

SKRIPSI

PENURUNAN BOD DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT MENGGUNAKAN ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN KONTINYU.

(Studi Kasus: Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Di Kota Malang)



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

Oleh :

**SUKMAWATI Hi. SAUBAS
06.26.005**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2011**

121112

PERUSAHAAN PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
TEKNOLOGI DAN INOVASI
KEMENTERIAN RISET, TEKNIK, DAN TEKNOLOGI
KEMERIAAN RI
JALAN SUDIRMAN NO. 100
JAKARTA BARU 10110

(Untuk keperluan administrasi dan keuangan)

M I L I T
P E R P U S T A K A N
I T N M A L A N G

1997

REKAMASALAH
00.20.000

KELOMPOK PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
1101

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PENURUNAN BOD DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR
INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT MENGGUNAKAN
ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN
KONTINYU**

(Studi Kasus: Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Di Kota Malang)

Disusun Oleh :

SUKMAWATI HI. SAUBAS

06.26.005

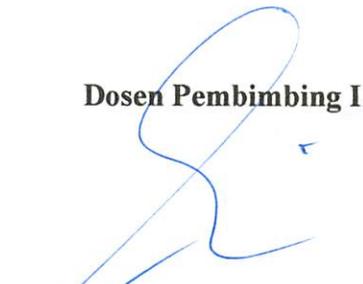
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

Dosen Pembimbing II



Hardianto, ST. MT
NIP.Y. 1030000350

Mengetahui



Ketua Jurusan Teknik Lingkungan

Candra Dwi Ratna, ST. MT
NIP. Y. 1030000349



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKIRPSI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : SUKMAWATI HI. SAUBAS
NIM : 06.26.005
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : **PENURUNAN BOD DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT MENGGUNAKAN ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN KONTINYU (Studi Kasus : Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Kota Malang)**

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi jenjang Program Strata Satu (S1)

Pada Hari : Sabtu

Tanggal : 20 AGUSTUS 2011

Dengan Nilai : **B (70,07)**

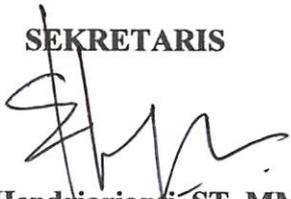
PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA


Candra Dwi Ratna, ST. MT

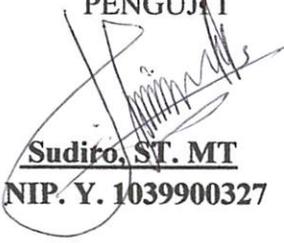
NIP. Y. 1030000349

SEKRETARIS


Evi Hendriarianti, ST. MMT

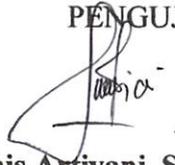
NIP. Y. 1030300382

PENGUJI I


Sudiro, ST. MT

NIP. Y. 1039900327

PENGUJI II


Anis Artiyani, ST. MT

NIP. P. 1030300384

Saubas, S., Hendriarianti, E., Hardianto., 2011. *Penurunan BOD dan Minyak Lemak Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu* (Studi Kasus: Industri Penyamakan Kulit Di Kota Malang). Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAK

Limbah yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit memiliki potensi dalam menurunkan kualitas dari badan air. Parameter untuk mengetahui tingkat pencemaran tersebut adalah BOD dan Minyak lemak. Salah satu teknik pengolahan limbah cair industri penyamakan kulit yaitu dengan metode elektrokoagulasi. elektrokoagulasi merupakan proses koagulasi atau penggumpalan dengan tenaga listrik melalui proses elektrolisa untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel didalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh kecepatan pengadukan pada proses elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu terhadap efisiensi penurunan BOD dan Minyak lemak pada air limbah Industri penyamakan kulit.

Variabel yang digunakan dalam pengolahan limbah industri penyamakan kulit dengan elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu antara lain dengan tegangan elektrolisis 25 Volt, 4 buah elektroda aluminium, waktu operasi (90, 135, dan 180 menit), dan kecepatan pengadukan (200, 300 dan 400 rpm).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan BOD dan minyak lemak terbesar pada elektrokoagulasi dengan kecepatan putaran 400 rpm menit ke-180 sebesar 68,55% untuk BOD dan minyak lemak 56,60 % nilai BOD akhir terendah sebesar 92,96 mg/l sedangkan nilai minyak lemak akhir terendah sebesar 2,3 mg/l dimana sudah memenuhi baku mutu limbah cair industri penyamakan kulit Berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair industri penyamakan kulit, konsentrasi BOD maksimum yang diperbolehkan adalah 100 mg/l dan konsentrasi minyak lemak yang diperbolehkan adalah 5 mg/l.

