

SKRIPSI

**PENURUNAN COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN
ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN
KONTINYU**

(Studi Kasus : Limbah *Laundry* Kelurahan Sumpersari - Kota Malang)



**Oleh :
I NYOMAN GUNARTA
04.26.075/P**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**

3000

БҮЛЭГ ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ
БҮХЭЙН ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ
ТӨСӨВ
БҮЛЭГ ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ
БҮХЭЙН ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ

04.30.012/6

1 КЛАССЫН АЖААЛ

ОИР :



(Энд хэргийн үйлдлийн гүйцэтгэл, хяналтын үйлдлийн - хөдөлгөөн)

КОМАНДА

БҮЛЭГ ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ
БҮХЭЙН ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ
ТӨСӨВ
БҮЛЭГ ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ
БҮХЭЙН ДЭГЭЭСЭЙН ХӨРӨНГӨ АЖААЛ

АНХАА

SKRIPSI

**PENURUNAN COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN
ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN
KONTINYU**

(Studi Kasus: Limbah Laundry Kelurahan Sumbersari – Kota Malang)

Oleh :

I NYOMAN GUNARTA

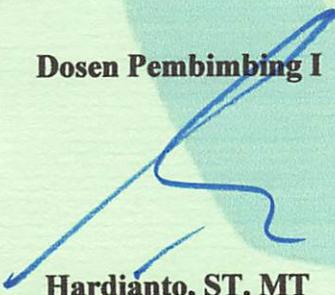
04.26.075P

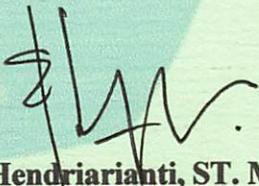
Menyetujui

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Hardianto, ST. MT
NIP.Y.103.000.0350


Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP.P.103.030.0382

Malang, Oktober 2009

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwi Ratna W., ST. MT
NIP.Y.103.000.0349

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENURUNAN COD DAN TSS PADA LIMBAH CAIR MENGGUNAKAN
ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN
KONTINYU**

(Studi Kasus: Limbah Laundry Kelurahan Sumbersari – Kota Malang)

Oleh :

I NYOMAN GUNARTA

04.26.075P

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1) dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Tanggal 14 Oktober 2009

Mengetahui

Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Ketua

Ir. A. Agus Santoso, MT
NIP.P.101.870.0155

Sekretaris

Candra Dwi Ratna W., ST. MT
NIP.Y.103.000.0349

Dewan Penguji

Dewan Penguji I

Sudiro, ST.MT
NIP.Y.103.990.0327

Dewan Penguji II

Candra Dwi Ratna W., ST. MT
NIP.Y.103.000.0349

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadirat *Tuhan Yang Maha Esa*, atas rahmatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul Penurunan COD Dan TSS Pada limbah Cair dengan Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu tepat pada waktunya, yang disusun berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan.

Atas tersusunnya laporan Skripsi ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Hardiyanto, ST. MT. selaku Dosen pembimbing I pembuatan laporan skripsi ini sekaligus kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
2. Ibu Evy Hendriaranti, ST. MMT. selaku Dosen pembimbing II pembuatan laporan skripsi ini.
3. Ibu Candra Dwiratna, ST. MT. selaku Dosen Penguji II dan Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak Sudiro, ST. MT. selaku Dosen Penguji I.
5. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si. selaku Dosen Wali.
6. Bapak dan Ibu dosen Institut Teknologi Nasional Malang khususnya Jurusan Teknik Lingkungan atas bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan.
7. Keluarga tercinta alm Bapak, ibu dan kakak-kakak serta saudara-saudara yang telah memberikan perhatian, kasih sayang, serta doa restu dan motivasi serta dorongan baik berupa materiil dan moril sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan skripsi ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada semua pihak yang telah memberikan segala bantuan dan dukungan moril kepada penulis dalam rangka menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam pembuatan laporan Skripsi ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis membuka diri untuk menerima saran yang bersifat membangun dan berkenaan dengan penyusunan laporan ini.

Malang, Oktober 2009

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Industri <i>Laundry</i>	4
2.2 Karakteristik Limbah <i>Laundry</i>	5
2.3 Dampak Industri <i>Laundry</i>	7
2.4 Parameter Limbah Cair	9
2.4.1 Parameter Fisika.....	9
2.4.2 Parameter Kimia.....	10
2.4.3 Parameter Biologi.....	12
2.5 Elektrokoagulasi.....	12
2.5.1 Mekanisme Dalam Elektrokoagulasi	16
2.5.2 Pelarutan Logam di Elektroda.....	17
2.5.3 Reaksi di Elektroda	19
2.5.4 Reaktor Elektrokoagulasi Bipolar	20

2.5.5 Proses Pengadukan Cepat dengan Elektroda	22
2.5.6 Proses Pengadukan Lambat.....	32
2.5.7 Proses Sedimentasi	34
2.6 Metode Pengolahan data	36
2.6.1 Statistik Deskriptif dan Inferensi.....	36
2.6.2 Analisa Korelasi	36
2.6.3 Analisa regresi	37
2.6.4 Pengantar Desain Eksperimen.....	38
2.6.4.1 Langkah-langkah Dalam Desain Eksperimen	38
Analysis of Variance	38

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian	39
3.2 Ide Studi	40
3.3 Studi Literatur	40
3.4 Variabel Penelitian	40
3.5 Alat dan Bahan	41
3.5.1 Alat-Alat Penelitian.....	41
3.5.2 Bahan Penelitian.....	43
3.6 Pelaksanaan Penelitian	43
3.7 Analisis Parameter Uji	45
3.7.1 Analisis COD	45
3.7.2 Analisis TSS.....	45
3.8 Analisis Data	45
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Industri <i>Laundry</i>	47
4.2 Analisis Deskriptif.....	48
4.2.1 Analisis Deskriptif COD	48
4.2.2 Analisis Deskriptif TSS.....	53

4.3 Analisis Korelasi	58
4.3.1 Analisis Korelasi COD.....	58
4.3.2 Analisis Korelasi TSS	60
4.4 Analisis Regresi.....	62
4.4.1 Analisis Regresi COD	64
4.4.2 Analisis Regresi TSS.....	68
4.5 Analisis Anova	72
4.5.1 Analisis Anova COD.....	73
4.5.2 Analisis Anova TSS	77
4.6 Pembahasan Pengolahan Limbah Cair menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar.....	81
4.6.1 Pengaruh Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap Penyisihan Konsentrasi COD.....	81
4.6.2 Pengaruh Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap Penyisihan Konsentrasi TSS	87

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	93
5.2 Saran.....	93

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran A : Perhitungan Reaktor	xiii
Lampiran B : Hasil Analisa.....	xiv
Lampiran C : Dokumentasi	xv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses <i>Laundry</i>	4
Gambar 2.2 Diagram Venn	12
Gambar 2.3 Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi.....	14
Gambar 2.4 Mekanisme dalam elektrokoagulasi	16
Gambar 2.5 Reaktor elektroda dengan konfigurasi <i>bipolar</i>	20
Gambar 2.6 Skema Reaktor Elektrokimia.....	21
Gambar 2.7 Reaksi hidrolisa ion aluminium	24
Gambar 2.8 Deprotonasi ion aquo aluminium.....	24
Gambar 2.9 Diagram distribusi Al-H ₂ O untuk mononuklear	25
Gambar 2.10 Diagram kelarutan dari Aluminium hidroksida	25
Gambar 2.11 Proses <i>sweep coagulation</i>	26
Gambar 2.12 Sedimentasi	35
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	39
Gambar 3.2 Reaktor elektrokoagulasi.....	44
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Besar Tegangan dan jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan COD pada Menit ke 12.....	49
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Besar Tegangan dan jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan COD pada Menit ke 35.....	51
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan COD pada Menit ke 90.....	52
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan TSS pada Menit ke 12	54
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan TSS pada Menit ke 35	56
Gambar 4.6. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan TSS pada Menit ke 90	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah <i>Laundry</i>	5
Tabel 2.2 Karakteristik Limbah <i>Laundry</i> Berdasarka Prosesnya.....	6
Tabel 2.3 Pengaruh Komposisi Detergen Terhadap Konsentrasi COD.....	6
Tabel 2.4 Baku Mutu Limbah Cair	8
Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Industri <i>Laundry</i>	47
Tabel 4.2. Data Konsentrasi Akhir COD pada Menit ke 12	48
Tabel 4.3 Data Persentase Penyisihan Akhir COD pada Menit ke 12	49
Tabel 4.4. Data Konsentrasi Akhir COD pada Menit ke 35	50
Tabel 4.5 Data Persentase Penyisihan Akhir COD pada Menit ke 35	50
Tabel 4.6. Data Konsentrasi Akhir COD pada Menit ke 90	51
Tabel 4.7. Data Persentase Penyisihan Akhir COD pada Menit ke 90	52
Tabel 4.8. Data Konsentrasi Akhir TSS pada Menit ke 12.....	53
Tabel 4.9. Data Persentase Penyisihan Akhir TSS pada Menit ke 12.....	54
Tabel 4.10. Data Konsentrasi Akhir TSS pada Menit ke 35	55
Tabel 4.11. Data Persentase Penyisihan Akhir TSS pada Menit ke 35.....	55
Tabel 4.12. Data Konsentrasi Akhir TSS pada Menit ke 90	56
Tabel 4.13. Data Persentase Penyisihan Akhir TSS pada Menit ke 90.....	57
Tabel 4.14. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 12	58
Tabel 4.15 Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 35	59
Tabel 4.16 Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 90	59
Tabel 4.17 Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 12	60
Tabel 4.18. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 35	61
Tabel 4.19. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 90	61

Tabel 4.20. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 12	64
Tabel 4.21. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 35	65
Tabel 4.22. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 90	65
Tabel 4.23. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 12	68
Tabel 4.24. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 35	69
Tabel 4.25. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke 90	69
Tabel 4.26. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Besar Tegangan (Volt) Menit ke 12	73
Tabel 4.27. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Jumlah Elektroda Menit ke 12	73
Tabel 4.28. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Besar Tegangan (Volt) Menit ke 35	74
Tabel 4.29. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Jumlah Elektroda Menit ke 35	74
Tabel 4.30. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Besar Tegangan (Volt) Menit ke 90	75
Tabel 4.31. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Jumlah Elektroda Menit ke 90	75
Tabel 4.32. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Besar Tegangan (Volt) Menit ke 12	77
Tabel 4.33. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Jumlah Elektroda Menit ke 12	77
Tabel 4.34. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Besar Tegangan (Volt) Menit ke 35	78

Tabel 4.35. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Jumlah	
Elektroda Menit ke 35	78
Tabel 4.36. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Besar	
Tegangan (Volt) Menit ke 90	79
Tabel 4.37. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Jumlah	
Elektroda Menit ke 90	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu bagian dari industri tekstil adalah industri pencucian pakaian atau *laundry*, yaitu industri yang melakukan kegiatan pencucian pakaian. Jasa pencucian pakaian atau *laundry* berkembang dimana-mana terutama di daerah pemukiman. Limbah cair industri *laundry* mengandung zat tersuspensi, bahan organik, dan warna yang cukup tinggi. Tiap industri dapat menghasilkan limbah cair dengan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) antara 488-2847 mg/l dan *Total Suspended Solid* (TSS) antara 38-857 mg/l (Seo, dkk., 2001), namun semua itu tergantung kapasitas operasional dari industri *laundry* tersebut.

TSS dan COD yang tinggi pada limbah *laundry* disebabkan oleh kandungan bahan organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) dan sulit dipisahkan dari cairan karena ukurannya sangat kecil dan mempunyai sifat muatan listrik pada permukaannya yang menyebabkan koloid ini stabil (Suaib, 1994).

Salah satu proses pengolahan limbah yang efisien, ekonomis, dan aplikatif adalah elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi mempunyai dua konfigurasi yaitu monopolar dan bipolar.

Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab TSS dan COD yang tinggi pada limbah *laundry*.

Penurunan parameter kualitas air limbah *laundry* dalam hal ini TSS dan COD pada proses elektrokoagulasi dengan konfigurasi bipolar dipengaruhi beberapa faktor. Adapun beberapa faktor tersebut meliputi jenis elektroda, jumlah elektroda, kuat arus yang mengalir, jarak antar elektroda dan waktu proses. Namun dalam perkembangannya, pengolahan air limbah dengan metode elektrokoagulasi dengan konfigurasi bipolar terbentur dengan permasalahan umum proses elektrokoagulasi yaitu elektroda yang digunakan dalam proses

pengolahan ini harus diganti secara teratur, penggunaan listrik kadang kala lebih mahal pada beberapa daerah, terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan, dan selain itu jumlah arus yang mengalir pada elektroda netral (yang tidak dialiri listrik) yang menjadi elektroda bipolar tidak bisa 100 %, hal ini disebabkan hambatan pada larutan (elektrolit) selain hambatan logam (elektroda) dan kabel penghubung.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode elektrokoagulasi konfigurasi bipolar dan masalah yang dirumuskan :

1. Bagaimana pengaruh jumlah elektroda dan besar tegangan listrik dalam penurunan TSS dan COD pada limbah *laundry*.
2. Seberapa besar tingkat penurunan konsentrasi TSS dan COD dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui perbedaan tingkat penurunan TSS dan COD pada proses elektrokoagulasi bipolar dalam variasi jumlah elektroda dan besar tegangan listrik yang direncanakan.
2. Untuk mengetahui kemampuan elektrokoagulasi bipolar sebagai teknologi alternatif dalam menurunkan TSS dan COD dalam limbah *laundry*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengolahan limbah *laundry* dengan elektrokoagulasi bipolar adalah metode ini dapat dijadikan teknologi alternatif yang efisien, ekonomis dan aplikatif dalam pengolahan limbah cair.

1.5. Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Sampel limbah yang digunakan adalah limbah industri *laundry* di Kelurahan Summersari, Kota Malang.

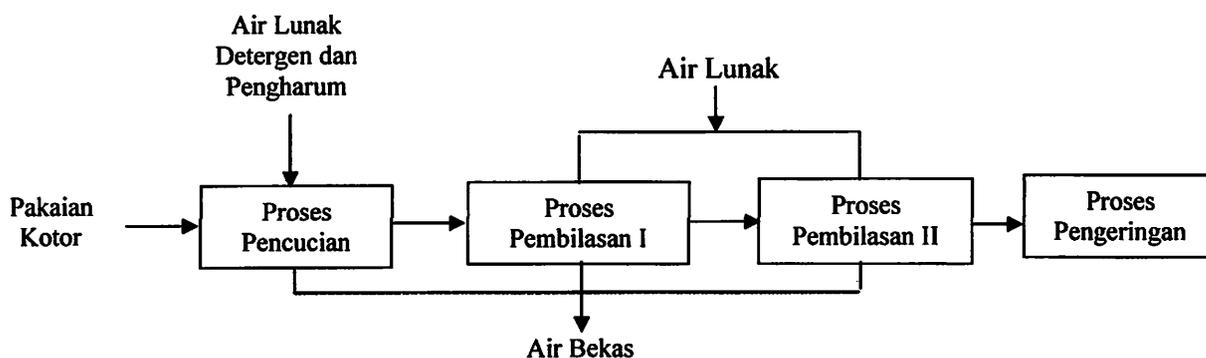
3. Aliran yang digunakan dalam proses adalah aliran kontinyu.
4. Elektroda yang digunakan adalah Aluminium.
5. Parameter yang dianalisis adalah TSS dan COD.
6. Variasi penelitian yang dilakukan adalah jumlah elektroda dan besar tegangan listrik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Industri *Laundry*

Laundry merupakan proses kompleks yang melibatkan interaksi antara beberapa faktor fisik dan kimiawi. Pada proses ini kotoran yang melekat pada pakaian dibersihkan dengan menggunakan air dan deterjen. Tahapan yang terjadi pada proses ini adalah kotoran yang melekat pada pakaian akan dilepaskan oleh larutan deterjen dan dilanjutkan dengan stabilisasi air yang berisi kotoran supaya kotoran tersebut tidak menempel kembali pada permukaan pakaian. Kemampuan membersihkan pakaian dalam proses *laundry* sangatlah tergantung pada beberapa faktor seperti jenis bahan pakaian, jenis kotoran, kualitas air, peralatan mencuci dan komposisi deterjen (Bajpai, Tyagi, 2007).

Secara umum proses *laundry* dibagi menjadi tiga tahapan proses yaitu proses pencucian, proses pembilasan dan proses pengeringan. Untuk meningkatkan hasil kualitas pencucian, pembilasan umumnya dilakukan beberapa kali sampai cucian benar-benar bersih. Proses pembilasan yang berulang kali menyebabkan industri *laundry* banyak mengkonsumsi air bersih. Gambaran mengenai proses *laundry* dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram alir proses *laundry*
(Sumber: Wenten, 2003)

2.2. Karakteristik Limbah Industri *Laundry*

Menurut Bajpai dan Tyagi (2007) penggunaan air untuk kegiatan *laundry* sekitar 17 L atau 13% dari kebutuhan air bersih atau sekitar 8% dari air yang masuk ke sistem air buangan. Selain kontribusi volume air, air limbah *laundry* menyumbang beban kontaminan yang cukup tinggi ke dalam air buangan.

Penelitian yang dilakukan oleh Cogley dan Wechsler (2005) pada sebuah industri *laundry* memberikan gambaran mengenai karakteristik limbah *laundry* secara umum yang tertuang dalam tabel 2.1. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa parameter TSS dan COD memiliki konsentrasi terbesar dibandingkan dengan parameter lain. Hal ini mengindikasikan bahwa limbah *laundry* banyak mengandung senyawa organik dan anorganik. Namun tidak semua industri *laundry* memiliki konsentrasi yang besar seperti pada tabel 2.1. Besarnya konsentrasi limbah *laundry* dipengaruhi oleh kapasitas proses pencucian.

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah *Laundry* Secara Umum

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	TSS	mg/l	344 - 3080
2	COD (bikromat)	mg/l	1270 - 13700
3	BOD ₅	mg/l	391 - 2600
4	pH	-	10,6 - 11,4
5	Phenol	mg/l	0,03
6	Khrom total	mg/l	0,41 - 3,16
7	alkalinitas	mg/l	680 - 2090
8	Deterjen	mg/l	2,10

Sumber : Cogley, Wechsler (2005)

Pada proses pencucian akan menghasilkan konsentrasi yang lebih besar dibandingkan dengan proses pembilasan, karena proses pencucian merupakan proses pembersihan kotoran pada pakaian sedangkan proses pembilasan hanya merupakan proses pembersihan deterjen.

Karakteristik limbah *laundry* berdasarkan tahapan prosesnya digambarkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Karakteristik Limbah *Laundry* Berdasarkan Prosesnya

Tahap Proses	Parameter	pH	Suspended Solid (mg/l)	COD (mg/l)	MBAS (mg/l)
Pencucian	Maksimum	10,1	857	2847	674
	Rata-rata	9,3	203	1217	157
	Minimum	8,9	38	488	62
Pembilasan	Maksimum	9,4	502	1210	225
	Rata-rata	8,0	112,7	479	62
	Minimum	6,8	11	40	20
Pembilasan II	Maksimum	8,6	147	410	78
	Rata-rata	7,5	40,7	30	21
	Minimum	6,4	1,4	8	0

Sumber : Seo, et al., (2001)

Pada umumnya limbah *laundry* banyak mengandung sejumlah surfaktan, *carboxyl methyl cellulose* (CMC), minyak tumbuhan, kalsium (Ca), Phospat (P), SiO_3^{2-} , pemutih pakaian dan tanah. Jumlah surfaktan MBAS, bahan pendukung deterjen dan substansi minyak yang besar pada limbah *laundry* dapat meningkatkan konsentrasi COD pada limbah tersebut (Seo, et.al., 2001). Komposisi limbah *laundry* yang mempengaruhi konsentrasi COD dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pengaruh Komposisi Deterjen Terhadap Konsentrasi COD

Klasifikasi	Maksimum (mg/l)		Rata-rata (mg/l)		Minimum (mg/l)	
	Konsentrasi	COD	Konsentrasi	COD	Konsentrasi	COD
LAS	800	1780	140	310	20	48
CMC 1	5	60	5	20	-	-
Minyak tumbuhan	76	770	29,5	300	3	31
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	240 Ca	-	50 Ca	-	5 Ca	-
Bleach (NaOCl-5%)	48	-	-	-	-	-
Urea	63	-	-	-	2	-
Kaolin 0,2 μm	315	-	-	-	10	-
$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	315 SiO_3^{2-}	-	-	-	10 SiO_3^{2-}	-
$\text{NaSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	1165	-	-	-	37	6

Sumber : Seo, et al., (2001)

2.3. Dampak Industri *Laundry*

Pengaruh terhadap lingkungan lebih dominan disebabkan oleh jenis zat-zat kimia yang terdapat dalam deterjen, terutama dari bentuk rantai kimia dan gugus fungsi surfaktan. Beberapa dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah industri *laundry* di lingkungan:

1. Surfaktan dalam deterjen dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme sehingga dapat menyebabkan penyakit tumor dan kanker.
2. Fosfor sebagai *deterjen builder* merupakan faktor pembatas pada perairan tawar. Meningkatnya kandungan fosfor akan merangsang pertumbuhan alga yang tidak terkontrol sehingga terjadi eutrofikasi perairan. Secara tidak langsung, eutrofikasi merupakan penyebab terjadinya pendangkalan perairan karena keberadaan alga di perairan tersebut akan menghambat aliran air dan secara otomatis akan mempercepat proses pengendapan lumpur.
3. Fosfat dan alga-alga yang telah mati akan mengalami proses dekomposisi oleh bakteri. Dalam proses tersebut, bakteri memerlukan oksigen. Hal ini menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut dalam perairan. Suplai oksigen bagi bakteri akan berkurang seiring dengan berkurangnya oksigen terlarut dalam air sehingga bakteri-bakteri tersebut akan mati kekurangan oksigen. Proses dekomposisi selanjutnya akan dilanjutkan oleh bakteri anaerobik yang menghasilkan gas-gas beracun.

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah cair industri *laundry*, maka pemerintah mengeluarkan aturan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur. Karena baku mutu limbah cair industri *laundry* tidak diatur secara khusus maka digunakan baku mutu limbah cair lampiran II. Parameter baku mutu limbah cair dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Baku Mutu Limbah Cair (Termasuk Pengolah Limbah Terpusat / kawasan industri)

No	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair			
			I	II	III	IV
A	FISIKA					
1	Temperatur	°C	35	38	40	45
2	Zat Padat terlarut	mg/liter	1500	2000	4000	5000
3	Zat Padat tersuspensi	mg/liter	100	200	200	500
B	KIMIA					
1	pH	mg/liter	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
2	Besi (Fe)	mg/liter	5	10	15	20
3	Mangan (Mn)	mg/liter	0.5	2	5	10
4	Barium (Ba)	mg/liter	1	2	3	5
5	Tembaga (Cu)	mg/liter	1	2	3	5
6	Seng (Zn)	mg/liter	5	10	15	20
7	Krom Heksavalen (Cr ⁺⁶)	mg/liter	0.05	0.1	0.5	2
8	Krom Total (Cr tot)	mg/liter	0.1	0.5	1	2
9	Cadmium (Cd)	mg/liter	0.01	0.05	0.1	1
10	Raksa (Hg)	mg/liter	0.001	0.002	0.005	0.01
11	Timbal (Pb)	mg/liter	0.1	0.5	1	3
12	Timah Putih (Sn)	mg/liter	2	3	4	5
13	Arsen (As)	mg/liter	0.05	0.1	0.5	1
14	Selenium (Se)	mg/liter	0.01	0.05	0.5	1
15	Nikel (Ni)	mg/liter	0.1	0.2	0.5	1
16	Kobalt (Co)	mg/liter	0.2	0.4	0.6	1
17	Sianida (CN)	mg/liter	0.05	0.1	0.5	1
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/liter	0.01	0.06	0.1	1
19	Flourida (F)	mg/liter	1.5	15	20	30
20	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/liter	0.02	0.03	0.04	0.05
21	Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	mg/liter	0.5	1	5	20
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/liter	10	20	30	50
23	Nitrit (NO ₃ -N)	mg/liter	0.06	1	3	5
24	BOD ₅	mg/liter	30	50	150	300
25	COD	mg/liter	80	100	300	600
26	Detergent an ionik	mg/liter	0.5	1	10	15
27	Phenol	mg/liter	0.01	0.05	1	2
28	Minyak dan Lemak	mg/liter	1	5	15	20
29	PCB	mg/liter	NIHIL	NIHIL	NIHIL	NIHIL

Sumber : Lampiran II Keputusan Gubernur Jatim No: 45 tahun 2002

2.4. Parameter Limbah Cair

2.4.1 Parameter Fisika

Parameter-parameter yang penting dalam air buangan yang termasuk dalam parameter fisik antara lain :

- a. Total Solids
 - b. Temperatur
 - c. Warna
 - d. Bau
- a. Total Suspended Solids

TSS merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan (Sugiharto, 1987). TSS dapat diklasifikasikan menjadi zat padat terapung yang selalu bersifat organik dan zat padat terendap yang dapat bersifat organik dan inorganik (Alaerts dan Santika, 1987). Pada umumnya material yang terlingkup dalam TSS berupa tanah liat, kwarts, protein, sisa tanaman dan bakteri. Pada limbah *laundry* TSS dapat disebabkan oleh deterjen yang mengikat kotoran pada pakaian.

