupakan bahan organik yang tetap dan tidak mudah diuraikan bakteri. Sebagian besar benda mengapung berada didalam air limbah, tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Apabila minyak dan lemak tidak dapat dipisahkan sebelum air tersebut dibuang ke saluran air, limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis dipermukaan sehingga membentuk selaput. Minyak akan membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam

gemuk. Gliseril dari asam lemak dalam fase padat maka dikenal dengan nama lemak, sedangkan apabila fase cair disebut minyak.

Lapisan minyak lemak yang berada dipermukaan air akan mengganggu kehidupan organisme dalam air hal ini dikarenakan:

- Lapisan minyak pada permukaan air akan mengalami difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen terlarut di dalam air akan menjadi berkurang. Dengan berkurangnya kandungan oksigen dalam air akan mengganggu kehidupan organisme yang berada diperairan.
- Dengan adanya lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga proses fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung.
- Air yang telah tercemar oleh minyak lemak tidak dapat dikonsumsi oleh manusia dikarenakan pada air yang mengandung minyak tersebut terdapat zat-zat yang beracun seperti senyawa benzene dan toluene.

Menurut Sugiharto (1987) pada umumnya kandungan bahan organik yang dijumpai dalam air limbah berisikan 40 – 60% protein, 25 – 50% karbohidrat dan 10% lainnya berupa minyak dan lemak.

Semua jenis minyak mengandung senyawa-senyawa volatile yang segera dapat menguap dan ternyata selama beberapa hari, 25% dari volume minyak akan hilang karena menguap, sisa minyak yang tidak menguap akan mengalami emulsifikasi yang menyebabkan air dan minyak dapat bercampur.

Sifat Minyak Lemak:

- 1) Tidak berbau, tidak berwarna dan tidak punya rasa, mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada berat jenis air.
- 2) Tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alcohol.
- 3) Mudah larut dalam karbon disulfide, terpetin, karbon tetra khlorida, eter, petroleum eter.
- 4) Lemak merupakan pelarut organik yang baik.
- 5) Dapat dihidrolisa oleh asam, basa, enzim lipase atau oleh pemanasan yang tinggi.

6) R acidity (sifat tengik). Ini terjadi apabila dibiarkan berhubungan dengan udara. Hal ini karena hidrolisis terbentuk asam lemak yang rantai atom C-nya pendek sehingga berbau keras atau teroksidasi ikatan rangkap, sehingga akan pecah membentuk keton, aldehida, atau asam karboksilat rantai pendek yang berbau.

Beberapa komponen yang menyusun minyak juga diketahui bersifat racun terhadap hewan maupun manusia, tergantung dari struktur dan berat molekulnya. Komponen hidrokarbon jenuh yang mempunyai titik didih rendah diketahui dapat menyebabkan anastesi dan narcosis pada berbagai hewan tingkat rendah dan jika terdapat pada konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan kematian. Minyak juga mengandung naftalen dan penetren yang lebih beracun terhadap ikan disbanding dengan benzene, toluene dan xilen. Untuk menghilangkan atau mengurangi pengaruh negatif tersebut diatas, maka air buangan harus diolah terlebih dahulu sebelum di buang keperairan terbuka.

Pada penelitian minyak lemak yang akan diteliti berasal dari sisa proses pembatikan yang berupa minyak lemak yang tidak terlarut.

2.9.3. pH

Tingkat asiditas dan alkalinitas suatu contoh diukur berdasarkan skala pH yang dalam hal ini menunjukkan konsentrasi ion hydrogen dalam larutan tersebut. pH atau konsentrasi Hidrogen-ion menyatakan intensitas kemasaman atau alkalinitas dari suatu cairan encer, dan mewakili konsentrasi hidrogen ionnya. pH tidak mengukur seluruh tingkat keasaman atau seluruh alkalinitas, suatu metode titrasi (penurunan kadar) yang dibutuhkan untuk memperkirakan jumlah yang sebenarnya dari pada keasaman atau alkali yang ada.

Karena selalu terdapat beberapa pemisahan molekul-molekul dalam larutan cairan, maka selalu terdapat hidrogen bebas dan ion hidrosil. Kelebihan salah satu molekul-molekul itulah yang menyebabkan larutan menjadi asam atau mengandung alkali. Dalam air murni yang tidak bersifat

asam atau mengandung alkali, jumlah ion-ion hidrogen adalah sama dengan jumlah ion-ion hidroksil. Apabila terdapat kelebihan ion hidrogen, maka air menjadi asam, kekurangan ion-ion hidrogen menyebabkan air itu mengandung alkali. Jadi konsentrasi ion hidrogen bertugas sebagai petunjuk mengenai reaksi air, air limbah atau air selokan.

Hasil konsentrasi-konsentrasi ion hidrogen dan ion hidroksil hampir secara praktis tetap pada 20°C dan sama dengan 10^{-14} . Apakah garam-garam asam atau basa itu dilarutkan dalam air, ataukah larutan itu merupakan air limbah, produk ini tetap konstan pada 10^{-14} , asal saja suhunya tidak terpengaruh. Disebabkan oleh adanya variasi-variasi yang sangat luas konsentrasi-konsentrasi variasi H-ion dan nilai-nilai H-ion yang sangat rendah, maka dari pada menyatakan suatu konsentrasi tertentu sebagai 10 dengan suatu eksponen negatif, adalah menjadi kebiasaan mempergunakan logaritma konsentrasi yang saling berlawanan (*reciprocal*) yang merupakan nilai positif. Logaritma ion hidrogen yang saling berlawanan ini dikenal sebagai nilai pH. Larutan-larutan netral mempunyai nilai $\text{pH} = 7$, asam mempunyai nilai pH kurang dari 7, sedangkan larutan yang mengandung alkali mempunyai pH lebih dari pada 7. Mungkin berguna untuk menekankan bahwa skala pH adalah suatu skala logaritma, bukan skala ilmu-hitung. Apabila pH bertambah dengan satu unit, perubahan itu mewakili suatu pengurangan sepuluh kali lipat dalam konsentrasi ion hidrogen. Demikianlah, bahkan sejumlah kecil kenaikan atau penurunan dalam pH mewakili kenaikan atau penurunan yang berarti dalam konsentrasi ion hidrogen.

pH dari suatu contoh dapat ditentukan dengan mudah mempergunakan petunjuk-petunjuk *colorimetric*; petunjuk-petunjuk ini memberikan ketepatan pada kira-kira 0,2 unit. Untuk mendapatkan ukuran yang lebih tepat, biasanya dipergunakan *potentiometer* yang mengukur kekuatan listrik yang dikeluarkan oleh ion-ion H.

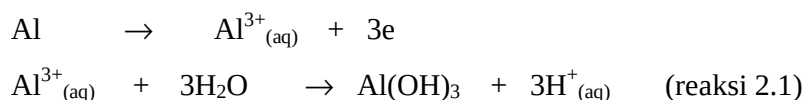
Pada larutan elektrolit kekuatan daya hantar listrik dipengaruhi oleh konsentrasi ion hidrogen dalam larutan, semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen semakin kuat daya hantar listrik suatu larutan atau semakin rendah

pH larutan akan semakin kuat menghantarkan arus listrik. Ion hydrogen merupakan faktor utama untuk mengerti reaksi kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena:

- H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air (H_2O) yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimia yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ion hydrogen tidak pernah habis.
- H^+ tidak hanya merupakan unsur molekul H_2O saja, tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, sehingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

2.10. Elektrokoagulasi

Proses koagulasi tanpa pembubuhan koagulan dapat dilakukan menggunakan proses elektrokoagulasi, yaitu dengan mengalirkan arus listrik searah melalui plat aluminium yang dipasang secara paralel dalam satu bak persegi empat. Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia, yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutub negatif sedangkan elektroda positif (Al) akan teroksidasi menjadi $[Al(OH)_3]$ yang berfungsi sebagai koagulan. Reaksi pembentukan inti flok $[Al(OH)_3]$ sebagai hasil reaksi oksidasi aluminium:



Dalam bentuk yang paling sederhana, reaktor pengkoagulasi elektron dapat dibuat dari sel elektrolitik dengan satu anode dan satu katoda. Ketika dihubungkan dengan sumber tenaga eksternal, bahan anode tersebut secara elektrokimia akan mengkorosi karena proses oksidasi, sementara katodanya akan cenderung menjadi pasif. Tetapi penyusunan ini tidak sesuai untuk penanganan air limbah, karena untuk tingkat proses

penggabungan logam, penggunaan elektroda dengan cara permukaan yang besar diperlukan. Hal ini tercapai dengan menggunakan sel-sel elektroda monopolar, didalam salah satu hubungan paralel atau seri. (Triandarto, 2005).

Pada pokoknya satu reaktor elektrokoagulasi adalah satu sel elektrokimia dimana menggunakan suatu anoda logam, biasanya aluminium tetapi adakalanya menggunakan besi, digunakan untuk air takaran kotor dengan suatu pos pembekuan. Gas-gas elektrolitik secara bersamaan (pada umumnya hidrogen) dihasilkan di katoda. Tergantung pada kondisi operasi reaktor dan zat pencemar, gelembung-gelembung zat pencemar ini dibuat agar mengambang dibeberapa bagian yang dibekukan pada permukaan.

Reaksi kimia yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yaitu reaksi reduksi oksidasi, yaitu sebagai akibat adanya arus listrik (DC). Pada reaksi ini terjadi pergerakan dari ion-ion yaitu ion positif (disebut kation) yang bergerak pada katoda yang bermuatan negatif. Sedangkan ion-ion negatif bergerak menuju anoda yang bermuatan positif yang kemudian ion-ion tersebut dinamakan sebagai anion (bermuatan negatif).

Dengan mengatur pH pada inlet dan outlet sesuai dengan kemungkinan reaksi pada diagram potensial-pH dapat diteliti lebih lanjut jumlah plat aluminium yang efektif dalam proses destabilisasi, yang selanjutnya dapat diganti dengan bahan lain yang tetap melepaskan gas H₂ dan membutuhkan daya listrik yang lebih kecil misalnya grafit.

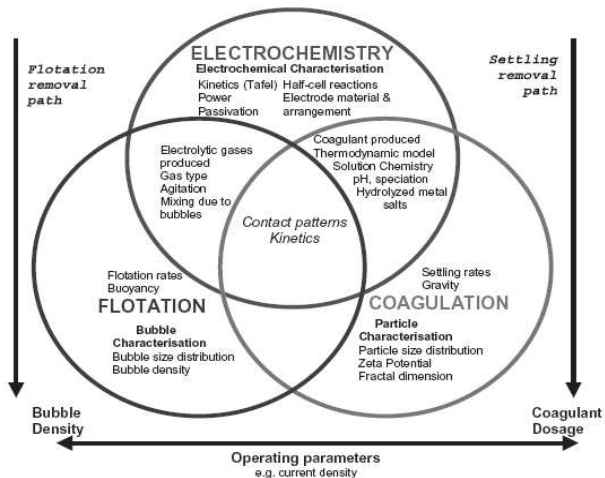
Adapun kemampuan elektrokoagulasi, (Powell, 1994), adalah:

- Menghilangkan padatan yang tersuspensi dan/yang koloid.
- Merusak emulsi daripada minyak didalam air/limbah.
- Menghilangkan minyak dan lemak (FOG).
- Menghilangkan bahan organik yang bersifat kompleks.
- Menghancurkan dan menghilangkan bakteri, virus, dan cysts.

Adapun manfaat daripada elektrokoagulasi, (Powell, 1994), adalah:

- Mengurangi volume daripada Lumpur (*sludge*).

- Tanpa bahan kimia.
- Proses zat pencemar ganda.
- Proses aliran limbah sampai dengan 5% padatan.
- Pengambilan protein, minyak, dan logam.



Gambar 2.2 Hubungan Konseptual Teknologi Elektrokoagulasi
(Holt et al., 2006)

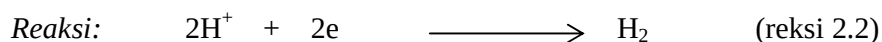
Dari gambar 2.2 dapat dilihat bahwa elektrokoagulasi merupakan tiga teknologi lain, yaitu elektrokimia, flotasi dan koagulasi. Pada elektrokimia, prinsip yang digunakan adalah proses elektrolisa yang dipengaruhi oleh jenis elektroda dan susunannya, reaksi redoks yang terjadi, dan besar potensial dari sumber tegangan. Dari proses elektrolisis tersebut akan dihasilkan koagulan, yang akan berkoagulasi dengan partikel pengotor dengan prinsip yang hampir sama dengan koagulasi secara kimia. Hasil dari reaksi selanjutnya untuk menentukan partikel akan diendapkan atau mengalami flotasi.

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda tempat terjadi reaksi reduksi disebut katoda, sedangkan tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda. Sehingga reaksi yang terjadi pada elektroda tersebut sebagai berikut:

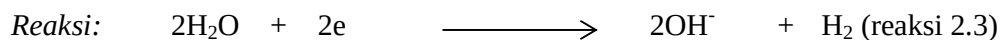
a. Reaksi pada Katoda

Pada katoda akan terjadi reaksi-reaksi reduksi terhadap kation, yang termasuk dalam kation ini adalah ion H^+ dan ion ion logam.

1. Ion H^+ dari suatu asam akan direduksi menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



2. Jika larutan mengandung ion-ion logam alkali, alkali tanah, maka ion-ion ini tidak dapat direduksi dari larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda.



Dari daftar E^0 (deret potensial logam/deret volta), maka akan diketahui bahwa reduksi terhadap air limbah lebih mudah beralngsung dari pada reduksi terhadap pelarutnya (air).

K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), Sb, Bi,
Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

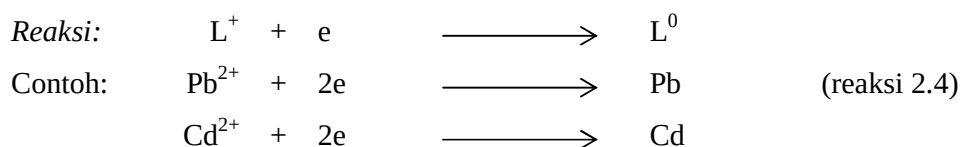
Dengan memakai deret volta, kita memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Logam-logam yang terletak di sebelah kiri H memiliki E^0 negatif, sedangkan logam-logam yang terletak di sebelah kanan H memiliki E^0 positif.
- b. Makin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta, harga E^0 makin besar. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kanan mudah mengalami reduksi serta sukar mengalami oksidasi.
- c. Makin ke kiri letak suatu unsur dalam deret volta, harga E^0 makin kecil. Hal ini berarti bahwa logam-logam di sebelah kiri sukar mengalami reduksi serta mudah mengalami oksidasi.
- d. Oleh karena unsur-unsur logam cenderung melepaskan electron (mengalami oksidasi), maka logam-logam di sebelah kiri

merupakan logam-logam yang aktif (mudah melepaskan electron), sedangkan logam-logam di sebelah kanan merupakan logam-logam yang sukar melepaskan electron. Emas terletak di ujung paling kanan, sebab emas paling sukar teroksidasi.

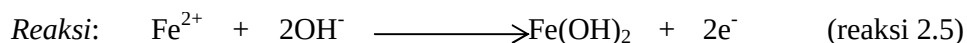
- e. Makin ke kanan, sifat reduktor makin lemah (sukar teroksidasi). Makin ke kiri, sifat reduktor makin kuat (mudah teroksidasi). Itulah sebabnya, unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur-unsur di kanannya, tapi tidak mampu mereduksi unsur-unsur di kirinya.

3. Jika larutan mengandung ion-ion logam lain, maka ion-ion logam akan direduksi menjadi logamnya dan terdapat pada batang katoda.

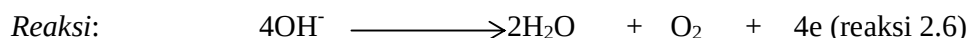


b. Reaksi pada Anoda

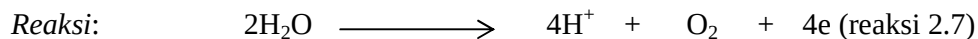
1. Anoda terbuat dari logam besi akan teroksidasi:



2. Ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2):



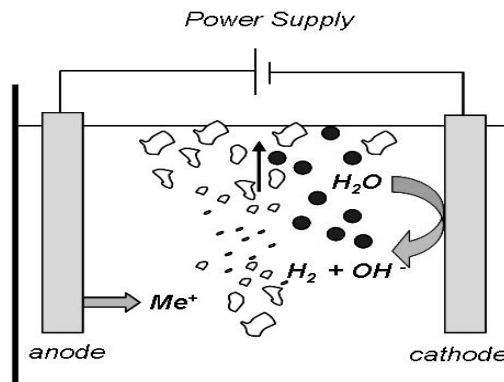
3. Anion-anion lain (SO_4^- , SO_3^-) tidak dapat dioksidasi dari larutan, yang akan mengalami oksidasi adalah pelarutnya (H_2O) membentuk gas oksigen (O_2) pada anoda:



Dari reaksi-reaksi yang terjadi dalam proses elektrokoagulasi, maka pada katoda akan dihasilkan gas hidrogen dan reaksi ion logamnya.

Sedang pada anoda akan dihasilkan gas halogen dan pengendapan flok-flok yang terbentuk.

Proses elektrokoagulasi dilakukan pada bejana elektrolisis yang di dalamnya terdapat dua penghantar arus listrik searah yang disebut elektroda, yang tercelup dalam larutan limbah sebagai elektrolit.



Gambar 2.3 Proses Elektrokoagulasi

Apabila dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialiri arus listrik searah, maka akan terjadi peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi. Jumlah plat elektroda yang lebih banyak akan memberikan efektifitas penurunan warna yang lebih baik namun membutuhkan daya listrik yang lebih besar, hal ini karena ion Al^{3+} yang dilepaskan lebih banyak dan arus listrik lebih besar. (Bachri, 1994)

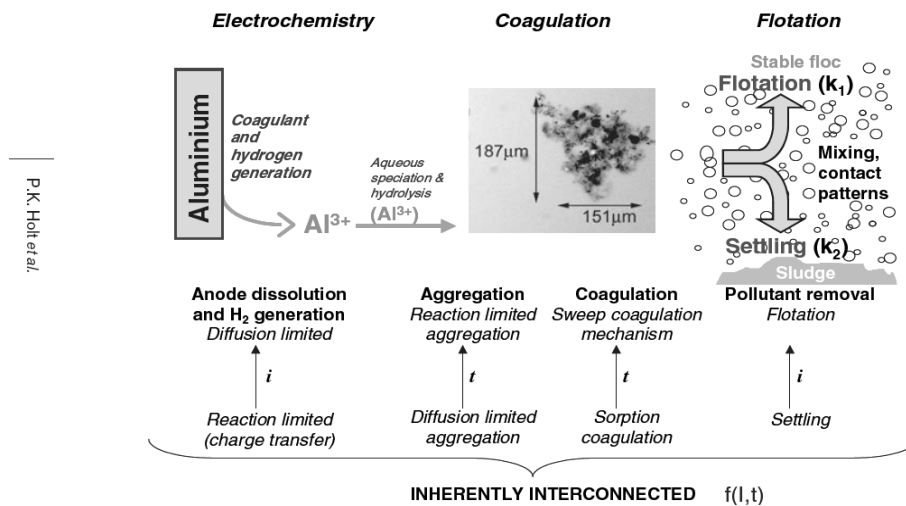
Karena dalam proses elektrokoagulasi ini menghasilkan gas yang berupa gelembung-gelembung gas, maka kotoran-kotoran yang terbentuk yang ada dalam air akan terangkat ke atas permukaan air. Flok-flok terbentuk ternyata mempunyai ukuran yang relatif kecil, sehingga flok-flok yang terbentuk tadi lama-kelamaan akan bertambah besar ukurannya.

Setelah air mengalami elektrokoagulasi, kemudian dilakukan proses pengendapan, yaitu berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel atau

flok yang terbentuk tadi. Kemudian efluen yang dihasilkan akan dianalisa di laboratorium.

Proses pengendapan adalah pemisahan dengan pengendapan secara gravitasi dari partikel-partikel padat di dalam air. Proses yang dilakukan bertujuan untuk menurunkan partikel-partikel *discrete* yang mengendap dengan kecepatan konstan dan pengendapan partikel-partikel flok yang mempunyai kecepatan mengendap dipengaruhi pertambahan floknya sendiri (Chatib, 1998).