Kata Kunci : BOD, elektrokoagulasi Bipolar, limbah cair Penyamakan kulit minyak lemak,

Saubas, S., Hendriarianti, E., Hardianto, 2011 .. Decrease in BOD and Oils Fats In Tannery Industrial Wastewater Using Continuous Flow Bipolar electrocoagulation Configuration (Case Study: Tanning Industry Malang). Thesis Environmental Engineering Department National Institute of Technology Malang.

ABSTRACTION

Produced wastes from leather tanning industry has the potential to degrade the quality of water bodies. Parameter to determine the pollution level of BOD and fatty oils. One technique penglohan indsutri tannery effluent is elektrokuagulasi method. electrocoagulation is the process of coagulation or clotting by electricity through a process of electrolysis to reduce or lower the metal ions and particles in water. This study aims to determine the effect of stirring speed on the process of continuous flow electrocoagulation bipolar configuration on the efficiency and BOD reduction of fatty oils in the leather tanning industry wastewater.

The variables used in the tanning of leather wastewater treatment in the industry by bipolar electrocoagulation of settings, among others, with the continuous stream of voltage electrolysis 25 volts, 4 pieces of aluminum electrodes, uptime (90, 135, and 180 minutes), and agitation speed (200, 300 and 400 rpm).

Research results indicate that the BOD removal efficiency and the largest fat oil in electrocoagulation with a rotation speed of 400 rpm to 180 minutes for 68.55% for BOD and 56.60% fat oils final BOD values as low as 92.96 mg / l while the value of oil low end fat 2.3 mg / l which meets the quality standards of tannery industrial wastewater by East Java Governor Decree No. 45 of 2002 on wastewater standards of quality leather tanning industry, the maximum allowable BOD concentration is 100 mg / l concentration of fat and oil are permitted is 5 mg / l.

Keywords: BOD, bipolar electrocoagulation, tannery effluent fatty oils

Research results indicate that the BOD removal efficiency and the lag phase in electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² are 92.5% and 1.5 h, respectively. The BOD removal efficiency is higher than that of the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² and the lag phase is shorter than that of the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm². The results also indicate that the electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² is more effective than the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² in removing BOD from wastewater.

CONCLUSION

Production wastes from leather tanning industry has the potential to degrade the quality of water bodies. However, to decrease the pollution level of BOD and TSS, the electrocoagulation method is used. The electrocoagulation method is a process of electrocoagulation in which a process of electrolysis is used to reduce the effect of metal ions and particles in water. This study aims to decrease the effect of organic matter on the process of continuous flow electrocoagulation. Higher efficiency on the efficiency and BOD reduction of raw oils in the leather tanning industry wastewater.

The variables used in the study of leather tanning wastewater treatment in the electrocoagulation of organic matter are current density, time, and initial concentration of organic matter. The results of the study show that the electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² and a time of 1.5 h is more effective than the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² and a time of 1.5 h in removing BOD from wastewater.

Research results indicate that the BOD removal efficiency and the lag phase in electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² are 92.5% and 1.5 h, respectively. The BOD removal efficiency is higher than that of the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² and the lag phase is shorter than that of the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm². The results also indicate that the electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² is more effective than the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² in removing BOD from wastewater.

Research results indicate that the BOD removal efficiency and the lag phase in electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² are 92.5% and 1.5 h, respectively. The BOD removal efficiency is higher than that of the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² and the lag phase is shorter than that of the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm². The results also indicate that the electrocoagulation with a current density of 100 mA/cm² is more effective than the electrocoagulation with a current density of 50 mA/cm² in removing BOD from wastewater.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“PENURUNAN BOD DAN MINYAK LEMAK PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI KONFIGURASI BIPOLAR ALIRAN KONTINYU”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisa data dan pembahasan dari data yang telah diperoleh dari penelitian. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak, karena itu dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada yang terhormat :

1. Orang tua saya yang selalu memberikan dukungannya dalam bentuk materi maupun non materi
2. Ibu Evy Hendrianti, ST. MMT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Hardianto, ST, MT. selaku dosen pembimbing dan Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Teman – teman TL 06 yang telah banyak membantu mulai dari awal sampai selesainya laporan skripsi ini.
6. Semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan skripsi yang saya susun.