Menurut Murphy (2005), limbah yang mengandung TSS tinggi dapat merusak ekosistem perairan sebagai badan air penerima. Material TSS dapat menghalangi sinar matahari menembus lapisan perairan, sehingga proses fotosintesis menurun yang menyebabkan konsentrasi oksigen menurun pula. Konsentrasi oksigen yang menurun mengakibatkan kematian pada makhluk hidup perairan tersebut dan hal ini akan meningkatkan proses eutrofikasi. Metode yang digunakan untuk mengukur konsentrasi TSS adalah metode gravimetri (Alaerts dan Santika, 1987).

b. Temperatur

Pada umumnya temperatur air buangan lebih tinggi dari temperatur air minum karena adanya penambahan berlebih panas dari bekas pemakaian rumah tangga atau aktifitas pabrik.

Temperatur air buangan akan memberikan pengaruh pada :

- Kehidupan dalam air
- Kelarutan gas

- Aktifitas bakteri
- Reaksi-reaksi kimia dan kecepatan reaksi

c. Warna

Warna dari air buangan rumah tangga dan industri umumnya berwarna abu-abu sebagai akibat dari penguraian senyawa organik oleh bakteri, warna air buangan akan menjadi hitam. Hal ini menunjukkan bahwa air buangan dalam keadaan septik.

d. Bau

Bau dalam air buangan biasanya disebabkan oleh produksi gas-gas hasil dekomposisi zat-zat organik. Gas fluida (H_2S) dalam air buangan adalah hasil reduksi dari sulfat oleh mikroorganisme secara anaerobik.

2.4.2 Parameter Kimia

Beberapa parameter kimia pada air limbah antara lain:

a. pH

Konsentrasi ion Hidrogen (H^+) dalam suatu cairan dinyatakan dengan pH. Organisme sangat sensitif terhadap perubahan ion hidrogen. Pada proses penjernihan air dan air limbah, pH menjadi indikator untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan.

a. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD merupakan jumlah oksigen ($mg O_2$) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts dan Santika, 1987). Selain tes COD, pengukuran kandungan zat-zat organik dapat pula dilakukan dengan tes *Biological Oxygen Demand* (BOD).

Ada beberapa keuntungan tes COD dibandingkan dengan tes BOD:

1. Analisa COD hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisa BOD memerlukan waktu 5 hari.

2. Untuk menganalisa COD antara 50 sampai 800 mg/l, tidak dibutuhkan pengenceran sampel sedang pada umumnya analisa BOD selalu membutuhkan pengenceran.
3. Ketelitian dan ketepatan tes COD adalah 2 sampai 3 kali lebih tinggi dari tes BOD.
4. Gangguan dari zat-zat yang bersifat racun terhadap mikroorganisme pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD.

(Alaerts dan Santika, 1987)

Analisa COD dapat dilakukan dengan berbagai cara diantaranya dengan metode spektrofotometri dan *closed reflux titrimetric*. Metode spektrofotometri dalam membaca nilai COD menggunakan alat spektrofotometer sedangkan metode *closed reflux titrimetric* menggunakan titrasi. Menurut Sawyer (1994) tes COD dalam aplikasinya digunakan untuk menganalisis limbah industri secara intensif, terutama untuk menentukan ukuran-ukuran desain dan kontrol kualitas pada sistem pembuangan.

b. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pada waktu melakukan proses dekomposisi bahan organik yang ada di perairan.

c. Fosfat

Fosfat banyak terdapat di perairan dalam bentuk inorganik dan organik sebagai larutan, debu, dan tubuh organisme. Sumber utama fosfat adalah dari penggunaan detergen dan pupuk pertanian

d. Nitrat

Nitrat, nitrit, dan amonia adalah senyawa nitrogen organik yang banyak mendapat perhatian pada kualitas air. Senyawa nitrogen ini banyak dihasilkan dari buangan manusia dan limbah industri. Semua bentuk nitrogen dapat diukur dengan menggunakan kalori meter.

2.4.3 Parameter Biologi

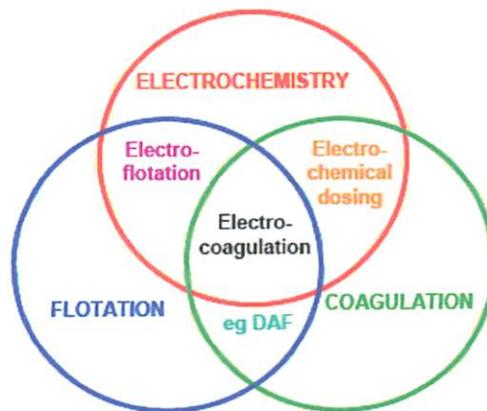
Karakteristik organisme yang terpenting dalam air buangan dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Kelompok protista (bakteri dan protozoa)
2. Kelompok tumbuh-tumbuhan (paku-pakuan dan lumut)
3. Kelompok hewan

Kelompok protista terdiri dari bakteri dan protozoa. Sedangkan kelompok tumbuh-tumbuhan antara lain paku-pakuan dan lumut. Bakteri berperan sangat penting dalam air buangan terutama dalam proses biologis.

2.5. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, Barton, Michell., 2004). Sedangkan menurut Mollah, et. al., (2004), elektrokoagulasi adalah proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisik dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air limbah.



Gambar 2.2 Diagram Venn (Holt, Barton, Michell.,2001)

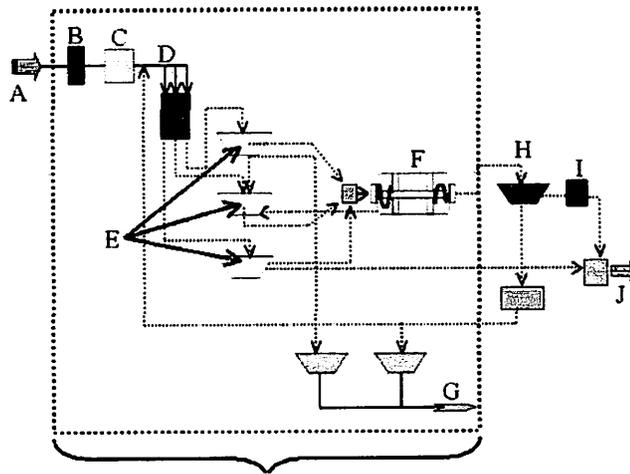
Diidentifikasi terdapat tiga proses mendasar yang terjadi dalam elektrokoagulasi yaitu elektrokimia, koagulasi dan flotasi. Ketiga proses ini dapat

digambarkan dengan diagram Venn dimana kombinasi dari ketiganya menghasilkan teknologi elektrokoagulasi, sedangkan kombinasi yang lain menghasilkan teknologi yang berbeda.

Elektrokoagulasi bukan merupakan teknologi baru, dari literatur yang ada menunjukkan bahwa teknologi ini telah ditemukan lebih dari seratus tahun yang lalu. Contoh aplikasi yang ada misalnya adalah pada akhir abad 19, telah terdapat beberapa instalasi pengolahan air bersih yang cukup besar di London yang mempergunakan teknologi ini (Matteson et al., 1995 dalam Holt et al., 2004). Sementara instalasi pengolahan lumpur secara elektrolisis dioperasikan di beberapa tempat di Amerika Serikat pada awal tahun 1911 yang memiliki ukuran yang serupa dengan instalasi pengolahan air limbah pada masa tersebut. Namun sejak tahun 1930-an semua instalasi tersebut tidak dioperasikan lagi dikarenakan biaya operasional yang tinggi dan adanya alternatif lain berupa penggunaan bahan kimia sebagai koagulan (Holt et al., 2004).

Pada masa sekarang penggunaan teknologi elektrokoagulasi mulai dikembangkan kembali untuk meningkatkan kualitas effluen air limbah. Elektrokoagulasi digunakan untuk mengolah effluen dari beberapa air limbah yang berasal dari industri makanan, limbah tekstil, limbah rumah makan, limbah yang mengandung senyawa arsenik, air yang mengandung fluorida, dan air yang mengandung partikel yang sangat halus, bentonit dan kaolinit.

Pada sistem pengolahan limbah yang konvensional, reaktor elektrokoagulasi dapat menggantikan beberapa unit pengolahan sehingga menghasilkan instalasi pengolahan yang lebih sederhana dan tidak membutuhkan lahan yang luas.



Keterangan:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| A : Air limbah | F : <i>Oxidation Ditch</i> |
| B : <i>Bar screen</i> | G : <i>Pengolahan lumpur</i> |
| C : <i>Grit chamber</i> | H : <i>Clarifier</i> |
| D : <i>Bak distribusi</i> | I : <i>Klorinasi</i> |
| E : <i>Primary sedimentation</i> | J : <i>Effluen</i> |

Gambar 2.3 Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi (Mollah, et.al., 2004)

Untuk pertimbangan penentuan penggunaan elektrokoagulasi maka Mollah et.al., (2001) telah memberikan gambaran tentang keuntungan dan kerugiannya.

Keuntungan

dari penggunaan elektrokoagulasi adalah sebagai berikut :

1. Elektrokoagulasi membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dioperasikan.
2. Air limbah yang diolah dengan elektrokoagulasi menghasilkan effluen yang jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau.
3. Lumpur yang dihasilkan elektrokaogulasi relatif stabil dan mudah dipisahkan karena terutama berasal dari oksida logam. Selain itu jumlah lumpur yang dihasilkan sedikit.
4. Flok yang terbentuk pada elektrokoagulasi memiliki kesamaan dengan flok yang berasal dari koagulasi kimia. Perbedaannya adalah flok dari elektrokoagulasi berukuran lebih besar dengan kandungan air yang

- sedikit, lebih stabil dan mudah dipisahkan secara cepat dengan filtrasi.
5. Elektrokoagulasi menghasilkan effluen yang mengandung TDS dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan pengolahan kimiawi. Jika air hasil pengolahan ini digunakan kembali, kandungan TDS yang rendah akan mengurangi biaya recovery.
 6. Proses elektrokoagulasi mempunyai keuntungan dalam mengolah partikel koloid yang berukuran sangat kecil karena dengan pemakaian arus listrik menyebabkan proses koagulasi lebih mudah terjadi dan lebih cepat.
 7. Proses elektrokoagulasi tidak memerlukan pemakaian bahan kimia sehingga tidak bermasalah dengan netralisasi kelebihan bahan kimia dan tidak membutuhkan kemungkinan pengolahan berikutnya jika terjadi penambahan senyawa kimia yang terlalu tinggi seperti pada penggunaan bahan kimia.
 8. Gelembung gas yang dihasilkan selama proses elektrolisis dan membawa polutan yang diolah untuk naik ke permukaan (flotasi) dimana flok tersebut dengan mudah terkonsentrasi, dikumpulkan dan dipisahkan.
 9. Perawatan reaktor elektrokoagulasi lebih mudah karena proses elektrolisis yang terjadi cukup dikontrol dari pemakaian listrik tanpa perlu memindahkan bagian di dalamnya.
 10. Teknologi elektrokoagulasi dapat dengan mudah diaplikasikan di daerah yang tidak terjangkau layanan listrik yakni dengan menggunakan panel matahari yang cukup untuk terjadinya proses pengolahan.

Sedangkan kerugian dari penggunaan elektrokoagulasi adalah

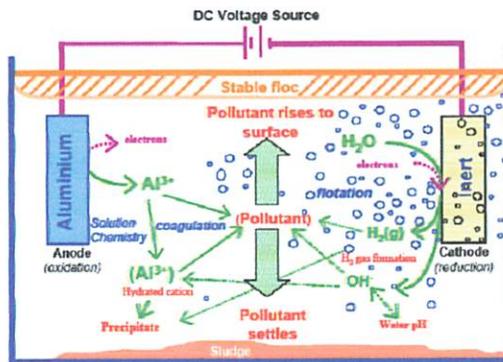
1. Elektroda yang digunakan dalam proses pengolahan ini harus diganti secara teratur.
2. Penggunaan listrik kadang kala lebih mahal pada beberapa daerah.
3. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.
4. Teknologi ini membutuhkan konduktivitas yang tinggi pada air limbah yang diolah.
5. Hidroksida seperti gelatin cenderung *solubilize* pada beberapa kasus.

2.5.1 Mekanisme dalam Elektrokoagulasi

Reaktor elektrokoagulasi merupakan sebuah sel elektrokimia dimana kutub anoda yang berupa logam (biasanya aluminium atau besi) mengalami pelepasan ion, dimana ion logam yang terlepas berfungsi sebagai agen koagulan. Dan secara simultan terjadi gelembung gas hidrogen di kutub katoda.

Elektrokoagulasi mempunyai kemampuan untuk mengolah berbagai macam polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, tinta, bahan organik (seperti air limbah domestik), minyak dan lemak, ion dan radionuklida. Karakteristik fisik kimia dari polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan, misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi sedangkan padatan tersuspensi yang bermuatan akan diadsorpsi ke koagulan yang bermuatan. Kemampuan elektrokoagulasi untuk mengolah berbagai macam polutan menarik minat industri untuk menggunakannya.

Pada gambar 2.4. memperlihatkan proses elektrokoagulasi yang sangat kompleks. Dimana koagulan dan produk hidrolisis saling interaksi dengan polutan atau dengan ion yang lain atau dengan gas hidrogen.



Gambar 2.4. Mekanisme dalam elektrokoagulasi (Holt, Barton, Michell., 2001)

Menurut Mollah, et. al., (2004) mekanisme penyisihan yang umum terjadi di dalam elektrokoagulasi terbagi dalam tiga faktor utama, yaitu:

- (a) Terbentuknya koagulan akibat proses oksidasi elektrolisis pada elektroda,
- (b) Destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi, dan
- (c) Agregatisasi dari hasil destabilisasi untuk membentuk flok.

Sedangkan proses destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi dan pemecahan emulsi terjadi dalam tahapan sebagai berikut:

- Kompresi dari lapisan ganda (double layer) difusi yang terjadi disekeliling spesies bermuatan yang disebabkan interaksi dengan ion yang terbentuk dari oksidasi di elektroda.
- Netralisasi ion kontaminan dalam air limbah dengan menggunakan ion berlawanan yang dihasilkan dari elektroda. Dengan adanya ion tersebut menyebabkan berkurangnya daya tolak menolak antar partikel dalam air limbah dan gaya van der Waals sehingga proses koagulasi bisa berlangsung.
- Terbentuknya flok, dimana flok ini terbentuk akibat proses koagulasi sehingga terbentuk *sludge blanket* yang mampu menjebak dan menjembatani partikel koloid yang masih ada di air limbah.

2.5.2 Pelarutan Logam di Elektroda

Pada percobaan elektrokoagulasi, elektroda yang digunakan selalu dihubungkan dengan sumber listrik DC. Jumlah logam yang larut tergantung pada jumlah arus listrik yang mengalir pada elektroda tersebut. Hukum Faraday membuat hubungan antara kuat arus (I) yang mengalir dengan jumlah massa yang terlepas ke larutan, hal ini merupakan pendekatan secara teoritis untuk menghitung jumlah aluminium yang terlepas ke larutan. Adapun rumus dari hukum Faraday adalah sebagai berikut:

$$m = \frac{I.t.MW}{Z.F} \quad (2.1)$$

Dimana:

- m = berat aluminium yang larut (g)
- I = kuat arus yang digunakan (A)
- t = waktu detensi (detik)
- MW = berat molekul aluminium, yaitu 27 g mol
- Z = valensi aluminium, yaitu 3
- F = konstanta Faraday, 96500 C/mol

$$V = I \cdot R \quad (2.2)$$

Dimana:

V = Tegangan (Volt)

I = Kuat Arus (A)

R = Hambatan (Ω)

(Sumber: Chang, 2002)

Jika menggunakan kerapatan arus (A/m^2) maka satuan dari m adalah (g/m^2) Dengan menggunakan persamaan tersebut kita dapat membandingkan antara jumlah logam yang larut secara teoritis dengan percobaan di lapangan. Seringkali diperoleh hubungan yang cukup baik antara hasil percobaan dengan teori.

Salah satu yang dapat menimbulkan ketidak tepatan pengukuran adalah tegangan/potensial yang digunakan pada reaktor elektrokoagulasi. Tegangan yang diukur merupakan gabungan dari tiga komponen (Rajeshshwar dan Ibanes, 2005), yaitu :

$$\eta_{AP} = \eta_K + \eta_{Mt} + \eta_{IR} \quad (2.3)$$

Dimana:

η_{AP} = overpotensial yang digunakan (V)

η_K = overpotensial kinetik (V)

η_{Mt} = overpotensial konsentrasi (V)

η_{IR} = overpotensial yang disebabkan hambatan larutan atau *IR-drop* (V)

IR-drop berkaitan dengan jarak (d dalam cm) antara elektroda, luas permukaan (A dalam m^2) dari katoda dan konduktivitas spesifik dari larutan (K dalam $\mu S/cm$) dan kuat arus (I dalam A) yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\eta_{IR} = \frac{Id}{AK} \quad (2.4)$$

Nilai *IR-drop* dapat diminimalkan dengan cara mengurangi jarak antara elektroda dan meningkatkan luas penampang elektroda serta menaikkan konduktivitas spesifik dari larutan.

Overpotensial konsentrasi (Mt) juga dikenal sebagai tegangan transfer massa atau difusi yang disebabkan perubahan konsentrasi analit yang terjadi di permukaan elektroda akibat reaksi di elektroda tersebut. Overpotensial ini

disebabkan terjadinya perbedaan konsentrasi spesies elektroaktif antara bulk larutan dan permukaan elektroda. Kondisi ini terjadi ketika reaksi elektrokimia yang cukup cepat menurunkan konsentrasi permukaan spesies elektroaktif di bawah larutan bulk. Overpotensial tegangan ini dapat diabaikan ketika konstanta laju reaksi lebih kecil dari koefisien transfer massa. Overpotensial transfer massa dapat dikurangi dengan cara meningkatkan transportasi ion logam dari permukaan anoda ke larutan dan hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan turbulensi dari larutan.

Overpotensial kinetik atau juga disebut potensial aktivasi merupakan penghalang alami energi aktivasi dari reaksi transfer elektron. Overpotensial aktivasi akan menjadi tinggi ketika timbul gas pada elektroda. Selain itu overpotensial kinetik dan konsentrasi akan mengalami peningkatan ketika arus listrik yang mengalir juga meningkat.

2.5.3. Reaksi di Elektroda

Untuk menghasilkan koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda.

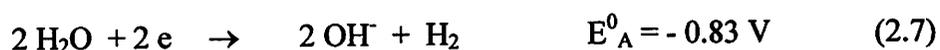
Aluminium merupakan elektroda yang paling banyak digunakan, dimana pada proses elektrokoagulasi terjadi proses pelarutan anodik yang reaksinya adalah sebagai berikut :



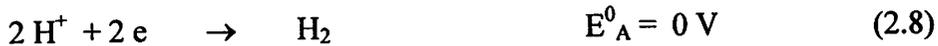
Pembentukan oksigen juga terjadi di anoda (Hudori, 2008) walaupun tidak terdeteksi oleh analisa Przhgorlinskii et al., 1987, reaksinya adalah :



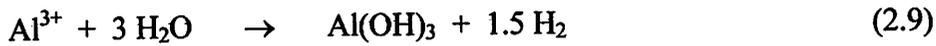
Selain itu secara simultan terjadi reaksi di kutub katoda, biasanya pembentukan gas hidrogen. Reaksi yang terjadi di katoda tergantung pada pH air yang diolah. Pada kondisi netral atau basa, gas hidrogen terjadi dengan reaksi :



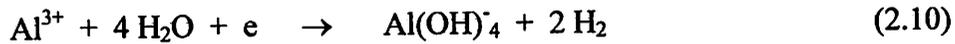
Sedangkan pada kondisi asam, reaksi pembentukan gas hidrogen adalah sebagai berikut :



Untuk penggunaan aluminium pada kedua elektroda, reaksinya adalah sebagai berikut :



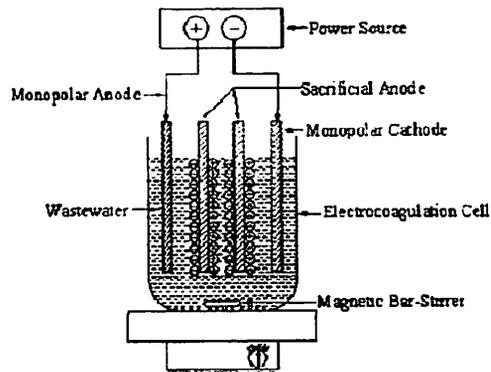
Sedangkan proses pelepasan aluminium pada kutub katoda adalah sebagai berikut:



Persamaan 2.5 sampai 2.8 merupakan reaksi separuh sel yang dominan terjadi pada reaktor dengan anoda aluminium dan katoda logam inert. Potensial dari reaksi yang terjadi tergantung pada bahan yang digunakan pada elektroda dan kondisi larutan

2.5.4. Reaktor Elektrokoagulasi Bipolar

Pada bentuk yang sederhana, reaktor elektrokoagulasi berupa reaktor elektrokimia dengan satu anoda dan satu katoda. Reaktor elektrokoagulasi dapat menggunakan konfigurasi *bipolar*. Pada konfigurasi ini, hanya satu elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif (anoda) dan satu elektroda dihubungkan dengan dengan kutub negatif (katoda). Ketika arus listrik dialirkan melalui dua elektroda, maka elektroda yang tidak dialiri akan berubah dari kondisi netral menjadi dua kutub yang berbeda pada masing-masing sisi, yaitu sisi yang menghadap kutub positif menjadi negatif dan sisi yang menghadap kutub negatif menjadi positif. Elektroda yang memiliki sifat seperti ini disebut *bipolar*. Rangkaian seperti ini membuat reaktor elektrokoagulasi menjadi lebih sederhana dan mudah dalam perawatannya (Mollah, et.al, 2004). Menurut Rajeshwar dan Ibanez (2005) elektrokoagulasi bipolar memiliki keuntungan memerlukan daya listrik yang rendah dan menghasilkan medan magnetik yang kecil sehingga mengurangi terbentuknya lapisan pada elektroda.



Gambar 2.3. Reaktor elektroda dengan konfigurasi *bipolar* (Mollah, 2001)

Menurut mollah (2001) untuk menghasilkan efisiensi pengolahan yang maksimum maka dalam mendesain reaktor elektrokoagulasi perlu mempertimbangkan beberapa faktor berikut ini :

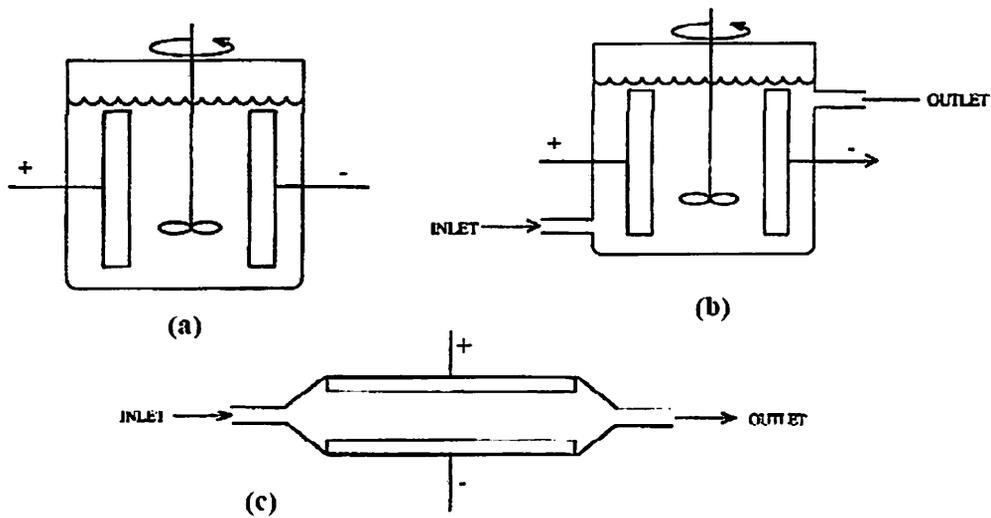
- IR-drop antar elektroda harus diminimalkan
- Akumulasi gas O_2 dan H_2 dipermukaan elektroda harus diminimalkan
- Penghalang proses transfer massa melewati daerah antar elektroda harus diminimalkan.