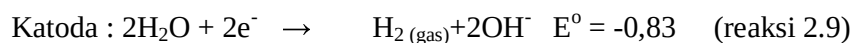
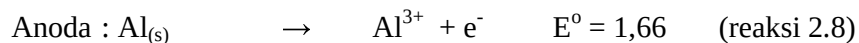
2.10.1 Mekanisme Elektrokoagulasi



Gambar 2.4 Mekanisme Elektrokoagulasi dengan Anoda Aluminium (Holt et al, 2006)

Elektrolisis

Kation Al^{3+} sebagai koagulan dilepaskan oleh elektroda (dari anoda aluminium yang dikorbankan) dan diikuti pembentukan H_2 pada katoda. Berikut ini reaksi yang terjadi di anoda dan katoda, jika menggunakan anoda aluminium.



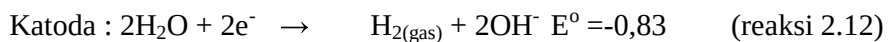
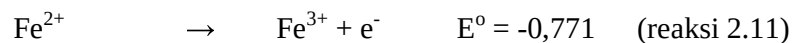
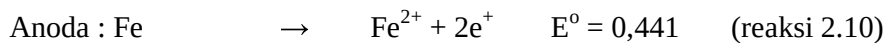
Koagulasi

Menurut Masduqi (2004), kation Al^{3+} akan berikatan dengan anion dari partikel koloid yang sebagian besar bermuatan negatif (OH^-) sehingga terbentuk $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Diikuti dengan terjadinya agregasi melalui mekanisme *sweep coagulation*, tahap selanjutnya ada 2 kemungkinan:

- 1) Flotasi : flok yang terbentuk akan diapungkan ke permukaan, dengan bantuan gas H_2 .
- 2) Settling : flok yang terbentuk akan diendapkan di dasar reaktor.

Proses yang terjadi dengan menggunakan anoda besi akan serupa dengan proses yang terjadi pada proses dengan anoda aluminium. Hanya saja, reaksi yang terjadi diharap akan menjadi:



2.10.2 Keuntungan Metode Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah sudah dilakukan sejak ratusan tahun yang lalu, tetapi nanti abad 20 ini telah ditemukan berbagai pengembangan teknologi tentang elektrokoagulasi, berikut ini kelebihan dari elektrokoagulasi (*Beagles, 2004* dan *Holt, 2004*) :

- 1) Membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan
- 2) Air limbah yang diolah dengan metoda elektrokoagulasi akan lebih bersih, mengalami penurunan warna dan tidak lagi berbau.
- 3) Lumpur yang terbentuk cenderung lebih stabil dan mudah untuk dilakukan *Dewatering*.
- 4) Flor yang terbentuk menyerupai karakteristik lumpur yang terbentuk secara kimiawi, Namur dengan ukuran yang lebih besar, dengan kandungan air yang lebih sedikit, lebih stabil dan tahan terhadap kondisi asam, sehingga dapat lebih mudah dilakukan penyaringan (filtrasi).

- 5) Efluen mengandung konsentrasi TDS yang rendah.
- 6) Arus listrik yang digunakan pada metode ini memungkinkan partikel kecil sekalipun terlibat dalam proses koagulasi.
- 7) Mencegah kemungkinan terjadinya pencemaran lain akibat zat nimia yang berlebihan dengan konsentrasi yang tinggi.
- 8) Sistem elektrokoagulasi tahan/tidak sensitif terhadap perubahan operasional termasuk bila terjadi lonjakan beban polutan yang masuk kedalam unit pengolahan.
- 9) Gelembung-gelembung gas yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi ini dapat membawa polutan ke atas air sehingga dapat dengan lebih mudah terkonsentrasi dan selanjutnya dihilangkan.

2.10.3 Kerugian Metode Elektrokoagulasi

Ada beberapa kekurangan elektrokoagulasi ini, berikut ini kekurangan dari proses elektrokoagulasi (*Beagles, 2004*) :

1. Lapisan flor yang menutupi elektroda mungkin bisa terbentuk, sehingga efisiensinya makin berkurang seiring waktu.
2. Besarnya reduksi logam berat dalam limbah cair dipengaruhi oleh besar kecilnya arus voltase listrik searah pada elektroda, luas sempitnya bidang kontak elektroda dan jarak antar elektroda.
3. Larutan dalam air buangan diharapkan memiliki konduktivitas yang tinggi.
4. Penggunaan listrik yang mungkin mahal.
5. Batangan anoda yang mudah mengalami korosi sehingga harus selalu diganti.

2.11. Proses Koagulasi

Partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan pada air, sulit untuk dipisahkan dari air karena partikel tersebut tidak akan mengendap secara gravitasi dan terlalu kecil sehingga dapat melewati pori-pori media filter yang biasa dipakai (Benefield et.al, 1982). Untuk menghilangkan, koloid yang berdiri sendiri-sendiri harus dibuat menyatu dan ukurannya membesar. Penyatuan tersebut sangat rumit tidak hanya karena ukurannya

yang kecil tetapi yang lebih penting kenyataan secara fisik dan elektro yang dipunyai partikel koloid membuat terpisahnya koloid tersebut (Benefield et.al, 1982). Koagulasi adalah menggumpalnya sol menjadi butir-butir dispers kasar yang disebabkan oleh elektrolit, bukan elektrolit, koloid atau adanya perubahan muatan.

Reagen kimia dapat dipakai untuk memungkinkan penyatuan koloid, dengan jalan merusak gaya-gaya pada koloid yang menstabilkannya. Proses perusakan (destroying) gaya stabilisasi koloid yang menyebabkan penyatuan koloid dikenal dengan nama koagulasi secara kimia.

Untuk menyatukan partikel harus terdapat dua langkah utama yaitu:

1. Pengurangan gaya tolak (repulsion) dengan jalan destabilisasi partikel.
2. Keadaan untuk memungkinkan terjadinya kontak antar koloid yang sudah tidak stabil.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, destabilisasi partikel dapat terjadi dengan empat mekanisme yaitu penekanan lapisan ganda, adsorpsi dan netralisasi muatan, penangkapan dalam presipitat, adsorpsi dan penggandengan antar partikel. (Anggraini, 2005)

Salah satu cara destabilisasi partikel koloid adalah pengurangan potensial permukaan koloid dengan jalan pengurangan penekanan pada lapisan ganda partikel koloid. Telah lama diketahui bahwa sistem koloid dapat didestabilisasi dengan jalan penambahan ion-ion yang mempunyai muatan berlawanan dengan muatan koloid. Lapisan difusi pada koloid memuat sejumlah ion-ion yang sesuai sehingga menyeimbangkan muatan partikel. Distribusi muatan koloid pada umumnya bermuatan negatif.

Pengurangan potensial permukaan partikel koloid dari kompresi lapisan ganda akan terlihat dari hubungan pengurangan zeta potensial. Koagulasi dengan jalan penekanan lapisan ganda akan optimum sewaktu nilai zeta potensial mendekati nol. Tetapi dikarenakan beberapa hal yang belum diketahui dalam perhitungan zeta potensial dan karena tempatnya yang belum diketahui dengan jelas, maka zeta potensial tidak berguna

dalam kriteria stabilitas koloid secara kuantitatif. (Benefield et.al, 1982).

Terdapat beberapa zat yang dapat dipakai untuk koagulasi secara kimia antara lain ion aluminium, kalsium dan natrium. Perlu diketahui bahwa semua kation logam terhidrolisa di dalam air dan ion sederhana Al^{3+} , Ca^{2+} , dan Na^+ pada kenyataannya tidak ada. Kenyataan yang ada adalah ion tersebut hadir sebagai *aquocomplex*. Ion-ion yang terhidrasi dengan baik biasanya tidak teradsorb ke permukaan koloid, tetapi tetap tinggal di bagian difusi dari lapisan ganda. Dua aspek yang menarik pada sistem penekanan lapisan ganda adalah:

1. Jumlah elektrolit yang diperlukan untuk mencapai koagulasi tidak tergantung pada konsentrasi koloid yang terdispersi.
2. Tidak memungkinkan adanya perbalikan muatan (charge reversal) pada koloid, sebarang elektrolit yang ditambahkan.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa koagulasi terdapat dari dua tahap yaitu destabilisasi partikel yang diikuti dengan transport partikel untuk bertumbukan dengan partikel koloid lain. Destabilisasi terjadi dengan penambahan koagulan dan kontak antar partikel yang biasanya dilakukan dengan pengadukan. Koagulasi dapat dilakukan dengan adanya perubahan muatan yang didapat dengan cara mekanik atau agitasi seperti pengadukan, termik dengan pemanasan atau pembekuan, elektrolisa dan optik. (Anggraini, 2005).

Terdapat tiga tahap mekanisme proses koagulasi, yaitu:

1. Stabilitas Koloid

Oleh karena kehadiran muatan permukaan negatif pada partikel, gaya repulsi elektrostatik mengalahkan gaya atraktif Van der Waals, akibatnya agregasi dapat dicegah.

2. Destabilisasi koloid dengan penambahan koagulan

Beberapa partikel koloid mendapatkan muatan sebagai hasil dari adsorpsi ion-ion positif (negatif pada permukaannya). Partikel koloid didalam media air (aqueous) biasanya mengadsorpsi anion

dikarenakan kation pada umumnya lebih terhidrasi daripada anion. Koloid yang kebanyakan bermuatan negatif (-) akan berikatan dengan koagulan yang bermuatan positif (+).

3. Agregasi

Flok kecil yang dibentuk dengan koagulasi dapat menjadi agregat yang besar melalui flokulasi dengan bantuan polielektrolit. Partikel yang lebih besar yang terbentuk melalui proses ini memiliki proses ini memiliki laju sedimentasi yang tinggi.

Pembubuhan koagulan akan mengganggu stabilitas koloid karena sebagian kecil koagulan tinggal terlarut dalam air. Molekul-molekul ini dapat menempel pada permukaan koloid dan mengubah muatan listriknya karena sebagian besar jenis koagulan merupakan molekul bermuatan positif sedangkan koloid biasanya bermuatan negatif pada pH 5 sampai 8. Pernyataan tersebut secara tidak langsung mengacu pada adanya pengaruh pH terhadap efektifitas proses koagulasi. Selain faktor muatan molekul, perlu juga diketahui hubungan antara kelarutan hidroksida logam terhadap suatu rentang pH.

2.12. Proses Flotasi

Pada pengolahan air buangan, flotasi biasanya dimanfaatkan untuk menghilangkan zat-zat terlarut dan untuk mengkonsentratkan/mengentalkan *Biosolid*. Keuntungan proses flotasi, jika dibandingkan dengan proses pengendapan adalah bahwa flotasi, partikel-partikel yang sangat ringan yang sangat sulit dan membutuhkan waktu lama untuk mengendap dapat dihilangkan dengan lebih baik dan dalam waktu lebih singkat. Jika partikel-partikel tersebut telah mengalami flotasi kepermukaan, maka unit *skimmer* dapat dengan mudah memisahkannya dari larutan (Tchobanoglous G., et al., 2003).

2.13. Elektrokimia

Suatu zat yang dapat menerima ion-ion atau menyerahkan ion

dimana ia tercelup didalam suatu larutan dinamakan elektrokimia. Sel elektrokimia yang bila diterusi arus listrik menghasilkan reaksi reduksi pada katoda dan anoda.

Kajian-kajian yang mempelajari perubahan kimia oleh sebab adanya transfer elektron disebut elektrokimia.

Terdapat dua jenis sel elektrokimia, yaitu:

2.13.1. Sel Volta atau Sel Galvani

Reaksi redoks akan menimbulkan arus listrik, dengan kata lain, energi kimia diubah menjadi energi listrik.

Pada sel volta/sel Galvani, katoda merupakan elektroda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda. Ion bermuatan positif mengalir ke katoda untuk direduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda. Dengan kata lain elektron bergerak dari anoda ke katoda dalam sirkuit eksternal. Contoh sel Volta yang dikenal dalam kehidupan sehari-hari adalah batu baterai dan aki.

2.13.2. Sel Elektrolisa

Sel elektrolisa merupakan kebalikan dari sel volta, dimana pada sel elektrolisa ini arus listrik digunakan untuk membangkitkan reaksi redoks, dengan kata lain energi listrik diubah menjadi energi kimia.

Katoda adalah elektroda bermuatan negatif. Ion-ion bermuatan positif (kation) mengalir ke elektroda ini untuk direduksi. Elektron didapat dari sumber eksternal (aki/baterai/adaptor), masuk melalui katoda dan keluar lewat anoda. Contoh dari sel elektrolisa adalah penyepuhan logam.

Karena adanya perbedaan antara sel elektrolisis dan sel galvani, maka dibuat sebuah perjanjian yang digunakan secara umum dan internasional untuk memudahkan dan menciptakan keseragaman pemberian tanda muatan elektroda.

Elektroda dalam proses elektrokoagulasi sangat penting, karena elektroda merupakan salah satu alat untuk menghantarkan atau menyampaikan arus listrik ke dalam larutan agar larutan tersebut terjadi suatu reaksi (perubahan kimia). Elektroda yang digunakan dalam

penelitian ini terbuat dari bahan stainless steel dan aluminium. Karena selain mudah didapat dipasaran juga mempunyai sifat yaitu tahan terhadap korosi, merupakan penghantar listrik yang baik, merupakan konduktor yang kuat dan dapat mereduksi dan mengoksidasi logam.

Pemasangan anoda dan katoda disesuaikan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Su-Hee Shin, et al (2004). Dalam penelitian tersebut digunakan 2 anoda yang terbuat dari *carbon steel* dan 2 buah katoda yang terbuat dari *stainless steel*, dengan diameter anoda masing-masing 1,2 cm dan 1,7 cm. Sedangkan untuk katode, masing-masing berdiameter 2,1 cm dan 2,7 cm, tinggi 33 cm. Lama proses elektrokoagulasi yang dijalankan adalah 30-60 menit dalam volume limbah 3 liter.

Sedangkan untuk luasan yang digunakan berdasarkan pada penelitian Moh. Faiqun Ni'am, et al. (2007). Penelitian itu menggunakan besi sebagai anoda dan katodanya. Ukuran besi yang digunakan adalah 130 mm x 50 mm x 4 mm, total luasan efektif elektroda 142,40 cm² dengan jarak antar elektroda 50 mm dan kuat arus listrik 30 V/10 A, digunakan untuk mengolah volume limbah 2000 mL. Pengadukan yang dilakukan 100 rpm selama 30 menit

Dimoglo (2004), melakukan penelitian dalam skala laboratorium dengan menggunakan reaktor berukuran 15 cm x 8 cm x 8 cm dengan volume 500 mL. Elektroda yang digunakan berasal dari bahan aluminium, masing-masing anoda dan katoda berjumlah 8 buah, dengan permukaan efektif 300 cm². Jarak antar katoda yang digunakan adalah 3 mm. Elektroda dihubungkan dengan adaptor yang memiliki kuat arus berkisar antara 0-5 A dan 0-30 V. Waktu kontak yang dilakukan adalah 5-15 menit.

Rajkumar (2004), melakukan penelitian dengan proses *batch* dalam kapasitas limbah 0,5 L. Anoda dan katoda dipasang secara tegak dan paralel, dengan jarak masing-masing 1 cm. Bahan yang digunakan untuk anoda adalah *titanium*. Sedangkan katodanya menggunakan bahan *graphite carbon*. Elektroda mempunyai luasan permukaan 10 cm x 5 cm, dengan luas efektif pada limbah 27,7 cm². Penelitian dilakukan dalam pengadukan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm. Adaptor yang digunakan untuk

mengaliri listrik elektroda adalah 1,5 Ampere di dalam voltase antara 5-5,5 Volt.

2.13.3. Aluminium

Aluminium termasuk dalam periode ketiga dalam sistem yang masuk unsur logam dan termasuk kedalam III A.

Tabel 2.4 SIFAT-SIFAT ALUMINIUM

SIFAT FISIKA	SIFAT KIMIA
1. Berwarna Keperakan 2. Mempunyai Kerapatan 2,7 gr/ml 3. Titik Leleh 660°C 4. Titik Didih 2400°C 5. Merupakan penghantar listrik yang baik. 6. Tahan terhadap korosi	1. Aluminium merupakan konduktor yang kuat dengan nilai potensial -1,66 volt 2. Dalam bentuk bubuk, aluminium mudah terbakar, menghasilkan panas reaksi 339 Kkal 3. Aluminium dapat bereaksi dengan asam basa, karena bersifat amfoter. Unsur lain yang termasuk amfoter adalah Zn, Mn, Sn, Pb, Sb.

(Sumber: [Sawyer](#), 2003)

Aluminium digunakan antara lain untuk:

1. mereduksi dan mengoksidasi logam
2. aluminium sulfat $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 17\text{H}_2\text{O}]$ digunakan untuk pengolahan
3. aluminium dibuat katalis. ([Sawyer](#), 2003)

2.13.4. Besi (Stainlees Steel)

Besi sebagai bahan elektroda termasuk dalam periode ke empat dalam sistem yang termasuk unsur logam dan termasuk golongan VIII dengan nomer atom (NA= 55,85) dan berat atom (BA= 55,847).

Tabel 2.5 SIFAT-SIFAT BESI

SIFAT FISIKA	SIFAT KIMIA
1. Berwarna putih perak 2. Berbentuk padatan 3. Titik leleh 1535°C 4. Titik didih 3000°C 5. Panjang atom 1,165°C 6. Energi ionisasi 7,9 volt 7. Mempunyai kerapatan 787 gr/cm ² pada 25°C 8. Merupakan penghantar listrik yang baik 9. Besi kukuh dan liat	Besi merupakan konduktor dengan nilai potensial elektroda -0,44 volt $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^- \leftrightarrow \text{Fe} \quad E^0 = -0,44 \text{ V}$

(Sumber: www.wikipedia.com)

Besi digunakan untuk:

1. bahan pereduksi dan pengoksidasian logam
2. besi dapat dibuat katalis

2.14. Elektrolisis

Menurut syukri (1999), elektrolisis berasal dari kata *electro* (listrik) dan *lysis* (penguraian), yang berarti penguraian senyawa oleh arus listrik, dan alatnya disebut sel elektrolisis. Sel ini memerlukan energi listrik dari luar untuk memompa elektron, dan prosesnya kebalikan dari proses sel galvanik.

2.14.1 Hukum Faraday

- Hukum Faraday I : massa zat yang terjadi akibat reaksi kimia pada elektroda berbanding lurus dengan jumlah listrik yang melalui larutan, proses ini dinamakan sebagai proses elektrolisis
- Hukum Faraday II : massa berbagai zat yang terjadi selama elektrolisis berbanding lurus dengan berat ekuivalennya.

Kedua prinsip dalam hukum Faraday tersebut dapat dirangkum dalam

sebuah persamaan berikut ini:

$$m = \frac{sMI \cdot t}{n.F} \text{----- (pers. 2.1)}$$

Keterangan:

- m = massa zat (gram)
- s = koefisien stokhiometri zat dalam reaksi
- M = berat atom atau molekul zat (gram/mol)
- I = Arus (Ampere)
- t = Waktu (detik)
- n = nilai valensi ion unsur yang bereaksi
- F = Bilangan Faraday (1 F $\approx$ 96500 Coulomb)

Pada umumnya, reaksi pada elektroda dituliskan seolah materi yang dihasilkan atau yang terpakai memiliki koefisien reaksi sama dengan satu. Hal ini menyebabkan konstanta *s* pada penulisan hukum Faraday, sering diabaikan. Tetapi persamaan dengan mengabaikan konstanta *s* hanya berlaku pada rangkaian dengan nilai kuat arus (*I*) yang tetap. Rangkaian dengan nilai kuat arus tidak tetap adalah rangkaian dengan arus bolak-balik (AC), misalnya rangkaian yang mendapat masukan tegangan dan arus langsung dari sumber listrik (PLN) tanpa menggunakan alat untuk mengkonversi arus dari AC (bolak-balik) menjadi DC (searah) seperti adaptor, dan lain-lain.

Namun, ketika kita melakukan proses elektrolisa, harus diperhitungkan pula efisiensi arus (ϵ_c) yang terjadi, karena dalam proses elektrolisa tidak seluruh arus tersebut akan dipakai untuk proses inti elektrolisa, tapi juga digunakan untuk proses atau reaksi lain, salah satunya adalah untuk pembentukan gas H₂ yang terjadi pada katoda.

$$\epsilon_c = \frac{\text{perubahankimiawisebenarnya}}{\text{perubahankimiawiteoritis}} \text{----- (pers. 2.2)}$$

Perubahan kimiawi dalam rumus tersebut dapat dinyatakan dalam

perubahan massa anoda sebelum dan sesudah proses elektrolisa, sehingga persamaan tersebut dapat dihubungkan dengan persamaan Hukum Faraday (Prentice, 1991).