Malang, Agustus 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Industri Penyamakan kulit.....	5
2.1.1. Proses Produksi Penyamakan Kulit.....	11
2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Penayamakan Kulit	12
2.1.3. Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 Thn 2002.....	13
2.2 Parameter Uji.....	14
2.2.1. Biological Oxygen Demand (BOD).....	14
2.2.2. Minyak lemak	14
2.2.2.1 Prinsip Kerja.....	15
2.2.2.2. Alat dan Bahan	15
2.2.2.3 Prosedur Kerja	15

2.2.2.4. Perhitungan.....	16
2.3 Proses koagulasi-flokulasi.....	16
2.3.1. Definisi koagulasi-flokulasi	16
2.3.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi.....	21
2.3.3. Mekanisme proses koagulasi-flokulasi dan jenis koagulan ...	18
2.4 Pengadukan cepat	19
2.4.1. Proses pengadukan cepat dengan elektroda	20
2.5. Pengadukan lambat.....	27
2.6. Jar test.....	28
2.7. Proses Sedimentasi.....	29
2.7.1. Teori sedimentasi.....	29
2.7.2. Aplikasi sedimentasi.....	30
2.8. Elektrokoagulasi.....	31
2.8.1. Mekanisme dalam elektrokoagulasi.....	35
2.8.2. Pelarutan logam dalam elektroda.....	36
2.8.3. Reaksi di elektroda.....	38
2.8.4. Reaktor elektrokoagulasi bipolar.....	39
2.9. Metode Analisa.....	41
2.9.1. Statistika Deskriptif dan Inferensi.....	41
2.9.2. Analisis Korelasi.....	42
2.9.3 Analisa Regresi.....	42
2.9.4. Pengantar Desain Eksperimen.....	43
2.9.4.1. Langkah-langkah dalam desain eksperimen.....	43
2.9.4.2. Analysis of Variance.....	44
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	45
3.1 Kerangka Penelitian.....	45
3.2. Ide Studi.....	46
3.3. Studi Literatur	46
3.4. Variabel Penelitian	46

3.5.	Alat dan Bahan	47
3.5.1.	Alat-Alat Penelitian	47
BAB IV	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	49
4.1.	Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit.....	49
4.2.	Karakteristik Akhir Limbah Cair penyamakan kulit Setelah Proses Elektrokoagulasi.....	50
4.3.	Analisis Deskriptif.....	51
4.3.1.	Analisis Deskriptif BOD.....	52
4.3.2.	Karakteristik Akhir Limbah Cair penyamakan kulit Setelah Proses Elektrokoagulasi.....	54
4.3.3.	Analisis Deskriptif minyak lemak	55
4.4.	Analisis Korelasi	51
4.4.1.	Analisis Korelasi Persentase Penyisihan BOD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	58
4.4.2.	Analisis Korelasi Persentase Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	59
4.5.	Analisis Regresi.....	60
4.5.1.	Analisis Regresi Persentase Penyisihan BOD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.....	61
4.5.2.	Analisis Regresi Persentase Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.....	63
4.6.	Analisis Anova.....	65
4.6.1.	Analisis Anova Persentase Penyisihan BOD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	66
4.6.2.	Analisis Anova Persentase Penyisihan minyak lemak Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	67

4.7.	Pembahasan Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar	68
4.7.1.	Pengaruh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi Terhadap Penyisihan Konsentrasi BOD dan Minyak lemak..	68
BAB V	PENUTUP	73
5.1.	Kesimpulan	73
5.2.	Saran	73