Sedangkan nilai IR-drop tergantung pada :

- Konduktivitas dari larutan elektrolit
- Jarak antar dua elektroda
- Bentuk geometri dari elektroda

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dapat dilakukan beberapa cara, seperti: menggunakan larutan dengan konduktivitas yang tinggi, dan mengurangi jarak antar elektroda.

Sebagai bagian dari reaktor elektrokimia maka reaktor elektrokoagulasi dapat dibedakan berdasarkan mode pengoperasian, yaitu reaktor batch (SBR), reaktor aliran tersumbat (PFR) dan reaktor teraduk kontinu (CSTR). Skema dari reaktor tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.6. Skema Reaktor Elektrokimia (a) *Single Batch Reactor* (b) *Continuous Stirred Tank Reactor* (c) *Plug Flow Reactor*

2.5.5. Proses Elektrokoagulasi dengan Pengadukan Cepat

Proses elektrokoagulasi dengan pengadukan cepat merupakan faktor kunci dalam elektrokoagulasi, proses ini menggambarkan interaksi antara koagulan dengan bahan polutan yang hendak diolah. Prinsip dari pengadukan cepat dengan elektroda adalah destabilisasi partikel koloid dengan cara mengurangi semua gaya yang mengikat, kemudian menurunkan energi penghalang dan membuat partikel menjadi bentuk flok. Pada reaktor elektrokoagulasi, mekanisme yang dominan akan bervariasi tergantung kondisi pengoperasian reaktor, jenis dan konsentrasi polutan dan konsentrasi koagulan.

Elektrokoagulasi dapat dibandingkan dengan koagulasi kimiawi untuk menunjukkan efisiensi dan keuntungannya. Pada koagulasi kimiawi, bahan kimia yang ditambahkan sebagai koagulan yang berbentuk garam dan di dalam elektrokoagulasi larutan akan mengalami disosiasi melalui hidrolisis dari kation aluminium (dan berhubungan dengan anion larutan) yang diukur dengan kondisi larutan dan nilai pH. Penambahan aluminium sulfat pada koagulasi kimiawi akan membuat air menjadi asam sedangkan pada penambahan aluminium pada elektrokoagulasi yang tidak menyebabkan disosiasi pada anion garam di larutan,

akan menyebabkan nilai pH relatif stabil dalam kisaran basa (Koparal and Ogutveren, 2002).

Pada elektrokoagulasi, stabilitas polutan diukur dari karakteristik fisik kimia dari polutan tersebut. Polutan tersusun atas partikel bermuatan yang sama yang terikat satu dengan lainnya dan dengan gaya repulsive menyebabkan menjadi stabil. Proses perubahan ion yang berlawanan menjadi polutan yang bermuatan akan membentuk lapisan ganda elektrik (*electric double layer*) yang disebut lapisan diffuse dan Stern (Holt , 2002). Repulsif elektrostatis diantara lapisan ganda elektrik akan membuat partikel terpisah, sedangkan gaya van der Waals akan menyatukan partikel tersebut.

Untuk memperoleh pemisahan yang kecil, terlebih dahulu dibutuhkan energi barrier yang repulsif. Zeta potensial dapat digunakan untuk mengukur secara eksperimen muatan efektif dari partikel untuk bergerak dalam larutan, hal ini merupakan indikator langsung dari stabilitas larutan (Letterman et al., 1999). Sedangkan Holt et al., (2002) melaporkan pada pengukuran di reaktor yang batch nilai titik isoelektrik berkaitan dengan tingkat removal polutan yang tinggi. Oleh sebab itu, pengukuran zeta potensial dapat menunjukkan karakteristik penting dari sistem elektrokoagulasi (Clemens, 1981; Ramirez, 1982) dan juga menunjukkan indikasi dari stabilitas dan indikasi kemungkinan mekanisme koagulasi yang terjadi.

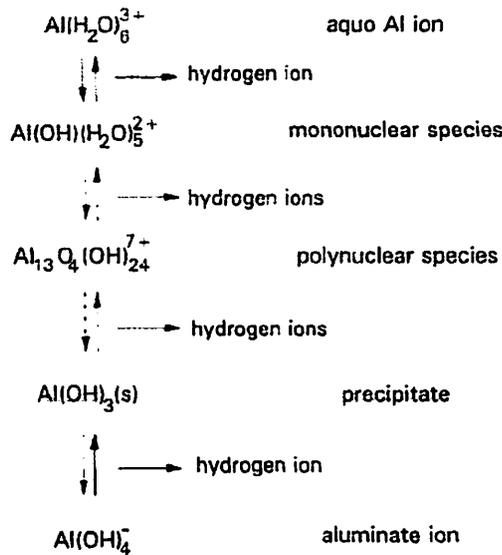
Aluminium merupakan logam yang sering digunakan sebagai anoda dalam proses elektrokoagulasi. Ion positif (kation) aluminium yang terlepas (tergantung pada kondisi polutan, pH dan konsentrasi larutan) secara langsung akan berinteraksi dengan polutan dan akan terjadi hidrolisa membentuk kompleks hidro-aluminium atau juga terjadi presipitasi. Proses pembentukan kation ini sangat penting untuk dapat memahami mekanisme elektrokoagulasi.

Thermodynamika dapat digunakan untuk mengukur dan menghitung zat yang bereaksi dalam larutan. Adapun reaksi yang terjadi pada aluminium ketika terlepas ke larutan adalah sebagai berikut :



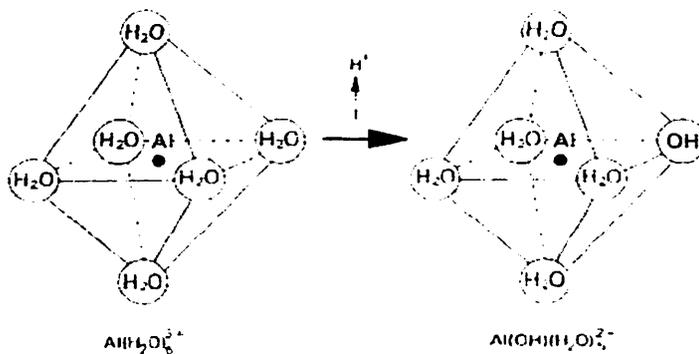


Reaksi tersebut menggambarkan reaksi yang sederhana dari ion aluminium dalam air karena setelah itu terjadi reaksi spontan yang menghasilkan dimetrik, trimerik dan polynuclear (Gambar 2.7).



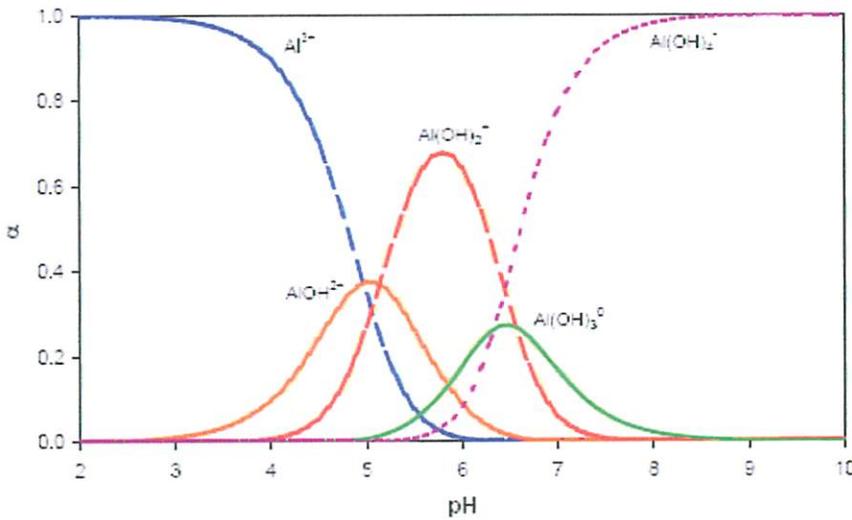
Gambar 2.7 Reaksi hidrolisa ion aluminium (Letterman, 1999)

Pada awalnya ion logam aluminium di dalam air akan mengikat enam atom oksigen dari air disekelilingnya dan ikatan atom oksigen hidrogen pada air relatif lemah menyebabkan ion H^+ terlepas atau mengalami deprotonasi (Gambar 2.8).



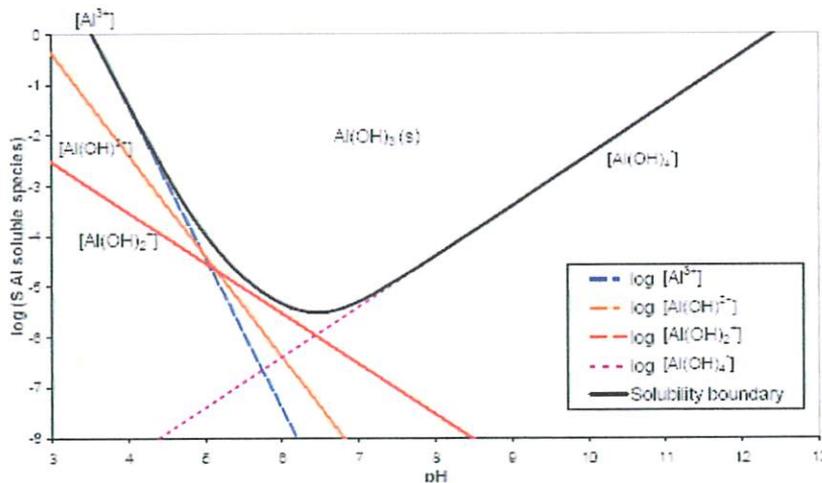
Gambar 2.8 Deprotonasi ion aquo aluminium (Letterman, 1999)

Dengan memperhatikan hanya pembentukan mononuclear, jumlah aluminium dalam larutan (α) dengan nilai pH pada larutan dapat digambarkan dengan grafik dibawah ini. Dimana pada diagram tersebut, distribusi yang ada menggambarkan proses hidrolisis yang tergantung pada konsentrasi total dari logam dan pH larutan.



Gambar 2.9 Diagram distribusi Al-H₂O untuk mononuklear (Holt, 2002)

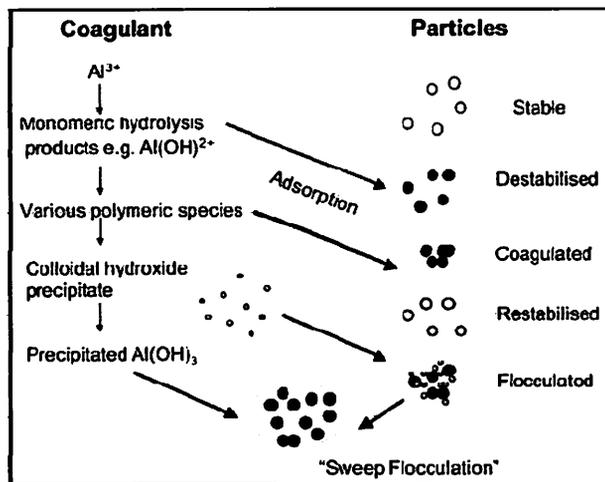
Sedangkan untuk kelarutan dari aluminium hidroksida, Al(OH)_{3(s)} dapat dilihat pada diagram berikut ini.



Gambar 2.10. Diagram kelarutan dari Aluminium hidroksida (Holt, 2002)

Batas kelarutan ditentukan oleh kesetimbangan termodinamika yang terjadi diantara kandungan aluminium yang dominan di larutan pada pH yang diberikan dengan padatan aluminium hidroksida. Minimum kelarutan (yaitu 0,03 mg Al/L) terjadi pada pH 6.3, dan nilai kelarutan bertambah apabila larutan menjadi semakin asam atau basa.

Sehingga kation logam aktif yang diproduksi pada anoda akan bereaksi dengan ion hidroksida yang diproduksi di katoda untuk membentuk logam hidroksida yang akan berfungsi sebagai agen koagulan. Ketika berinteraksi dengan partikel polutan, logam hidroksida akan membentuk agregat yang memungkinkan untuk mengalami pengendapan atau juga dapat terbawa oleh gelembung gas hidrogen (yang dihasilkan di katoda) ke permukaan. Pada penambahan koagulan, presipitasi logam dari aluminium hidroksida menyebabkan removal polutan melalui mekanisme *sweep coagulation* (Gambar 2.11).



Gambar 2.11. Proses *sweep coagulation* (Duan, 2003)

Prinsip dari pengadukan cepat dengan elektroda adalah destabilisasi partikel koloid dengan cara mengurangi semua gaya yang mengikat, kemudian menurunkan energi penghalang dan membuat partikel menjadi bentuk flok. Proses ini tergantung pada karakteristik fisik dan kimia dari larutan, serta jenis polutan.

Kation logam aktif yang diproduksi pada anoda akan bereaksi dengan ion hidroksida yang diproduksi di katoda untuk membentuk logam hidroksida yang akan berfungsi sebagai agen koagulan. Ketika berinteraksi dengan partikel polutan,

logam hidroksida akan membentuk agregat yang memungkinkan untuk mengalami pengendapan atau juga dapat terbawa oleh gelembung gas hidrogen (yang dihasilkan di katoda) ke permukaan.

Pada tahap ini diperlukan proses pengadukan cepat. Proses pengadukan cepat dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut (Masduqi dan Slamet, 2002):

- Pengadukan Mekanis

Memerlukan energi/daya untuk pengadukan, tidak tergantung aliran, serta besar turbulensi tergantung pada daya motor. Jenis-jenis pengadukan mekanis:

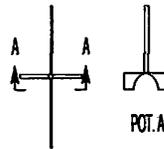
- *Turbine*

Memiliki karakteristik :

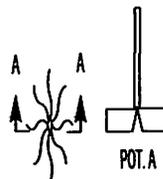
- Diameter 30-50 % dari lebar bak/diameter bak.
- Kecepatan putaran 10-150 rpm.
- Letak dari dasar tangki 1 D.
- Lebih efektif karena turbulensi tinggi.

Sketsa gambar dan jenis turbine :

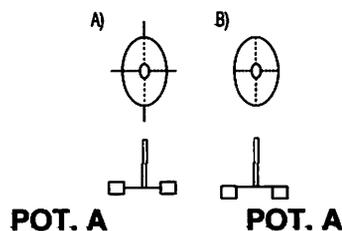
Straight Blades



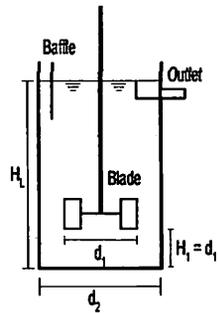
Curved Blades



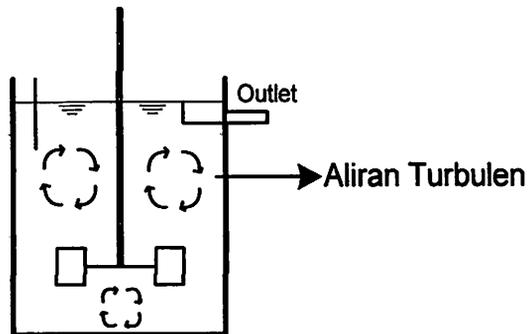
Vaned Disc



Sketsa penempatan :



Sketsa arus :

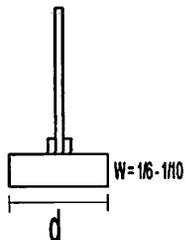


➤ *Paddle*

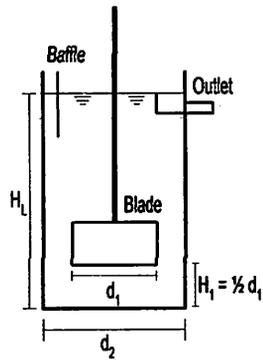
Memiliki karakteristik :

- Diameter 50-80 % dari bak / lebar bak.
- Lebar paddle 1/6 - 1/10 diameter.
- Letak dari dasar tangki 1/2 D.
- Kecepatan 20-50 rpm.

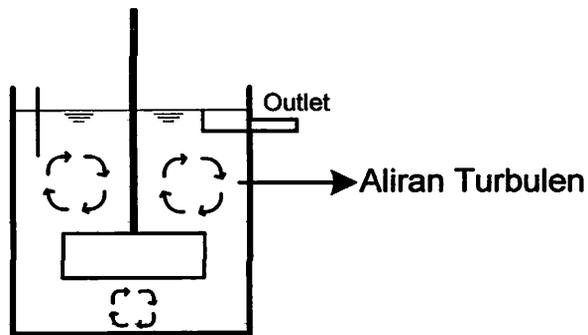
Sketsa gambar :



Sketsa penempatan :



Sketsa arus :

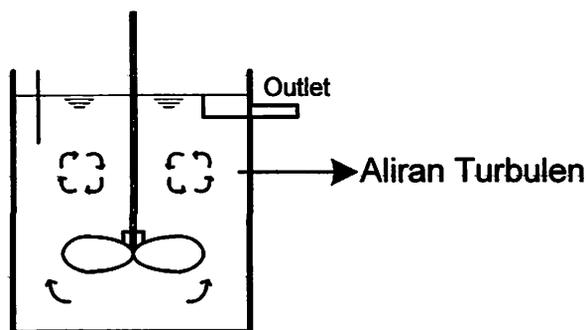


➤ *Propeller Impeller*

Memiliki karakteristik :

- Kecepatan 400-1750 rpm.
- Diameter 18 inc.
- Untuk bak besar lebih efektif karena putarannya tinggi.

Sketsa arus :



Gradien kecepatan pengadukan secara mekanis :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (2.15)$$

Dimana :
 G = gradien kecepatan (dt^{-1}).
 P = power atau daya ($kg.m^2/dt^3$ atau watt).
 μ = viskositas dinamik ($gr/m.dt$).
 V = Volume reaktor (m^3).

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (2.16)$$

Dimana :
 ν = viskositas kinematis (m^2/dt).
 ρ = densitas cairan

Sedangkan Power atau tenaga penggerak pada sistem *paddle* dapat ditentukan dengan :

$$P = \frac{n}{8} C_D \rho (1 - k_2)^3 (2\pi N)^3 (R_1^4 - R_0^4) b \quad (2.17)$$

Dimana :
 P = power/daya ($kg.m^2/dt^3$ atau watt).
 n = jumlah paddle.
 C_D = koefisien drag (tergantung Nre).
 ρ = densitas cairan
 k_2 = ratio antara kecepatan air terhadap kecepatan paddle ($V_{air} > V_{paddle}$).
 R_1 = jari-jari ujung luar paddle dari pusat (m)
 R_2 = jari-jari sebelah dalam paddle dari pusat (m).

- Pengadukan Hidraulis

Pada pengadukan ini besar turbulensi tergantung perbedaan muka air, dan tergantung pada besar aliran.

$$P = g \cdot Q \cdot H \quad (2.18)$$

Sehingga :

$$G = \left(\frac{gQH}{\nu V} \right)^{0.5} \quad (2.19)$$

atau

$$G = \left(\frac{gQH}{\nu td} \right)^{0.5} \quad (2.20)$$

- Dimana :
- P = power/daya (watt).
 - G = gradien kecepatan (dt^{-1}).
 - g = kecepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/dt^2$).
 - H = head atau headloss sistem (m).
 - Q = debit yang diolah (m^3).
 - ν = viskositas kinematis (m^2/dt).
 - V = Volume reaktor (m^3).
 - td = waktu detensi air dalam bak.

- Pengadukan dengan udara/diffuser

Formula yang digunakan pada unit pengadukan dengan udara adalah sebagai berikut :

$$P = m C_p \Delta T \quad (2.21)$$

- Dimana :
- P = power/daya (N m/dt atau watt).
 - m = debit udara yang ditransfer (kg/dt).
 - C_p = specific heat udara pada tekanan konstan (Joule/kg. $^{\circ}$ K).
 - ΔT = perubahan temperatur pada compressor (inlet dan outlet).

Untuk udara C_p mendekati angka 1005 Joule/kg. $^{\circ}$ K, dengan densitas udara $1,23 \text{ kg}/m^3$, dan Q_a adalah debit udara, sehingga P dapat disederhanakan menjadi :

$$P = 1236 Q_a \Delta T \quad (2.22)$$

Harga ΔT dapat dihitung dengan persamaan :

$$\frac{\Delta T}{T} = \left(\frac{P_o}{P_i} \right)^{\gamma-1} - 1$$

Dimana :

- γ = ratio specific heat pada tekanan konstan dan volume konstan.
- p_o = tekanan di inlet (N/m^2).
- p_i = tekanan di outlet (N/m^2).
- T = temperatur gas di inlet.

Dapat juga menggunakan persamaan dengan mempertimbangkan volume udara yang terdifusi dalam air dengan kedalaman kolom air H :

$$P = \rho g H Q_a \left(\frac{10,3}{H/2 + 10,3} \right) \quad (2.23)$$

Kecepatan gelembung udara mengikuti hukum stoke :

$$V = 1/18 g b^2 (\rho_{udara} - \rho_{air}) / \mu \quad (2.24)$$

Dimana b adalah diameter gelembung udara ($b > 0,13$ mm). Hasil perkalian akan negatif yang berarti gelembung bergerak ke atas. Untuk $N_{re} < 1$ harga gradien kecepatan G dapat didekati dengan persamaan (Camp, 1955) :

$$G_{max} = g b (\rho_{udara} - \rho_{air}) / 6\mu \quad (2.25)$$

Untuk $b = 0,13$ mm diperoleh $G = 192$ per detik.

2.5.6. Proses Pengadukan Lambat

Pengadukan dengan G (gradien kecepatan) rendah mempunyai tujuan sebagai berikut:

- Memberi kesempatan partikel hasil koagulasi untuk saling mengikat menjadi flok-flok yang lebih besar agar bisa mengendap pada bak sedimentasi.
- Memudahkan flokulen dengan “benang-benangnya untuk mengikat flok-flok yang ukurannya kecil menjadi ikatan flok yang ukurannya semakin besar
- Mencegah pecahnya kembali ikatan flok-flok tersebut.

Efektifitas proses pengadukan lambat tergantung pada:

- intensitas pengadukan
- waktu detensi pengadukan (5 – 20 menit)

Ada beberapa jenis flokulasi yaitu flokulasi secara mekanis, hidrolis dan pneumatis. Pengaduk mekanis lebih sering digunakan dari pada hidrolis karena lebih mudah disesuaikan dengan variasi debit, suhu dan kualitas air baku.

Komponen pengaduk lambat mekanis diantaranya adalah: impeller, motor, controller, reducer, sistem transmisi, shaft dan bearing.

Dalam penelitian ini digunakan pengadukan mekanis dengan *Paddle* dan memiliki karakteristik :

- Diameter 50-80 % dari bak / lebar bak.
- Lebar paddle 1/6 - 1/10 diameter.
- Letak dari dasar tangki ½ D.
- Kecepatan 100-200 rpm untuk pengadukan cepat dan 40-50 rpm untuk pengadukan lambat.

Gradien kecepatan pengadukan secara mekanis :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}} \quad (2.26)$$

Dimana :

- G = gradien kecepatan (dt^{-1}).
- P = power atau daya ($kg.m^2/dt^3$ atau watt).
- μ = viskositas dinamik ($gr/m.dt$).
- V = Volume reaktor (m^3).

$$\mu = \nu \cdot \rho \quad (2.27)$$

Dimana :

- ν = viskositas kinematis (m^2/dt).
- ρ = densitas cairan

Flokulasi ditentukan oleh jumlah tumbukan partikel (proses pembentukan flok), yaitu Gtd, seperti terlihat pada table berikut:

Jenis Flokulasi	G (/detik)	Gtd (x1000)
Penurunan kekeruhan dan warna (tanpa resirkulasi)	2 – 100	20 – 150
Penurunan kekeruhan dan warna (dengan resirkulasi)	75 – 175	125 – 200
Penurunan kesadahan	130 – 200	200 - 250

Sumber: Masduki dan Slamet, 2002.

2.5.7. Proses Sedimentasi

Sedimentasi merupakan tempat terjadinya pemisahan partikel padat secara gravitasi. Efisiensi removal dari partikel tersuspensi dipengaruhi oleh luas permukaan bak (A_s) dan kecepatan pengendapan partikel (V_s), dan prinsip utama dari desain sedimentasi adalah kecepatan horizontal (V_o) partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapannya (V_s). Bak sedimentasi secara umum terdiri dari empat zona (bagian), yaitu :

1. Zona Inlet

Pada zona ini terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ dari panjang bak). Prinsip dari zona inlet ini sebagai berikut :

- Influen terdispersi secara *uniform* ke bagian zona settling.
- Kecepatan influen berkurang, diupayakan dalam zona settling mengalami aliran laminar.