Menurut R.A Milikan dari University of Chicago melalui uji tes minyak yang dilakukan pada tahun 1908, muatan 1 elektron adalah $1,60218 \times 10^{-19}$ Coulomb. Sehingga banyaknya elektron dalam 1 Faraday adalah:

$$\frac{96494}{1,60218 \times 10^{-19}} = 6,023 \times 10^{23} \text{ elektron} \text{ ----- (pers. 2.3)}$$

Nilai tersebut selanjutnya lebih dikenal sebagai bilangan avogadro.

2.14.2 Hukum Ohm

Tegangan atau kekuatan listrik dapat mengalir akibat gaya-gaya listrik tersebut mengalir melalui penghantar. Jumlah listrik yang mengalir setiap detik ditentukan oleh besarnya beda potensial dan tahanan/hambatannya.

Hal ini sesuai dengan hukum ohm yang menyatakan hubungan antara tegangan, kuat arus dan hambatan dalam suatu rangkaian dalam persamaan:

$$I = \frac{V}{R} \text{ ----- (pers.2.4)}$$

Dimana :

I : Arus (Ampere)

V : tegangan (volt)

R : hambatan (ohm)

Pada persamaan tersebut tampak bahwa untuk kuat arus yang tetap, jika rangkaian memiliki hambatan yang besar maka dibutuhkan tegangan yang besar pula.

2.15. Arus Listrik

Dalam proses elektrokoagulasi arus yang digunakan yaitu arus searah yang berfungsi sebagai sumber listrik yang dapat memberikan arus listrik secara konstan terhadap waktu. Disebut searah, karena medianya selalu sama, meskipun besarnya berubah-ubah (Johanes, 1978).

Dalam hal ini, arus didefinisikan sebagai jumlah perpindahan rata-rata dari muatan positif yang melewati per satuan waktu.

$$i = \frac{Q}{t} \text{----- (pers. 2.5)}$$

Satuan MKS dari arus adalah 1 Coulomb per detik, disebut 1 Ampere. Banyaknya zat yang dihasilkan dari reaksi elektrokoagulasi sebanding dengan banyaknya arus listrik yang dialirkan ke dalam larutan. Hal ini dapat digambarkan dengan hukum Faraday I:

$$\frac{W}{e} = \frac{i \cdot t}{F} \text{----- (pers. 2.6)}$$

Keterangan:

W = massa zat yang dihasilkan

e = bobot ekivalen = $\frac{Ar}{n}$

i = arus dalam ampere

t = waktu dalam satuan detik

F = tetapan Faraday, dimana 1 faraday = 96500 Coulomb

$i \cdot t$ = arus dalam satuan Coulomb

$\frac{i \cdot t}{F}$ = arus dalam satuan Faraday

$\frac{W}{e}$ = gram ekivalen (grek)

Greka adalah mol elektron dari suatu reaksi yang sama dengan perubahan bilangan oksidasi 1 mol zat. Maka dari rumus di atas diperoleh:
Jumlah Faraday = grek = mol elektron

Dalam penentuan masa zat yang dihasilkan dalam reaksi elektrokoagulasi, biasanya data yang diketahui adalah Ar bukan $e = Ar/n$, sehingga rumus Faraday I menjadi:

$$W = \frac{e \cdot i \cdot t}{F} \text{----- (pers. 2.7)}$$

n = Valensi atau banyaknya mol elektron untuk setiap 1 mol zat.

2.16. Waktu Kontak

Waktu kontak terhadap elektroda adalah faktor yang sangat berpengaruh dalam proses elektrokoagulasi, makin lama waktu kontak penempelan ion-ion logam pada elektroda semakin banyak TSS dapat diturunkan, sehingga disimpulkan bahwa, waktu yang diperlukan oleh suatu tahap pengolahan sangat penting agar tujuan pengolahan dapat dicapai secara optimal (Sugiharto,1987).

2.17. Penelitian Metode Elektrokoagulasi Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai metode elektrokoagulasi telah dilakukan baik untuk mengolah air buangan maupun untuk kepentingan pengolahan air minum. (Novita,2006)

Robinson (2000), melakukan pengolahan pada air dengan kandungan zat padat terlarut yang tinggi, dalam skala laboratorium. Limbah buatan merupakan campuran 1 gram tanah dalam 1 liter air yang memiliki kekeruhan 400 NTU. Dengan elektroda minimum, setelah diproses dilakukan selama 1 jam menghasilkan kekeruhan sebesar 10 NTU dan setelah 3 jam menjadi lebih kecil dari 3 NTU. Jika dilakukan selama 24 jam, akan dicapai kekeruhan kurang dari 0,5 NTU.

Rukmiati (2002), melakukan penelien terhadap penurunan kekeruhan dari suatu limbah sintesis 100 NTU, menggunakan pasangan plat seng dengan luasan elektroda 15 x 90 cm², jarak antar plat 0,6 cm, tegangan 12 volt dan arus 3,5 Ampere, meninggikan penurunan kekeruhan

sebesar 83,8 %. Luasan elektroda $15 \times 60 \text{ cm}^2$, jarak antar plat 0,6 cm, tegangan 12 volt dan arus 3,5 Ampere, menghasilkan penurunan kekeruhan sebesar 85,9 %.

Lai dan Lin (2003), mengolah limbah pabrik penghasil semikonduktor, yang memiliki kandunganzat padat tersuspensi dan kekeruhan yang tinggi, kandungan COD di atas 500 mg/L, kandungan tembaga di atas 100 mg/L dan berwarna putih susu. Percobaan dilakukan dalam skala laboratorium untuk menurunkan kekeruhan, nilai COD dan kandungan tembaga. Pasangan Al/Fe (anoda/katoda), menjadi pasangan terbaik dalam keseluruhan proses pada percobaan ini, karena dapat menurunkan kadar tembaga hingga 99 % dan penurunan kekeruhan hingga 96,5 % dalam waktu kurang dari 100 menit. Penurunan COD yang dicapai melalui proses elektrokoagulasi pada percobaan ini mencapai hingga lebih dari 75 %, sehingga keluaran (effluent) dari unit elektrokoagulasi sudah lebih rendah dari 100 mg/L.

Meunira, et al, (2006), melakukan penelitian terhadap penelitian terhadap penurunan kandungan logam berat (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, dan Zn) pada acidic soil leachate (ASL) dalam skala laboratorium. Cadmium (Cd) mencapai penurunan lebih efektif dengan menggunakan metode elektrokoagulasi, sedangkan nikel (Ni) lebih mudah diendapkan melalui cara kimia. Efisiensi penurunan logam berat lainnya relatif sama antara proses kimiawi dan elektrokoagulasi, yaitu mencapai lebih dari 9,8 % removal. Namun jika kandungan Pb ditingkatkan hingga 250 mgPb/l hingga 2000mgPb/L, maka proses elektrokoagulasi menjadi lebih efektif, dengan efisiensi removal mencapai 99,5%. Ditinjau dari segi biaya, proses elektrokoagulasi jauh lebih murah, hingga mencapai sekitar lima kali lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan jika menggunakan proses kimia.

Hermida (2006), meneliti pengaruh kuat arus, konduktivitas , dan jarak antar elektroda, dalam proses elektrokoagulasi untuk mengolah limbah cair tapioka yang memiliki pH 7. dengan kapasitas pengolahan

2500 ml selama lima jam operasi, arus 0,2-0,4 ampere, untuk konduktivitas antara 2000-2500 mS/cm, menghasilkan prosentase removal antara 1-2 cm removal kekeruhan antara 93,3% - 94,7%. Kondisi optimal dengan efisiensi removal tertinggi dicapai pada pemakaian arus 0,4 ampere, konduktivitas 2500 mS/cm dan jarak elektroda 2cm.

2.18. Hipotesa

Berdasarkan perumusan masalah dan tujuan penelitian di atas, maka dapat dikemukakan hipotesa sebagai berikut:

1. Adanya pengaruh penurunan kadar TSS, minyak, lemak, dan pH oleh karena terjadi proses koagulasi tanpa harus adanya penambahan bahan kimia.
2. Proses elektrokoagulasi ini dapat diterapkan pada pengolahan limbah cair industri Batik Rara Djonggrang sebelum akhirnya dibuang ke badan air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan dilaboratorium Teknik Lingkungan, laboratorium BPKL (Badan Penelitian Konstruksi Lingkungan) Yogyakarta, dan Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Jl. Kaliurang Km. 14,4 BESI Sleman Yogyakarta, dengan sampel yang diambil dari Industri Batik Indah Rara Djonggrang yang berlokasi di Jl. Tirtodipuran No. 18, Brontokusuman, Mergangsan, Yogyakarta.

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian terapan dengan sumber limbah dari Industri Batik Indah Rara Djonggrang yang dilaksanakan dalam skala laboratorium.

3.3. Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Februari sampai dengan bulan April 2007 yang dilanjutkan dengan pengolahan data dan penyusunan laporan akhir.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas meliputi :

Pengolahan awal dengan metode elektrolisis dengan variasi waktu kontak 0 menit, 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit dengan kuat arus listrik 1A pada daya 12 Volt dan 25 Volt serta dengan variasi jarak antar plat elektroda 3 cm dan 1,5 cm.

2. Variabel terikat meliputi :

Penurunan kadar TSS, minyak, lemak dan penetralan pH yang berasal dari limbah cair Industri Batik Indah Rara Djonggrang.

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1. Alat

- a. Alat Elektrokoagulasi
 - 1. Bak elektrokoagulasi
 - 2. Plat Aluminium dan plat Stainlees Steel
 - 3. Adaptor 12 Volt, dan 25 Volt dengan kuat arus 1A
- b. Alat Bantu
 - 1. Voltmeter dan Amperemeter
 - 2. Stopwatch
 - 3. Botol kaca dan plastik
 - 4. Kertas saring ukuran 0,45 Mikron

3.5.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair dari Industri Batik Indah Rara Djonggrang Yogyakarta.

3.6. Kerangka Penelitian

Tahap persiapan dari penelitian ini adalah pengambilan sampel yang dilakukan di industri batik CV. Batik Indah Rara Djonggrang yang berlokasi di Jl. Tirtodipuran No. 18, Brontokusuman, Mergangsan, Yogyakarta. Sebelum diambil limbah dicampur terlebih dahulu agar terjadi pencampuran yang merata, kemudian diambil dengan menggunakan gayung, air limbah di masukkan kedalam dirigen dengan gayung dan corong. Dirigen diisi penuh lalu dibawa untuk dilakukan penelitian.

3.6.1. Alat Elektrokoagulasi

Alat elektrokoagulasi ini terdiri dari dua komponen penting, yaitu:

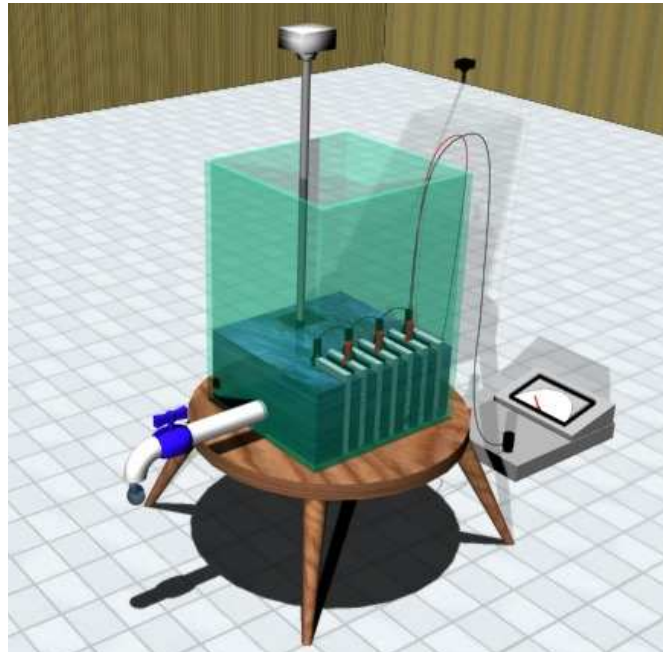
1. Bak elektrokoagulasi

Dimensi bak terdiri dari panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 30 cm. Bak ini terbuat dari kaca dengan tebal 0,5 cm. Penelitian ini berskala laboratorium dan dilakukan secara *batch*.

2. Plat Elektroda

Ukuran plat elektroda yang dipakai berukuran 6 cm x 10 cm dengan tebal 8 mm. Elektroda terdiri dari 3 buah anoda yang terbuat dari bahan *stainless steel* dan 4 buah katoda yang terbuat dari bahan alumunium. Elektrode dipasang secara berselang antara anoda dan katoda yang dilakukan dalam 2 variasi jarak, yaitu jarak 1,5 cm dan 3 cm. Dalam proses elektrokoagulasi elektroda dialiri arus listrik searah secara paralel.

Secara keseluruhan alat Elektrokoagulasi terdiri dari: bak elektrokoagulasi, elektroda yang dihubungkan dengan adaptor, dan alat pengaduk (*padle*). Gambar alat elektrokoagulasi disajikan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Alat Elektrokoagulasi

3.6.2. Tahapan Cara Kerja

1. Tahapan pengoperasian alat dimulai dengan pemeriksaan bahwa semua rangkaian telah tersusun dengan benar.
2. Rangkaian alat diperiksa kembali sebelum memulai proses pengolahan.
3. Memasukkan limbah kedalam bak elektrokoagulasi sebanyak 3 liter dari volume bak sebesar 5 liter.
4. Mengambil sampel untuk pemeriksaan untuk 0 waktu dan 0 Ampere.
5. Menghubungkan arus listrik secara selang seling antara kutub positif pada anoda dan kutub negatif pada katoda dari adaptor.
6. Menghidupkan adaptor, alat pengaduk pada proses elektrokoagulasi untuk penentuan waktu efektif pengadukan dilakukan selama 60 menit (waktu kontak sampel awal=0 menit), setelah itu dilakukan pengambilan sampel dengan waktu kontak 10

menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit dengan kuat arus 1 ampere pada tegangan 12 volt dan 25 volt dengan kecepatan pengadukan sebesar 60 rpm.

7. Effluen hasil pengolahan 1 Ampere tersebut ditampung dalam botol kaca untuk penelitian minyak dan lemak sebanyak 125 ml dan untuk penelitian TSS dengan menggunakan botol plastik secukupnya, sebanyak yang dibutuhkan dalam penelitian, setelah pengadukan selama 60 menit (waktu kontak sampel awal=0 menit), setelah itu dilakukan pengambilan sampel dengan waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, dan 60 menit pada tegangan 12 volt dan 25 volt dengan kecepatan pengadukan sebesar 60 rpm.
8. Pengambilan sampel air dari bak elektrokoagulasi kemudian dimasukkan dalam botol, lalu diberi kode sesuai dengan kuat arus dan waktu kontak.
9. Air sampel diperiksa kadar TSS, Minyak, Lemak, dan pHnya.
10. Lakukan langkah yang sama untuk penelitian elektrokoagulasi dengan menggunakan elktroda berjarak 1,5 cm.

3.7. Analisis TSS

Untuk analisis TSS mengacu pada SNI 06-6989.3-2004 Air dan Air Limbah-Bagian 3:Cara Uji Padatan Tersuspensi (TSS) Secara Gravimetri.

3.8. Analisis Minyak dan Lemak

Untuk analisis minyak dan lemak mengacu pada SK SNI 06-6989.10-2004 dengan menggunakan metode uji kadar minyak lemak dalam air sampel untuk parameter minyak lemak.

3.9. Analisa pH

Untuk analisis pH mengacu pada SK SNI M-03-1990-F dengan menggunakan metode Potensiometrik untuk parameter pH.

3.10. Analisis Data

Analisis data dan pembahasan dilakukan terhadap data dari analisis parameter yang dimaksudkan untuk mengolah data yang didapat selama penelitian untuk ditampilkan dalam bentuk data yang mudah dilihat dan dipahami. Pengolahan data dilakukan dengan Microsoft Excel untuk ditampilkan dalam bentuk tabulasi atau grafik sehingga dapat menentukan kondisi efektif dari variasi yang dilakukan.

Uji statistik yang digunakan adalah dengan menggunakan metode ANOVA *T- test Paired Sample* yang bertujuan untuk melihat ada tidaknya perbedaan yang signifikan antara konsentrasi awal dengan titik pengambilan sampel.

Tingkat efisiensi dinyatakan dengan cara membandingkan antara konsentrasi awal dan akhir dari parameter penelitian setelah menjalankan reaktor dengan menggunakan persamaan *overall efficiency* yaitu:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \% \quad (\text{pers. 3.1})$$

Dimana,

η = Overall Efficiency (%)

C_o = Konsentrasi Awal (mg/l)

C_e = Konsentrasi akhir (mg/l)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi kontinyu dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit, dimana salah satu elektrodanya terbuat dari aluminium. Dalam proses ini akan terjadi proses reaksi reduksi oksidasi, yaitu limbah yang mengandung logam-logam akan direduksi dan diendapkan di kutup negatif (Al) sedangkan elektroda positif (Fe) akan teroksidasi menjadi $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ yang berfungsi sebagai koagulan.

Penelitian ini menggunakan metode elektrokoagulasi secara *batch*. Dimana dimensi bak elektrokoagulasi ini memiliki ukuran dengan panjang 20 cm, lebar 20 cm, serta tinggi 30 cm, dan elektrokoagulasi ini menggunakan elektroda-elektroda, yang terdiri dari: 3 anoda yang berasal dari bahan *stainless steel* dan 4 katoda yang berasal dari bahan aluminium. Panjang elektroda yang digunakan adalah 10 cm x 6 cm x 0,8 cm, sehingga luasan efektifnya 113,6 cm² dengan volume limbah batik yang dimasukkan sebanyak 3 L. Perbandingan efektif luasan dengan volume limbah adalah 37,86 cm²/L. Perbandingan efektif luasan dengan volume limbah tersebut sangat berpengaruh terhadap terbentuknya koagulan dari hasil reaksi antara elektroda, dimana semakin besar luasan elektroda yang bereaksi, maka semakin banyak pula koagulan yang dapat dihasilkan dalam pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi ini.

Penelitian dengan menggunakan elektrokoagulasi murni ini juga dilakukan pengadukan dengan menggunakan paddle yang berkecepatan 60 rpm. Dimana pengadukan tersebut digunakan agar terjadi proses pencampuran koagulan yang dihasilkan dalam air dan terjadi proses pembentukan mikro flok. Pengambilan kecepatan pengadukan ini karena; alat yang digunakan sangat terbatas, dan perputaran dari alat tersebut yang

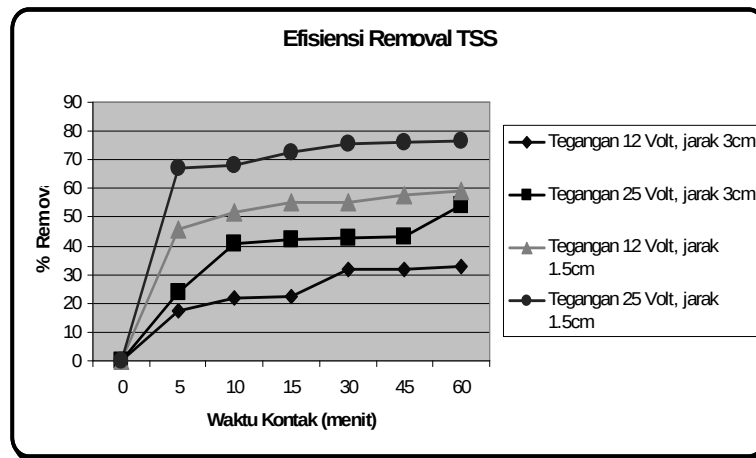
kecepatannya kecil hanya 60 rpm. Sedangkan kalau menggunakan kecepatan yang besar, kemungkinan besar akan berpengaruh merusak pembentukan koagulan dan flok dari elektrode-elektode tersebut.

Elektroda yang dipasang pada alat elektrokoagulasi jaraknya bervariasi, yaitu 1,5 cm dan 3 cm. Sedangkan kuat arus yang digunakan juga bervariasi, yaitu 12 Volt dan 25 Volt.

Hasil penelitian menunjukkan dengan adanya variasi tegangan dan jarak antar elektroda, berpengaruh pada penurunan kandungan/konsentrasi TSS, minyak lemak dan pH dengan hasil yang bervariasi. Proses penelitian dilakukan selama 60 menit dengan variasi waktu kontak selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit dengan jenis katoda dan anoda yang digunakan dalam reaktor adalah berupa aluminium (katoda) dan besi *stainlees steel* (anoda). Elektroda tersebut kemudian dialiri arus listrik searah dengan variasi tegangan dan juga jarak antar elektroda. Adapun hasil penurunan dan efisiensi penurunan konsentrasi TSS, minyak lemak dan pH dengan menggunakan variasi tegangan dan jarak antar elektroda adalah sebagai berikut:

4.2 *Total Suspended Solid (TSS)*

Dari hasil penelitian didapatkan data efisiensi penurunan konsentrasi TSS pada setiap jenis tegangan dan jarak antar elektroda pada tiap-tiap waktu kontak yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.2 (lihat lampiran) dan gambar 4.1.