DAFTAR TABEL

Tabel. 2.1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu Berdasarkan Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002	13
Tabel. 4.1. Hasil Analisis Awal Limbah Industri <i>Penyamakan Kulit</i>	50
Tabel. 4.2. Data Analisa BOD	51
Tabel. 4.3. Data Konsentrasi Akhir BOD.....	52
Tabel. 4.4. Data Persentase Penyisihan Akhir BOD.....	52
Tabel. 4.5. Data Analisa Minyak lemak.....	54
Tabel. 4.6. Data Konsentrasi Akhir Minyak lemak	55
Tabel. 4.7. Data Persentase Penyisihan Akhir Minyak lemak.....	56
Tabel. 4.8. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan BOD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.....	58
Tabel. 4.9. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran	59
Tabel. 4.10. Analisis Regresi Antara % Penyisihan BOD Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu operasi	61
Tabel. 4.11. Analisis Regresi Antara % Penyisihan Minyak lemak Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu Operasi.....	63
Tabel. 4.12. Uji Anova % Penyisihan BOD Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm)	66
Tabel. 4.13. Uji Anova % Penyisihan BOD Terhadap Variasi Waktu Operasi (menit).....	66
Tabel. 4.14. Uji Anova % Penyisihan Minyak lemak Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm)	67
Tabel. 4.15. Uji Anova % Penyisihan Minyak lemak Terhadap Variasi Waktu Operasi (menit)	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1. Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit	12
Gambar.2.2. Diagram distribusi Al-H ₂ O untuk mononuklear.....	22
Gambar.2.3. Diagram kelarutan dari Aluminium hidroksida.....	22
Gambar.2.4. Tipe Turbine.....	24
Gambar.2.5. Tipe Padell	24
Gambar.2.6. Tipe propeller.....	24
Gambar.2.7. Diagram Venn.....	32
Gambar.2.8. Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi.....	33
Gambar.2.9. Mekanisme dalam elektrokoagulasi.....	36
Gambar.2.10. Reaktor elektroda dengan konfigurasi <i>bipolar</i>	40
Gambar.2.11. Skema Reaktor Elektrokimia	41
Gambar.3.1. Kerangka Penelitian	45
Gambar.3.2. Reaktor Penelitian.....	48
Gambar 4.1. PT. Kasin.....	49
Gambar.4.2. Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan BOD	53
Gambar.4.3. Grafik Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan Minyak lemak	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit memiliki potensi untuk menurunkan kualitas dari badan air. Limbah yang dihasilkan dari industri ini mengandung bahan-bahan pencemar seperti sisa daging, darah, bulu dan lemak yang menyebabkan timbulnya endapan dan bahan organik, serta kandungan bahan kimia krom (Cr). Kandungan BOD dan Minyak lemak yang tinggi dalam limbah apabila di buang langsung ke badan air akan menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam badan air (<http://keslingmks.wordpress.com/feed/>). Akibatnya banyak dari biota air yang akan mati karena kekurangan oksigen sehingga akan menyebabkan perubahan ekosistem perairan. Oleh karena itu industri penyamakan kulit memerlukan alternatif pengolahan limbah yang efektif agar memenuhi standar *effluen* untuk di buang ke badan air. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair penyamakan kulit adalah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi mempunyai dua konfigurasi yaitu monopolar dan bipolar. Kemampuan untuk mengolah berbagai macam polutan termasuk padatan tersuspensi.

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) kedalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, Barton, Michell., 2004). 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 BOD yang tinggi pada limbah cair penyamakan kulit.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengurangi beban pencemaran pada beberapa limbah dengan metode elektrokoagulasi dengan variasi-variasi seperti waktu operasi, rapat arus, dan turbiditas sesuai standar yang ditentukan. Variabel atau variasi yang paling efektif dari penelitian sebelumnya mendasari

penelitian ini. Dalam penelitian (Yulianto, 2009), variabel yang digunakan dalam pengolahan limbah batik dengan elektrokoagulasi antara lain dengan tegangan elektrolisis (12,25,30 Volt), 3 buah elektroda, waktu operasi (10,15, 30, 45 dan 60 menit). Variabel yang paling efektif dalam penelitian tersebut yaitu tegangan elektrolisis 25 volt dan 9 Volt, dengan 4 buah elektroda, waktu operasi 60, mampu meremovel Minyak lemak sebesar 77 %. sedangkan untuk TSS sebesar 88 %.