2. Zona Settling

Pada zona ini diharapkan terjadi aliran laminar agar partikel diskrit dapat mengendap dengan sempurna. Beberapa hal ketentuan yang terdapat dalam zona ini yaitu :

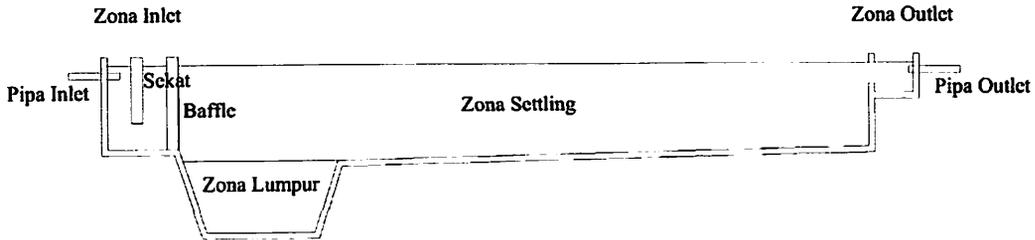
- $V_s < V_o$, maka tidak akan terjadi pengendapan partikel diskrit 100%.
- $V_s = V_o$, maka akan terjadi pengendapan partikel diskrit 100%.
- $V_s > V_o$, maka akan mudah terjadi pengendapan partikel diskrit 100%.

3. Zona Sludge

Pada zona ini digunakan sebagai tempat untuk menampung material yang mengendap. Waktu pengurasan dapat ditentukan sesuai dengan banyaknya lumpur yang terendapkan dengan membandingkan kapasitas ruang penampung.

4. Zona Outlet

Pada zona ini digunakan untuk mengalirkan air ke unit berikutnya.



Gambar II.12 Sedimentasi

Kecepatan Mengendap Partikel

$$V_s = \left[\frac{4}{3} \frac{g(S_s - 1) dp}{C_D} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.28)$$

Dimana :

- V_s = kecepatan mengendap partikel (m/dt).
- g = kecepatan gravitasi (m/dt^2).
- S_s = specific gravity partikel.
- C_D = koefisien drag.
- dp = diameter partikel (m).

$$C_D = \frac{b}{Nre^n} \quad (2.29)$$

Untuk aliran laminer, $C_D = \frac{24}{Re}$, maka diperoleh :

$$V_s = \frac{1}{18} \frac{g(S_s - 1) dp^2}{\nu} \quad (2.30)$$

Untuk aliran transisi, $C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{Re^{1/2}} + 0,34$

Untuk aliran turbulen, $C_D = 0,4$, maka diperoleh :

$$V_s = [3,3 g(S_s - 1) dp]^{\frac{1}{2}} \quad (2.31)$$

Berdasarkan Kurva Performance

Pendekatan praktis dilakukan dengan kurva performance atau dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{Y}{Y_0} = 1 - \left(1 + \frac{n V_0}{Q/A}\right)^{-1/n} \quad (2.32)$$

(Sumber : Masduki dan Slamet, 2002)

2.6 Metode Pengolahan Data

2.6.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

2.6.2 Analisis Korelasi

Koefisien korelasi Pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan linear antara 2 variabel. Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat, maka variabel dikatakan berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. sebaiknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

$$p\text{-Value} < \alpha .$$

untuk membuat interpretasi analisis korelasi, ada beberapa hal yang harus diingat, yaitu :

1. koefisien korelasi hanya mengukur hubungan linier. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.
3. kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

2.6.3 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel predictor
- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel predictor terhadap variabel respon.
- Model regresi berguna untuk memperkirakan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

Model regresi memiliki variabel respon (y) dan variabel prediktor (x). Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Variabel respon sering dikenal variabel dependen karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan sering disebut variabel independent karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

Kedua variabel dihubungkan dalam bentuk persamaan matematika. Secara umum, bentuk persamaan regresi dinyatakan sebagai berikut :

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \epsilon$$

2.6.4 Pengantar Desain Eksperimen

Desain eksperimen berperan penting dalam mengembangkan proses dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan dalam proses agar kinerja proses meningkat. Desain eksperimen dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel input (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan output (respon).

2.6.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen (Iriawan dan Astuti, 2006) :

1. Mengenal permasalahan
2. Memilih faktor dan level
3. Menentukan faktor dan level
4. Memilih metode desain eksperimen
5. Melaksanakan eksperimen
6. Analisa Data
7. Membuat suatu keputusan

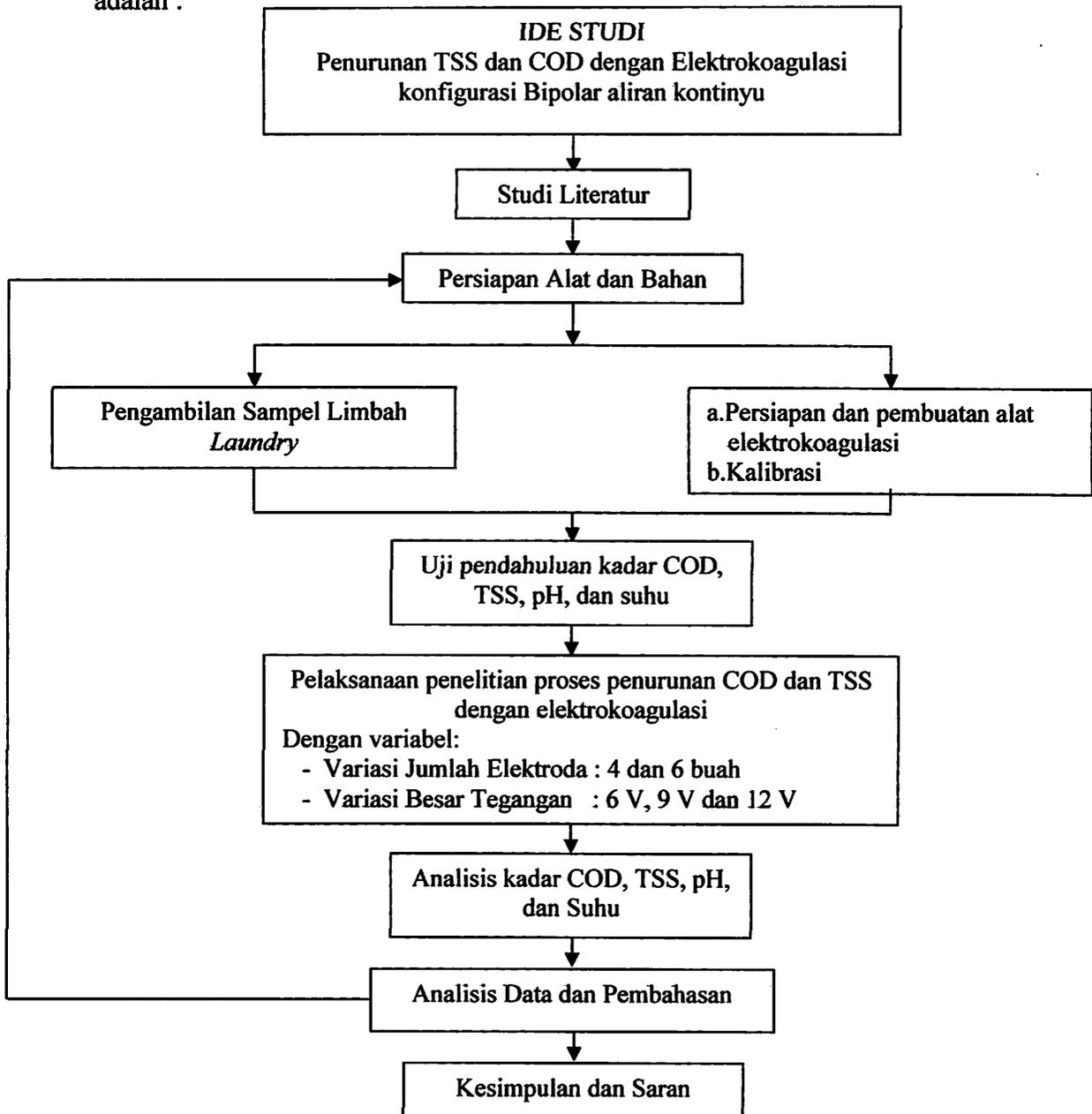
2.7.4.2 Analysis of Variance

Analysis of Variance atau sering dikenal ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (dependen) dengan 1 atau beberapa variabel prediktor (independent). ANOVA sama dengan regresi, tetapi skala data variabel independen adalah data kategori yaitu skala ordinal atau nominal. Lebih lanjut ANOVA tidak mempunyai nominal (Iriawan dan Astuti, 2006).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian skripsi Penurunan COD dan TSS Pada Limbah *Laundry* Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar aliran Kontinyu adalah :



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.2 Ide Studi

Ide studi skripsi ini muncul karena adanya permasalahan yang timbul dari limbah cair yang dihasilkan suatu industri *laundry*, dimana mengandung padatan tersuspensi dan kandungan organik yang tinggi serta penggunaan air yang tinggi. Sehingga jika limbah ini dibuang secara percuma tanpa ada pengolahan dapat mencemari lingkungan disekitarnya. Diperlukan suatu sistem pengolahan yang sederhana namun memiliki kualitas yang baik. Salah satu teknologi alternatif yang dapat dipakai adalah teknologi elektrokoagulasi konfigurasi bipolar.

3.3 Studi Literatur

Meliputi pengumpulan sumber informasi yang diperlukan untuk melakukan analisis data dan mendasari pelaksanaan studi. Jenis literatur yang dipelajari antara lain buku teks, laporan penelitian, jurnal, dan lain-lain.

3.4 Variabel Penelitian

Beberapa variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel respon (y) : COD dan TSS
2. Variabel prediktor (x) :
 - a. Jumlah Elektroda : 4 dan 6 buah
Kriteria design untuk jumlah elektroda pada elektrokoagulasi bipolar minimal 3 buah (Holt, Barton, Michell, 2004).
 - b. Besar Tegangan : 6 V, 9 V, dan 12 V
Besar tegangan disesuaikan dengan tegangan pada adaptor yang tersedia di pasaran yaitu 3 – 13,5 V.
 - c. Waktu operasi reaktor elektrokoagulasi selama 90 menit dengan pengambilan sampel pada menit ke 12, 35, dan 90.
 - Pengambilan sampel menit ke 12 untuk mewakili bak pengadukan cepat dengan waktu detensi 10 menit.
 - Pengambilan sampel menit ke 35 untuk mewakili bak pengadukan lambat dengan waktu detensi 20 menit.

- Pengambilan sampel menit ke 90 untuk mewakili bak sedimentasi dengan waktu detensi 60 menit.
- d. Jarak Elektroda : 1 cm
Kriteria desain jarak antar elektroda dalam elektrokoagulasi adalah 5 mm – 25 mm (Heis, 2008).
- e. Jenis Elektroda : Aluminium
Untuk jenis elektroda digunakan aluminium, karena aluminium merupakan logam yang mudah mengalami reduksi maupun oksidasi selain itu juga merupakan logam inert (Chang, 2002).
- f. Konfigurasi : Bipolar

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat-Alat Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa peralatan sederhana yang mempunyai ukuran untuk skala laboratorium, yaitu :

- Bak penampung

Bak penampung disini berfungsi untuk menampung dan menyetarakan debit sesuai dengan yang direncanakan.

- Reaktor

Reaktor pada elektrokoagulasi menggunakan tiga bak yaitu:

- Bak Elektrokoagulasi dengan Pengaduk cepat

Bak pengaduk cepat dengan elektroda disini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses elektrolisis atau pertukaran elektron. Desain bak ini menyerupai bak koagulasi dimana menggunakan pengadukan cepat yaitu 200 rpm dengan td 10 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi adalah 10-30 menit (Holt, Barton dan Michell, 2004).

- Bak Pengaduk lambat

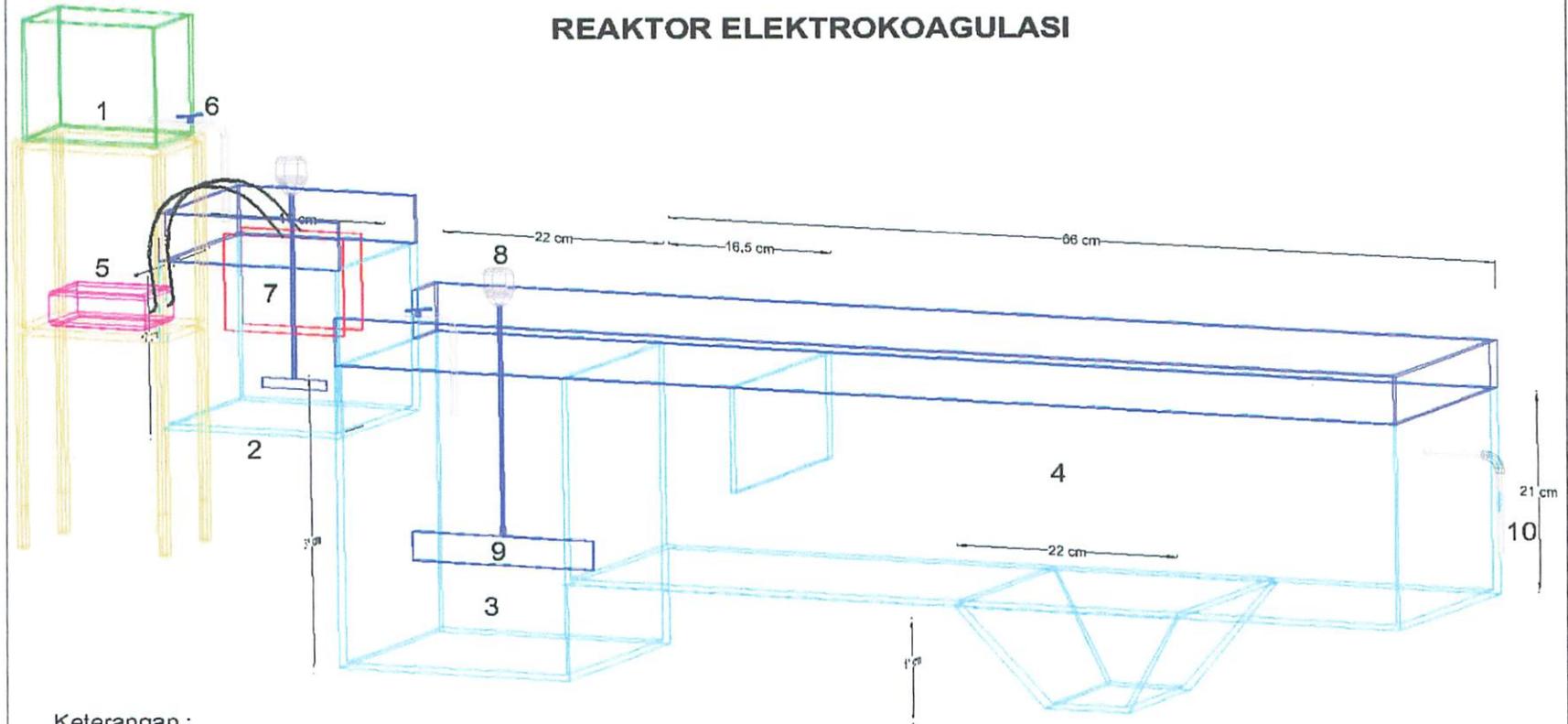
Bak Pengaduk lambat disini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses flokuasi dimana merupakan kelanjutan dari proses koagulasi yang fungsi utama dari proses ini adalah memberikan waktu untuk pembentukan partikel flokulen dengan cara pengadukan lambat yaitu 40

rpm dengan td 20 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi adalah 20-30 menit (Masduqi dan Slamet, 2002).

- **Bak sedimentasi**

Bangunan sedimentasi berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses pengadukan cepat dengan elektroda dan flokuasi. Dimana td yang direncanakan 60 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi 60 menit (Masduqi dan Slamet, 2002).

REAKTOR ELEKTROKOAGULASI



Keterangan :

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| 1. Bak Penampung | 6. Valve |
| 2. Bak Flashmix dengan elektroda | 7. Elektroda |
| 3. Bak Slowmix | 8. Rotor |
| 4. Bak Sedimentasi | 9. Paddle |
| 5. Adaptor | 10. Effluent |

➤ **Adaptor Regulator**

Adaptor regulator berfungsi sebagai pensuplai arus listrik pada kedua elektroda. Arus listrik yang terjadi berupa arus searah, yang pada outputnya mengalir arus listrik dengan muatan yang berbeda.

➤ **Stavolt**

Stavolt berfungsi sebagai penstabil arus listrik yang terjadi pada waktu proses elektrokoagulasi.

➤ **Elektroda**

Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari adaptor menuju larutan sampel, sehingga dapat terjadi proses elektrolisis. elektroda ini memiliki ukuran 14 x 10 x 0,2 cm.

Alat ini terdiri dari dua macam elektroda, yaitu:

▪ **Elektroda negatif (katoda)**

Katoda merupakan elektroda yang berisi arus listrik bermuatan negatif oleh adaptor. Variasi katoda yang dipakai adalah Aluminium.

▪ **Elektroda positif (anoda)**

Anoda merupakan elektroda yang diberi arus listrik bermuatan positif oleh adaptor. Anoda yang digunakan adalah Aluminium.

➤ **pH meter**

Pengukuran pH diperlukan karena besar laju arus listrik dalam larutan sangat dipengaruhi oleh pH.

➤ **Thermometer**

Digunakan thermometer pengukur suhu dari raksa dengan kapasitas maksimum 110 °C. Penggunaan thermometer ini untuk mencatat perubahan suhu yang terjadi selama proses elektrokoagulasi berlangsung.

➤ **Stopwatch**

Digunakan stopwatch digital untuk mencatat waktu pengambilan sampel.

3.5.2 Bahan penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel asli industri *laundry* yang mengandung COD dan TSS Di kawasan Sumbersari, Kota Malang.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

Pada awal tahap penelitian dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal sampel yang akan diolah. Parameter yang dianalisis adalah TSS, COD, pH dan suhu.

Setelah dilakukan uji kualitas sampel awal, kemudian dilakukan proses elektrokoagulasi dengan menggunakan variasi besar tegangan dan jumlah elektroda dengan tahapan proses sebagai berikut :

- Melakukan kalibrasi alat sebanyak 3 kali pengulangan yaitu pada motor pengaduk unit pengadukan cepat dengan elektroda dan flokulasi serta debit yang dialirkan oleh bak penampung.
- Memasang katoda dan anoda serta rangkaian listrik pada elektroda.
- Menyiapkan sampel limbah cair yang akan diolah, kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung limbah.
- Menyalakan suplai listrik dari adaptor, serta menyalakan alat pengaduk pada bak pengaduk cepat dengan elektrokoagulasi dan bak pengaduk lambat.
- Pada menit 12, 35, dan 90 mengambil sampel untuk dianalisis meliputi parameter COD dan TSS.
- Melakukan pergantian variasi jumlah elektroda (4 dan 6 buah) dan pengaturan variasi besar tegangan (6 V, 9 V, dan 12 V).

3.7 Analisis Parameter uji

3.7.1 Analisis COD

Dalam menganalisis COD digunakan metode *closed reflux titrimetric*. Prinsip pengukuran dengan cara ini adalah senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150°C selama ± 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan fero amonium sulfat (FAS) memakai indikator ferroin. Materi organik yang teroksidasi akan dikalkulasi dalam bentuk ekivalensi oksigen (Alaerts dan Santika, 1987).

3.7.2 Analisis TSS

Metode yang digunakan dalam menganalisis TSS adalah metode gravimetri. Prinsip metode gravimetri adalah bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi (TSS) (Alaerts dan Santika, 1987).

3.8 Analisis Data

Data hasil percobaan yang didapat, dilakukan analisis data dengan metode analisis deskriptif, uji korelasi, uji regresi dan uji anova. Analisis deskriptif ditujukan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Analisis korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya antara variabel besar tegangan dan jumlah elektroda terhadap penurunan COD dan TSS. Analisis regresi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel besar tegangan dan jumlah elektroda dapat memprediksi penurunan COD dan TSS. Analisis varian (anova) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan nyata atau tidak secara statistik antara dua variasi yang dilakukan (variabel besar tegangan dan jumlah elektroda) terhadap penurunan COD dan TSS pada limbah *laundry*.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran diperoleh dari hasil pembahasan, serta analisis data penurunan COD dan TSS pada limbah *laundry*.

BAB IV
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Industri *Laundry*

Air limbah industri *laundry* yang digunakan dalam penelitian diambil dari industri *laundry* di Kelurahan Sumbersari Kota Malang. Selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristik dari air limbah. Tabel 4.1 berikut menunjukkan karakteristik air limbah industri *laundry* dibandingkan dengan baku mutu limbah cair menurut Kepgub. Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Industri *Laundry*

No	Parameter	Kadar	Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II
1	TSS (mg/l)	333,5	200
2	COD (mg/l)	668,9	300
3	pH	8,34	6-9
4	Suhu (⁰ C)	26	40

Sumber : Hasil Penelitian, 2009.

Tabel 4.1 diatas menunjukkan kualitas air buangan tidak memenuhi untuk parameter COD dan TSS jika dibandingkan dengan standar baku mutu limbah cair menurut Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II. Apabila dengan kondisi limbah seperti ini langsung dibuang ke badan air maka akan dapat menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di badan air sehingga terjadinya kematian biota-biota air termasuk ikan (Alaerts dan Santika, 1987). Untuk itu dalam penelitian dicoba pengolahan air limbah industri *laundry* menggunakan elektrokoagulasi konfigurasi bipolar sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak mencemari lingkungan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

4.2. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis data dengan cara mendeskriptifkan data yang telah terkumpul tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini analisis deskriptif menggunakan rata-rata data atau mean sebagai ukuran pemusatan data.

4.2.1 Analisis Deskriptif COD

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir COD menunjukkan bahwa, elektrokoagulasi konfigurasi bipolar mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.4, dan 4.6.

4.2.1.1 Menit ke-12

Tabel 4.2. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)
1	668,9	4	6	26	9,58	560,12
2	668,9		9	26	9,80	545,61
3	668,9		12	25	9,96	526,87
4	668,9	6	6	26	8,51	594,53
5	668,9		9	26	9,17	573,51
6	668,9		12	26	9,41	551,02

Sumber : Hasil penelitian, 2009.

Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{668,9 - 560,12}{668,9} \times 100\%$$

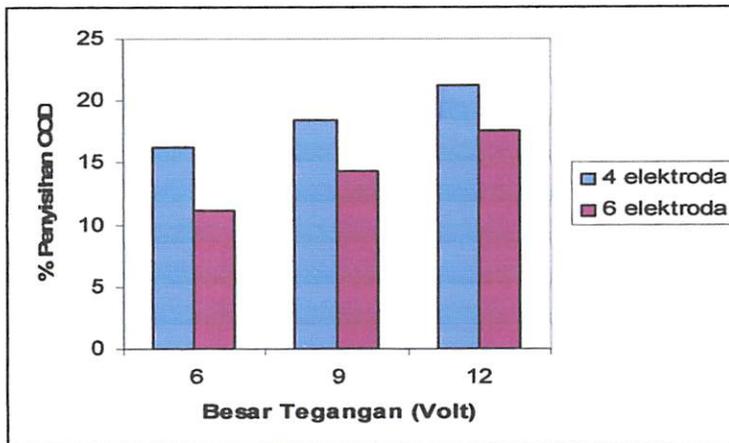
$$\% \text{ Penyisihan} = 16,26 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.3 dan gambar 4.1

Tabel 4.3 Data Persentase Penyisihan Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase penyisihan COD (%)
1	668,9	4	6	560,12	16,26
2	668,9		9	545,61	18,43
3	668,9		12	526,87	21,23
4	668,9	6	6	594,53	11,12
5	668,9		9	573,51	14,26
6	668,9		12	551,02	17,62

Sumber : Hasil penelitian, 2009.



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan COD

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt sebesar 11,12 % dan tertinggi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt sebesar 21,23 %.

4.2.1.2 Menit ke-35

Tabel 4.4. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)
1	668,9	4	6	25	9,18	500,74
2	668,9		9	25	9,25	488,80
3	668,9		12	25	9,31	471,03
4	668,9	6	6	25	8,36	507,22
5	668,9		9	25	8,90	492,15
6	668,9		12	25	9,67	482,34

Sumber : Hasil penelitian, 2009.

Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{668,9 - 500,74}{668,9} \times 100\%$$

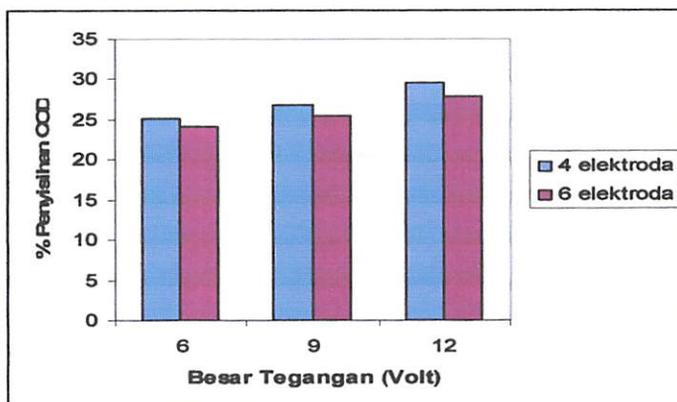
$$\% \text{ Penyisihan} = 25,14 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.2

Tabel 4.5 Data Persentase Penyisihan Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase penyisihan COD (%)
1	668,9	4	6	500,74	25,14
2	668,9		9	488,80	26,92
3	668,9		12	471,03	29,58
4	668,9	6	6	507,22	24,17
5	668,9		9	492,15	25,42
6	668,9		12	482,34	27,89

Sumber : Hasil penelitian, 2009.