Gambar 4.1 Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak

Dari gambar 4.1 diatas menunjukkan bahwa dengan kuat arus yang sama yaitu sebesar 1 ampere, adanya variasi tegangan dan jarak elektroda ternyata berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan. Efisiensi hingga akhir proses yang terjadi pada tegangan 12 volt dengan jarak elektroda 3 cm didapatkan sebesar 32,89 %. Sedangkan untuk efisiensi pada tegangan 25 volt dengan jarak antar elektroda yang sama, terjadi peningkatan yaitu sebesar 54,06%. Peningkatan efisiensi tersebut menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang digunakan pada penelitian elektrokoagulasi maka akan semakin besar pula efisiensi penurunan yang terjadi.

Dari data grafik yang sama pula, menunjukkan perbedaan jarak antar elektroda juga berpengaruh pula terhadap efisiensi penurunan yang dihasilkan. Dengan kuat arus yang sama yaitu 1 Ampere dan tegangan sebesar 12 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm, menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih besar daripada sebelumnya, yakni meningkat menjadi 59,15%. Kemudian efisiensi terbesar pada kuat arus 1 Ampere terjadi pada saat menggunakan tegangan 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm yaitu sebesar 76,73%.

Dapat diketahui bahwa ternyata pada kuat arus yang sama namun dengan tegangan dan jarak antar elektroda yang berbeda pada berbagai waktu kontak yang terjadi didalam proses elektrokoagulasi, akan terjadi perbedaan terhadap penurunan konsentrasi. Dengan kuat arus yang sama yaitu sebesar 1 Ampere, semakin besar tegangan yang diberikan dan semakin dekat jarak plat antar elektroda serta lamanya waktu kontak yang diberikan pada proses elektrokoagulasi, maka akan semakin besar pula tingkat penurunan konsentrasi TSS yang terjadi. Hal ini dikarenakan semakin jauh jarak elektroda maka lintasan perputaran arus listrik akan semakin sedikit sehingga efisiensi proses penurunan konsentrasi TSS yang terjadi akan semakin kecil.

Dari data yang diperoleh pada penelitian ini apabila dibandingkan dengan besarnya tegangan dan jarak elektroda yang lainnya, tegangan sebesar 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm merupakan jarak yang paling optimum didalam penurunan konsentrasi TSS.

4.2.1 Pembahasan

Zat padat total yang terdiri dari zat padat terlarut dan zat padat tersuspensi yang dapat bersifat organis dan inorganis seperti pada keterangan di bawah ini:

Zat padat total, terbagi menjadi dua:

- Zat padat terlarut
- Zat padat tersuspensi, terbagi menjadi dua:
 - a. Zat padat tersuspensi Organik
 - b. Zat padat tersuspensi Inorganik

Zat padat tersuspensi sendiri dapat diklasifikasikan sekali lagi, antara lain zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik. Zat padat terendap adalah zat padat dalam suspensi yang dalam keadaan tenang dapat mengendap setelah waktu tertentu karena pengaruh gaya beratnya. Penentuan zat padat terendap ini dapat melalui volumenya, disebut analisa

Volume Lumpur (*Sludge volume*) dan dapat melalui beratnya disebut analisa lumpur kasar atau umumnya disebut zat padat terendap (*settleable solids*). Dimensi dari zat-zat padat di atas adalah dalam gr/l, atau g/l. Namun sering pula ditemui % berat, yaitu kg zat padat/kg larutan, atau % volume, yaitu dm^3 zat padat/liter larutan.

Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu aliran dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara-muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta.

Dalam industri batik beberapa zat warna dan zat kimia merupakan padatan terlarut misalnya: larutan zat warna reaktif, kostik soda, asam, zat pembasah. Sedangkan yang merupakan padatan koloid dan tersuspensi, misalnya: gabungan zat warna naphtol dan garam diazo, zat warna indigosol, rapid, tapioka, lilin batik. (Anonim, 1998).

Dari hasil penelitian ini dapat dilihat bahwa terjadinya penurunan terhadap konsentrasi TSS pada limbah cair industri batik Indah Rara djonggrang dengan menggunakan metode elektrokoagulasi ini yang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor selama proses elektrokoagulasi berlangsung, yaitu pengaruh koagulan yang berasal dari proses elektrokoagulasi dari batangan anoda (besi stainless steel) yang mengalami reaksi oksidasi, pengaruh dari variasi tegangan listrik yang diberikan selama proses berlangsung, pengaruh dari jarak antar batangan elektroda, serta pengaruh daripada waktu kontak yang berlangsung selama proses elektrokoagulasi.

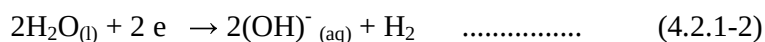
Proses elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi dengan memanfaatkan koagulan yang timbul dalam proses elektrokimia dengan metode pembangkitan reaksi kimia dengan melewatkan arus listrik dalam elektrolit atau lebih dikenal sebagai elektrolisis. Dalam elektrolisis ion positif berpindah ke katoda sedangkan ion negatif ke anoda. Reaksi yang

terjadi bergantung pada pengalihan elektron pada elektroda, karena itu sama artinya dengan redoks. Di anoda, ion negatif dalam larutan dapat kehilangan elektronnya membentuk spesies netral. Atom dari elektroda dapat melepas elektronnya dan pindah kelarutan sebagai ion positif dan disebut reaksi oksidasi. Di katoda, ion positif dalam larutan dapat mengambil elektron membentuk spesies netral, jadi reaksinya adalah reaksi reduksi.

Pada sel elektrolisis akan terjadi reaksi kimia apabila di dalam sel dialiri arus searah, yaitu tenaga listrik diubah menjadi reaksi kimia. Arus listrik yang menghasilkan perubahan kimia mengalir melalui media (dalam penelitian yang dilakukan, arus listrik mengalir melalui media plat logam) karena adanya beda potensial atau tegangan listrik, yaitu perbedaan potensial antara plat elektroda dengan larutan elektrolit dimana tahanan listrik pada elektrolit jauh lebih besar daripada logam. Pada sel elektrolisis terjadi reaksi oksidasi-reduksi pada kedua elektroda. Elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda, sedangkan elektroda tempat terjadinya reaksi reduksi disebut katoda. Pada proses elektrokimia melalui proses elektrokoagulasi ini terjadi oksidasi besi *stainless steel* pada elektroda positif (anoda), sehingga menghasilkan koagulan Fe(OH)_2 . Dalam proses ini juga terjadi reaksi pembentukan gas-gas H_2 dan O_2 . Adapun reaksi yang terjadi pada katoda yaitu reaksi reduksi terhadap kation (ion positif). ion H^+ statu asam akan direduksi menjadi gas H_2 yang bebas sebagai gelembung-gelembung gas.



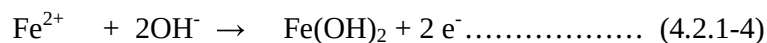
Sedangkan ion-ion logam yang mempunyai harga potensial elektroda (E_0) lebih kecil dari harga potensial elektroda air seperti logam alkali, alkali tanah, Al^{3+} , Mn^{2+} , tidak dapat direduksi dari larutan, yang mengalami reaksi reduksi pada katoda adalah air yang bertindak sebagai pelarut.



Selanjutnya ion-ion logam selain ion-ion logam diatas mengalami reaksi reduksi membentuk logamnya. Logam yang dihasilkan sebagian

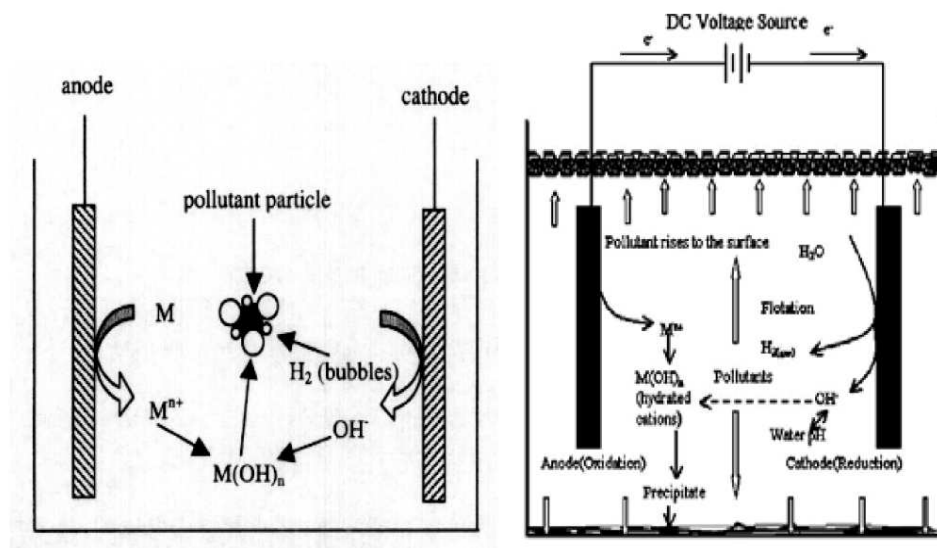
akan terdeposit pada batang katoda, sebagian akan tertangkap flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ dan akhirnya mengendap pada bak elektrokoagulasi.

Pada anoda akan terjadi reaksi oksidasi terhadap anion (ion negatif), anoda yang terbuat dari logam seperti besi akan mengalami oksidasi membentuk ion Fe^{2+} .



Karena dalam proses elektrokimia ini menghasilkan gas hidrogen yang dihasilkan dari katoda, maka kotoran-kotoran dan partikel-partikel yang terbentuk dan yang sudah ada dalam larutan akan terangkat keatas permukaan, termasuk flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Oleh karena itu dalam proses elektrokoagulasi pada dasarnya memerlukan bak sedimentasi untuk mengendapkan flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang mengikat zat kontaminan yang terdapat dalam limbah batik. Akan tetapi pada penelitian ini tidak menggunakan bak sedimentasi karena pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan pada waktu kontak 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Oleh karenanya pengendapan terjadi didalam botol sampel yang didiamkan kurang lebih 30 menit sebelum dilakukan pengujian parameter didalam laboratorium Teknik Lingkungan, FTSP, UII untuk pengujian TSS. Adapun mekanisme pengendapan flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ mengikuti prinsip koagulasi-flokulasi yaitu karena adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.

Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Proses Terjadinya Reaksi Oksidasi-Reduksi Dalam Proses Elektrokoagulasi
(Moh Faiqun Ni'am et al., 2007)

Dengan pengaturan desain bak elektrokoagulasi yang sesuai, partikel-partikel yang terlarut dan tersuspensi akan ikut mengendap dan akan diperoleh efluen yang miskin contaminan yang dalam penelitian ini contaminan yang dimaksud adalah TSS.

Penurunan kekeruhan dapat terjadi karena adanya reaksi selama proses elektrokoagulasi yaitu:

Reaksi anoda (oksidasi): $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	$E^0 = +0,44$
Reaksi katoda (reduksi): $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_{2(\text{gas})} + 2\text{OH}^-$	$E^0 = -0,83$
$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{e}^-$	$E^0 = 0,39$

Berdasarkan reaksi di atas, potensial minimum yang dibutuhkan sebesar 0,39 volt. Gelembung kecil yang dihasilkan dalam air yang mampu mengangkat sebagian polutan ke atas merupakan gas hidrogen yang dihasilkan dari reaksi katoda.

Fe^{2+} yang dihasilkan berfungsi sebagai koagulan yang berikatan dengan OH^- dari koloid dan hasil reaksi katoda membentuk flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$, yang nantinya dapat mengapung pada permukaan air akibat terflotasi

akibat gas hidrogen yang dihasilkan, dan sebagian besar akan mengendap setelah diendapkan. Proses koagulasi terjadi pada saat listrik dinyalakan, flok yang terbentuk tadi akan membentuk partikel yang lebih besar sehingga bisa mengendap secara gravitasi. Saat listrik dimatikan partikel polutan yang terbentuk pada saat listrik dinyalakan, lebih mudah mengendap karena tidak adanya gas hidrogen.

Ini membuktikan bahwa dengan adanya elektroda yang dialiri oleh arus listrik searah dan terjadi proses yang dinamakan elektrokoagulasi, maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyaknya flok yang terikat pada flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$, maka akan semakin berat flok yang terbentuk sehingga flok tersebut akan mengendap dan kadar konsentrasi kontaminan yang terdapat didalam limbah cair tersebut akan berkurang, sehingga efisiensi removal yang didapatkan juga akan meningkat. Pengikatan flok pada proses elektrokoagulasi ini juga dibantu oleh kecepatan pengadukan yang diberikan. Pengadukan ini dilakukan bertujuan untuk mempercepat proses pengikatan flok dalam proses pengolahan sehingga akan cepat pula terjadi pengendapan. Dengan demikian konsentrasi kontaminan dalam limbahpun akan cepat berkurang. Akan tetapi apabila kecepatan pengadukan yang diberikan terlalu cepat, flok yang sudah terbentuk akan rusak (pecah). Oleh karena itu, kecepatan pengadukan yang dilakukan pada penelitian ini hanya sebesar 60 rpm. Hal ini juga sangat berhubungan dengan besarnya kuat arus dan tegangan listrik yang diberikan pada saat proses elektrokoagulasi yang berlangsung. Karena semakin besar kuat arus dan tegangan yang diberikan, maka akan semakin banyak pula flok-flok yang dihasilkan yang dapat mengikat kontaminan yang terdapat pada limbah.

Pada penelitian ini, didapatkan data hasil yang menunjukkan tingkat penurunan konsentrasi TSS, yaitu dari konsentrasi awal TSS sebesar 5637 ppm menjadi 3783 ppm (lihat tabel 4.1 pada lampiran). Nilai konsentrasi ini untuk pengolahan dengan memakai kuat arus 1 Ampere dengan tegangan 12 volt dan jarak antar elektroda 3 cm dengan waktu kontak 60 menit. Nilai konsentrasi ini akan semakin turun, apabila tegangan dan kuat arus yang lebih besar. Karena semakin besar tegangan

yang diberikan maka semakin besar pula tingkat penurunan konsentrasi TSS yang terjadi. Namun pada penelitian ini, mengingat terbatasnya waktu dan biaya yang tersedia, peneliti hanya mengukur tegangan listrik yang disuplai. Untuk kuat arus, alat penyuplai arus listrik hanya memiliki daya kuat arus yang berukuran 1 Ampere, sehingga yang bisa diubah-ubah hanyalah besar tegangan listrik saja. Untuk itu peneliti menetapkan tegangan sebesar 12 volt dan 25 volt sebagai variasi tegangan pada penelitian ini.

Menurut Faraday (1834), jumlah ekuivalen bahan yang dihasilkan pada salah satu elektoda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah listrik yang mengalir melalui sel elektrolisis, karena itu makin lama waktu elektrolisis yang terjadi, maka akan semakin banyak endapan yang terbentuk. Dalam proses elektrokoagulasi ini terjadi pembentukan gas hidrogen dan ion hidroksida (OH^-), dengan semakin lama waktu kontak yang digunakan maka semakin cepat juga pembentukan gas hidrogen dan ion hidroksida (OH^-) tersebut terjadi. Sehingga semakin lama waktu kontak, efisiensinya akan bertambah pula. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil data yang membuktikan bahwa semakin lama waktu kontak yang terjadi, maka efisiensi removal penurunan konsentrasi TSS akan semakin besar.

Jarak antar plat elektroda juga sangat berpengaruh pada proses penurunan konsentrasi TSS. Semakin dekat jarak antar elektroda maka penurunan konsentrasi TSS akan lebih besar pula. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan jarak antar elektroda yang berbeda mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi TSS. Hal ini dikarenakan semakin jauh jarak antar elektroda maka lintasan perputaran arus listrik akan semakin sedikit, sehingga efisiensi proses penurunan konsentrasi TSS yang terjadi akan semakin kecil. Oleh karena itu pada penelitian ini, bila dibandingkan dengan jarak elektroda yang lainnya, jarak terdekat dengan elektroda yaitu sebesar 1,5 cm merupakan jarak yang paling optimum didalam penurunan konsentrasi TSS.

Plat elektroda ini dapat mengalami kejenuhan, dimana ketika plat tersebut kurang mampu lagi untuk mengalirkan arus listrik yang disuplai dari adaptor sehingga tingkat kemampuannya untuk menarik ion-ion yang terdapat pada limbah karena seluruh plat sudah tertutup oleh ion-ion tersebut. Dampak dari kondisi ini menyebabkan terjadinya penurunan besarnya medan magnet.

Ketika medan magnet diantara plat elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari logam-logam yang ada dominan saling berkompetisi untuk menempel pada plat elektroda dan proses oksidasi pada plat anoda juga masih besar. Sehingga meskipun dalam larutan nampak lebih keruh, tetapi kekeruhan tersebut selain diakibatkan adanya kotoran, sebagian besar kekeruhan diduga diakibatkan oleh flok $\text{Fe}(\text{OH})_2$ yang akhirnya mengendap pada bak elektrokoagulasi. Dengan demikian nilai efisiensi elektrokoagulasi yang diperoleh masih cukup besar.

Tetapi pada saat plat elektroda sudah jenuh dan medan magnet yang terjadi sudah sangat kecil maka proses elektrokimia sudah minimum dan proses elektrokoagulasi tidak terjadi, sehingga nilai TSS akan naik kembali.

Pada penelitian ini tingkat kejenuhan elektroda tidak terjadi, oleh karena plat yang digunakan yaitu besi stainless steel dan aluminium belum habis terkorosi karena waktu kontak yang diberlakukan hanya 60 menit, dan luasan serta tebalnya plat elektroda yang digunakan juga mempengaruhi tingkat kejenuhan elektroda. Karena dari penelitian yang pernah dilakukan (Rukmiati, 2002), menyatakan bahwa semakin besar luasan plat elektroda yang digunakan maka semakin besar pula berat hasil elektrokoagulasi yang menempel pada elektroda. Dan semakin tebal plat elektroda maka tingkat kadar korosif semakin kecil, dan semakin besar kadar korosif maka kekuatan menarik koloid akan semakin kecil.

Pada unit elektrokoagulasi pemberian dosis koagulan juga mempengaruhi ukuran flok yang terbentuk, dalam kasus ini koagulan yang dipakai adalah tawas yang dipengaruhi pula oleh arus listrik yang dapat mengikat lumpur halus, pasir halus, dan jasad-jasad renik sebagai

pembentuk TSS terbentuk menjadi flok, proses ini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai TSS. (Rahmadasari *et al*, 2007).

Akan tetapi pada penelitian ini tidak diberikannya koagulan tambahan seperti tawas oleh karena pada waktu percobaan awal, peneliti telah mencoba menggunakan tawas sebagai koagulan tambahan, dan didapatkan kadar tawas yang paling optimum untuk limbah batik untuk penelitian ini sebanyak 4 gram tawas /500 ml sample limbah batik industri Rara Djonggrang atau sama dengan 8000 ppm tawas yang digunakan untuk setiap 500 ml limbah batik. Nilai ini sangat tinggi sekali dan menimbulkan endapan yang lebih banyak dan akan membentuk limbah baru yang berupa *sludge* (lumpur) yang sangat banyak sekali. Seperti yang dinyatakan oleh Astuti, 2004 bahwa kadar koagulan yang semakin tinggi akan meningkatkan konsentrasi *total suspended solid* dan kekeruhan pada limbah batik. Sehingga apabila ini digunakan untuk pengolahan industri batik yang sesungguhnya dalam mengolah limbahnya, dikhawatirkan akan menimbulkan masalah baru berupa *sludge* yang dapat merusak lingkungan sekitar maupun dapat menimbulkan penyumbatan pada alat pengolahan. Untuk itu dengan pertimbangan-pertimbangan seperti itu maka peneliti memutuskan untuk tidak memakai koagulan tambahan didalam proses elektrokoagulasi ini. Maka dari itu proses elektrokoagulasi ini disebut juga dengan elektrokoagulasi murni tanpa adanya penambahan koagulan.