Penelitian (Gunarta, 2009) mengenai penurunan COD dan TSS pada limbah cair laundry menggunakan elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu 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 %. Penelitian (Sandy, 2009) mengenai penurunan COD dan TSS pada limbah cair laundry menggunakan elektrokoagulasi konfigurasi monopolar aliran kontinyu efisiensi penyisihan COD terbesar dengan aluminium yaitu sebesar 72,35 % dan besi sebesar 69,33% terjadi pada variasi dengan jarak antar elektroda 0,5 cm. efisiensi penyisihan TSS terbesar pada elektrokoagulasi dengan aluminium yaitu sebesar 81,73% dan besi sebesar 75,98% terjadi pada variasi dengan jarak antar elektroda 0,5 cm. Penelitian Achmad, 2011) mengenai penurunan COD dan TSS pada limbah cair industri tahu menggunakan elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinyu efisiensi penyisihan COD terbesar pada elektrokoagulasi dengan kecepatan putaran 400 rpm sebesar 56,18% pada waktu operasi menit ke 180. efisiensi penyisihan TSS terbesar pada elektrokoagulasi dengan dengan kecepatan putaran 400 rpm sebesar 60,48 % pada waktu operasi menit ke 180.

Selain itu Penelitian (Susilowati, 2006) mengenai pengaruh lama elektrokoagulasi multiplate Fe-Al terhadap COD, BOD dan TSS variabel yang digunakan dalam pengolahan limbah tekstil dengan elektrokoagulasi antara lain dengan variasi tegangan elektrolisis (4;5, 6, 7;5, 9 dan 12 Volt), 3 buah elektroda, waktu operasi (1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam). mampu meremovel TSS sebesar 98,7 %, BOD 86,2 % dan COD 54, 5 %. pada variabel tegangan elektrolisis 9 volt, dengan 3 buah elektroda, pada waktu operasi 4 jam.

Berdasarkan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan direncanakan penelitian ini dengan menggunakan variabel yang paling efektif dalam pengolahan limbah cair penyamakan kulit. sehingga didapatkan variabel yang paling efektif Untuk meremovel limbah cair penyamakan kulit agar dapat dibuang ke alam tanpa mencemari lingkungan.

1.2. Perumusan Masalah

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

1. Seberapa besar tingkat penurunan konsentrasi BOD dan minyak lemak dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar.
2. Bagaimana pengaruh besarnya kecepatan pada proses pengadukan dalam penurunan BOD dan minyak lemak pada limbah cair penyamakan kulit.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui besar tingkat penurunan konsentrasi BOD dan minyak lemak dengan menggunakan elektrokoagulasi bipolar.
2. Untuk mengetahui pengaruh besarnya kecepatan pada proses pengadukan dalam penurunan BOD dan minyak lemak pada limbah cair penyamakan kulit.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengolahan limbah cair penyamakan kulit 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 cair penyamakan kulit PT. Kasin kota Malang
3. Parameter yang dianalisis adalah BOD dan minyak lemak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi atau tersamak dengan menggunakan bahan penyamak pada proses. Dalam industri penyamakan kulit ada tiga tahapan pokok proses produksi yaitu : (<http://id.wordpress.com/>)

1. Proses pengerjaan basah (*Beam House*)

a. Perendaman (Soaking).

Maksud perendaman ini adalah untuk mengembalikan sifat- sifat kulit mentah menjadi seperti semula, lemas, lunak dan sebagainya. kulit mentah kering setelah ditimbang, kemudian direndam dalam 800- 1000 % air yang mengandung 1 gram/ liter obat pembasah dan antiseptic, misalnya tepol, molescal, cysmolan dan sebagainya selama 1- 2 hari. kulit dikerok pada bagian dalam kemudian diputar dengan drum tanpa air selama 1/ 5 jam, agar serat kulit menjadi longgar sehingga mudah dimasuki air dan kulit lekas menjadi basah kembali. pekerjaan perendaman dianggap cukup apabila kulit menjadi lemas, lunak, tidak memberikan perlawanan dalam pegangan atau bila berat kulit telah menjadi 220- 250% dari berat kulit mentah kering, yang berarti kadar airnya mendekati kulit segar (60-65 %). Pada proses perendaman ini, penyebab pencemarannya ialah sisa desinfektan dan kotoran- kotoran yang berasal dari kulit (<http://id.wordpress.com/>).

b. Pengapuran (Liming).