Gambar 4.2. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan COD

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt sebesar 24,17 % dan tertinggi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt sebesar 29,58 %.

4.2.1.3 Menit ke-90

Tabel 4.6. Data Konsentrasi Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besarnya Tegangan (Volt)	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)
1	668,9	4	6	25	8,41	338,58
2	668,9		9	25	8,53	290,73
3	668,9		12	25	8,79	245,91
4	668,9	6	6	25	8,36	463,30
5	668,9		9	25	8,90	323,80
6	668,9		12	25	8,65	292,60

Sumber : Hasil penelitian, 2009.

Untuk mengetahui persentase penyisihan COD digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{668,9 - 338,58}{668,9} \times 100\%$$

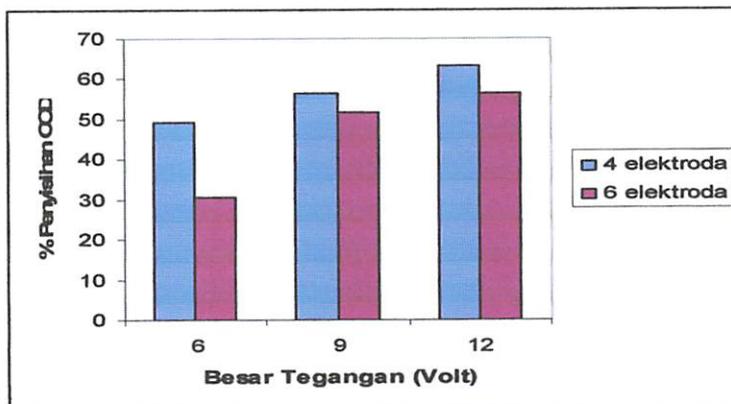
$$\% \text{ Penyisihan} = 49,38 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gambar 4.3

Tabel 4.7 Data Persentase Penyisihan Akhir COD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Konsentrasi Akhir COD (mg/L)	Persentase penyisihan COD (%)
1	668,9	4	6	338,58	49,38
2	668,9		9	290,73	56,54
3	668,9		12	245,91	63,24
4	668,9	6	6	463,30	30,74
5	668,9		9	323,80	51,59
6	668,9		12	292,60	56,26

Sumber : Hasil penelitian, 2009.



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan COD

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa persen penyisihan COD terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt sebesar 30,74 % dan tertinggi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt sebesar 63,24 %.

4.2.2 Analisis Deskriptif TSS

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir TSS menunjukkan bahwa, elektrokoagulasi konfigurasi bipolar mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.8, 4.10, dan 4.12.

4.2.2.1 Menit ke-12

Tabel 4.8. Data Konsentrasi Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)
1	333,5	4	6	26	9,58	346,65
2	333,5		9	26	9,80	349,12
3	333,5		12	25	9,96	356,23
4	333,5	6	6	26	8,51	337,08
5	333,5		9	26	9,17	343,53
6	333,5		12	26	9,41	348,70

Sumber : Hasil penelitian, 2009.

Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{333,5 - 346,65}{333,5} \times 100\%$$

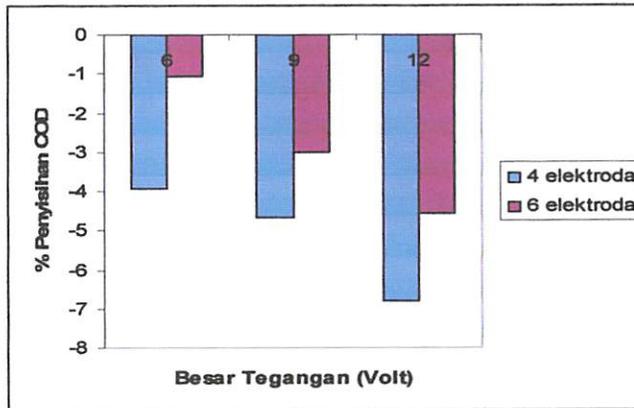
$$\% \text{ Penyisihan} = -3,94 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.9 dan gambar 4.4

Tabel 4.9 Data Persentase Penyisihan Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase penyisihan TSS (%)
1	333,5	4	6	346,65	-3,94
2	333,5		9	349,12	-4,68
3	333,5		12	356,23	-6,81
4	333,5	6	6	337,08	-1,07
5	333,5		9	343,53	-3,01
6	333,5		12	348,70	-4,56

Sumber : Hasil penelitian, 2009.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan TSS

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt sebesar -6,81 % dan tertinggi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt sebesar -1,07 %. Persentase penyisihan TSS bernilai negatif di menit-menit awal, disebabkan karena terjadinya peningkatan konsentrasi TSS. Konsentrasi TSS meningkat disebabkan karena pada menit awal terjadi pelepasan ion aluminium dari anoda yang berfungsi sebagai agen koagulan.

4.2.2.2 Menit ke-35

Tabel 4.10. Data Konsentrasi Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)
1	333,5	4	6	25	9,18	238,10
2	333,5		9	25	9,25	234,15
3	333,5		12	25	9,31	232,29
4	333,5	6	6	25	8,36	245,09
5	333,5		9	25	8,90	243,03
6	333,5		12	25	9,67	237,52

Sumber : Hasil penelitian, 2009.

Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{333,5 - 238,10}{333,5} \times 100\%$$

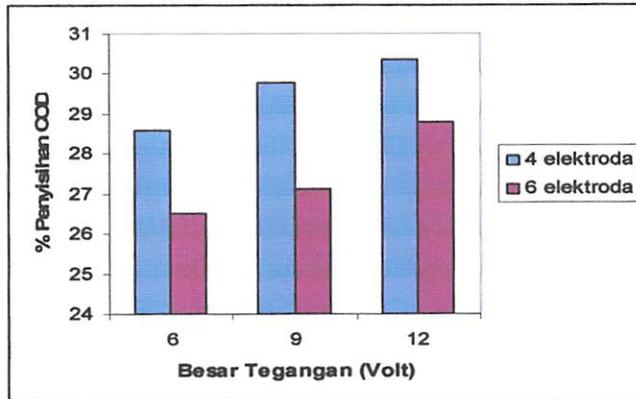
$$\% \text{ Penyisihan} = 28,60 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.11 dan gambar 4.5

Tabel 4.11 Data Persentase Penyisihan Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase penyisihan TSS (%)
1	333,5	4	6	238,10	28,60
2	333,5		9	234,15	29,79
3	333,5		12	232,29	30,35
4	333,5	6	6	245,09	26,51
5	333,5		9	243,03	27,13
6	333,5		12	237,52	28,78

Sumber : Hasil penelitian, 2009.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan TSS

Pada gambar 4.5 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt sebesar 26,51 % dan tertinggi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt sebesar 30,35 %.

4.2.2.3 Menit ke-90

Tabel 4.12. Data Konsentrasi Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besarnya Tegangan (Volt)	Suhu (°C)	pH	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)
1	333,5	4	6	25	8,41	114,72
2	333,5		9	25	8,53	97,12
3	333,5		12	25	8,79	85,07
4	333,5	6	6	25	8,36	182,37
5	333,5		9	25	8,90	155,94
6	333,5		12	25	8,65	131,99

Sumber : Hasil penelitian, 2009.

Untuk mengetahui persentase penyisihan TSS digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{KonsentrasiAwal} - \text{KonsentrasiAkhir}}{\text{KonsentrasiAwal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{333,5 - 114,72}{333,5} \times 100\%$$

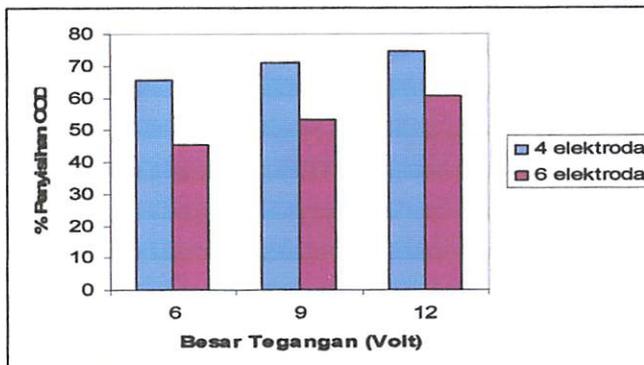
$$\% \text{ Penyisihan} = 65,60 \%$$

Untuk selengkapnya hasil perhitungan % penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.13 dan gambar 4.6

Tabel 4.13 Data Persentase Penyisihan Akhir TSS

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Jumlah elektroda	Besar Tegangan (Volt)	Konsentrasi Akhir TSS (mg/L)	Persentase penyisihan TSS (%)
1	333,5	4	6	114,72	65,60
2	333,5		9	97,12	70,88
3	333,5		12	85,07	74,49
4	333,5	6	6	182,37	45,32
5	333,5		9	155,94	53,24
6	333,5		12	131,99	60,42

Sumber : Hasil penelitian, 2009.



Gambar 4.6. Grafik Hubungan Besar Tegangan dan Jumlah Elektroda Terhadap % Penyisihan TSS

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa persen penyisihan TSS terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt sebesar 45,32 % dan tertinggi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt sebesar 74,49 %.

4.3 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Korelasi tidak signifikan
- H_1 : Korelasi signifikan

Pengambilan keputusan

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

Apabila nilai korelasi semakin mendekati 1 atau (-1), berarti hubungan antara 2 variabel semakin erat (Iriawan dan Astuti, 2006)

4.3.1 Analisis Korelasi COD

➤ Uji Korelasi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.14, 4.15, dan 4.16.

Tabel 4.14. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda menit ke -12

Correlations: % pnyisihan COD, tegangan, jumlah elektroda		
	% pnyisihan COD	tegangan
tegangan	0.832 0.018	
jumlah elektroda	-0.473 0.543	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Tabel 4.15. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda menit ke -35

Correlations: % pnyisihan COD, tegangan, jumlah elektroda		
	% pnyisihan COD	tegangan
tegangan	0.944 0.005	
jumlah elektroda	-0.299 0.565	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Tabel 4.16. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda menit ke - 90

Correlations: % pnyisihan COD, tegangan, jumlah elektroda		
	% pnyisihan COD	tegangan
tegangan	0.890 0.021	
jumlah elektroda	-0.501 0.312	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan tabel 4.14, 4.15, dan 4.16 menunjukkan bahwa :

- Koefisien korelasi antara persen penyisihan COD dengan besar tegangan pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut adalah 0,832, 0,944, dan 0,890. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati 1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan kedua variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika besar tegangan meningkat, maka persentase penyisihan COD akan meningkat. Tingkat signifikan persentase penyisihan COD dan besar tegangan pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut 0,018, 0,005, dan 0,021 dengan nilai probabilitasnya $< 0,05$, maka korelasinya signifikan.

- Koefisien korelasi antara persen penyisihan COD dengan jumlah elektroda pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut adalah -0,473, -0,299, dan -0,501. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak kuat karena menjauhi -1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Hubungan kedua variabel tidak searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi. Tingkat signifikan persentase penyisihan COD dan jenis elektroda pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut 0,543, 0,565, dan 0,312 dengan nilai probabilitasnya $> 0,05$, maka korelasi tidak signifikan.

4.3.2 Analisis Korelasi TSS

- Uji Korelasi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.17, 4.18, dan 4.19.

Tabel 4.17.

Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke-12

Correlations: % pnyisihan TSS, tegangan, jumlah elektroda		
	% pnyisihan TSS	tegangan
tegangan	-0.945 0.001	
jumlah elektroda	0.449 0.163	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Tabel 4.18.
Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt)
dan Jumlah Elektroda Menit ke-35

Correlations: % penyisihan TSS, tegangan, jumlah elektroda		
	% pnyisihan TSS	tegangan
tegangan	0.806 0.002	
jumlah elektroda	-0.278 0.669	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Tabel 4.19.
Analisis Korelasi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt)
dan Jumlah Elektroda Menit ke-90

Correlations: % penyisihan TSS, tegangan, jumlah elektroda		
	% pnyisihan TSS	tegangan
tegangan	0.888 0.026	
jumlah elektroda	-0.263 0.627	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Keputusan

- Berdasarkan tabel 4.17, 4.18, dan 4.19 menunjukkan bahwa :
 - Koefisien korelasi antara persen penyisihan TSS dengan besar tegangan pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut adalah -0,945, 0,806, dan 0,888. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena mendekati -1 dan 1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Pada menit 12 hubungan kedua variabel tidak searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika besar tegangan meningkat, maka persentase penyisihan TSS akan menurun. Pada menit 35

dan 90 hubungan kedua variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika besar tegangan meningkat, maka persentase penyisihan TSS akan meningkat pula. Tingkat signifikan persentase penyisihan TSS dan besar tegangan pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut 0,001, 0,002, dan 0,026 dengan nilai probabilitasnya $< 0,05$, maka korelasinya signifikan.

- Koefisien korelasi antara persen penyisihan TSS dengan jumlah elektroda pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut adalah 0,449, -0,278, dan -0,263. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel tidak kuat karena menjauhi -1 dan 1 (Iriawan dan Astuti, 2006). Pada menit 12 hubungan kedua variabel searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jumlah elektroda meningkat maka persen penyisihan TSS juga akan meningkat. Pada menit 35 dan 90 hubungan kedua variabel tidak searah. Hal ini ditunjukkan dengan nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika jumlah elektroda meningkat, maka persentase penyisihan TSS akan menurun. Tingkat signifikan persentase penyisihan TSS dan jumlah elektroda pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut 0,163, 0,669 dan 0,627 dengan nilai probabilitasnya $> 0,05$, maka korelasinya tidak signifikan.

4.4 Analisis Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Pada analisis regresi terdapat uji F untuk uji kelinieran dan uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor.

➤ Dalam uji kelinieran terdapat :

Hipotesis

H_0 : x dan y tidak linear

H_1 : x dan y linear

Pengambilan keputusan

Untuk uji kelinieran, berdasarkan pada perbandingan F hitung dengan F tabel

- Jika statistik hitung (angka F *output*) > statistik tabel (F tabel), H_0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka F *output*) < statistik tabel (F tabel), H_0 diterima

➤ Dalam uji t untuk signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor terdapat :

Hipotesis

H_0 : koefisien regresi tidak signifikan

H_1 : koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

Untuk nilai t, berdasarkan pada perbandingan t hitung dengan t tabel

- Jika statistik hitung (angka t *output*) > statistik tabel (t tabel), H_0 ditolak.
- Jika statistik hitung (angka t *output*) < statistik tabel (t tabel), H_0 diterima

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak

4.4.1 Analisis Regresi COD

- Uji Koefisien Regresi persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.20, 4.21, dan 4.22.

Tabel 4.20. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke - 12

Regression Analysis: % pnyisihan COD versus tegangan, jumlah elektroda						
The regression equation is						
% pnyisihan COD = 18.7 + 0.956 tegangan - 2.15 jumlah elektroda						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	18.651	1.203	15.50	0.001		
tegangan	0.95583	0.07814	12.23	0.001	1.000	
jumlah elektroda	-2.1533	0.1914	-1.25	0.162	1.000	
S = 0.468843 R-Sq = 98.9% R-Sq(adj) = 98.2%						
Analysis of Variance						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Regression	2	60.711	30.356	138.10	0.001	
Residual Error	3	0.659	0.220			
Total	5	61.371				
Source	DF	Seq SS				
tegangan	1	32.890				
jumlah elektroda	1	27.821				

Tabel 4.21. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke - 35

Regression Analysis: % pnyisihan COD versus tegangan, jumlah elektroda

The regression equation is
 % pnyisihan COD = 23.2 + 0.680 tegangan - 0.527 jumlah elektroda

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	23.2000	0.8889	26.10	0.000	
tegangan	0.68000	0.05774	11.78	0.001	1.000
jumlah elektroda	-0.5267	0.1414	-1.72	0.234	1.000

S = 0.346442 R-Sq = 98.1% R-Sq(adj) = 96.8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	18.3107	9.1553	76.28	0.003
Residual Error	3	0.3601	0.1200		
Total	5	18.6707			

Source	DF	Seq SS
tegangan	1	16.6464
jumlah elektroda	1	1.6643

Tabel 4.22. Analisis Regresi Antara % Penyisihan COD Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda Menit ke - 90

Regression Analysis: % pnyisihan COD versus tegangan, jumlah elektroda

The regression equation is
 % pnyisihan COD = 47.2 + 3.28 tegangan - 5.09 jumlah elektroda

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	47.23	13.05	3.62	0.036	
tegangan	3.2817	0.8480	13.87	0.031	1.000
jumlah elektroda	-5.095	2.077	-1.45	0.291	1.000

S = 5.08777 R-Sq = 97.5% R-Sq(adj) = 79.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	543.45	271.73	20.50	0.044
Residual Error	3	77.66	25.89		
Total	5	621.11			

Source	DF	Seq SS
tegangan	1	387.70
jumlah elektroda	1	155.75

Keterangan :	- S	= Standar deviasi model.
	- R-Sq (R^2)	= Koefisien determinasi.
	- R-Sq (adj)	= Koefisien determinasi yang disesuaikan.
	- T	= Nilai statistik.
	- P	= Nilai probabilitas
	- DF	= Derajat bebas
	- SS	= Variasi residual
	- MS	= Mean Square
	- F	= Nilai statistic Uji
	- P	= Nilai probabilitas
	- VIF	= Variance Inflation Factor

Pada tabel 4.20, 4.21, dan 4.22 dapat kita ketahui :

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

➤ Menit ke-12

$$Y = 18,7 + 0,956 X_1 - 2,15 X_2$$

➤ Menit ke-35

$$Y = 23,2 + 0,680 X_1 - 0,527 X_2$$

➤ Menit ke-90

$$Y = 47,2 + 3,28 X_1 - 5,09 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan COD

X_1 = Besar Tegangan (Volt)

X_2 = Jumlah Elektroda

Tabel regresi menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel besar tegangan bertanda positif. Jika melihat tanda pada koefisien korelasi besar tegangan dengan persentase penyisihan COD dalam output korelasi, menunjukkan bahwa koefisien korelasi antara besar tegangan dengan persentase penyisihan COD bertanda positif. Adanya tanda yang sama, mengindikasikan tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1,00. Apabila $VIF < 5$ maka tidak adanya multikolinear dalam model. Sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) pada menit ke- 12, 35, 90 berturut-turut sebesar 98,9 %, 98,1 %, dan 97,5 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi besar tegangan dan jumlah elektroda sedangkan sisanya 1,1 %, 1,9 %, dan 2,5 % penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- C. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung pada menit ke- 12, 35, 90 berturut-turut sebesar 138,10, 76,28, dan 20,50. Dari tabel distribusi F didapatkan 9,55. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan COD dengan besar tegangan dan jumlah elektroda adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas
- o Berdasarkan nilai t
Pada tabel 4.20, 4.21, dan 4.22 statistik t hitung output untuk variasi besar tegangan pada menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 12,23, 11,78, dan 13,05. Sedangkan untuk variasi jumlah elektroda menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 1,25, 1,72, dan 1,45. Dari tabel diketahui nilai t adalah 2,353. Untuk variasi besar tegangan t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk variasi jumlah elektroda t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan.
 - o Berdasarkan probabilitas
Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi besar tegangan pada menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 0,001, 0,001, dan 0,031. Sedangkan untuk variasi jumlah elektroda menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 0,162, 0,234, dan 0,291. Untuk variasi besar tegangan probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Untuk variasi jumlah elektroda probabilitasnya > 0,05 sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan.

4.4.2 Analisis Regresi TSS

- Uji Koefisien Regresi persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.23, 4.24, dan 4.25.

Tabel 4.23. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda menit ke-12

Regression Analysis: % pnyisihan TSS versus tegangan, jumlah elektroda						
The regression equation is						
% pnyisihan TSS = - 4.90 - 0.530 tegangan + 1.13 jumlah elektroda						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-4.9000	0.9865	-4.97	0.016		
tegangan	-0.53000	0.06408	-18.27	0.004	1.000	
jumlah elektroda	1.1317	0.1570	1.21	0.106	1.000	
S = 0.384477 R-Sq = 97.6% R-Sq(adj) = 95.9%						
Analysis of Variance						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Regression	2	17.7964	8.8982	60.20	0.004	
Residual Error	3	0.4435	0.1478			
Total	5	18.2399				
Source	DF	Seq SS				
tegangan	1	10.1124				
jumlah elektroda	1	7.6840				

Tabel 4.24. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda menit ke-35

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus tegangan, jumlah elektroda

The regression equation is

$$\% \text{ penyisihan TSS} = 30.8 + 0.335 \text{ tegangan} - 1.05 \text{ jumlah elektroda}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	30.7783	0.8255	37.28	0.000	
tegangan	0.33500	0.05362	18.25	0.008	1.000
jumlah elektroda	-1.0533	0.1314	-0.02	0.304	1.000

$$S = 0.321749 \quad R\text{-Sq} = 97.2\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 95.3\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	10.6972	5.3486	51.67	0.005
Residual Error	3	0.3106	0.1035		
Total	5	11.0077			

Source	DF	Seq SS
tegangan	1	4.0401
jumlah elektroda	1	6.6571

Tabel 4.25. Analisis Regresi Antara % Penyisihan TSS Dengan Besar Tegangan (Volt) dan Jumlah Elektroda menit ke-90

Regression Analysis: % penyisihan TSS versus tegangan, jumlah elektroda

The regression equation is

$$\% \text{ penyisihan TSS} = 87.0 + 2.00 \text{ tegangan} - 8.67 \text{ jumlah elektroda}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	86.991	4.730	18.39	0.000	
tegangan	1.9992	0.3073	26.51	0.007	1.000
jumlah elektroda	-8.6650	0.7527	-1.51	0.101	1.000

$$S = 1.84365 \quad R\text{-Sq} = 98.3\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 97.2\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	594.37	297.19	87.43	0.002
Residual Error	3	10.20	3.40		
Total	5	604.57			

Source	DF	Seq SS
tegangan	1	143.88
jumlah elektroda	1	450.49

Keterangan :	- S	= Standar deviasi model.
	- R-Sq (R^2)	= Koefisien determinasi.
	- R-Sq (adj)	= Koefisien determinasi yang disesuaikan.
	- T	= Nilai statistik.
	- P	= Nilai probabilitas
	- DF	= Derajat bebas
	- SS	= Variasi residual
	- MS	= Mean Square
	- F	= Nilai statistic Uji
	- P	= Nilai probabilitas
	- VIF	= Variance Inflation Factor

Pada tabel 4.23, 4.24, dan 4.25 dapat diketahui :

A. Analisis regresi yang dilakukan, model regresi yang didapat yaitu :

➤ Menit ke-12

$$Y = - 4,90 - 0,530 X_1 + 1,13 X_2$$

➤ Menit ke-35

$$Y = 30.8 + 0.335 X_1 - 1.05 X_2$$

➤ Menit ke-90

$$Y = 87.0 + 2.00 X_1 - 8.67 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan TSS

X_1 = Besar Tegangan (Volt)

X_2 = Jumlah Elektroda

Tabel regresi menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel besar tegangan bertanda positif. Jika melihat tanda pada koefisien korelasi besar tegangan dengan persentase penyisihan TSS dalam output korelasi, menunjukkan bahwa koefisien korelasi antara besar tegangan dengan persentase penyisihan TSS bertanda positif. Adanya tanda yang sama, mengindikasikan tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1,00. Apabila $VIF < 5$ maka tidak adanya multikolinear dalam model. Sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 97,6 %, 97,2 %, dan 98,3 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh variasi besar tegangan dan jumlah elektroda, sedangkan sisanya 2,4 %, 2,8 %, dan 1,7 % penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- C. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung pada menit ke- 12, 35, 90 berturut-turut sebesar 60,20, 51,67, dan 87,43. Dari tabel distribusi F didapatkan 9,55. Karena F hitung lebih besar dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penyisihan TSS dengan besar tegangan dan jumlah elektroda adalah linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas
- Berdasarkan nilai t
Pada tabel 4.23, 4.24, dan 4.25 statistik t hitung output untuk variasi besar tegangan pada menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 18,27, 18,25, dan 26,51. Sedangkan untuk variasi jumlah elektroda menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 1,21, 0,02, dan 1,51. Dari tabel diketahui nilai t adalah 2,353. Untuk variasi besar tegangan t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan. Untuk variasi jumlah elektroda t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan.
 - Berdasarkan probabilitas
Terlihat bahwa pada kolom signifikan untuk variasi besar tegangan pada menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 0,004, 0,008, dan 0,007. Sedangkan untuk variasi jumlah elektroda menit ke-12, 35, 90 berturut-turut 0,106, 0,304, dan 0,101. Untuk variasi besar tegangan probabilitasnya < 0,05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan. Untuk variasi jumlah elektroda probabilitasnya > 0,05 sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak atau koefisien regresi tidak signifikan.