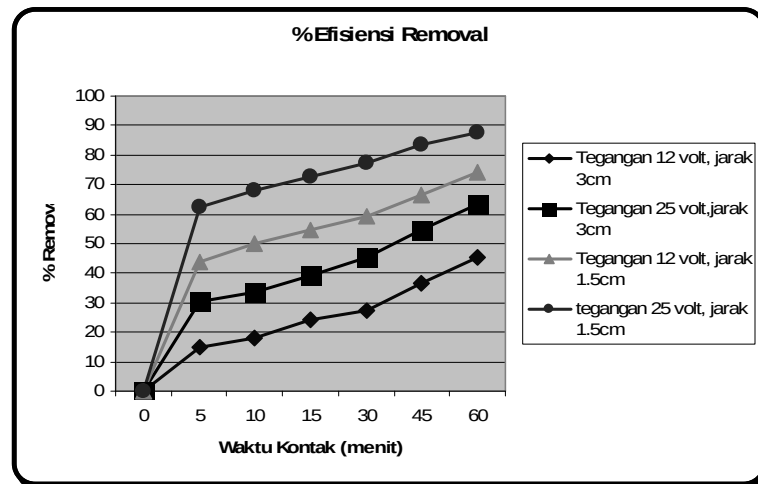
4.2.2 Uji Statistik

Hasil uji statistik dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan yang signifikan dalam penurunan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) untuk setiap variasi waktu kontak, tegangan listrik yang diberikan serta besarnya jarak antar elektroda yang berlainan. Uji statistik yang digunakan adalah dengan menggunakan metode ANOVA *T- test Paired Sample*. Setelah dilakukan uji statistik maka didapatkan sebuah kesimpulan yang mana terbukti terdapat perbedaan rata-rata penurunan kadar TSS pada limbah batik Indah Rara Djonggrang yang signifikan

antara sebelum dan sesudah pengolahan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi pada taraf 95%. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi ini cocok untuk digunakan dalam menurunkan kadar TSS. Adapun hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran I.

4.3 Minyak Lemak

Dari hasil penelitian didapatkan data efisiensi penurunan konsentrasi minyak lemak pada setiap jenis tegangan dan jarak antar elektroda pada tiap-tiap waktu kontak yang berbeda dapat dilihat pada tabel 4.11 (lihat lampiran) dan gambar 4.4.



Gambar 4.4 Efisiensi Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak

Bila dilihat pada gambar 4.4, menggambarkan bahwa dengan adanya variasi tegangan dan jarak antar elektroda pada waktu kontak yang berbeda efisiensi removal yang terjadi hingga akhir proses pada masing-masing variasi tersebut juga berbeda. Semakin besar tegangan dan semakin dekatnya jarak antar elektroda pada waktu kontak yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yang diberikan semakin lama, maka efisiensi hingga akhir proses yang dihasilkan juga akan semakin besar.

Adapun efisiensi removal yang terjadi pada proses elektrokoagulasi hingga akhir proses yang terjadi pada tegangan 12 volt dengan jarak elektroda 3 cm pada waktu kontak 60 menit adalah sebesar 45,45%, sedangkan untuk efisiensi pada tegangan 25 volt dengan jarak elektroda yang sama, terjadi peningkatan yang cukup tajam yaitu sebesar 63,64%. Peningkatan efisiensi tersebut menunjukkan bahwa semakin besarnya tegangan yang digunakan pada penelitian ini, maka akan semakin besar pula efisiensi removal yang terjadi.

Dari tabel yang sama pula, ditunjukkan juga perbedaan jarak antar elektroda juga berpengaruh terhadap besarnya nilai prosentase efisiensi yang dihasilkan pada proses elektrokoagulasi. Untuk tegangan sebesar 12 volt yang diberikan dengan jarak elektroda sebesar 1,5 cm menunjukkan tingkat efisiensi yang lebih besar daripada sebelumnya yaitu sebesar 74,24%. Kemudian efisiensi removal yang mengalami penurunan terbesar pada kuat arus yang sama yaitu 1 Ampere terjadi pada saat menggunakan tegangan 25 volt dengan jarak elektroda sebesar 1,5 cm pada waktu kontak 60 menit yaitu 87,88%. Dari hasil penelitian ini, selain variasi tegangan yang dapat mempengaruhi besar kecilnya nilai efisiensi removal minyak lemak, akan tetapi juga variasi jarak antar elektroda ternyata juga dapat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi kadar minyak lemak.

Semakin jauh jarak antar elektroda maka lintasan perputaran arus listrik akan semakin sedikit sehingga efisiensi proses penurunan konsentrasi minyak lemak yang terjadi akan semakin kecil. Oleh karena itu, pada penelitian ini bila dibandingkan dengan jarak elektroda yang digunakan sebelumnya, jarak terdekat antar elektroda yaitu 1,5 cm, merupakan jarak antar elektroda yang paling optimum didalam penurunan konsentrasi kadar minyak lemak.

Dapat diketahui pula bahwa ternyata pada kuat arus yang sama yaitu 1 Ampere, namun dengan tegangan dan jarak antar elektroda yang berbeda pada berbagai waktu kontak yang terjadi didalam proses elektrokoagulasi, akan terjadi perbedaan terhadap penurunan konsentrasi. Hal ini disebabkan oleh karena semakin besar tegangan yang diberikan

dan semakin dekat jarak plat antar elektroda serta lamanya waktu kontak yang diberikan pada proses elektrokoagulasi, maka akan semakin besar pula tingkat penurunan konsentrasi minyak lemak yang terjadi.

Dari tabel 4.11 dan gambar 4.3 dapat terlihat bahwa terjadi tren kenaikan efisiensi yang hampir serupa. Terjadi tren kenaikan yang cukup tajam pada menit ke-10 hingga akhir daripada proses elektrokoagulasi tersebut. Karena semakin lama waktu kontak yang terjadi pada proses elektrokoagulasi yang diberikan maka semakin besar pula tingkat efisiensi removal yang terjadi.

4.3.1 Pembahasan

Pada penelitian minyak lemak yang akan diteliti berasal dari sisa proses pembatikan yang berupa minyak lemak. Minyak dalam limbah batik ini dalam pengujian parameternya sangat sulit sekali, ini terjadi karena pada bahan baku pembuatan lilin batik terdapat berbagai macam campuran yang berupa gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, minyak kelapa, dan lilin batik bekas lorodan. Dimana bahan tersebut yang menyebabkan sulitnya konsentrasi kadar minyak lemak untuk turun hingga mencapai nilai yang sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Karena metode ini efektif digunakan untuk limbah anorganik dan logam berat.

Adapun konsep penurunan yang terjadi pada konsentrasi minyak lemak untuk limbah batik ini adalah rantai minyak lemak yang berasal dari bahan-bahan pembuat lilin batik yang sangat beragam, sehingga dalam penguraian rantai minyak lemak dalam limbah batik ini peneliti tidak menemukan referensi yang berhubungan dengan proses terjadinya penurunan minyak lemak secara ilmiah. Akan tetapi penulis disini akan menjelaskan bagaimana konsep penurunan minyak lemak secara teoritis.

Pada dasarnya proses penurunan minyak lemak itu serupa dengan proses penurunan kadar TSS, yaitu adanya pengaruh arus maupun tegangan listrik yang diberikan pada saat proses elektrokoagulasi tersebut

melalui plat elektroda yang telah ditentukan jaraknya, yang mana hal tersebut dapat memecah rantai hidrokarbon yang dimiliki oleh limbah batik tersebut oleh karena limbah batik ini merupakan limbah yang bersifat organik dimana rantai hidrokarbonnya itu mudah sekali rusak yang dikarenakan oleh pengaruh arus dan tegangan listrik serta jarak antar elektroda serta adanya proses pengadukan yang terjadi didalamnya. Oleh karena rantai hidrokarbon yang sudah rusak tersebut, maka disitulah proses penurunan konsentrasi minyak lemak itu terjadi.

Diperoleh hasil penelitian terhadap pengujian minyak lemak yang mengacu pada SNI 06-6989.10-2004 secara gravimetri. Penelitian ini dimulai dengan berdasarkan prinsip pengerjaan yang mana minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah dan untuk menghilangkannya air yang masih tersisa Na_2SO_4 Ahidrat. Ekstrak minyak dan lemak dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. Residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak.

Akan tetapi pada penelitian ini, terjadi penurunan konsentrasi minyak lemak yang cukup signifikan. Kadar konsentrasi minyak lemak yang paling kecil ditunjukkan pada percobaan dengan menggunakan tegangan 25 volt dengan jarak elektroda 1,5 cm sebesar 8 ppm dari konsentrasi minyak lemak awal yang sebesar 66 ppm. Jika dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Surat Keputusan (SK) Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281 tahun 1998, dengan nilai sebesar 5 ppm, perbedaan nilainya tidak terlalu jauh diatas nilai baku mutu yang diperbolehkan. Namun tetap saja hal ini dapat merusak kualitas badan air yang terdapat pada lingkungan sekitar.

Terjadinya penurunan konsentrasi minyak lemak ini dipengaruhi juga oleh adanya variasi waktu kontak, besarnya tegangan dan kuat arus, serta jauh dekatnya jarak antar elektroda. Sama halnya dengan penurunan pada konsentrasi TSS, adanya variasi waktu kontak dimana semakin lama waktu kontak yang terjadi, maka akan semakin besar pula tingkat penurunan kadar konsentrasi minyak lemak yang terjadi. Begitu juga

dengan besarnya tegangan yang diberlakukan, semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula tingkat penurunan konsentrasi minyak lemak yang terjadi. Penurunan ini juga sangat dipengaruhi juga oleh jauh dekatnya jarak antar elektroda. Semakin dekat jarak antar elektroda maka penurunan konsentrasi minyak lemak akan lebih besar pula. Besarnya luasan dan tebal tipisnya elektroda juga ternyata berpengaruh pada penurunan konsentrasi minyak lemak. Seperti penelitian yang pernah dilakukan (Rukmiati, 2002), yang menyatakan bahwa semakin besar luasan plat elektroda yang digunakan maka semakin besar pula berat hasil elektrokoagulasi yang menempel pada elektroda. Dan semakin tebal plat elektroda maka tingkat kadar korosif semakin kecil, dan semakin besar kadar korosif maka kekuatan menarik koloid akan semakin kecil.

Dalam pengujian parameternya sangat sulit sekali, ini terjadi karena pada bahan baku pembuatan lilin batik terdapat berbagai macam campuran yang berupa gondorukem, damar mata kucing, parafin, lilin tawon, gajih atau lemak binatang, minyak kelapa, dan lilin batik bekas lorodan. Dimana bahan tersebut yang menyebabkan sulitnya konsentrasi kadar minyak lemak untuk turun hingga mencapai nilai yang sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Dan dari hasil pengamatan peneliti, limbah batik ini diduga juga mengandung suatu emulsi minyak didalam air. Suatu limbah emulsi minyak, dimana minyak diuraikan didalam fasa air, dapat mengandung berbagai jenis minyak dari suatu konsentrasi limbah. Suatu minyak yang stabil di dalam emulsi air adalah sistim koloidal dari minyak secara elektrik yang membebaskan droplets yang dikepong oleh lingkungan yang bersifat ion. Stabilitas emulsi dipertahankan oleh suatu kombinasi mekanisme kimia dan fisik. Sebagai tambahan terhadap minyak, zat-pencemar khas emulsi ini bisa berupa zat padat, partikel logam, pengemulsi, pembersih, sabun, bahan pelarut, dan residu-residu lain. (Nalco, 1988)

Emulsi bisa rusak oleh bahan kimia, elektrolitik, atau metoda secara fisik. Didalam pemecahannya faktor-faktor kestabilan yang harus

dinetralkan untuk membiarkan droplets yang dijadikan emulsi untuk bersatu. Muatan elektrik yang dikumpulkan pada droplet yang dijadikan emulsi dinetralkan dengan memperkenalkan suatu beban. Karakteristik yang dielektrik dari penyebab air dan minyak menjadi emulsi minyak droplets untuk membawa muatan negative. Oleh karena itu, untuk mendestabilisasikan suatu minyak didalam emulsi air, suatu *cationic* (muatan positif) perusak emulsi dapat digunakan. (Nalco, 1988)

Berdasarkan oleh penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Assomadi et al, 2006 menyatakan bahwa salah satu metode pemecahan emulsi minyak dalam air adalah dengan elektrokoagulasi dengan menerapkan irradiasi ultrasonic sebagai pemisah minyak dari air. Metode ini cukup efektif untuk memisahkan minyak dari air dan dapat ditingkatkan effisiensinya dengan penerapan irradiasi ultrasonic. Akan tetapi untuk penelitian ini oleh karena keterbatasan waktu dan biaya yang menjadi kendala utama didalam perjalanan proses penelitian elektrokoagulasi ini.

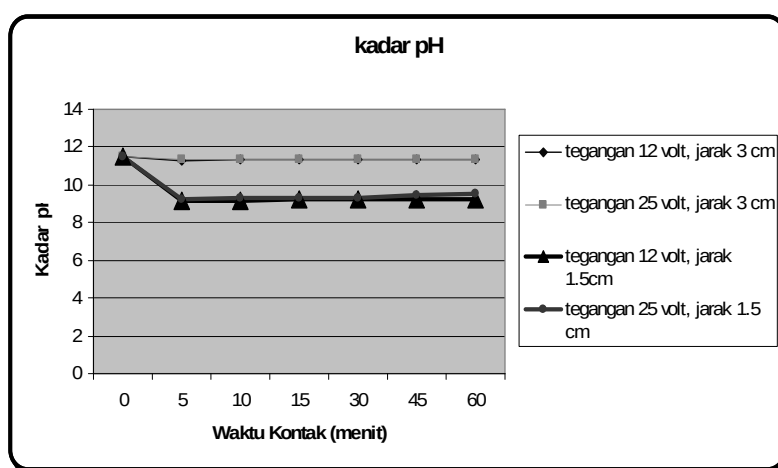
4.3.2 Uji Statistik

Hasil uji statistik dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan yang signifikan dalam penurunan konsentrasi **Minyak Lemak** untuk setiap variasi waktu kontak, tegangan listrik yang diberikan serta besarnya jarak antar elektroda yang berlainan. Uji statistik yang digunakan adalah dengan menggunakan ANOVA *T- test Paired Sample*. Setelah dilakukan uji statistik maka didapatkan sebuah kesimpulan yang mana terbukti terdapat perbedaan rata-rata penurunan kadar minyak lemak pada limbah batik Indah Rara Djonggrang yang signifikan antara sebelum dan sesudah pengolahan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi pada taraf 95%. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi ini cocok untuk digunakan dalam menurunkan kadar minyak lemak. Adapun hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran I.

4.4 pH sebagai Parameter Pendukung

pH mempengaruhi toksisitas senyawa kimia. Mackereth et al, 1989 berpendapat bahwa pH juga berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Toksisitas logam memperlihatkan peningkatan pada pH rendah (Novotny dan Olem dalam Effendi, 2003)

Data pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda terhadap karakteristik penurunan pH dalam limbah pada berbagai waktu proses elektrokoagulasi (waktu kontak) dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kadar pH Pada Tiap Variasi Waktu Kontak, Jarak Antar Elektroda Serta Tegangan

Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 4.6 terlihat bahwa metode elektrokoagulasi yang diberlakukan untuk limbah batik ini hanya sedikit mempengaruhi atas penurunan pH. Pada gambar 4.6 pH mengalami penurunan dari 11,48 menjadi 9,12 (lihat tabel 4.24). penurunan pH ini justru terjadi pada menit ke 5 dengan jarak elektroda 1,5 cm dengan tegangan 12 volt.

Dengan adanya proses elektrokoagulasi serta daya hantar listrik yang dipengaruhi oleh jarak antar elektroda menyebabkan penurunan pH dari kondisi basa menjadi asam yakni dari 11,48 menjadi 9,5 (lihat tabel 4.24).

Seperti penelitian yang pernah dilakukan (*Rahmadasari et al*, 2007), menyatakan bahwa dengan adanya proses elektrokoagulasi menyebabkan penurunan pH dari kondisi basa menjadi asam yakni dari pH 7. Jika dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Surat Keputusan (SK) Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281 tahun 1998, yaitu sebesar 6-9, pH pada limbah batik yang telah melalui proses pengolahan elektrokoagulasi ini telah memenuhi baku mutu, yaitu sebesar 9.

4.4.1 Uji Statistik

Hasil uji statistik dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan yang signifikan dalam penurunan pH untuk setiap variasi waktu kontak, tegangan listrik yang diberikan serta besarnya jarak antar elektroda yang berlainan. Uji statistik yang digunakan adalah dengan menggunakan *T- test Paired Sample*. Setelah dilakukan uji statistik maka didapatkan sebuah kesimpulan yang mana terbukti terdapat perbedaan rata-rata penurunan kadar pH pada limbah batik Indah Rara Djonggrang yang signifikan antara sebelum dan sesudah pengolahan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi pada taraf 95%. Sehingga dapat dikatakan bahwa teknologi ini cocok untuk digunakan dalam menurunkan kadar pH.

Perubahan Fisik dan Kimia Selama Proses Elektrokoagulasi

Peristiwa yang terjadi pada saat plat elektroda dialiri arus listrik, yaitu:

- a. Perubahan fisik
 - Terbentuknya gelembung gas yang terdapat pada plat
 - Terdapatnya lapisan berwarna kecoklatan yang merupakan polutan yang terflotasi/mengapung di permukaan air
- b. Perubahan kimia
 - Terjadi penurunan kekeruhan, daya hantar listrik
 - Terjadi kenaikan pH, dan suhu

Peristiwa yang terjadi pada saat listrik dimatikan

a. Perubahan fisik

- Gelembung gas yang terdapat pada plat, mulai berkurang
- Lapisan berwarna kecoklatan yang merupakan polutan yang terflotasi/mengapung di permukaan air yang berkurang sedikit, tapi banyak yang masih mengapung.
- Flok yang terbentuk dari reaksi koagulan dengan koloid mulai jatuh ke ruang sludge sehingga terjadi pengendapan.

b. Perubahan kimia

- Terjadi penurunan kekeruhan, pH akan mendekati nilai stabil
- Suhu akan turun mendekati kondisi awal proses yang pada akhirnya akan stabil.

4.5 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Baku Mutu

Dari penelitian yang dilakukan, kemudian dilakukan perbandingan terhadap baku mutu yang berlaku. Adapun baku mutu yang digunakan sebagai perbandingan adalah baku mutu limbah cair untuk industri batik berdasarkan Surat Keputusan (SK) Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta nomor 281 tahun 1998.

Menurut peraturan tersebut kadar konsentrasi TSS dan minyak lemak maksimal yang diperbolehkan adalah sebesar 200 ppm untuk TSS dan 5 ppm untuk minyak lemak. Apabila dibandingkan dengan konsentrasi akhir proses yang mempunyai efisiensi terbesar pada penelitian ini, ternyata nilainya masih jauh melampaui baku mutu air limbah batik yang diijinkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Berdasarkan hasil penelitian, teknologi ini terbukti berhasil untuk menurunkan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS), dan minyak lemak pada limbah batik Indah Rara Djonggrang, Yogyakarta.
2. Kondisi terbaik proses elektrokoagulasi pada penelitian ini dicapai pada kuat arus sebesar 1A, pada tegangan 25 volt dengan jarak elektroda sebesar 1,5 cm dan waktu kontak 60 menit. Untuk TSS besarnya penurunan konsentrasi yang didapat yaitu sebesar 76,73%, sedangkan untuk minyak lemak terjadi penurunan sebesar 87,88%.
3. Pada penelitian ini, metode elektrokoagulasi murni yang dilakukan belum dapat menurunkan konsentrasi TSS dan minyak lemak hingga mencapai nilai baku mutu yang telah ditetapkan.

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini, kondisi adaptor yang digunakan kurang bagus sehingga kuat arus tidak dapat diperhitungkan karena keterbatasan alat tersebut, kedepannya hal ini agar lebih diperhatikan lagi dengan memakai adaptor dengan kondisi yang lebih sempurna.
2. Pada penelitian ini, kecepatan pengadukan tidak konstan karena terbatasnya alat yang tersedia. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menemukan alat pengaduk yang konstan dan dapat diatur kecepatannya.
3. Perlu diperhatikan tentang pemilihan batang anoda, karena begitu dialiri listrik maka logam di batangan anoda akan mengalami proses oksidasi

yaitu proses pelepasan elektron. Untuk itu kedepannya perlu dilakukan pemilihan batangan anoda (variasi elektroda) yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus 1990. **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990**. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Anonim 1991. **Kumpulan SNI Kualitas Air**. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim 1994. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 1994 Tentang Pengolahan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya**. Badan Pengendali Dampak Lingkungan. Jakarta.
- Anonim 1997. **Perencanaan Teknik Pengelolaan Pencemaran Industri Sekala Kecil Sentra Batik DIY**. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Kerajinan dan Batik. Yogyakarta.
- Anggraini, Citra Puspitasari. 2005. "Pengaruh Konsentrasi dan Jarak Antar Elektroda Pada Proses Elektrolisis Untuk menurunkan Kadar Logam Berat Cu". Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. ITS. Surabaya.
- Assomadi et al. 2006. "Penerapan Irradiasi Ultrasonik Pada Elektrokoagulasi Untuk Pemecahan Emulsi". Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. ITS. Surabaya.
- Astuti, Fitri. 2004. " Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Koagulan dan Penyaringan". Program Pascasarjana. Ilmu Lingkungan. UGM. Yogyakarta.
- Bachri Suaib, Syamsul. 1994. "Pengaruh Rapat Arus Listrik, Jumlah Dan Jenis Elektroda Terhadap Efektifitas Penurunan Warna Pada Air Gambut Dengan Proses Elektrokoagulasi". Program Pascasarjana. Teknik Lingkungan. ITB. Bandung.
- Beagles, A. 2004. "*Electrocoagulation - Science and Application*". (URL : <http://www.eco-web.com>).
- Benefield, L. D. 1982. ***Biological Processes Design For Wastewater Treatment***. Prentice-Hall, Inc. USA.
- Chatib, B. 1998. **Pengelolaan Air Limbah**. ITB. Bandung.