Maksud proses pengapuran ialah untuk menghilangkan epidermis dan bulu. menghilangkan kelenjar keringat dan kelenjar lemak. menghilangkan semua zat-zat yang aktif menghadapi zat-zat penyamak. Cara mengerjakan pengapuran, kulit direndam dalam larutan yang terdiri dari 300-400 % air (semua dihitung dari berat kulit setelah direndam), 6-10 % Kapur Tohor $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 3-6 % natrium Sulphida (Na_2S). Perendaman ini memakan waktu 2-3 hari. Dalam proses

pengapuran ini mengakibatkan pencemaran yaitu sisa- sisa $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2S , zat-zat kulit yang larut, dan bulu yang terepas (<http://id.wordpress.com/>).

c. Pembelahan (Splitting).

Untuk pembuatan kulit atasan dari kulit mentah yang tebal (kerbau-sapi) kulit harus ditipiskan menurut tebal yang dikehendaki dengan jalan membelah kulit tersebut menjadi beberapa lembaran dan dikerjakan dengan mesin belah (splinting machine). belahan kulit yang teratas disebut bagian rajah (nerf), digunakan untuk kulit atasan yang terbaik. belahan kulit dibawahnya disebut split, yang dapat pula digunakan sebagai kulit atasan, dengan diberi campuran secara dicetak dengan mesin press (emboshing machine), pada tahap penyelesaian akhir. selain itu kulit split juga dapat digunakan untuk kulit sol dalam, krupuk kulit, lem kayu dan lain-lain. Untuk pembuatan kulit sol, tidak dikerjakan proses pembelahan karena diperlukan seluruh tebal kulit (<http://id.wordpress.com/>).

d. Pembuangan Kapur (Deliming)

Oleh karena semua proses penyamakan dapat dikatakan berlangsung dalam lingkungan asam maka kapur didalam kulit harus dibersihkan . kapur yang masih ketinggalan akan mengganggu proses- proses penyamakan. misalnya untuk kulit yang disamak nabati, kapur akan bereaksi dengan zat penyamak menjadi kalsium tannat yang berwarna gelap dan keras mengakibatkan kulit mudah pecah, untuk kulit yang akan disamak krom, bahkan kemungkinan akan menimbulkan pengendapan krom hidroksida yang sangat merugikan (<http://id.wordpress.com/>).

e. Pengikisan Protein (Bating).

Proses ini menggunakan enzim protease untuk melanjutkan pembuangan semua zat- zat yang belum terhilangkan dalam proses pengapuran antara lain sisa-sisa akar bulu dan pigment, sisa- sisa lemak yang tak tersabungkan, sedikit atau banyak zat- zat kulit yang tidak diperlukan artinya untuk kulit atasan yang lebih lemas membutuhkan waktu proses bating yang lebih lama dan sisa kapur yang masih ketingglan (<http://id.wordpress.com/>).

f. Pengasaman (Pickling).

Proses ini dikerjakan untuk kulit samak dan krom atau kulit samak dan tidak dikerjakan untuk kulit samak nabati atau kulit samak minyak. maksud proses pengasaman untuk mengasamkan kulit pada pH 3- 3,5 tetapi kulit-kulit dalam keadaan tidak bengkak, agar kulit dapat menyesuaikan dengan pH bahan penyamak yang akan dipakai nanti. selain itu pengasaman juga berguna untuk:

1. Menghilangkan sisa kapur yang masih tertinggal.
2. Menghilangkan noda- noda besi yang diakibatkan oleh natrium sulphida (Na_2S) dalam pengapuran agar kulit menjadi putih bersih.

2. Proses penyamakan (*Tanning*)

Pada tahap penyamakan ini ada beberapa cara yang bisa dilakukan, yakni:

1) Cara penyamakan dengan bahan penyamakan nabati.

a). Cara Counter Current

Kulit direndam dalam bak penyamakan yang berisi larutan ekstrak nabati + 0,50. selama 2 hari, kemudian kepekatan cairan penyamakan dinaikkan secara bertahap sampai kulit menjadi masak yaitu 3- 4 hari untuk kulit yang tipis seperti kulit lapis, kulit tas, kulit pakaian kuda, dan lain-lain sedang untuk kulit- kulit yang tebal seperti kulit sol, ban mesin dan lain-lain pada kepekatan 6-8 Obe. untuk kulit sol yang keras dan baik biasanya setelah kulit masak dengan larutan ekstrak, penyamakan masih dilanjutkan lagi dengan cara kulit ditanam dalam babakan dan diberi larutan ekstrak pekat selama 2-5 minggu (<http://id.wordpress.com/>).

b). Sistem samak cepat.