4.5 Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara variasi besar tegangan dan variasi jumlah elektroda terhadap persentase penyisihan COD dan TSS maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

Hipotesis

H_0 : Ke - 6 rata - rata perlakuan adalah identik

H_1 : Ke - 6 rata - rata perlakuan adalah tidak identik

Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas $> 0,05$, H_0 diterima
- Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Untuk nilai F

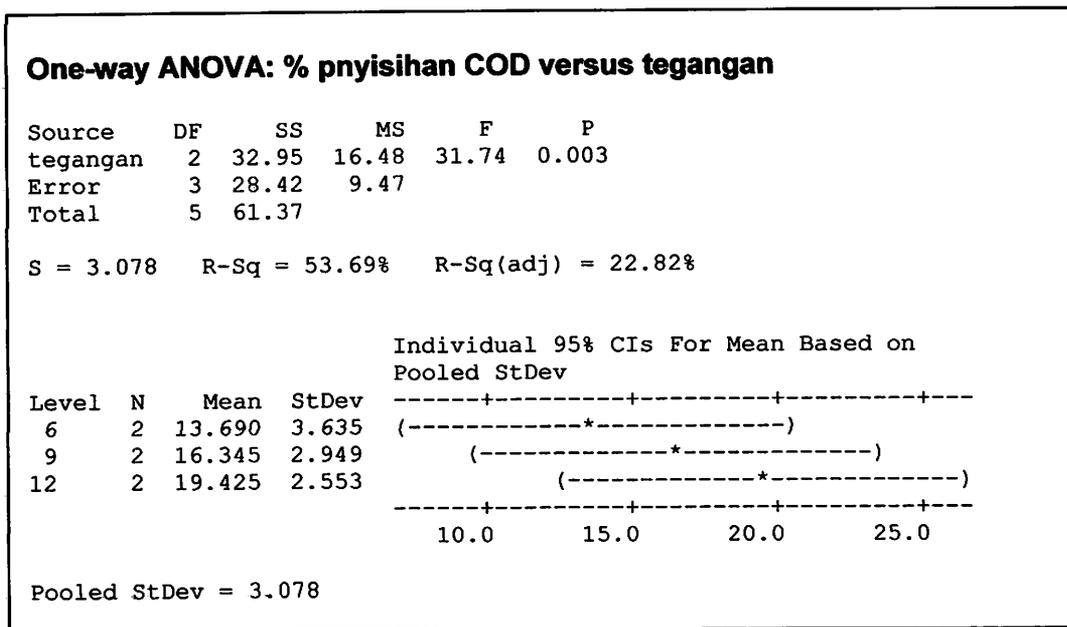
- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) $>$ statistik tabel (tabel F), maka H_0 ditolak
- Jika stasistik hitung (nilai F hitung) $<$ statistik tabel (tabel F), maka H_0 diterima

4.5.1. Analisis Anova COD

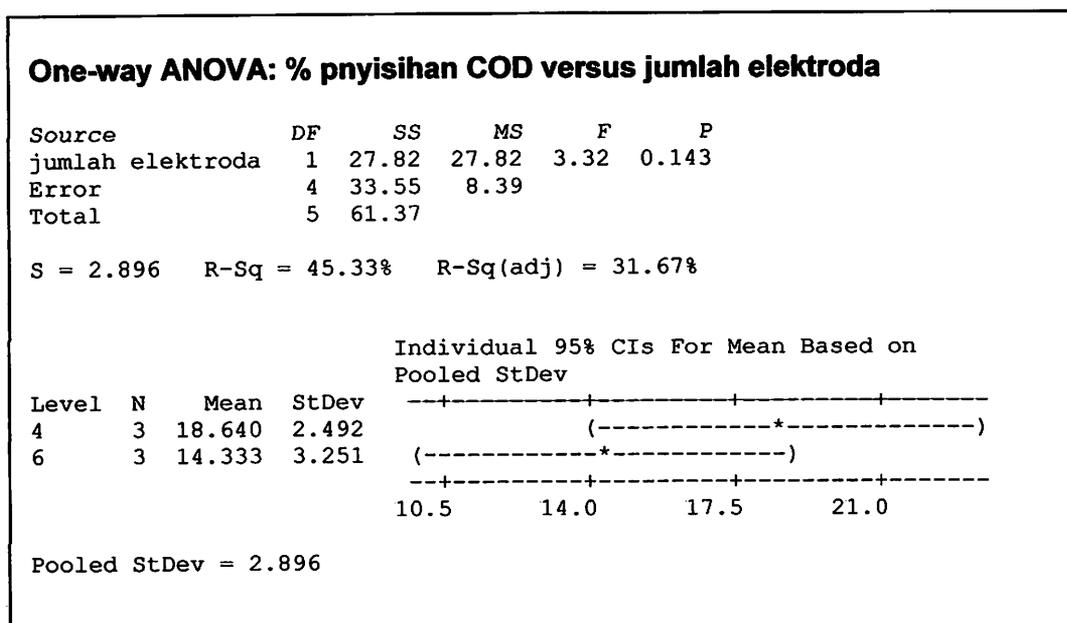
- Hasil uji ANOVA persen penyisihan COD dapat dilihat pada tabel 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, dan 4.31.

4.5.1.1 Menit ke-12

Tabel 4.26. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Besar Tegangan (Volt)

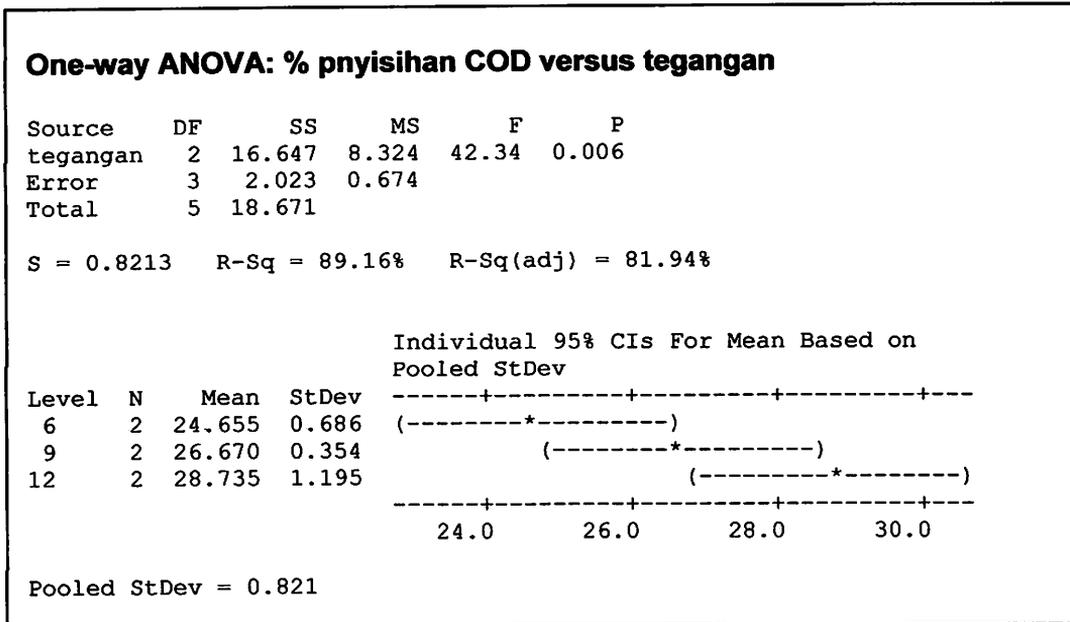


Tabel 4.27. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Jumlah Elektroda

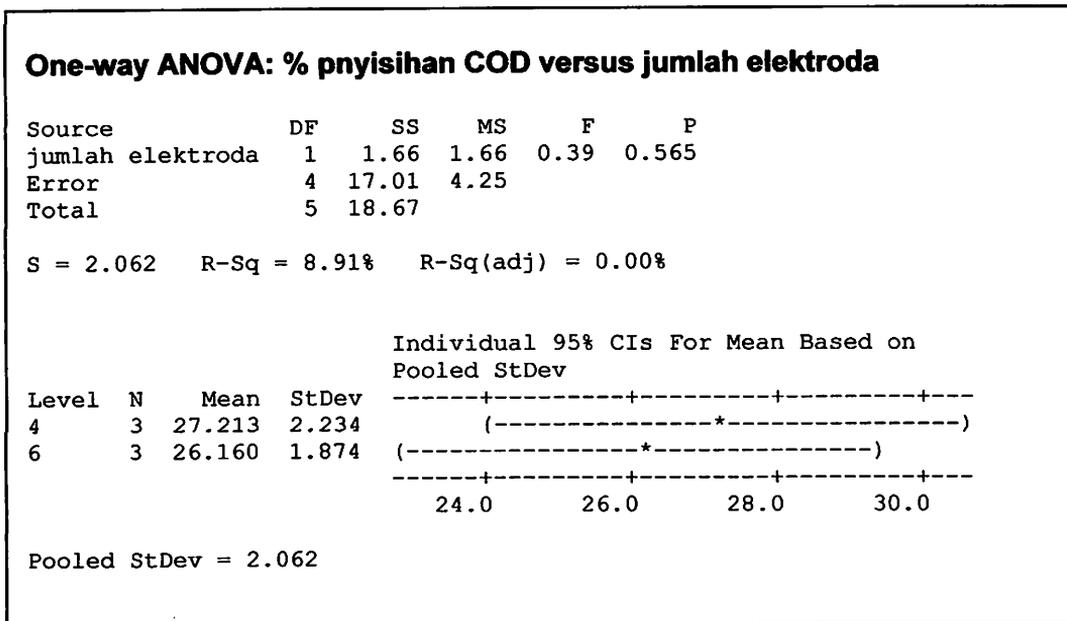


4.5.1.2 Menit ke-35

Tabel 4.28. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Besar Tegangan (Volt)

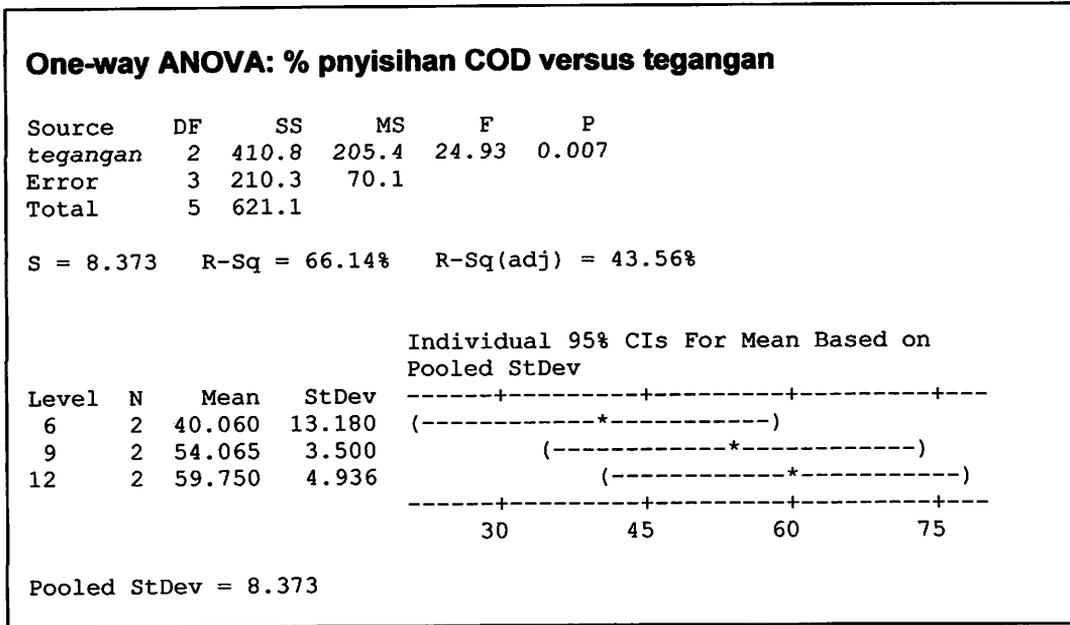


Tabel 4.29. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Jumlah Elektroda

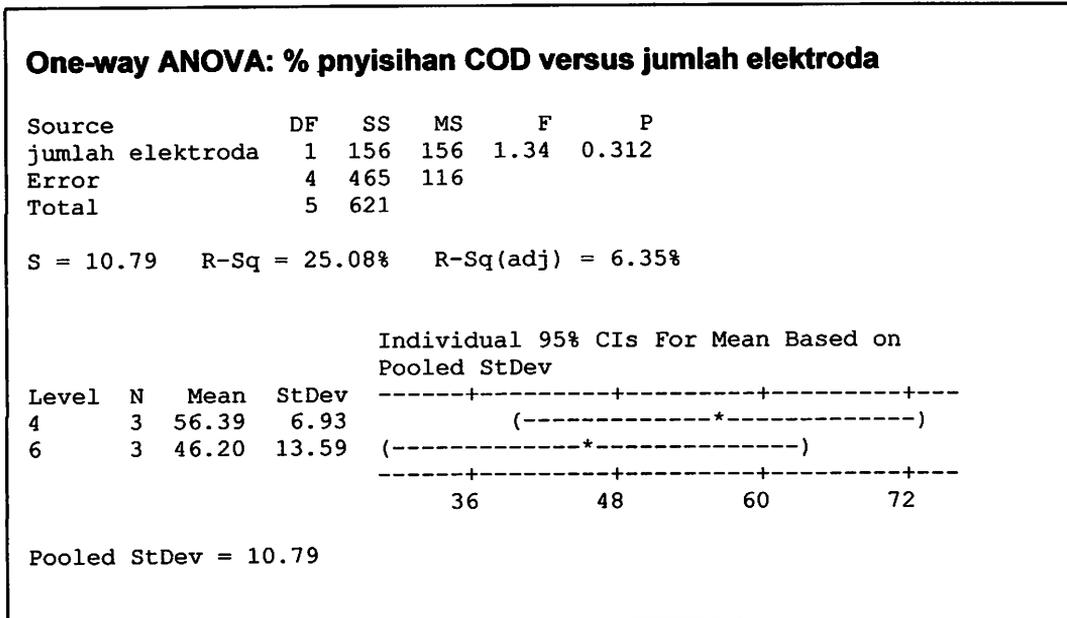


4.5.1.3 Menit ke-90

Tabel 4.30. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Besar Tegangan (Volt)



Tabel 4.31. Uji Anova % Penyisihan COD Terhadap Jumlah Elektroda



Keterangan :

DF = Derajat Bebas

F = Nilai Statistik Uji

SS = Variasi Residual

P = Nilai Probabilitas

MS = Mean Square

Mean = Nilai rata-rata

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, dan 4.31 nilai probabilitas (P) dari variasi besar tegangan pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 0,003, 0,006, dan 0,007. Karena nilai probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya rata-rata persentase penyisihan konsentrasi COD terhadap besar tegangan dalam enam perlakuan tersebut memang tidak identik. Sedangkan nilai probabilitas (P) dari variasi jumlah elektroda pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 0,143, 0,565, dan 0,312. Karena nilai probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima. Artinya rata-rata persentase penyisihan konsentrasi COD terhadap jarak elektroda dalam enam perlakuan tersebut memang identik.

2. Nilai F

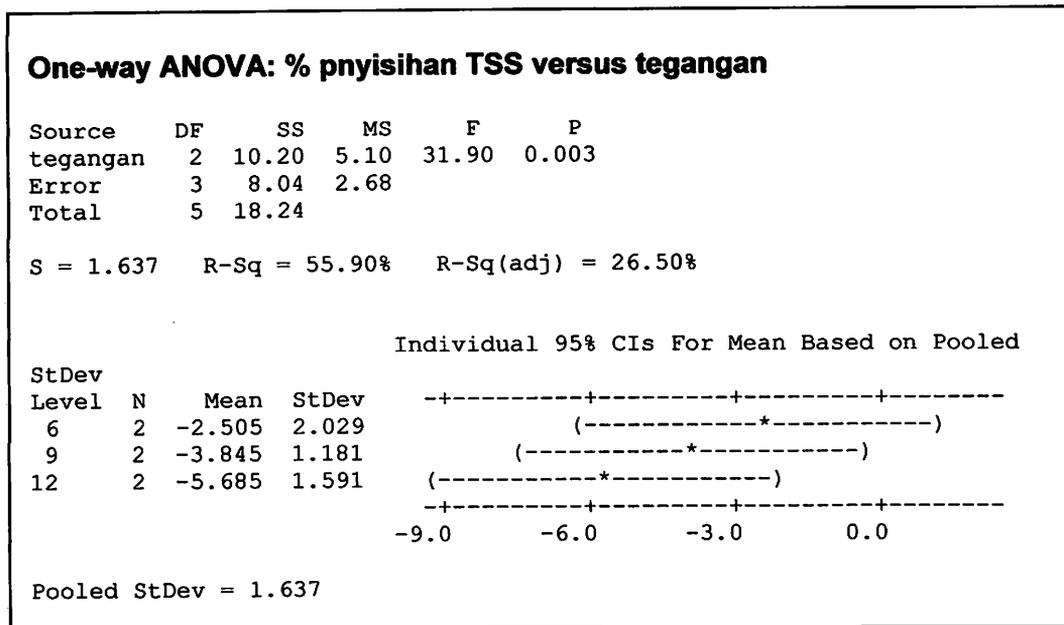
Berdasarkan tabel 4.26, 4.27, 4.28, 4.29, 4.30, dan 4.31 nilai F hitung output dari variasi besar tegangan pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 31,74, 42,34, dan 24,93. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 9,55. Karena nilai F hitung output $>$ dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi besar tegangan terhadap penyisihan COD. Sedangkan F hitung output dari variasi jumlah elektroda pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 3,32, 0,39, dan 1,34. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 9,55. Karena nilai F hitung output $<$ dari F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi jumlah elektroda terhadap penyisihan COD.

4.5.2. Analisis Anova TSS

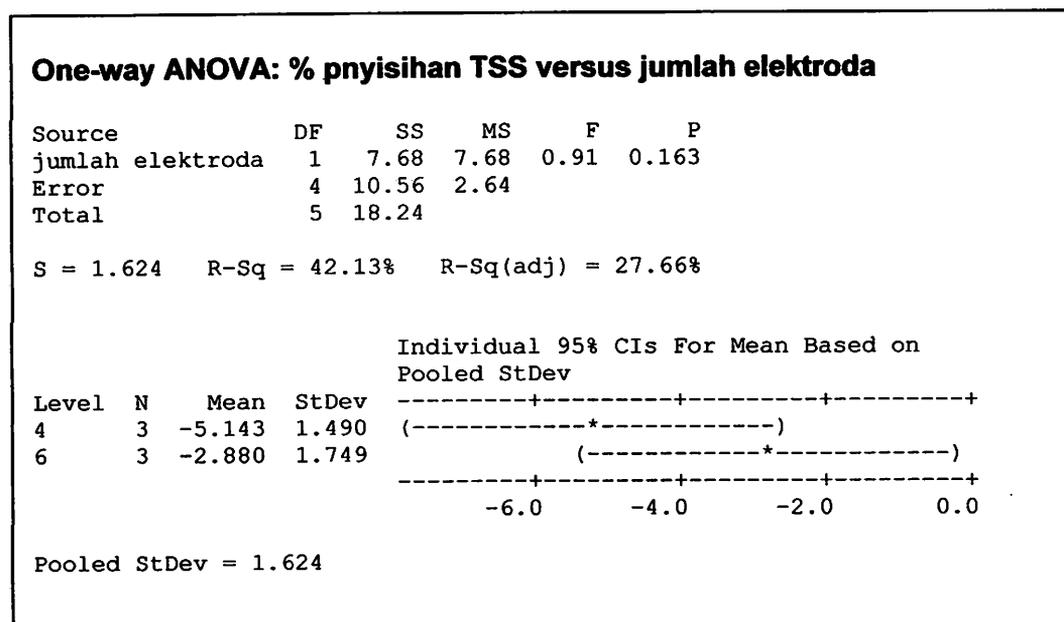
- Hasil uji ANOVA persen penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, dan 4.37.

4.5.2.1 Menit ke-12

Tabel 4.32. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Besar Tegangan (Volt)

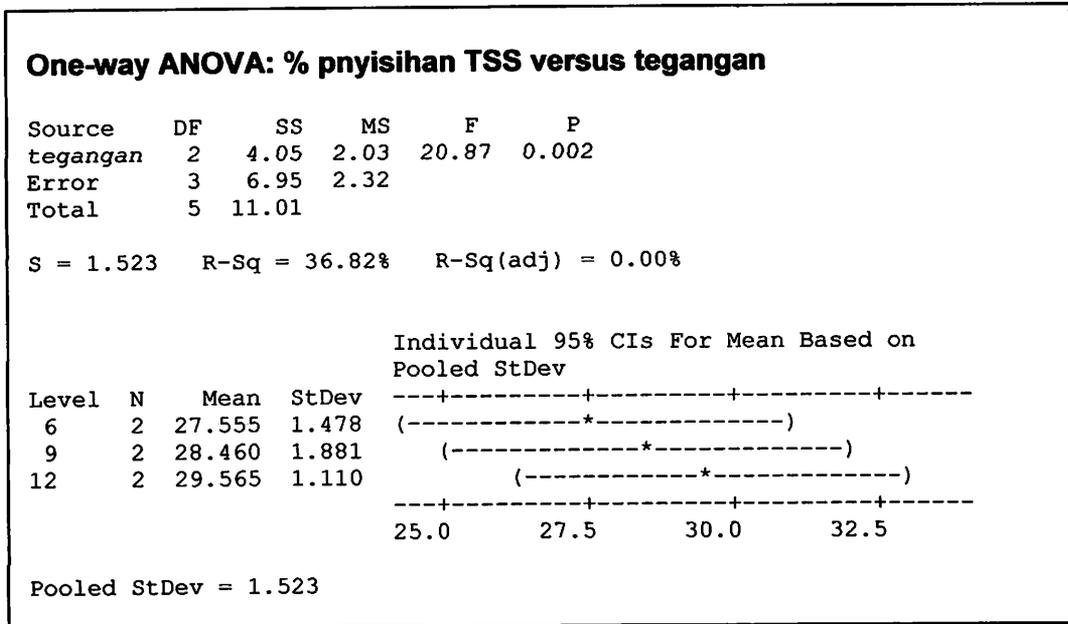


Tabel 4.33. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Jumlah Elektroda

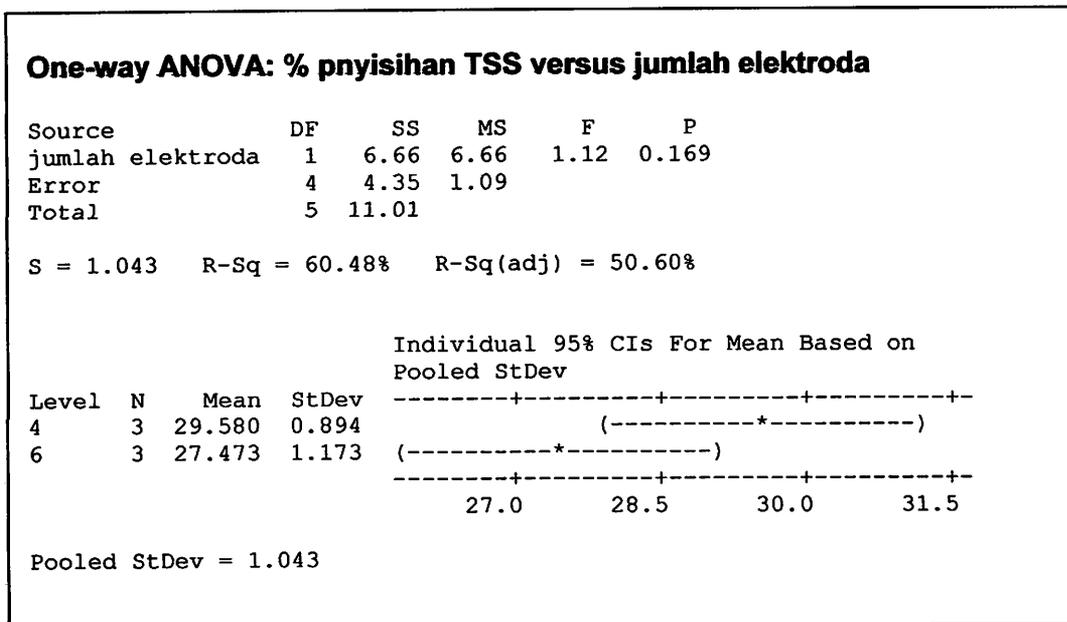


4.5.2.2 Menit ke-35

Tabel 4.34. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Besar Tegangan (Volt)