- Clair N Sawyer, et al. 2003. ***Chemistry For Enviromental Engineering and Science. 5th editions***. McGraw-Hill. New York. (www.wikipedia.com)
- Dimoglo, Anatoly, et al. 2004. "Removal of Nickel, Cupper and Mercury from Aqueous Solutions by Electro-Coagulation Using Aluminium Electrodes", *Journal of Environmental Engineering Department*. Vol 219 No : 4, 29 Sept - 3 Oct 2004.
- Effendi, H. 2003, **Telaah Kualitas Air**, Penerbit Kanisius, yogyakarta.
- Faiqun, Ni'am, Moh. 2007. *Removal of COD and Turbidity to Improve Waste Water Quality Using Electrocoagulation Technique, Journal of Analytical Science*. Vol 11 No: 1, 2007 P: 198-205.
- Faraday, Michael. 1834. *Philosophical Transaction of The Royal Society*, www.wikipedia.com
- Fardiaz, S. 1992. **Polusi Air dan Udara**. Kanisius. Yogyakarta.
- Holt, P. 2004. *Electrocoagulation as a Wastewater Treatment. Journal of Australian Environmental Engineering*. Vol. 3, November 1999.
- Johanes, H. 1978. **Listrik Dan Magnet**. Balai Pustaka. Jakarta.
- Kemmer, Frank N. 1988. **The Nalco Water Handbook**. Mc Graw-Hill International Edition. New York.
- Mahida U.N, 1984. **Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah industri**. Rajawali. Jakarta.
- Masduki, A, dan Slamet, A. 2002. **Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air**. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. ITS. Surabaya.
- Metcalf, and Eddy. 2003. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse**. 4th Edition. McGraw-Hill. New York.
- Mulyaningsih. Ririn. 2006. "Penurunan BOD, COD, TSS, Minyak Lemak dan H₂S Pada Pengolahan Limbah Cair Dengan Teknologi Ozon". Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. UII. Yogyakarta.
- Novita S. Dewi. 2006. "Pengaruh Tegangan dan Kuat Arus Dalam Penurunan Kekeruhan Dengan Plat Al/Zn (Anoda/Katoda) Melalui Unit Elektrokoagulasi dan Sedimentasi". Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. ITS. Surabaya.

- Peter K. Holt, Geoffrey W. Barton, Cynthia A. Mitchell. 2006. *“The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology”*. Department of Chemical Engineering. University of Sydney. NSW. Sydney. Australia.
- Peter K. Holt, Geoffrey W. Barton, Cynthia A. Mitchell. 2006. *“Deciphering The Science Behind Electrocoagulation To Remove Suspended Clay Particles From Water”*. Department of Chemical Engineering. University of Sydney. NSW. Sydney. Australia.
- Powell, 1994. Electrocoagulation VS Chemical Coagulation”. www.powellwatersystem.com
- Rahmadasari et al. 2007. “ Penurunan Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Lindi TPA Piyungan Dengan Metode Elektrokoagulasi”. Jurusan Teknik Lingkungan. UII. Yogyakarta.
- Rajkumar, D.2004. *Combined Electrochemical Degradation and Activated Carbon Adsorption Treatments For Wastewater Containing Mixed Phenolic Compounds. Journal of Environmental Engineering*. Vol 10 No : 4, 2005 P : 1-9.
- Rusidiana. 2006. “Pengolahan Limbah Cair Industri Percetakan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi”. STTL. Yogyakarta.
- Rukmiati, Rina. 2002. “Penurunan Kekeruhan Dengan Metoda Elektrokoagulasi Menggunakan Plat Seng Sebagai Elektroda”. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. ITS. Surabaya.
- Sugiharto,1987. **Dasar - dasar Pengolahan Air Limbah**. cetakan pertama. UI Press. Jakarta.
- Su-Huu Shin, et al. 2004. *Combined Performed of Electrocoagulation and Magnetic Separation Process for Treatment of Dye Wastewater. Journal Departement of Chemical Engineering Korean*. Vol 21 (4), 2004 P: 806 – 810.
- Sunu, Pramudya. 2001. **Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001**. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Tchobanoglous, G. And Schroeder, E.d. 1985. **Water Quality: Characteristic, Modeling, Modification, Addition**. Weisley Reading. M.A

Tjokrokusumo 1998. **Pengantar Teknik Lingkungan**. STTL. Yogyakarta.

Triandarto, Farid. 2005. “Pengaruh Kuat Arus dan Tegangan Pada Proses Elektrolisis Untuk Menurunkan Logam Berat Cu”. Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP. ITS. Surabaya.

LAMPIRAN I

(TABEL)

Tabel 4.1. Hasil Penelitian Penurunan Konsentrasi TSS dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak.

No	Voltase (volt)	Waktu Kontak (menit)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Kadar TSS (mg/l)	
				Sebelum <i>Treatment</i>	Setelah <i>Treatment</i>
1	12	5	3	5637.33	4663.33
2	12	10	3	5637.33	4414.66
3	12	15	3	5637.33	4378
4	12	30	3	5637.33	3848
5	12	45	3	5637.33	3833.33
6	12	60	3	5637.33	3783.33
7	25	5	3	5637.33	4286.66
8	25	10	3	5637.33	3344
9	25	15	3	5637.33	3267.33
10	25	30	3	5637.33	3214
11	25	45	3	5637.33	3196
12	25	60	3	5637.33	2590
13	12	5	1.5	5637.33	3047.33
14	12	10	1.5	5637.33	2720
15	12	15	1.5	5637.33	2523.33
16	12	30	1.5	5637.33	2516
17	12	45	1.5	5637.33	2382
18	12	60	1.5	5637.33	2302.66
19	25	5	1.5	5637.33	1866.66
20	25	10	1.5	5637.33	1791.33
21	25	15	1.5	5637.33	1550.66
22	25	30	1.5	5637.33	1367.33
23	25	45	1.5	5637.33	1340
24	25	60	1.5	5637.33	1312

Tabel 4.2 Efisiensi Removal Konsentrasi TSS Pada Kuat arus 1 Ampere

No	Voltase (volt)	Waktu Kontak (menit)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Kadar TSS (mg/l)		Efisiensi Removal (%)
				Sebelum <i>Treatment</i>	Setelah <i>Treatment</i>	
1	12	5	3	5637.33	4663.33	17.28
2	12	10	3	5637.33	4414.66	21.69
3	12	15	3	5637.33	4378	22.34
4	12	30	3	5637.33	3848	31.74
5	12	45	3	5637.33	3833.33	32
6	12	60	3	5637.33	3783.33	32.89
7	25	5	3	5637.33	4286.66	23.96
8	25	10	3	5637.33	3344	40.68
9	25	15	3	5637.33	3267.33	42.04
10	25	30	3	5637.33	3214	42.99
11	25	45	3	5637.33	3196	43.31
12	25	60	3	5637.33	2590	54.06
13	12	5	1.5	5637.33	3047.33	45.94
14	12	10	1.5	5637.33	2720	51.75
15	12	15	1.5	5637.33	2523.33	55.24
16	12	30	1.5	5637.33	2516	55.37
17	12	45	1.5	5637.33	2382	57.75
18	12	60	1.5	5637.33	2302.66	59.15
19	25	5	1.5	5637.33	1866.66	66.89
20	25	10	1.5	5637.33	1791.33	68.22
21	25	15	1.5	5637.33	1550.66	72.49
22	25	30	1.5	5637.33	1367.33	75.75
23	25	45	1.5	5637.33	1340	76.23
24	25	60	1.5	5637.33	1312	76.73

Tabel 4.2i Konsentrasi TSS 60 menit pengadukan

NO	Voltase (volt)	Kuat Arus (ampere)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Waktu Kontak (menit)	Kadar TSS (mg/l)		Efisiensi Elektrokoagulasi (%)
					Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	
1	12	1	3	60	5637.33	5344.67	5.192
2	25	1	3	60	5637.33	4227.33	25.01
3	12	1	1.5	60	5637.33	2226	60.51
4	25	1	1.5	60	5637.33	1903.33	66.24

Tabel 4.10. Hasil Penelitian Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak dengan Variasi Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Serta Waktu Kontak.

No	Voltase (volt)	Waktu Kontak (menit)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Kadar Minyak Lemak (mg/l)	
				Sebelum <i>Treatment</i>	Setelah <i>Treatment</i>
1	12	5	3	66	56
2	12	10	3	66	54
3	12	15	3	66	50
4	12	30	3	66	48
5	12	45	3	66	42
6	12	60	3	66	36
7	25	5	3	66	46
8	25	10	3	66	44
9	25	15	3	66	40
10	25	30	3	66	36
11	25	45	3	66	30
12	25	60	3	66	24
13	12	5	1.5	66	37
14	12	10	1.5	66	33
15	12	15	1.5	66	30
16	12	30	1.5	66	27
17	12	45	1.5	66	22
18	12	60	1.5	66	17
19	25	5	1.5	66	25
20	25	10	1.5	66	21
21	25	15	1.5	66	18
22	25	30	1.5	66	15
23	25	45	1.5	66	11
24	25	60	1.5	66	8

Tabel 4.11 Efisiensi Removal Konsentrasi Minyak Lemak Pada Kuat arus 1 Ampere

No	Voltase (volt)	Waktu Kontak (menit)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Kadar Minyak Lemak (mg/l)		Efisiensi Removal (%)
				Sebelum <i>Treatment</i>	Setelah <i>Treatment</i>	
1	12	5	3	66	56	15.15
2	12	10	3	66	54	18.18
3	12	15	3	66	50	24.24
4	12	30	3	66	48	27.27
5	12	45	3	66	42	36.36
6	12	60	3	66	36	45.45
7	25	5	3	66	46	30.3
8	25	10	3	66	44	33.33
9	25	15	3	66	40	39.39
10	25	30	3	66	36	45.45
11	25	45	3	66	30	54.55
12	25	60	3	66	24	63.64
13	12	5	1.5	66	37	43.94
14	12	10	1.5	66	33	50
15	12	15	1.5	66	30	54.55
16	12	30	1.5	66	27	59.09
17	12	45	1.5	66	22	66.67
18	12	60	1.5	66	17	74.24
19	25	5	1.5	66	25	62.12
20	25	10	1.5	66	21	68.18
21	25	15	1.5	66	18	72.73
22	25	30	1.5	66	15	77.27
23	25	45	1.5	66	11	83.33
24	25	60	1.5	66	8	87.88

Tabel 4.11i Konsentrasi Minyak Lemak 60 menit pengadukan

NO	Voltase (volt)	Kuat Arus (ampere)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Waktu Kontak (menit)	Kadar Minyak Lemak (mg/l)		Efisiensi Elektrokoagulasi (%)
					Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan	
1	12	1	3	60	66	39	40.91
2	25	1	3	60	66	30	46.43
3	12	1	1.5	60	66	19	71.21
4	25	1	1.5	60	66	10	82.14

Tabel 4.24 Kadar pH

Voltase (volt)	Kuat Arus (ampere)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Waktu Kontak (menit)	Kadar pH	
				Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan
12	1	3	5	11.48	11.29
12	1	3	10	11.48	11.34
12	1	3	15	11.48	11.37
12	1	3	30	11.48	11.37
12	1	3	45	11.48	11.34
12	1	3	60	11.48	11.37
25	1	3	5	11.48	11.33
25	1	3	10	11.48	11.33
25	1	3	15	11.48	11.34
25	1	3	30	11.48	11.34
25	1	3	45	11.48	11.37
25	1	3	60	11.48	11.34
12	1	1.5	5	11.48	9.12
12	1	1.5	10	11.48	9.17
12	1	1.5	15	11.48	9.22
12	1	1.5	30	11.48	9.24
12	1	1.5	45	11.48	9.23
12	1	1.5	60	11.48	9.25
25	1	1.5	5	11.48	9.22
25	1	1.5	10	11.48	9.3
25	1	1.5	15	11.48	9.32
25	1	1.5	30	11.48	9.33
25	1	1.5	45	11.48	9.49
25	1	1.5	60	11.48	9.5

Tabel 4.24i Kadar pH 60 menit pengadukan

Voltase (volt)	Kuat Arus (ampere)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Waktu Kontak (menit)	Kadar pH	
				Sebelum Perlakuan	Setelah Perlakuan
12	1	3	60	11.48	10.23
25	1	3	60	11.48	10.32
12	1	1.5	60	11.48	10.29
25	1	1.5	60	11.48	9.54

Tabel 4.25 Efisiensi Removal Elektrokoagulasi Rata-Rata

No	Voltase	Kuat Arus	Jarak Plat Elektroda	Waktu Kontak	Efisiensi Elektrokoagulasi TSS	Efisiensi Elektrokoagulasi Minyak Lemak	Rata-Rata Efisiensi Elektrokoagulasi
	(volt)	(ampere)	(cm)	(menit)	(%)	(%)	(%)
1	12	1	3	5	17.28	15.15	16.21
2	12	1	3	10	21.69	18.18	19.94
3	12	1	3	15	22.34	24.24	23.29
4	12	1	3	30	31.74	27.27	29.51
5	12	1	3	45	32	36.36	34.18
6	12	1	3	60	32.89	45.45	39.17
7	25	1	3	5	23.96	30.3	27.13
8	25	1	3	10	40.68	33.33	37.01
9	25	1	3	15	42.04	39.39	40.72
10	25	1	3	30	42.99	45.45	44.22
11	25	1	3	45	43.31	54.55	48.93
12	25	1	3	60	54.06	63.64	58.85
13	12	1	1.5	5	45.94	43.94	44.94
14	12	1	1.5	10	51.75	50	50.88
15	12	1	1.5	15	55.24	54.55	54.89
16	12	1	1.5	30	55.37	59.09	57.23
17	12	1	1.5	45	57.75	66.67	62.21
18	12	1	1.5	60	59.15	74.24	66.7
19	25	1	1.5	5	66.89	62.12	64.5
20	25	1	1.5	10	68.22	68.18	68.2
21	25	1	1.5	15	72.49	72.73	72.61
22	25	1	1.5	30	75.75	77.27	76.51
23	25	1	1.5	45	76.23	83.33	79.78
24	25	1	1.5	60	76.73	87.88	82.3
Rata-Rata					48.6	51.39	50

TOTAL SUSPENDED SOLID

A. Paired Sample T-Test

Tabel 4.3 Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	hasil_inlet	5.6373E3	24	.00000	.00000
	hasil_treatment	2.8974E3	24	1043.94331	213.09404

☞ **Interpretasi Output Paired Sample Statistics:** Hasil TSS sampel awal sebelum diberlakukan *treatment* dengan menggunakan metode elektrokoagulasi ini mempunyai rata-rata sebesar 5637,3; dengan standar deviasi adalah 0,000; dan rata-rata standar error 0,000. Hasil TSS sampel setelah melalui *treatment* memiliki rata-rata sebesar 2897,4; dengan standar deviasi 1043,94 dan rata-rata standar error 213,094. Hasil output yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 diatas, membuktikan bahwa adanya suatu perubahan yang nyata untuk kadar TSS antara sebelum pengolahan dan setelah diberlakukannya pengolahan pada limbah cair industri batik Indah Raradjonggrang dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.

Tabel 4.4 Paired Samples Correlation

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	hasil_inlet & hasil_treatment	24	.	.

☞ **Interpretasi Output Paired Samples Correlation:** Korelasi antara hasil TSS pada sampel awal sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan adalah $r = -$, begitu juga dengan nilai signifikansinya $= -$. Hasil tersebut tidak ada nilainya oleh karena standar defiasi untuk nilai hasil kadar TSS pada sebelum pengolahan adalah 0,00000 (lihat pada tabel 4.3), dengan kata lain variansinya nol, sedangkan dirumus korelasi ada perkalian dengan variansi, bilangan jika dikalikan atau dibagi nol hasilnya akan tetap nol (nihil). Maksudnya disini, pada perlakuan awal adalah sampel yang belum diberlakukan pengolahan/sebelum *treatment*, sehingga hasil

perlakuan awal nilai kadar TSS tidak mengalami perubahan, karena tidak adanya pemberlakuan pengolahan secara elektrokoagulasi.

Tabel 4.5 Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	hasil_inlet- hasil_treatment	2.7399E3	1043.94331	213.09404	2299.09773	3180.73493	12.858	23	.000

☞ **Interpretasi Output Paired Samples Test:** Untuk menguji apakah ada perbedaan signifikan rata-rata skor kadar TSS sebelum dan setelah pengolahan, maka dapat dilakukan penyusunan hipotesis yang dirumuskan untuk menguji perbedaan mean atau rata-rata hitung, yaitu:

- H_0 = kedua rata-rata konsentrasi sama
- H_a = kedua rata-rata konsentrasi tidak sama

Hipotesis I: Apabila $p > 0,05$, maka H_0 diterima atau kedua rata-rata konsentrasi sama, tetapi apabila $p < 0,05$, maka H_0 ditolak atau kedua rata-rata konsentrasi tidak sama.

Keputusan I: tampak pada tabel 4.5 bahwa nilai t hitung adalah $t = 12,858$ dengan $p = 0,000$. Oleh karena $p < 0,05$, maka H_0 ditolak atau kedua rata-rata konsentrasi tidak sama.

Hipotesis II: hipotesis juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} , dengan ketentuan:

- Jika $\pm t_{hitung} < \pm t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.
- Jika $\pm t_{hitung} > \pm t_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Keputusan II: tampak bahwa $t_{hitung} = 12,858$ dan t_{tabel} pada tabel distribusi nilai t, yaitu pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$ dan karena uji t bersifat 2 arah, maka nilai α yang dirujuk adalah $\alpha/2 = 5\% = 0,025$) dan derajat bebas (df) = $n-1 = 24-1=23$, sehingga harga $t_{tabel} = t(0,025;23) = 2,069$. $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau diluar daerah penerimaan H_0 ditolak.

MINYAK LEMAK

A. Paired Sample T-Test

Tabel 4.12 Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 inlet	66.00	24	.000	.000
minyak_lemak	32.08	24	13.667	2.790

☞ **Interpretasi Output Paired Sample Statistics:** Hasil minyak lemak sampel awal sebelum diberlakukan *treatment* dengan menggunakan metode elektrokoagulasi ini mempunyai rata-rata sebesar 66; dengan standar deviasi adalah 0,000; dan rata-rata standar error 0,000. Hasil minyak lemak sampel setelah melalui *treatment* memiliki rata-rata sebesar 32,08; dengan standar deviasi 13,667 dan rata-rata standar error 2,790. Hasil output yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.12 diatas, membuktikan bahwa adanya suatu perubahan yang nyata untuk kadar minyak lemak antara sebelum pengolahan dan setelah diberlakukannya pengolahan pada limbah cair industri batik Indah Raradjonggrang dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.

Tabel 4.13 Paired Samples Correlation

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 inlet & minyak_lemak	24	.	.

☞ **Interpretasi Output Paired Samples Correlation:** Korelasi antara hasil minyak lemak pada sampel awal sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan adalah $r = -$, begitu juga dengan nilai signifikansinya $= -$. Hasil tersebut tidak ada nilainya oleh karena standar defiasi untuk nilai hasil kadar minyak lemak pada sebelum pengolahan adalah 0,00000 (lihat pada tabel 4.12), dengan kata lain variansinya nol, sedangkan dirumus korelasi ada perkalian dengan variansi, bilangan jika dikalikan atau dibagi nol hasilnya akan tetap nol (nihil). Maksudnya disini, pada perlakuan awal adalah sampel yang belum diberlakukan pengolahan/sebelum *treatment*,

sehingga hasil perlakuan awal nilai kadar minyak lemak tidak mengalami perubahan, karena tidak adanya pemberlakuan pengolahan secara elektrokoagulasi.

Tabel 4.14 Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
				Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	inlet- minyak lemak	33.917	13.667	2.790	28.146	39.688	12.158	23	.000

☞ **Interpretasi Output Paired Samples Test:** Untuk menguji apakah ada perbedaan signifikan rata-rata skor kadar minyak lemak sebelum dan setelah pengolahan, maka dapat dilakukan penyusunan hipotesis yang dirumuskan untuk menguji perbedaan mean atau rata-rata hitung, yaitu:

- H_0 = kedua rata-rata konsentrasi sama
- H_a = kedua rata-rata konsentrasi tidak sama

Hipotesis I: Apabila $p > 0,05$, maka H_0 diterima atau kedua rata-rata konsentrasi sama, tetapi apabila $p < 0,05$, maka H_0 ditolak atau kedua rata-rata konsentrasi tidak sama.

Keputusan I: tampak pada tabel 4.14 bahwa nilai t hitung adalah $t = 12,158$ dengan $p = 0,000$. Oleh karena $p < 0,05$, maka H_0 ditolak atau kedua rata-rata konsentrasi tidak sama.

Hipotesis II: hipotesis juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} , dengan ketentuan:

- Jika $\pm t_{hitung} < \pm t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.
- Jika $\pm t_{hitung} > \pm t_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Keputusan II: tampak bahwa $t_{hitung} = 12,158$ dan t_{tabel} pada tabel distribusi nilai t, yaitu pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$ dan karena uji t bersifat 2 arah, maka nilai α yang dirujuk adalah $\alpha/2 = 5\% = 0,025$) dan derajat bebas (df) = $n-1 = 24-1=23$, sehingga harga $t_{tabel} = t(0,025;23) = 2,069$. $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau diluar daerah penerimaan H_0 ditolak.

PH

A. *Paired Sample T-Test*

Tabel 4.19 *Paired Samples Statistics*

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	inlet	1.1480E1	24	.000000	.000000
	ph	1.0313E1	24	1.056157	.215587

☞ **Interpretasi Output *Paired Sample Statistics*:** Hasil pH sampel awal sebelum diberlakukan *treatment* dengan menggunakan metode elektrokoagulasi ini mempunyai rata-rata sebesar 11,48; dengan standar deviasi adalah 0,000; dan rata-rata standar error 0,000. Hasil minyak lemak sampel setelah melalui *treatment* memiliki rata-rata sebesar 10,313; dengan standar deviasi 1,056157 dan rata-rata standar error 0,215587. Hasil output yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.19 diatas, membuktikan bahwa adanya suatu perubahan yang nyata untuk kadar minyak lemak antara sebelum pengolahan dan setelah diberlakukannya pengolahan pada limbah cair industri batik Indah Raradjonggrang dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.

Tabel 4.20 *Paired Samples Correlation*

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	inlet & ph	24	.	.

☞ **Interpretasi Output *Paired Samples Correlation*:** Korelasi antara hasil minyak lemak pada sampel awal sebelum pengolahan dengan setelah pengolahan adalah $r = -$, begitu juga dengan nilai signifikansinya $= -$. Hasil tersebut tidak ada nilainya oleh karena standar defiasi untuk nilai hasil kadar minyak lemak pada sebelum pengolahan adalah 0,00000 (lihat pada tabel 4.19), dengan kata lain variansinya nol, sedangkan dirumus korelasi ada perkalian dengan variansi, bilangan jika dikalikan atau dibagi nol hasilnya akan tetap nol (nihil). Maksudnya disini, pada perlakuan awal adalah sampel yang belum diberlakukan pengolahan/sebelum *treatment*,

sehingga hasil perlakuan awal nilai kadar minyak lemak tidak mengalami perubahan, karena tidak adanya pemberlakuan pengolahan secara elektrokoagulasi.

Tabel 4.21 Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
					Lower Upper			
Pair 1	inlet- ph	1.1666E0	1.056157	.215587	.720691 1.612642	5.412	23	.000

☞ **Interpretasi Output Paired Samples Test:** Untuk menguji apakah ada perbedaan signifikan rata-rata skor pH sebelum dan setelah pengolahan, maka dapat dilakukan penyusunan hipotesis yang dirumuskan untuk menguji perbedaan mean atau rata-rata hitung, yaitu:

- H_0 = kedua rata-rata konsentrasi sama
- H_a = kedua rata-rata konsentrasi tidak sama

Hipotesis I: Apabila $p > 0,05$, maka H_0 diterima atau kedua rata-rata konsentrasi sama, tetapi apabila $p < 0,05$, maka H_0 ditolak atau kedua rata-rata konsentrasi tidak sama.

Keputusan I: tampak pada tabel 4.21 bahwa nilai t hitung adalah $t = 5,412$ dengan $p = 0,000$. Oleh karena $p < 0,05$, maka H_0 ditolak atau kedua rata-rata konsentrasi tidak sama.

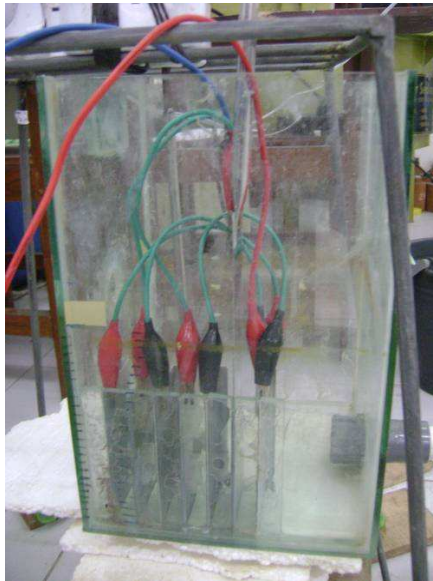
Hipotesis II: hipotesis juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} , dengan ketentuan:

- Jika $\pm t_{hitung} < \pm t_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.
- Jika $\pm t_{hitung} > \pm t_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.

Keputusan II: tampak bahwa $t_{hitung} = 12,158$ dan t_{tabel} pada tabel distribusi nilai t, yaitu pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$ dan karena uji t bersifat 2 arah, maka nilai α yang dirujuk adalah $\alpha/2 = 5\% = 0,025$) dan derajat bebas (df) = $n-1 = 24-1=23$, sehingga harga $t_{tabel} = t(0,025;23) = 2,069$. $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau diluar daerah penerimaan H_0 ditolak.

LAMPIRAN II

(GAMBAR)



Gambar 3.1 Bak Elektrokoagulasi dengan Jarak Plat 1,5 cm



Gambar 3.2 Bak Elektrokoagulasi dengan Jarak Plat 3 cm



Gambar 3.3 Adaptor 12 volt, 25 volt dengan kuat arus 1 Ampere



Gambar 3.4 Voltmeter



Gambar 3.5 Lokasi Pengambilan Sampel Industri Batik Indah Rara Djonggrang



Gambar 3.6 Bak Pewarnaan



Gambar 3.7 Bak Lilin Batik



Gambar 3.8 Bak Pembilasan Batik



Gambar 3.9 Cawan Untuk Minyak Lemak



Gambar 3.10 Larutan Petroleum Ether yang Dipakai Untuk Uji Minyak Lemak



Gambar 3.11 Erlenmeyer Untuk Uji Minyak Lemak



Gambar 3.12 HCL 1:1



Gambar 3.13 Proses Penambahan Larutan



Gambar 3.14 Penimbangan Cawan



Gambar 3.15 Desikator



Gambar 3.16 Proses Ekstraksi



Gambar 3.17 Saringan Untuk Minyak



Gambar 3.18 Krustang dan Pinset



Gambar 3.19 Desikator



Gambar 3.20 Oven



Gambar 3.21 Timbangan Digital



Gambar 3.22 Proses Penyaringan TSS



Gambar 3.23 Kertas Saring Yang Sudah di Oven & di Timbang



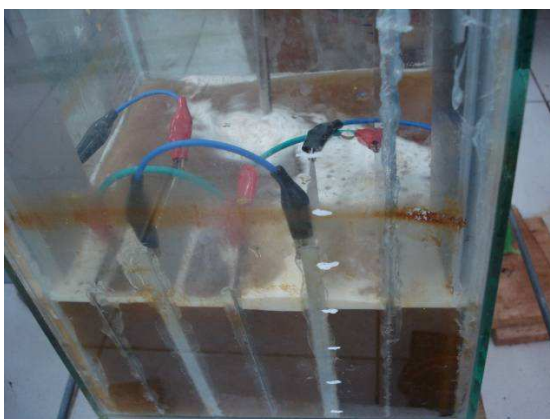
Gambar 3.24 Botol Sampel



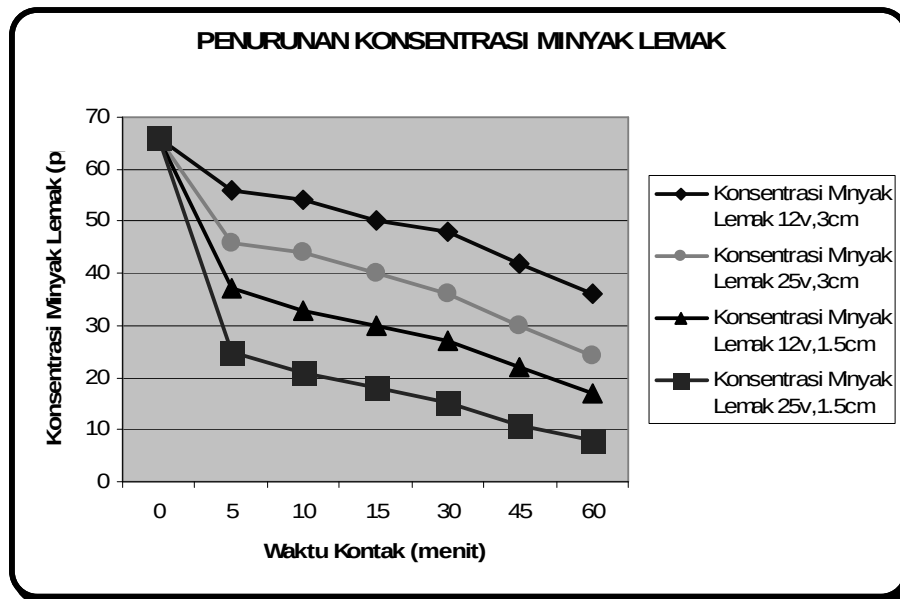
Gambar 3.25 Proses Elektrokoagulasi dengan Jarak Plat 1,5 cm



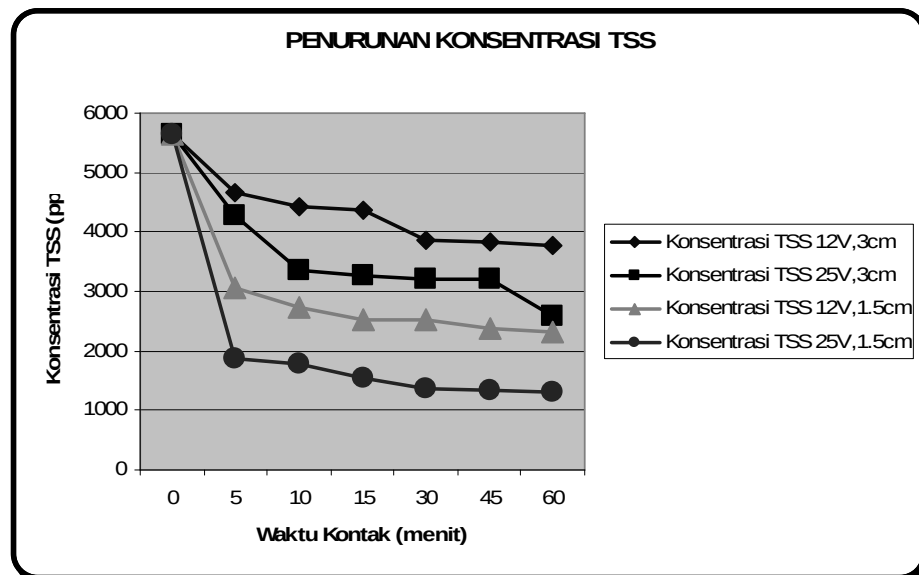
Gambar 3.26 Proses Pembentukan Flok (< 5 menit)



Gambar 3.27 Proses Pembentukan flok dengan jarak elektroda 3 cm (5 menit)



Gambar 4.8 Penurunan Konsentrasi Minyak Lemak



Gambar 4.9 Penurunan Konsentrasi TSS

LAMPIRAN III



Standar Nasional Indonesia

SNI 06-5989.3-2004

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

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional



Daftar isi

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

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1984 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia SNI 06-6989.3-2004, *Air dan air limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri*. SNI ini diterapkan untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

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

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

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

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

1 Ruang lingkup

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

2 Istilah dan definisi

2.1

padatan tersuspensi total (TSS)

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

3 Cara uji

3.1 Prinsip

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

3.2 Bahan

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

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

b) Air suling.

3.3 Peralatan

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

- f) gelas ukur;
- g) cawan aluminium;
- h) cawan porselen/cawan Gooch;
- i) penjepit;
- j) kaca arloji; dan
- k) pompa vacuum.

3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.4.1 Persiapan contoh uji

Gunakan wadah gelas atau botol plastik polietilen atau yang setara.

3.4.2 Pengawetan contoh

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

3.4.3 Pengurangan gangguan

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

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan kertas saring atau cawan Gooch

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

3.6 Prosedur

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

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

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

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

3.7 Perhitungan

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

dengan pengertian:

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

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

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

4.2 Pengendalian mutu

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

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

dengan pengertian:

- X₁ adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan pertama;

SNI 06-6985.5-2004

X_2 adalah kandungan padatan tersuspensi pada penentuan ke dua.

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

5 Rekomendasi

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

Lampiran A

(normatif)

Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut.

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

SNI 06-6989.3-2004

Bibliografi

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



Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.10-2004

Air dan air limbah – Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri

Daftar isi

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

Prakata

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

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

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

SNI 06-6989.10-2004 ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri* yang merupakan revisi dari SNI 06-2502-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar minyak lemak dalam air secara gravimetrik*.

Air dan air limbah – Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri

1 Ruang lingkup

Metoda ini untuk menentukan minyak dan lemak dalam contoh uji air dan air limbah secara gravimetri. Metoda ini termasuk penanganan emulsi tertentu, zat yang tidak menguap, zat lain yang terekstraksi oleh pelarut dari contoh uji yang diasamkan seperti senyawa belerang, pewarna organik tertentu dan klorofil.

Metoda ini tidak dapat digunakan untuk mengukur fraksi yang mempunyai titik didih lebih kecil dari 70°C bila menggunakan pelarut trichlorotrifluoroethane atau bila menggunakan pelarut campuran n-hexana dengan *methyl tert buthyl ether* (80 : 20) pada titik didih di bawah 85°C.

Metoda ini dapat digunakan untuk contoh uji yang mengandung minyak dan lemak lebih besar dari 10 mg/L.

2 Istilah dan definisi

2.1

minyak dan lemak

minyak mineral, minyak nabati, asam lemak, sabun, malam yang dapat terekstrak oleh pelarut campuran n-hexana dan *methyl tert buthyl ether* (MTBE) (80:20)

2.2

minyak mineral

minyak yang berasal dari tambang minyak termasuk *crude oil* dan fraksi-fraksi lainnya

2.3

destilasi

pemisahan fraksi dari fraksi lain di dalam suatu campuran larutan berdasarkan perbedaan titik didih

2.4

ekstraksi

pemisahan fraksi dari fraksi lain yang berada di dalam suatu campuran berdasarkan perbedaan kelarutan

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah dan untuk menghilangkan air yang masih tersisa digunakan Na_2SO_4 anhidrat. Ekstrak minyak dan lemak dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. Residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak.

3.2 Bahan

- a) Asam khlorida atau asam sulfat, (1 : 1); Campur volume yang sama antara asam dan air.
- b) Pelarut organik.
Pelarut organik sebaiknya tidak meninggalkan residu pada proses destilasi.
- c) n-heksan dengan titik didih 69°C.
- d) *Methyl tert buthyl ether* (MTBE) titik didih 55°C sampai dengan 56°C.
- e) Kristal natrium sulfat, Na₂SO₄ anhidrat.
- f) Campuran pelarut, 80% n-heksan: 20% MTBE v/v.
- g) Pelarut lain: *petroleum benzene* atau n-heksan atau *petroleum ether* atau *dichloro methane* (DMC).

3.3 Peralatan

- a) neraca analitik;
- b) corong pisah, 2000 mL;
- c) labu destilasi, 125 mL;
- d) corong gelas;
- e) kertas saring, diameter 11 cm;
- f) alat sentrifugal, yang mampu mencapai putaran sampai 2400 rpm;
- g) pompa vakum;
- h) *adapter* destilasi dengan *drip tip* (lihat Gambar A.1);
- i) penangas air yang dilengkapi pengatur suhu dan dapat diatur suhunya;
- j) wadah buangan pelarut;
- k) desikator; dan
- l) botol gelas mulut lebar.

CATATAN Semua peralatan gelas yang akan digunakan harus dicuci dengan detergen, lalu dibilas dengan air, dan terakhir bila perlu dibilas dengan pelarut organik yang akan digunakan.

3.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

3.4.1 Persiapan contoh

- a) Masukkan contoh uji sebanyak 500 mL sampai dengan 1000 mL yang mewakili ke dalam botol gelas mulut lebar yang telah bersih.
- b) Ambil contoh uji hanya untuk penentuan minyak-lemak dan wadah jangan diisi penuh.

3.4.2 Pengawetan contoh uji

- a) Awetkan contoh uji dengan mengasamkan contoh uji sampai pH 2 atau lebih kecil dengan 1 : 1 HCl atau 1:1 H₂SO₄.
- b) Contoh uji disimpan pada pendingin 4°C dengan waktu simpan 28 hari.

3.5 Sumber gangguan

- a) Setelah ekstraksi, emulsi yang tak dapat dipisahkan diatasi melalui sentrifugasi.

- b) Saat pelarut ekstraksi dari contoh uji ini dikeringkan dengan natrium sulfat, bila kapasitas pengeringan dari natrium sulfat terlampaui, maka hal tersebut dapat melarutkan natrium sulfat dan masuk ke dalam labu. Setelah pengeringan, kristal natrium sulfat akan terlihat dalam labu. Natrium sulfat yang ikut masuk dalam labu akan mengganggu dalam penentuan dengan metode gravimetri ini.
- c) Jika terlihat kristal dalam labu setelah pengeringan, larutkan lagi minyak-lemak dengan 30 mL pelarut organik dan keringkan pelarut melalui corong yang terdapat kertas saring yang telah dibasahi dengan pelarut ke dalam labu bersih. Cuci labu pertama sebanyak 2 kali, selanjutnya gabungkan semua pelarut dalam labu yang baru, tangani sebagai contoh uji yang diekstrak.

3.6 Prosedur

- a) Pindahkan contoh uji ke corong pisah. Tentukan volume contoh uji seluruhnya (tanda botol contoh uji pada meniskus air atau timbang berat contoh uji). Bilas botol contoh uji dengan 30 mL pelarut organik dan tambahkan pelarut pencuci ke dalam corong pisah.
- b) Kocok dengan kuat selama 2 menit. Biarkan lapisan memisah, keluarkan lapisan air.
- c) Keluarkan lapisan pelarut melalui corong yang telah dipasang kertas saring dan 10 g Na_2SO_4 anhidrat, yang keduanya telah dicuci dengan pelarut, ke dalam labu bersih yang telah ditimbang.
- d) Jika tidak dapat diperoleh lapisan pelarut yang jernih (tembus pandang), dan terdapat emulsi lebih dari 5 mL, lakukan sentrifugasi selama 5 menit pada putaran 2400 rpm. Pindahkan bahan yang disentrifugasi ke corong pisah dan keringkan lapisan pelarut melalui corong dengan kertas saring dan 10 g Na_2SO_4 , yang keduanya telah dicuci sebelumnya, ke dalam labu bersih yang telah ditimbang.
- e) Gabungkan lapisan air dan emulsi sisa atau padatan dalam corong pisah. Ekstraksi 2 kali lagi dengan pelarut 30 mL tiap kalinya, sebelumnya cuci dahulu wadah contoh uji dengan tiap bagian pelarut.
- f) Ulangi langkah pada butir e) jika terdapat emulsi dalam tahap ekstraksi berikutnya.
- g) Gabungkan ekstrak dalam labu destilasi yang telah ditimbang, termasuk cucian terakhir dari saringan dan Na_2SO_4 anhidrat dengan tambahan 10 mL sampai dengan 20 mL pelarut.
- h) Destilasi pelarut dalam penangas air pada suhu 85°C . Untuk memaksimalkan perolehan kembali pelarut lakukan destilasi (lihat Gambar A.1).
- i) Saat terlihat kondensasi pelarut berhenti, pindahkan labu dari penangas air. Dinginkan dalam desikator selama 30 menit pastikan labu kering dan timbang sampai diperoleh berat tetap.