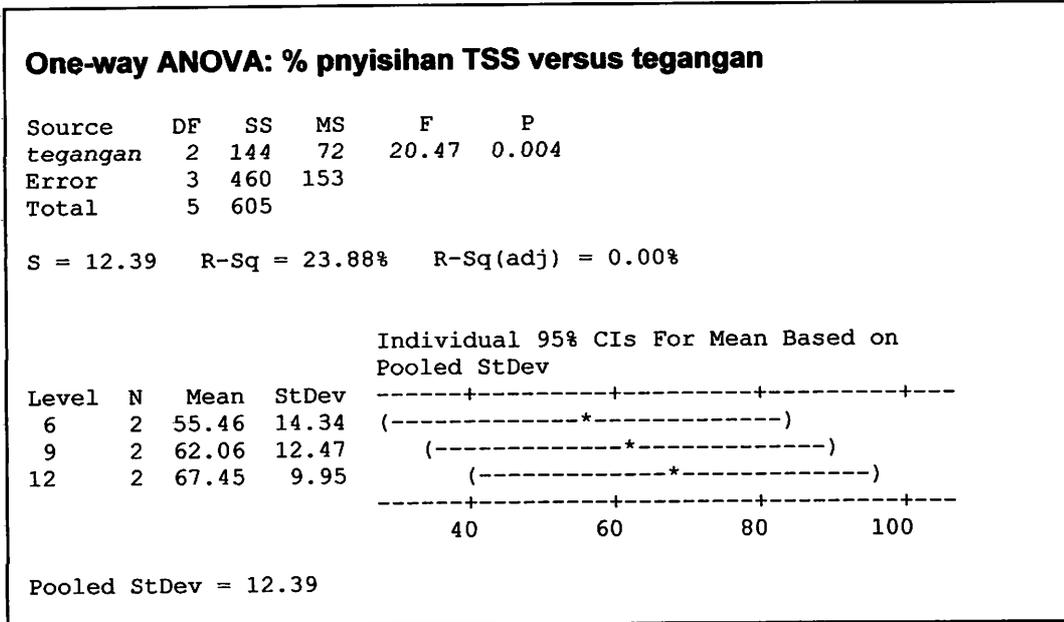


Tabel 4.35. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Jumlah Elektroda

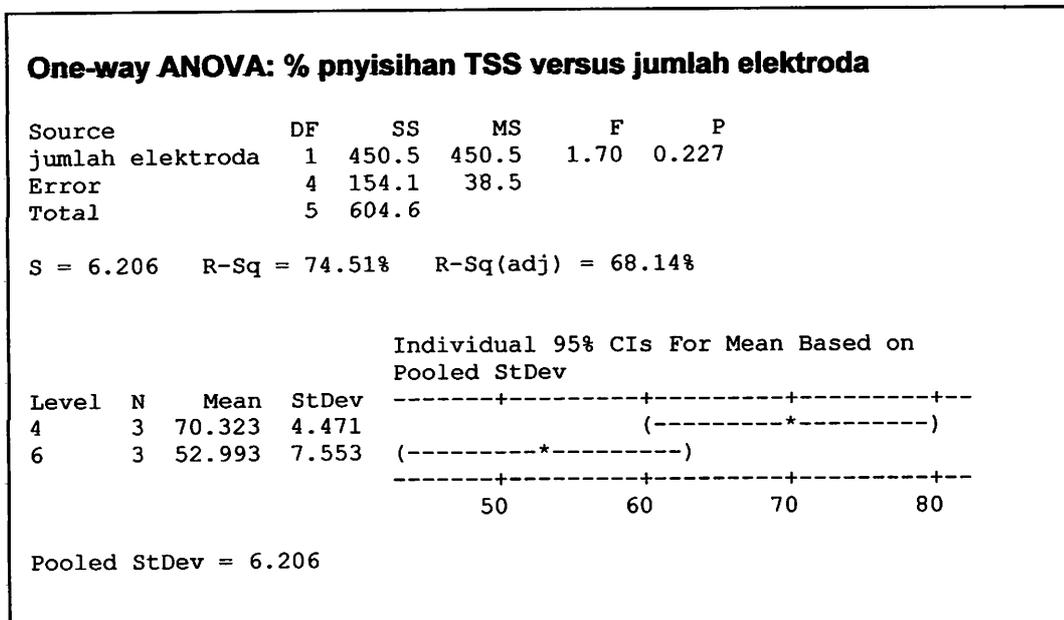


4.5.2.3 Menit ke-90

Tabel 4.36. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Besar Tegangan (Volt)



Tabel 4.37. Uji Anova % Penyisihan TSS Terhadap Jumlah Elektroda



Keterangan :

- | | | | | | |
|----|---|------------------|------|---|---------------------|
| DF | = | Derajat Bebas | F | = | Nilai Statistik Uji |
| SS | = | Variasi Residual | P | = | Nilai Probabilitas |
| MS | = | Mean Square | Mean | = | Nilai rata-rata |

Keputusan

1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, dan 4.37 nilai probabilitas (P) dari variasi besar tegangan pada menit ke-12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 0,003, 0,002, dan 0,004. Karena nilai probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak. Artinya rata-rata persentase penyisihan konsentrasi TSS terhadap besar tegangan dalam enam perlakuan tersebut memang tidak identik. Sedangkan nilai probabilitas (P) dari variasi jumlah elektroda pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 0,163, 0,169, dan 0,227. Karena nilai probabilitas $> 0,05$ maka H_0 diterima. Artinya rata-rata persentase penyisihan konsentrasi TSS terhadap jumlah elektroda dalam enam perlakuan tersebut memang identik.

2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, dan 4.37 nilai F hitung output dari variasi besar tegangan pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 31,90, 20,87, dan 20,47. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 9,55. Karena nilai F hitung output $>$ dari F tabel maka keputusannya adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi besar tegangan terhadap penyisihan TSS. Sedangkan F hitung output dari variasi jumlah elektroda pada menit ke -12, 35, dan 90 berturut-turut sebesar 0,91, 1,12, dan 1,70. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 9,55. Karena nilai F hitung output $<$ dari F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1). Artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antara variasi jumlah elektroda terhadap penyisihan TSS.

4.6 Pembahasan Pengolahan Limbah Cair menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar

4.6.1 Pengaruh Besar Tegangan Dan Jumlah Elektroda Terhadap Penyisihan Konsentrasi COD

4.6.1.1 Tinjauan Pada Menit ke- 12

Pada tabel 4.3 dan gambar 4.1 dapat dilihat persentase penyisihan COD tidak besar. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar 21,23 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt yaitu sebesar 11,12 %. COD dalam limbah *laundry* disebabkan oleh material organik dalam limbah tersebut. Berdasarkan tabel 2.2 konsentrasi COD dalam limbah *laundry* disebabkan material organik yang sebagian besar berupa material LAS (surfaktan), *carboxyl methyl cellulose* (CMC) dan minyak tumbuhan (Seo, dkk., 2001). COD merupakan bahan organik kompleks yang sulit untuk diuraikan sehingga dalam pengolahannya juga diperlukan suatu pengolahan yang khusus. Elektrokoagulasi merupakan salah satu teknologi alternatif yang dapat digunakan. Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab COD dan TSS yang tinggi pada limbah *laundry* (Suaib, 1994). Selain itu penurunan bahan organik dalam hal ini COD pada proses elektrokoagulasi, dapat teradsorpsi pada permukaan partikel sehingga terbentuk permukaan yang hidropobik yang menyebabkan partikel dalam air limbah akan naik ke permukaan dengan bantuan gelembung gas yang terbentuk (Hudori, 2008). Persentase penurunan COD pada menit ke-12 masih rendah, hal ini disebabkan karena baru mengalami proses elektrokoagulasi, dimana penyisihan terjadi karena material penyebab COD mengalami flotasi akibat terbentuknya gas H_2 di katoda dan selain itu pada anoda juga terjadi pembentukan oksigen. Sehingga suplai oksigen pada air limbah bertambah.

Reaksinya sebagai berikut (Hudori, 2008):



Suplai oksigen merupakan faktor yang sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD (Alaerts dan Santika, 1987). Pembentukan gas H_2 dan O_2 dipengaruhi oleh besar tegangan, dimana semakin besar tegangan maka semakin banyak pembentukan gas H_2 dan O_2 (Hudori, 2008).

Analisis korelasi antara besar tegangan terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah signifikan, begitu juga uji anova antara besar tegangan terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak identik/ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi besar tegangan mempunyai range yang cukup untuk membedakan % penyisihan COD. Hasil analisis dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan persentase penyisihan COD jika besar tegangan semakin besar. Hal ini disebabkan karena tegangan berkaitan dengan kuat arus (I dalam ampere) dan hambatan (R dalam Ohm) yang dinyatakan dalam persamaan 2.2 Hal 18. Dengan tegangan yang meningkat dan hambatan yang tetap maka kuat arus (I) yang mengalir akan semakin meningkat. Sehingga jumlah ion Al^{3+} yang terlepas dari anoda akan semakin banyak.

Analisis korelasi antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak signifikan, begitu juga uji anova antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah identik/tidak ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi jumlah elektroda belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan COD. Hal ini disebabkan antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah dengan jenis pelat yang sama menghasilkan pelarutan logam di elektrolit yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dilihat pada persamaan 2.1. Hal. 17. Dengan t , F , Z , MW yang sama dan I (dalam A/m^2) yang tidak jauh berbeda maka jumlah ion aluminium sebagai agen koagulan yang larut tidak berbeda jauh (Chang, 2002). Pelarutan logam berhubungan dengan fungsinya sebagai agen koagulan dan selanjutnya akan menempel pada partikulat sehingga memudahkan membentuk flok-flok yang lebih besar dan mudah mengendap.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi COD limbah *laundry* pada menit ke 12 dipengaruhi oleh besar tegangan dan variasi jumlah elektroda. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 98,9%.

4.6.1.2 Tinjauan Pada Menit ke- 35

Pada tabel 4.5 dan gambar 4.2 dapat dilihat persentase penyisihan COD cukup besar disebabkan pada menit ini air limbah mengalami proses elektrokoagulasi dan flokulasi. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar 29,58 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt yaitu sebesar 24,17 %. COD dalam limbah *laundry* disebabkan oleh material organik dalam limbah tersebut. Berdasarkan tabel 2.2 konsentrasi COD dalam limbah *laundry* disebabkan material organik yang sebagian besar berupa material LAS (surfaktan), *carboxyl methyl cellulose* (CMC) dan minyak tumbuhan (Seo, dkk., 2001). Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab COD dan TSS yang tinggi pada limbah *laundry* (Suaib, 1994). Kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi dengan waktu detensi 20 menit dan kecepatan 40 rpm menghasilkan gradien kecepatan 73,23 /detik. Dengan gradien kecepatan tersebut sudah memenuhi kriteria design proses flokulasi yang menyebabkan terjadinya penggabungan inti flok sehingga terbentuk flok yang berukuran lebih besar. Terbentuknya flok yang berukuran lebih besar menyebabkan zat organik penyebab COD sudah mulai dapat mengendap.

Analisis korelasi antara besar tegangan terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah signifikan, begitu juga uji anova antara besar tegangan terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak identik/ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi besar tegangan mempunyai range yang cukup untuk membedakan % penyisihan COD. Hasil

analisis dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan persentase penyisihan COD yang terjadi pada elektrokoagulasi. Semakin besar tegangan maka, efisiensi elektrokoagulasi meningkat dan penyisihan COD di bak pengaduk lambat meningkat. Proses penyisihan pada bak flokulasi terjadi akibat penggabungan inti flok. Dengan adanya perbedaan kecepatan partikel-partikel yang terbawa aliran media cair mengakibatkan terjadinya tumbukan atau kontak antar partikel dan terjadi penggabungan antar partikel, membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga zat organik penyebab COD sudah mulai dapat mengendap.

Analisis korelasi antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak signifikan, begitu juga uji anova antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah identik/tidak ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi jumlah elektroda belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan COD. Hal ini disebabkan antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah dengan jenis pelat yang sama menghasilkan pelarutan logam di elektrolit yang tidak jauh berbeda yang terjadi pada menit ke 12 di bak elektrokoagulasi. Dengan jumlah koagulan yang terlepas di elektrokoagulasi tidak jauh berbeda, maka tingkat penyisihan konsentrasi COD pada proses flokulasi tidak jauh berbeda antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi COD limbah *laundry* dipengaruhi oleh besar tegangan dan variasi jumlah elektroda. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 98,1%.

4.6.1.3 Tinjauan Pada Menit ke- 90

Pada tabel 4.7 dan gambar 4.3 dapat dilihat persentase penyisihan COD besar, pada menit ini air limbah telah mengalami proses elektrokoagulasi, flokulasi dan sedimentasi dimana telah terbentuk partikel flokulen yang lebih besar sehingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi secara gravitasi. Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt yaitu

sebesar 63,24 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt yaitu sebesar 30,74 %. COD dalam limbah *laundry* disebabkan oleh material organik dalam limbah tersebut. Berdasarkan tabel 2.2 konsentrasi COD dalam limbah *laundry* disebabkan material organik yang sebagian besar berupa material LAS (surfaktan), *carboxyl methyl cellulose* (CMC) dan minyak tumbuhan (Seo, dkk., 2001). Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab COD dan TSS yang tinggi pada limbah *laundry* (Suaib, 1994). Setelah proses elektrokoagulasi dilanjutkan dengan proses flokulasi dimana terjadi penggabungan inti flok yang membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga zat organik penyebab COD sudah mulai dapat mengendap. Kemudian dilanjutkan dengan proses sedimentasi dengan waktu detensi (td) 60 menit dan V_0 sebesar $5,6 \times 10^{-5}$ m/dtk serta N_{re} 0,013 yang menghasilkan aliran laminar sehingga selama proses ini, partikel flokulen mendapatkan waktu untuk mengendap secara gravitasi.

Analisis korelasi antara besar tegangan terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah signifikan, begitu juga uji anova antara besar tegangan terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak identik/ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi besar tegangan mempunyai range yang cukup untuk membedakan % penyisihan COD. Hasil analisis dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan persentase penyisihan COD yang terjadi pada elektrokoagulasi. Semakin besar tegangan maka, efisiensi elektrokoagulasi meningkat dan penyisihan COD di bak pengaduk lambat meningkat. Proses penyisihan pada bak flokulasi terjadi akibat penggabungan inti flok. Dengan adanya perbedaan kecepatan partikel-partikel yang terbawa aliran media cair, mengakibatkan terjadinya tumbukan atau kontak antar partikel dan terjadi penggabungan antar partikel. Penggabungan antar partikel dapat membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga zat organik penyebab COD sudah mulai dapat mengendap. Pada bak sedimentasi partikel

flokulen yang terbentuk di bak flokulasi akan diendapkan secara gravitasi, sehingga kecepatan pengendapannya juga meningkat.

Analisis korelasi antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah tidak signifikan, begitu juga uji anova antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi COD adalah identik/tidak ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi jumlah elektroda belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan COD. Dengan jumlah koagulan yang terlepas di elektrokoagulasi tidak berbeda jauh, maka tingkat penyisihan konsentrasi COD pada proses flokulasi tidak jauh berbeda antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah. Tingkat penyisihan konsentrasi COD pada proses flokulasi tidak jauh berbeda menyebabkan tingkat penyisihan konsentrasi COD pada proses sedimentasi tidak jauh berbeda juga.

Persentase penyisihan COD cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan persentase penyisihan TSS, ini disebabkan karena tidak semua bahan organik penyebab COD dapat teradsorpsi ke permukaan maupun mengendap dengan bantuan ion Al^{3+} sebagai koagulan (Talens-Alisson, 2004 dalam Hudori, 2008).

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi COD limbah *laundry* dipengaruhi oleh variasi besar tegangan dan variasi jumlah elektroda. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 97,5%.

Konsentrasi COD terendah pada elektrokoagulasi bipolar dengan jumlah pelat aluminium 4 buah yaitu sebesar 245,91 mg/L terjadi pada variasi besar tegangan 12 Volt. Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 Lampiran II dimana COD sebesar 300 mg/L dan TSS sebesar 200 mg/L, maka hasil pengolahan limbah *laundry* menggunakan elektrokoagulasi bipolar sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair.

4.6.2 Pengaruh Besar Tegangan Dan Jarak Antar Elektroda Terhadap Penyisihan Konsentrasi TSS

4.6.2.1 Tinjauan Pada Menit ke- 12

Pada tabel 4.9 dan gambar 4.4 dapat dilihat tidak ada penurunan konsentrasi TSS, melainkan konsentrasi TSS meningkat. Hal ini disebabkan pelepasan ion aluminium pada anoda yang berfungsi sebagai agen koagulan. Koagulan ini berikatan dengan senyawa yang ada di air limbah sehingga mulai membentuk flok. Pada menit awal flok yang terbentuk masih berukuran kecil sehingga meningkatkan konsentrasi TSS. Ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 volt yaitu sebesar -1,07 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar -6,81 %. Pada limbah *laundry* TSS dapat disebabkan oleh detergen yang mengikat kotoran pada pakaian (Seo, dkk., 2001). TSS merupakan zat padat total (partikel solid) yang bersifat organis dan anorganis. Konsentrasi TSS menit ke 12 di bak elektrokoagulasi mengalami peningkatan, hal ini disebabkan pelepasan ion aluminium pada anoda yang berfungsi sebagai agen koagulan. Koagulan ini berikatan dengan senyawa yang ada di air limbah sehingga mulai membentuk flok. Pada menit awal flok yang terbentuk masih berukuran kecil sehingga meningkatkan konsentrasi TSS.

Analisis korelasi antara besar tegangan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS adalah signifikan, begitu juga dari hasil analisis anova antara besar tegangan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak identik. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi besar tegangan sudah mempunyai range yang cukup untuk membedakan % penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS). Hal ini disebabkan karena tegangan berkaitan dengan kuat arus (I dalam ampere) dan hambatan (R dalam Ohm) yang dinyatakan dalam persamaan 2.2 Dengan tegangan yang meningkat dan hambatan yang tetap maka kuat arus (I) yang mengalir akan semakin meningkat. Sehingga jumlah ion Al^{3+} yang terlepas dari anoda akan semakin banyak.

Analisis korelasi antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak signifikan, begitu juga uji anova antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah identik/tidak ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi jumlah elektroda belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan TSS. Hal ini disebabkan antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah dengan jenis pelat yang sama menghasilkan pelarutan logam di elektrolit yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dilihat pada rumus 2.1. Dengan t , F , Z , MW yang sama dan I (dalam A/m^2) yang tidak jauh berbeda maka jumlah ion aluminium sebagai agen koagulan yang larut tidak berbeda jauh (Chang, 2002). Pelarutan logam berhubungan dengan fungsinya sebagai agen koagulan dan selanjutnya akan menempel pada partikulat sehingga memudahkan membentuk flok-flok yang lebih besar dan mudah mengendap.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi TSS limbah *laundry* dipengaruhi oleh variasi besar tegangan dan variasi jumlah elektroda. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 97,6 %.

4.6.2.2 Tinjauan Pada Menit ke- 35

Pada tabel 4.11 dan gambar 4.5 dapat dilihat penurunan konsentrasi TSS cukup rendah. Pada menit ini air limbah mengalami proses elektrokoagulasi dan flokulasi, dimana telah terbentuk flok-flok yang semakin besar akibat pengadukan lambat sehingga sudah mulai dapat mengendap dan mulai terjadi penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS). Hal ini ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar 30,35 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt yaitu sebesar 26,51 %. Pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat zat organik yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) penyebab TSS yang tinggi pada limbah *laundry* (Suaib, 1994). Kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi dengan waktu detensi 20 menit

dan kecepatan 40 rpm menghasilkan gradien kecepatan 73,23 /detik. Dengan gradien kecepatan tersebut sudah memenuhi kriteria design proses flokulasi yang menyebabkan terjadinya penggabungan inti flok sehingga terbentuk flok yang berukuran lebih besar. Terbentuknya flok yang berukuran lebih besar menyebabkan zat organik penyebab TSS sudah mulai dapat mengendap.

Analisis korelasi antara besar tegangan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS adalah signifikan, begitu juga dari hasil analisis anova antara besar tegangan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak identik. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi besar tegangan sudah mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS). Hal ini disebabkan karena tegangan berkaitan dengan kuat arus (I dalam ampere) dan hambatan (R dalam Ohm) yang dinyatakan dalam persamaan 2.2 Dengan tegangan yang meningkat dan hambatan yang tetap maka kuat arus (I) yang mengalir akan semakin meningkat. Semakin besar tegangan maka, efisiensi elektrokoagulasi meningkat dan penyisihan TSS di bak pengadukan lambat meningkat.

Analisis korelasi antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak signifikan, begitu juga uji anova antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah identik/tidak ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi jumlah elektroda belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan TSS. Hal ini disebabkan antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah dengan jenis pelat yang sama menghasilkan pelarutan logam di elektrolit yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dilihat pada rumus 2.1. Dengan t , F , Z , MW yang sama dan I (dalam A/m^2) yang tidak jauh berbeda maka jumlah ion aluminium sebagai agen koagulan yang larut tidak berbeda jauh (Chang, 2002). Pelarutan logam berhubungan dengan fungsinya sebagai agen koagulan dan selanjutnya akan menempel pada partikulat sehingga memudahkan membentuk flok-flok yang lebih besar dan mudah mengendap.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi TSS limbah *laundry* dipengaruhi oleh variasi besar tegangan dan variasi jumlah elektroda. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 97,2 %.

4.6.2.3 Tinjauan Pada Menit ke- 90

Pada tabel 4.13 dan gambar 4.6 dapat dilihat penurunan konsentrasi TSS cukup besar. Pada menit ke 90 air limbah telah mengalami proses elektrokoagulasi, flokulasi, dan sedimentasi dimana telah terjadi pengendapan partikel flokulen, terjadi interaksi antar partikel sehingga ukuran meningkat dan kecepatan pengendapan bertambah sehingga penyisihan TSS pada menit ke 90 paling besar. Ditunjukkan dengan persentase penyisihan tertinggi terjadi pada jumlah elektroda 4 buah dengan besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar 74,49 % dan persentase penyisihan terendah terjadi pada jumlah elektroda 6 buah dengan besar tegangan 6 Volt yaitu sebesar 45,32 %. Pada limbah *laundry* TSS dapat disebabkan oleh detergen yang mengikat kotoran pada pakaian (Seo, dkk., 2001). TSS merupakan zat padat total (partikel solid) yang bersifat organis dan anorganis. Pada proses elektrokoagulasi dapat menurunkan konsentrasi TSS cukup tinggi. Ini disebabkan karena pada proses elektrokoagulasi akan terjadi pelepasan Al^{3+} dari pelat anoda sehingga membentuk flok $Al(OH)_3$ yang mampu mengikat TSS yang merupakan partikel koloid bermuatan negatif (-) sehingga dapat mengendap secara gravitasi (Suaib, 1994). Setelah proses elektrokoagulasi dilanjutkan dengan proses flokulasi dimana terjadi penggabungan inti flok yang membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga zat organik penyebab TSS sudah mulai dapat mengendap. Kemudian dilanjutkan dengan proses sedimentasi dengan waktu detensi (td) 60 menit dan V_0 sebesar $5,6 \times 10^{-5}$ m/dtk serta Nre 0,013 yang menghasilkan aliran laminar sehingga selama proses ini, partikel flokulen mendapatkan waktu untuk mengendap secara gravitasi.

Analisis korelasi antara besar tegangan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS adalah signifikan, begitu juga dari hasil analisis anova antara besar tegangan terhadap persentase penyisihan konsentrasi TSS

adalah tidak identik. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi besar tegangan sudah mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan *Total Suspended Solid* (TSS). Hal ini disebabkan karena tegangan berkaitan dengan kuat arus (I dalam ampere) dan hambatan (R dalam Ohm) yang dinyatakan dalam persamaan 2.2 Hal. 18. Dengan tegangan yang meningkat dan hambatan yang tetap maka kuat arus (I) yang mengalir akan semakin meningkat. Semakin besar tegangan maka, efisiensi elektrokoagulasi meningkat dan penyisihan TSS di bak pengaduk lambat meningkat. Proses penyisihan pada bak flokulasi terjadi akibat penggabungan inti flok. Dengan adanya perbedaan kecepatan partikel-partikel yang terbawa aliran media cair, mengakibatkan terjadinya tumbukan atau kontak antar partikel dan terjadi penggabungan antar partikel. Penggabungan antar partikel dapat membentuk flok yang berukuran lebih besar sehingga zat organik penyebab TSS sudah mulai dapat mengendap. Pada bak sedimentasi partikel flokulen yang terbentuk di bak flokulasi akan diendapkan secara gravitasi, selama proses pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatan pengendapannya juga meningkat.