3.7 Perhitungan

Jumlah minyak-lemak dalam contoh uji:

$$\text{Kadar minyak-lemak (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{mL contoh uji}}$$

dengan pengertian:

- A adalah berat labu + ekstrak, mg;
- B adalah berat labu kosong, mg.

4 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

4.1 Jaminan mutu

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

4.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi. Kandungan minyak dan lemak dalam larutan blanko harus lebih kecil dari batas deteksi.
- b) Persen temu balik (% Recovery)

$$\% \text{ Recovery} = \frac{(E - F) (100\%)}{G}$$

dengan pengertian:

- E adalah kadar contoh uji yang di *spike*, mg/L;
- F adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*, mg/L;
- G adalah kadar standar yang ditambahkan (target value), mg/L;

$$G = (y) \times (z) / v$$

dengan Pengertian:

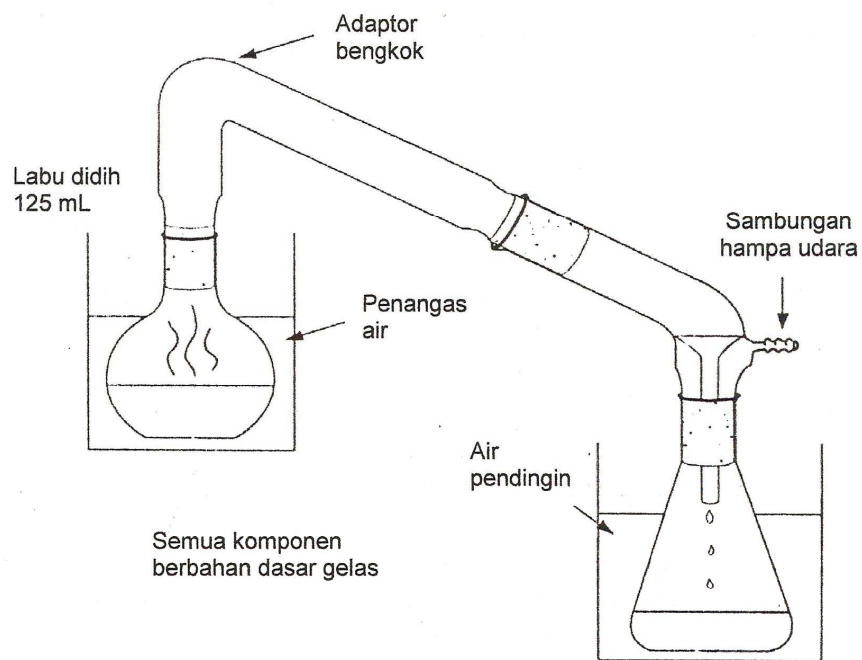
- y adalah volume larutan baku yang ditambahkan, mL;
- z adalah kadar larutan baku;
- v adalah volume akhir contoh uji yang di *spike*, mL.

5 Rekomendasi

Kontrol akurasi dapat dilakukan dengan salah satu dari berikut ini:

- a) Analisis *SRM* atau *CRM*.
- b) Lakukan analisis *standard reference material (SRM)* atau *CRM* untuk kontrol akurasi.
- c) Analisis *blind sample*.
- d) Kisaran persen temu balik adalah 83% sampai dengan 101% atau sesuai dengan kriteria dalam sertifikat *CRM*, untuk n-heksan dan MTBE (80 : 20).
- e) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis.
- f) Ambil contoh uji duplo untuk analisa duplo atau penambahan zat yang diketahui sebagai pemeriksaan jaminan kualitas. Kumpulkan contoh uji duplo berjajar paralel atau dalam satu wadah besar dengan pengaduk mekanik.

Lampiran A
(informatif)
Gambar alat destilasi



Gambar A.1 Alat destilasi

Lampiran B

(normatif)

Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analis.
- 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* atau *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 11) Kadar minyak dan lemak dalam contoh uji.

Bibliografi

Lenore S. Clesceri et al. "*Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*",
Metode 5520 B (*Partition Gravimetric Method*), 20th Edition, 1998.

Baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri di propinsi DIY
untuk industri batik

LAMPIRAN I.15 : KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH
ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR : 281 / KPTS / 1998
TENTANG : BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN
INDUSTRI DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI BATIK

PARAMETER	SATUAN	KADAR 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
ttd.

HAMENGKU BUWONO X

Baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri di propinsi DIY
untuk industri tekstil

LAMPIRAN I.5 : KEPUTUSAN GUBERNUR KEPALA DAERAH
ISTIMEWA YOGYAKARTA
NOMOR : 281/KPTS/1998
TENTANG : BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI KEGIATAN
INDUSTRI DI PROPINSI DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA

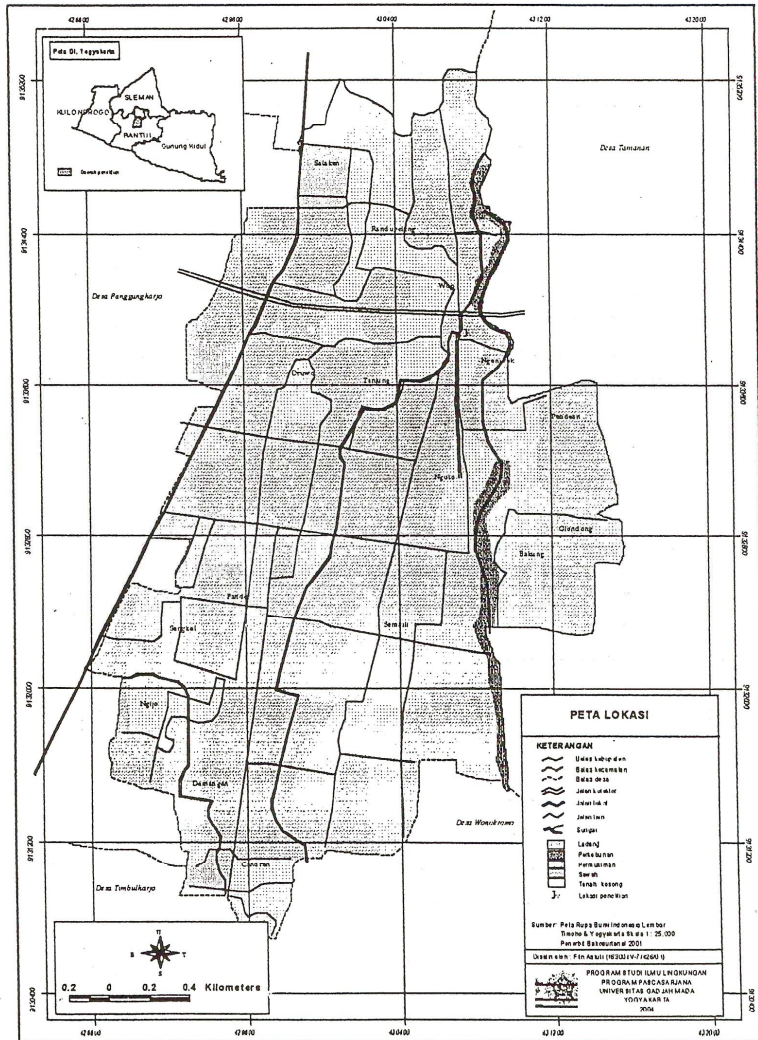
BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI TEKSTIL

PARAMETER	KADAR MAKSI- MAL	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg ton)							
		Tekstil terpadu	Pencucian kapas, pemintalan penemuan	Perekatan, desiming	Penghilasan, pemesakan	Pemucat an	Merseris asi	Pecelup an	Pence takan
BCD	60	0	0.42	0.6	1.44	1.08	0.90	1.20	0.36
COD	100	15	1.05	1.5	3.00	2.70	2.25	3.00	0.90
TSS	50	5	0.35	0.5	1.20	0.90	0.75	1.00	0.30
Fenol	0.5	0.05	0.004	0.005	0.012	0.008	0.008	0.01	0.003
krom Total (Cr)	1.0	0.1	-	-	-	-	-	0.02	0.008
Amonia Total (NH ₂ N)	5.0	0.8	0.056	0.08	0.192	0.12	0.12	0.15	0.048
Sulfida (sebagai H ₂ S)	0.3	0.03	0.002	0.003	0.007	0.005	0.005	0.008	0.002
Minyak dan Lemak	3.0	0.30	0.021	0.03	0.07	0.054	0.045	0.06	0.018
pH	6.0 - 9.0								
Volume limbah maksimal (M ton produk)	100	7	10	24	18	15	20	6	

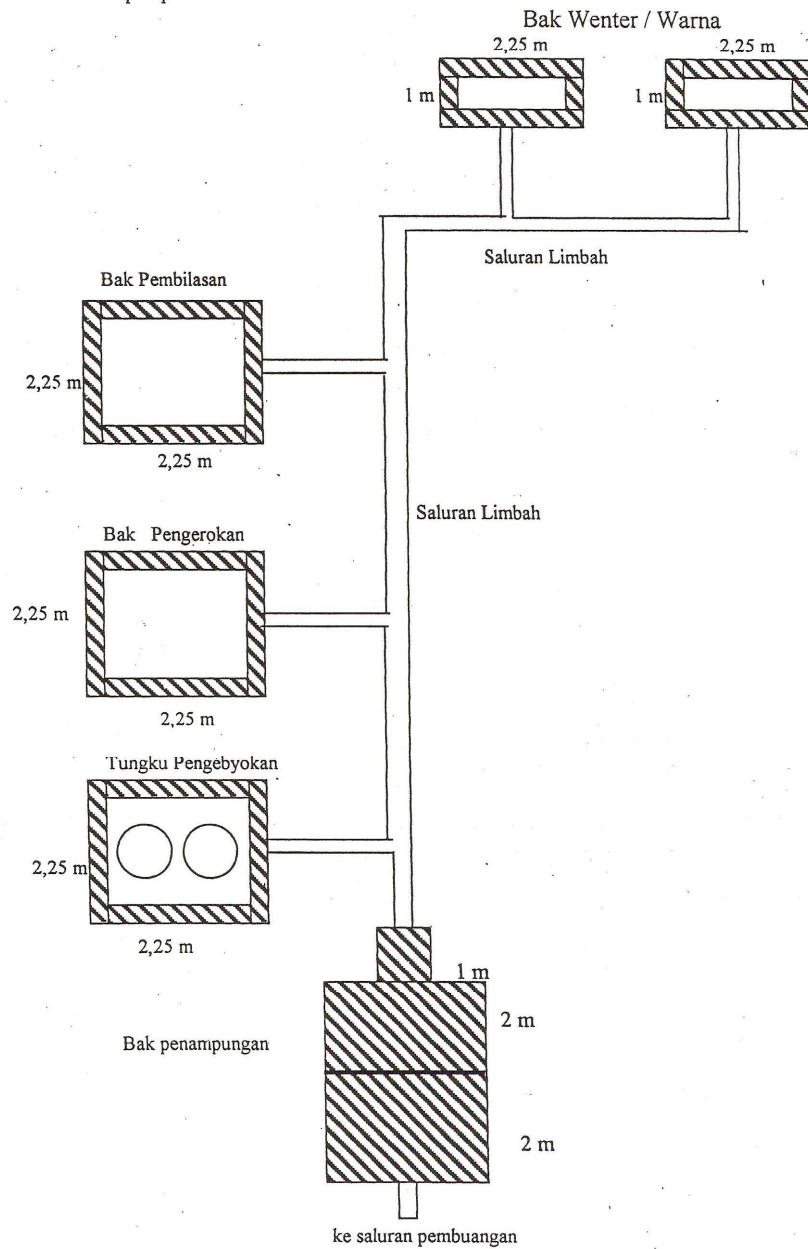
Yogyakarta, 10 Nopember 1998
GUBERNUR
KEPALA DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
ttd.

HAMENGKU BUWONO X

Peta Lokasi Penelitian



Gambar tempat pembuatan batik



Gambar tempat pembuatan batik



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN (B P K L)
JL. Arteri Utara Maguwarjo Depok Sleman Yogyakarta , Telp. (0274) 489622

Form-8.10.1/Lap-Uji

Nomor : 063/BPKL/A/V/08
Number
Halaman : 1 dari 3
Page

LAPORAN PENGUJIAN
TEST REPORT

Dibuat untuk : VIDYA AYU PRAVITASARI
Certifid for : Mahasiswa FTSP Teknik Lingkungan UII Yogyakarta
Jenis / Nama Contoh : Air Limbah
Type / Name of sample
Asal Contoh : Air Limbah Industri Batik Roro Djonggrang
Origin of sample
Jumlah Contoh : 28 (dua puluh delapan)
Amount of sample (s)
Kode Contoh : 401 s/d 428 / Air / 08
Sample Code
Tanggal Penerimaan sampel : 8 April 2008
Sample recived on
Tanggal Pengambilan sampel : -
Sample taken on
Tanggal Pengujian sampel : 8 April 2008 s/d 15 April 2008
Sample tested on
Parameter Uji : 2 parameter uji terdiri dari :
Parameter (s) : pH dan Minyak & Lemak.



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN (BPKL)

Jalan Ring Road Utara Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta Telp/Fax. 0274-489622

Form - 8.10.1 / Lap - Uji

Nomor : 063/BPKL/A/V/08
Number :
Tanggal : 4 Mei 2008
Page

HASIL PENGUJIAN

Nama sampel : Air Limbah Industri Batik Roro Djonggrang

Nomor sampel : 401 s/d 424 / Air / 08

No	Kode sampel	Voltase (volt)	Waktu Kontak (menit)	Jarak Plat Elektroda (menit)	Kadar Minyak & Lemak (mg/L)		Kadar pH	
					Sebelum treatment	Setelah treatment	Sebelum treatment	Setelah treatment
1	401	12	5	3	66	56	11,48	11,29
2	402	12	10	3	66	54	11,48	11,34
3	403	12	15	3	66	50	11,48	11,37
4	404	12	30	3	66	48	11,48	11,34
5	405	12	45	3	66	42	11,48	11,34
6	406	12	60	3	66	36	11,48	11,37
7	407	25	5	3	66	46	11,48	11,33
8	408	25	10	3	66	44	11,48	11,33
9	409	25	15	3	66	40	11,48	11,34
10	410	25	30	3	66	36	11,48	11,34
11	411	25	45	3	66	30	11,48	11,37
12	412	25	60	3	66	24	11,48	11,34
13	413	12	5	1,5	66	37	11,48	9,17
14	414	12	10	1,5	66	33	11,48	9,17
15	415	12	15	1,5	66	30	11,48	9,22
16	416	12	30	1,5	66	27	11,48	9,24
17	417	12	45	1,5	66	22	11,48	9,23
18	418	12	60	1,5	66	17	11,48	9,25
19	419	25	5	1,5	66	25	11,48	9,22
20	420	25	10	1,5	66	21	11,48	9,30
21	421	25	15	1,5	66	18	11,48	9,32
22	422	25	30	1,5	66	15	11,48	9,33
23	423	25	45	1,5	66	11	11,48	9,49
24	424	25	60	1,5	66	8	11,48	9,50

Keterangan :
Parameter sesuai permintaan.

Yogyakarta, 8 Mei 2008

Manajer Teknis
Laboratorium Pengujian Mutu Air
Dra. Resti Isdaryanti
Telp. 010 231 341





PEMERINTAH PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BALAI PENGUJIAN KONSTRUKSI DAN LINGKUNGAN (BPKL)
Jalan Ring Road Utara Maguwoharjo Depok Sleman Yogyakarta Telp/Fax. 0274-489622

n-8.10.1 / Lap-Uji

Nomor : 063/BPKL/A/V/08

Number

Halaman : 3 dari 3

Page

HASIL PENGUJIAN

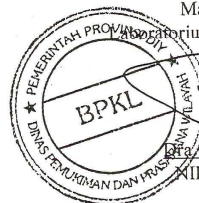
lima sampel : Air Limbah Industri Batik Roro Jonggrang.
nomor sampel : 425 s/d 428 / Air / 08

No	Kode sampel	Voltase (volt)	Kuat Arus (ampere)	Jarak Plat Elektroda (cm)	Waktu Kontak (menit)	Minyak & Lemak (mg/L)		Efisiensi Elektro-koagulasi (%)	Kadar pH	
						Sebelum treatment	Setelah treatment		Sebelum treatment	Setelah treatment
5	425	12	1	3	60	66	39	40,91	11	10,23
6	426	25	1	3	60	66	30	46,43	11	10,32
7	427	12	1	1,5	60	66	19	71,21	11	10,29
8	428	25	1	1,5	60	66	10	82,14	11	9,54

eterangan :
arameter sesuai permintaan.

Yogyakarta, 8 Mei 2008

Manajer Teknis
Laboratorium Pengujian Mutu Air



Resti Isdaryanti
NIP. 010 231 341

catatan : 1. Hasil Pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji.

These test result are only valid for the tested sample

2. Laporan ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa izin dari Manajer Teknis Laboratorium

The report shall not be reproduced (copied) without the written permission of the Laboratory Technical Manager



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

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

No : 03 /VI/08/TL.UII

Hal : 1 dari 3

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

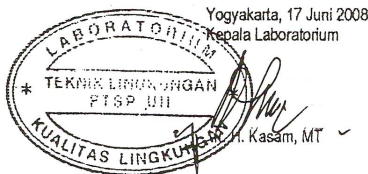
Jenis Contoh Uji : Sampel Air Limbah Batik
Pengambil Contoh Uji : VIDYA AYU PRAVITASARI
Tanggal Pengujian Contoh : April s/d 15 april 2008
Parameter yang diuji : Total Suspended Solid (TSS)
Kode Lab. : 03 LKL FTSP
Analisis : VIDYA AYU PRAVITASARI

Kode sampel : 12 V

No	Jarak Elektroda	Waktu kontak (Menit)	Satuan	Hasil pengujian		Metode Uji
				Inlet	outlet	
1	3	5	mg/L	5637.33	4663.33	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		10	mg/L	5637.33	4414.66	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		15	mg/L	5637.33	4378	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		30	mg/L	5637.33	3848	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		45	mg/L	5637.33	3833.33	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		60	mg/L	5637.33	3783.33	SNI 06 – 6989.3 - 2004
Keterangan : Kuat Arus 25 Volt						
2	3	5	mg/L	5637.33	4286.66	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		10	mg/L	5637.33	3344	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		15	mg/L	5637.33	3267.33	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		30	mg/L	5637.33	3214	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		45	mg/L	5637.33	3196	SNI 06 – 6989.3 - 2004
		60	mg/L	5637.33	2590	SNI 06 – 6989.3 - 2004

Catatan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
- Sertifikat Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin dari Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.





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

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

No : 04 /VI/08/TL.UII

Hal : 2 dari 3

SERTIFIKAT HASIL UJI KUALITAS AIR LIMBAH

Jenis Contoh Uji : Sampel Air Limbah Batik
Pengambil Contoh Uji : VIDYA AYU PRAVITASARI
Tanggal Pengujian Contoh : 8 April s/d 15 april 2008
Parameter yang diuji : Total Suspended Solid (TSS)
Kode Lab. : 03 LKL FTSP
Analisis : VIDYA AYU PRAVITASARI

Keterangan : Kuat Arus 12 V

No	Jarak Elektroda	Waktu kontak (Menit)	Satuan	Hasil pengujian		Metode Uji
				Inlet	outlet	
1	1.5	5	mg/L	5637.33	3047.33	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		10	mg/L	5637.33	2720	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		15	mg/L	5637.33	2523.33	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		30	mg/L	5637.33	2516	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		45	mg/L	5637.33	2382	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		60	mg/L	5637.33	2302.66	SNI 06 - 6989.3 - 2004

Keterangan : Kuat Arus 25 Volt

2	1.5	5	mg/L	5637.33	1866.66	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		10	mg/L	5637.33	1791.33	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		15	mg/L	5637.33	1550.66	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		30	mg/L	5637.33	1367.33	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		45	mg/L	5637.33	1340	SNI 06 - 6989.3 - 2004
		60	mg/L	5637.33	1312	SNI 06 - 6989.3 - 2004

Catatan :

- Hasil uji ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
- Sertifikat Hasil Uji ini tidak boleh digandakan tanpa izin dari Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.



Yogyakarta, 17 Juni 2008
Kepala Laboratorium

Dr. H. Kasam, MT