Analisis korelasi antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah tidak signifikan, begitu juga uji anova antara jumlah elektroda terhadap penyisihan konsentrasi TSS adalah identik/tidak ada perbedaan. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi jumlah elektroda belum mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan TSS. Hal ini disebabkan antara jumlah elektroda 4 buah dan 6 buah dengan jenis pelat yang sama menghasilkan pelarutan logam di elektrolit yang tidak jauh berbeda. Hal ini dapat dilihat pada persamaan 2.1 Hal 17 Dengan t , F , Z , MW yang sama dan I (dalam A/m^2) yang tidak jauh berbeda maka jumlah ion aluminium sebagai agen koagulan yang larut tidak berbeda jauh (Chang, 2002). Pelarutan logam berhubungan dengan fungsinya sebagai agen koagulan dan selanjutnya akan menempel pada partikulat sehingga memudahkan membentuk flok-flok yang lebih besar dan mudah mengendap secara gravitasi di bak sedimentasi.

Hasil analisis regresi penyisihan konsentrasi TSS limbah *laundry* dipengaruhi oleh variasi besar tegangan dan variasi jumlah elektroda. Hal ini diperkuat dengan nilai R square sebesar 98,3 %.

Konsentrasi TSS terendah pada elektrokoagulasi bipolar dengan jumlah pelat aluminium 4 buah yaitu sebesar 85,07 mg/L terjadi pada variasi besar tegangan 12 Volt. Jika dibandingkan dengan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 Lampiran II dimana COD sebesar 300 mg/L dan TSS sebesar 200 mg/L, maka hasil pengolahan limbah *laundry* menggunakan elektrokoagulasi bipolar sudah memenuhi standar baku mutu limbah cair.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan :

1. Besar tegangan berpengaruh signifikan pada besarnya efisiensi penurunan COD dan TSS. Semakin besar tegangan maka efisiensi penurunan COD dan TSS semakin besar. Jumlah elektroda berpengaruh tidak signifikan pada besarnya efisiensi penurunan COD dan TSS.
2. Pada elektrokoagulasi bipolar efisiensi penyisihan COD terbesar terjadi pada variasi jumlah pelat 4 buah dan variasi besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar 63,24 %. Dan efisiensi penyisihan TSS terbesar terjadi pada variasi jumlah pelat 4 buah dan variasi besar tegangan 12 Volt yaitu sebesar 74,49 %.

5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

- a. Perlu penelitian yang lebih lanjut dengan memperbesar waktu detensi proses elektrokoagulasi untuk memperoleh tingkat penyisihan COD dan TSS yang lebih besar.
- b. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jarak antar elektroda dan konduktivitas air limbah pada proses elektrokoagulasi bipolar serta gradien kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penurunan COD dan TSS.
- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter lain pada air limbah *laundry* seperti fosfat, surfactan, logam berat dan minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S.S, 1987. Metode Penelitian Air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Bajpai, D., Tyagi V.K. 2007 Laundry Detergen. Journal of Oleo Science. 56. (7) 321-340. Verlag GMBH, Weinheim.
- Chang, R. 2002. Kimia Dasar Edisi Ke 3 Jilid 1. Erlangga. Jakarta.
- Cogley, D.R., Wechsler, B.A. 2005 Occuarence and Treatability of Priority Pollutans in Industrial Laundry Wastewater. U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio.
- Donini, J.C., Kan, J., Szykarczuk, J., Hasan, T.A. dan Kar, K.L. 1994. Operating Cost Electrocoagulation. Canadian Journal of Chemical Engineering.
- Duan, T., and Gregory, T. 2003 Coagulaion by Hidrolysing Metal Salts, Advance in Colloid and Interface Science.
- Heiss, C. W. 2008 Electrocoagulation Reactor and Water Treadment System and Method. Denver, CO United State.
- Holt, P. K., Barton, G.W., and Michell, C.A. 2001. The Role of Current in Determining Poluttant Removal in a Batch Electrocoagulation Reactor. Conference Media CD. Melbourne, Australia.
- Holt, P. 2002. Electrocoagulation : Unravelling and Synthetising the Mechanisms Behind a Water Treatment Proccess. Departement of Chemical Engineering. University of Sydney.
- Holt, P. K., Barton, G.W., and Michell, C.A. 2004. Dechiphering the Science Behind Electrocoagulation to Remove Suspended Clay Partcles From Water. Water Science and Technology.
- Hudori, 2008. Pengolahan Limbah Laundry dengan Menggunakan elektrokoagulasi. Central Library in Institute Technology Bandung.
- Iriawan, N dan Astuti, P.S. 2006. Mengolah Data Statistika dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. Andi. Yogyakarta.

- Koparal, A.S. dan Ogutveren, U.B. 2002. Removal of Nitrate from Water by Electroreduction and Electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*.
- Letterment, R.O., Amirtharajah, A. dan O'Melia, C.R. 1999. Water Quality and Treatment. *A Handbook of Community Water Supplies*.
- Masduqi, Ali dan Slamet, Agus. 2002. Satuan Operasi. Jurusan Teknik Lingkungan - FTSP. ITS. Surabaya.
- Metcalf & Eddy, 2003, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, McGraw-Hill Inc, New York.
- Mollah, M. Y. A., Morkovsky, P., Gomes, J.A.G., Kezmez, M., Parga, J., and Cocke, D.L. 2001. Electrocoagulation (EC). *Science and Application. Journal of Hazardous Materials*.
- Mollah, M. Y. A., Morkovsky, P., Gomes, J.A.G., Kezmez, M., Parga, J., and Cocke, D.L. 2004. Fundamentals, Present and Future Perspectives of Electrocoagulation. *Journal of Hazardous Material*.
- Reynolds, R. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering (2nd ed)*. Boston: PWS Publishing Company.
- Rajeshwar, K. and Ibanez, J.G. 2005. *Environmental Electrochemistry*. Academic Press.
- Seo T. G., T.S. Lee, B.H. Moon, J.H. Lim. 2001. Ultrafiltration Combined With Ozone For Domestic Laundry Wastewater Reclamation and Reuse. *Water Supply*, (Online) Vol. 1 No. 5-6 pp 387-392.
- Suaib, S. B. 1994. Pengaruh Rapat Arus Listrik, Jumlah dan Jenis Elektroda Terhadap Efektifitas Penurunan Warna Pada Air Gambut Dengan Proses Elektrokoagulasi. Jurusan Teknik Lingkungan Pascasarjana. ITB.
- Sudjana. 2007. *Metode Statistika*. Bandung. Tarsito.
- Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, UI Press Jakarta.
- Sugiyono, 2006. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung. Alfabeta.
- Taufikurrahman, 2006. Penurunan TSS, Warna dan COD Pada Limbah Laundry Menggunakan Membran Mikrofiltrasi (MF) Dengan Pretreatment Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi. Jurusan Teknik Lingkungan . Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. ITN Malang.

Wenten G. I. 2003. Aplikasi Teknologi Membran Dalam Pengolahan Air dan Air Buangan. M. Razif, dkk (Eds.), *Perkembangan dan Aplikasi Teknologi Lingkungan Dalam Menghadapi Era Global* (hlm. U.5-1 - U.5-16). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lampiran A
Perhitungan Reaktor

DESAIN REAKTOR ELEKTROKOAGULASI

I. DESAIN BAK PENGADUKAN CEPAT DENGAN ELEKTRODA

$$T_d = 10 \text{ menit}$$

$$Q_{in} = 0,5 \text{ l/menit}$$

$$V = Q \times t = 0,5 \text{ l/menit} \times 10 \text{ menit} = 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$V = p \times l \times t; p = l = t$$

$$p^3 = 0,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3 = 0,17 \text{ m}$$

$$\text{Panjang paddle } (d_{paddle}) = 60 \% \times p = 60 \% \times 17 \text{ cm} = 10,2 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar paddle } (w_{paddle}) = 1/6 \times 10,2 \text{ cm} = 1,7 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi paddle terhadap dasar } (h_{paddle}) = 1/2 \times 10,2 \text{ cm} = 5,1 \text{ cm}$$

$$n = 200 \text{ rpm}$$

Jika tanpa sekat (baffle) tegak, tenaga yang dibutuhkan adalah 75% dari tenaga untuk tangki bersekat. Jadi nilai KT:

$$\begin{aligned} KT &= 0,75 \times KT \\ &= 0,75 \times 1,15 = 0,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= KT \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \\ &= 0,86 \cdot (200/60)^3 \text{ rps} \cdot (0,102 \text{ m})^5 \cdot 997,07 \text{ kg/m}^3 = 0,3506 \text{ N.m/dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G^2 &= \frac{P}{\mu \times V} \\ &= \frac{0,3506 \text{ N.m/dt}}{0,8949 \cdot 10^{-3} \text{ N.dtk/m}^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3} = 78.355,123 \text{ /dtk}^2 \end{aligned}$$

$$G = 279,92 \text{ /dtk}$$

Keterangan:

P : Suplai tenaga ke air (N.m/dtk)

G : Gradien kecepatan (dtk⁻¹)

KT : Konstanta pengaduk

n : Kecepatan putaran (rps)

D_i : Diameter pengaduk (m)

ρ : Massa jenis cairan (kg/m³)

μ : Kekentalan absolute cairan (N.det/m²)

V : volume cairan yang diaduk (m³)

II. DESAIN BAK PENGADUKAN LAMBAT

$$T_d = 20 \text{ menit}$$

$$Q_{in} = 0,5 \text{ l/menit}$$

$$V = Q \times t = 0,5 \text{ l/menit} \times 20 \text{ menit} = 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$V = p \times l \times t; p = l = t$$

$$p^3 = 10^{-2} \text{ m}^3 = 0,22 \text{ m}$$

$$\text{panjang paddle (d}_{paddle}) = 80 \% \times p = 80 \% \times 22 \text{ cm} = 17,6 \approx 18 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar paddle (w}_{paddle}) = 1/6 \times 18 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi paddle terhadap dasar (h}_{paddle}) = 1/2 \times 18 \text{ cm} = 9 \text{ cm}$$

$$n = 40 \text{ rpm}$$

Jika tanpa sekat (baffle) tegak, tenaga yang dibutuhkan adalah 75% dari tenaga untuk tangki bersekat. Jadi nilai KT:

$$\begin{aligned} KT &= 0,75 \times KT \\ &= 0,75 \times 1,15 = 0,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= KT \cdot n^3 \cdot D_i^5 \\ &= 0,86 \cdot (40/60)^3 \text{ rps} \cdot (0,18 \text{ m})^5 \cdot 997,07 \text{ kg/m}^3 = 0,048 \text{ N.m/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G^2 &= \frac{P}{\mu \times V} \\ &= \frac{0,048 \text{ N.m/dt}}{0,8949 \cdot 10^{-3} \text{ N.dtk/m}^2 \times 10^{-2} \text{ m}^3} = 5.363,72/\text{dtk}^2 \end{aligned}$$

$$G = 73,23 /\text{dtk}$$

III. DESAIN BAK SEDIMENTASI

$$T_d = 60 \text{ menit}$$

$$Q_{in} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$V = Q \times t = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit} \times 60 \text{ menit} = 30 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zona Settling

Direncanakan dimensi;

$$p : l = 3 : 1$$

untuk $l = 22 \text{ cm}$ (menyesuaikan dimensi bak flokulasi)

$$P = 22 \text{ cm} \times 3 = 66 \text{ cm}$$

$$H = \frac{\text{Volume}}{(0,22\text{m} \times 0,66\text{m})} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{0,1452} = 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm}$$

Zona Inlet

$$P = 25 \% \times \text{panjang zona settling}$$

$$= 25 \% \times 66 \text{ cm} = 16,5 \text{ cm}$$

Zona Lumpur

Vol. lumpur diasumsikan 100ml/1000ml limbah, jadi volume lumpur

$$= 30 \text{ l} \times 0,1 \text{ l} = 3 \text{ l} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ untuk td 1 jam}$$

Direncanakan dimensi :

$$\text{Vol. trapesium} = 1/3 \cdot H \cdot (A_1 + A_2 + (A_1 \cdot A_2)^{0,5})$$

$$A_1 = \text{luas atas}; A_2 = \text{luas bawah}$$

$$a = 1/3 \times l = 1/3 \times 66 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

$$a' = 1/5 \times l = 1/5 \times 66 \text{ cm} = 13,2 \text{ cm}$$

$$b = w = 22 \text{ cm}$$

$$b' = 1/3 \times w = 1/3 \times 22 \text{ cm} = 7,33 \text{ cm}$$

$$A_1 = a \times b = 22 \times 22 = 484 \text{ cm}^2 = 0,0484 \text{ m}^2$$

$$A_2 = a' \times b' = 13,2 \times 7,33 = 96,756 \text{ cm}^2 = 9,6756 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$H = \frac{3 \times \text{Vol}}{(A_1 + A_2 + (A_1 \cdot A_2)^{0,5})}$$

$$= \frac{3 \times (3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)}{(484 \cdot 10^{-4} + 9,6756 \cdot 10^{-3} (484 \cdot 10^{-4} \cdot 9,6756 \cdot 10^{-3})^{0,5})}$$

$$= 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$$

Lampiran B

Hasil Analisis



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extension 187

Malang 65145



No : ITN-25.4/Lab.T.Ling/FTSP/2009

HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. : I Nyoman Gunarta (NIM : 0426075P)
Alamat : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang
Lokasi : Limbah Laundry
Sampling : Oleh konsumen
Analisis : Oleh konsumen

Tanggal Analisis Sampel : 24 Agustus – 28 Agustus 2009

A. Jumlah Elektroda 4 Buah

1. Voltase 6 Volt

td	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)			pH		
	1	2	3	1	2	3
12	26	26	25	9,47	9,58	9,51
35	25	25	25	8,76	9,18	8,91
90	25	25	25	8,50	8,41	8,47

2. Voltase 9 Volt

td	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)			pH		
	1	2	3	1	2	3
12	26	26	25	9,83	9,80	9,92
35	25	25	25	8,81	9,25	9,16
90	25	25	25	8,48	8,53	8,62

3. Voltase 12 Volt

td	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)			pH		
	1	2	3	1	2	3
12	26	26	25	9,52	9,96	10,1
35	25	25	25	9,86	9,31	9,27
90	25	25	25	8,36	8,79	9,1



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2

Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extension 187

Malang 65145



B. Jumlah Elektroda 6 Buah

1. Voltase 6 Volt

td	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)			pH		
	1	2	3	1	2	3
12	25	25	25	8,46	8,51	8,59
35	25	25	25	8,19	8,36	8,42
90	25	25	25	8,28	8,36	8,43

2. Voltase 9 Volt

td	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)			pH		
	1	2	3	1	2	3
12	25	25	25	8,71	9,12	9,23
35	25	25	25	9,23	8,9	8,81
90	25	25	25	8,76	8,9	9,13

3. Voltase 12 Volt

td	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)			pH		
	1	2	3	1	2	3
12	25	25	25	9,24	9,41	9,38
35	25	25	25	8,61	8,67	8,87
90	25	25	25	7,98	8,66	7,96



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Extention 187
Malang 65145



Hasil analisis ini hanya berlaku untuk kondisi sampel saat itu. Pengambilan sampel dan proses analisis di laboratorium dilakukan sendiri oleh konsumen.

Asisten Laboratorium Pendamping

ANGELINA RUSPITA SANDY

NIM : 05.26.011

Mahasiswa

Nyoman Gunarta

NIM : 04.26.075 P

Malang, 2 September 2009
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan



Hardianto, ST, MT

NIP.Y : 1030000350



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id



Kualitas Akreditasi Internasional

laboratorium Pengujian
 IP - 227 - IDN

Nomor : 11S/LKA MLG/IX/09/11

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 08/PC/IX/2009/08
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
 Place of Analysis

Tanggal Analisa : 10-17 September 2009
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	Q 1.1				
	COD	mg/L	551,22	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	347,98	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
2.	Q 1.2				
	COD	mg/L	482,97	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	239,55	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
3.	Q 1.3				
	COD	mg/L	291,21	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	132,03	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
4.	R 2.1				
	COD	mg/L	551,10	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	349,91	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
5.	R 2.2				
	COD	mg/L	482,41	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	237,68	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
6.	R 2.3				
	COD	mg/L	293,04	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	132,11	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
7.	S 3.1				
	COD	mg/L	550,73	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	348,21	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
8.	S 3.2				
	COD	mg/L	481,64	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	235,34	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
9.	S 3.3				
	COD	mg/L	292,60	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	131,84	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR



Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id

Laboratorium Pengujian
 IP - 227 - 18N

Nomor : 06S/LKA MLG/IX/09/06

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 05/PC/IX/2009/05
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
 Place of Analysis

Tanggal Analisa : 8-14 September 2009
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	D 1.1				
	COD	mg/L	526,39	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	356,24	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
2.	D 1.2				
	COD	mg/L	471,08	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	231,44	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
3.	D 1.3				
	COD	mg/L	246,33	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	84,83	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
4.	E 1.1				
	COD	mg/L	527,23	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	356,78	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
5.	E 1.2				
	COD	mg/L	471,31	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	232,5	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
6.	E 1.3				
	COD	mg/L	245,95	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	85,27	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
7.	F 1.1				
	COD	mg/L	526,99	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	355,66	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
8.	F 1.2				
	COD	mg/L	470,71	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	232,94	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
9.	F 1.3				
	COD	mg/L	245,46	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	85,11	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from

Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkung Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id



Laboratorium Pengujian
LP - 227 - IBN

Nomor : 12S/LKA MLG/IX/09/12

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

: Ext. 09/PC/IX/2009/09

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 11-18 September 2009

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	T 1.1				
	COD	mg/L	574,61	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	344,14	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
2.	T 1.2				
	COD	mg/L	492,17	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	243,16	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
3.	T 1.3				
	COD	mg/L	323,82	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	155,47	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
4.	U 2.1				
	COD	mg/L	573,11	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	343,16	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
5.	U 2.2				
	COD	mg/L	492,71	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	242,75	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
6.	U 2.3				
	COD	mg/L	323,48	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	156,01	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
7.	V 3.1				
	COD	mg/L	572,81	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	343,29	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
8.	V 3.2				
	COD	mg/L	491,56	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	243,19	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
9.	V 3.3				
	COD	mg/L	324,11	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	156,33	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from
Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id



Number Accreditation No. 1

Laboratorium Pengujian
 LP - 227 - ISH

Nomor : 08S/LKA MLG/IX/09/08

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 06/PC/IX/2009/06
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
 Place of Analysis

Tanggal Analisa : 5-12 September 2009
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	A 1.1				
	COD	mg/L	558,65	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	346,66	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
2.	A 1.2				
	COD	mg/L	501,16	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	237,75	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
3.	A 1.3				
	COD	mg/L	337,66	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	114,21	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
4.	B 1.1				
	COD	mg/L	560,67	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	347,13	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
5.	B 1.2				
	COD	mg/L	500,81	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	238,02	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
6.	B 1.3				
	COD	mg/L	338,9	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	114,9	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
7.	C 1.1				
	COD	mg/L	561,03	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	346,65	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
8.	C 1.2				
	COD	mg/L	500,24	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	238,10	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
9.	C 1.3				
	COD	mg/L	339,17	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	114,72	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
 This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

This Certificate is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

YKAN

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id

Laboratorium Pengujian
 IP - 227 - IBH

Nomor : 13S/LKA MLG/IX/09/13

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 11/PC/IX/2009/11
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
 Place of Analysis

Tanggal Analisa : 7-13 September 2009
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	W 1.1				
	COD	mg/L	545,88	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	349,31	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
2.	W 1.2				
	COD	mg/L	489,06	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	234,49	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
3.	W 1.3				
	COD	mg/L	290,78	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	97,16	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
4.	X 2.1				
	COD	mg/L	546,75	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	349,17	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
5.	X 2.2				
	COD	mg/L	489,9	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	234,08	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
6.	X 2.3				
	COD	mg/L	290,23	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	97,28	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
7.	Y 3.1				
	COD	mg/L	544,21	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	348,87	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
8.	Y 3.2				
	COD	mg/L	487,44	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	233,88	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
9.	Y 3.3				
	COD	mg/L	291,17	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	96,91	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari
 Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or publicated without any approval from
 Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta1.co.id



Laboratorium Pengujian
 LP - 227 - IBH

Nomor : 06S/LKA MLG/IX/09/06

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji : Ext. 05/PC/IX/2009/05
 Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
 Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
 Place of Analysis

Tanggal Analisa : 9-15 September 2009
 Testing Date(s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
1.	G 1.1				
	COD	mg/L	593,64	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	337,23	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
2.	G 1.2				
	COD	mg/L	506,94	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	244,88	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
3.	G 1.3				
	COD	mg/L	463,69	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	182,16	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
4.	H 1.1				
	COD	mg/L	594,78	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	337,48	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
5.	H 1.2				
	COD	mg/L	507,16	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	245,22	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
6.	H 1.3				
	COD	mg/L	463,28	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	182,99	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
7.	I 1.1				
	COD	mg/L	595,16	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	336,54	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
8.	I 1.2				
	COD	mg/L	507,55	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	245,18	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	
9.	I 1.3				
	COD	mg/L	462,93	Q1/LKA/19 (Spektrofotometer)	
	TSS	mg/L	181,95	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	



Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang memperbanyak dan atau mempublikasikan isi sertifikat ini tanpa izin dari Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

Sertifikat atau laporan ini sah bila dibubuhi cap oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I

This Certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from

Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

This Certificate or report is valid after being stamped by Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Corporation

Lampiran C

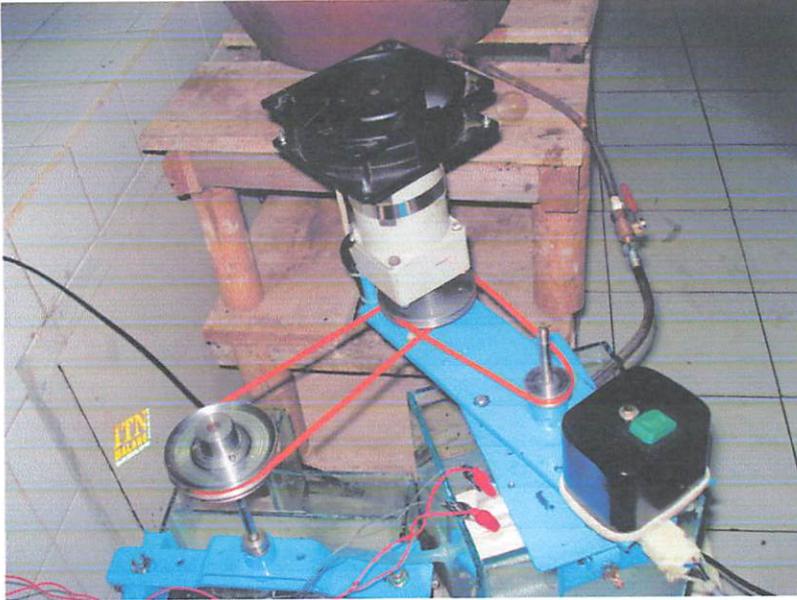
Dokumentasi



Gambar 1 Adaptor



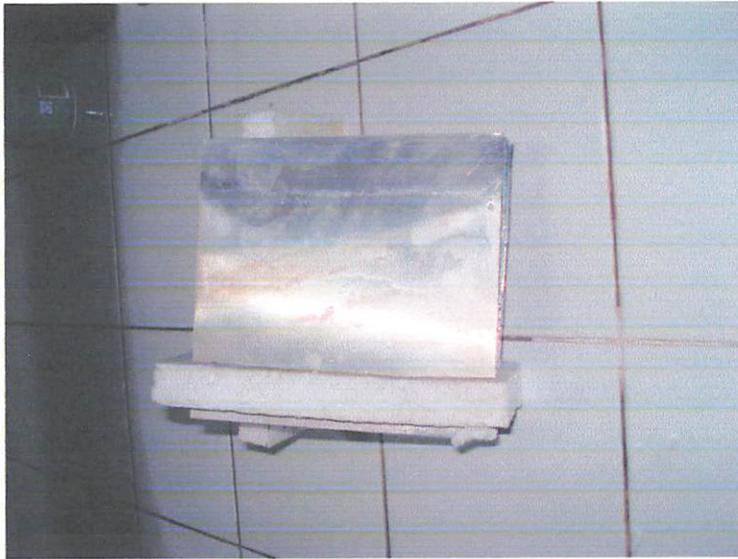
Gambar 2 Regulator



Gambar 3 Motor Pengaduk



Gambar 4 Analisis Suhu dan pH



Gambar 5 Elektroda



Gambar 6 Operasional Alat Elektrokoagulasi