Didahului dengan penyamakan awal menggunakan 200% air, 3% ekstrak mimosa (sintan) putar dalam drum selam 4 jam. putar terus tambahkan zat peyamak hingga masak diamkan 1 malam dalam drum.

Cara penyamakan dengan bahan penyamakan mineral menggunakan bahan penyamak krom zat penyamak krom yang biasa digunakan adalah bentuk kromium sulphat basa. garam krom dalam larutan menunjukkan berapa banyak total valensi krom sangat penting dalam penyamakan kulit total antara 0-33,33%, molekul krom terdispersi dalam ukuran partikel yang kecil (partikel optimum untuk penyamakan). zat penyamak komersial yang paling banyak digunakan mempunyai nilai 33,33%. jika zat penyamak krom ini didalam substansi kulit, maka nilai dari cairan krom harus dinaikkan sehingga mengakibatkan bertambah besarnya ukuran partikel zat penyamak krom (<http://id.wordpress.com/>).

Cara Penyamakan dengan bahan penyamakan minyak kulit yang akan dimasak minyak biasanya telah disamak pendahuluan dengan formalin. kulit dicuci untuk menghilangkan kelebihan formalin kemudian dibiarkan untuk mengurangi airnya, diputar dengan 20-30 % minyak ikan, selama 2-3 jam, tumpuk satu malam selanjutnya digantung dan diangin- anginkan selama 7-10 hari.

g. Pengetaman (Shaving).

Kulit yang telah masak ditumpuk selama 1-2 hari kemudian diperah dengan mesin atau tangan untuk menghilangkan sebagian besar airnya, lalu dimasukin dalam mesin ketam pada bagian daging guna mengatur tebal kulit agar rata. kulit ditimbang guna menentukan jumlah yang akan diperlukan untuk proses- proses selanjutnya, selanjutnya dicuci dengan air mengalir $\frac{1}{2}$ jam (<http://id.wordpress.com/>).

h. Pemucatan (Bleaching).

Hanya dikerjakan untuk kulit samak nabati dan biasanya digunakan asam- asam organik dengan tujuan menghilangkan flek- flek besi dari mesin ketam, Menurunkan pH kulit yang berarti memudahkan warna kulit (<http://id.wordpress.com/>).

i. Penetralkan (Neutralizing).

Hanya dikerjakan untuk kulit samak krom. kulit samak krom dilingkungannya sangat asam (pH 3-4) maka kulit perlu dinetralkan kembali agar tidak mengganggu dalam proses selanjutnya. Penetralkan biasanya mempergunakan garam alkali misalnya NaHCO_3 , dan lain-lain (<http://id.wordpress.com/>).

g. Pengecetan Dasar (Dyeing).

Tujuan pengecetan dasar ialah untuk memberikan warna dasar pada kulit agar pemakaian cat tutup nantinya tidak terlalu tebal sehingga cat tidak mudah pecah. cat dasar yang dipakai untuk kulit ada 3 macam cat direct untuk kulit samak krom, cat asam untuk kulit samak krom dan nabati dan cat basa, untuk kulit samak nabati (<http://id.wordpress.com/>).

h. Peminyakan (Fat liguoring).

Tujuan proses peminyakan pada kulit antara lain sebagai berikut:

- 1). Untuk pelumas serat- serat kulit agar kulit menjadi tahan tarik dan tahan getar.
- 2). Menjaga serat kulit agar tidak lengket satu dengan yang lainnya.
- 3). Membuat kulit tahan air.

Cara mengerjakan peminyakan kulit setelah dicat dasar, diputar selama $\frac{1}{2}$ – 1jam dengan 150 %- 200% air 40- 60 0C, 4-15% emulsi minyak ditambahkan 0,2- 0,5 % asam formiat untuk memecahkan emulsi minyak. minyak akan tertinggal dalam kulit dan airnya dibuang. kulit ditumpuk pada kuda- kuda selama 1 malam (<http://id.wordpress.com/>).

j. Pelumasan (Oiling).

Pelumasan hanya dikerjakan untuk kulit sol samak nabati. tujuan pelumasan ialah untuk menjaga agar bahan penyamak tidak keluar kepermukaan kulit sebelum kulit menjadi kering, yang berakibat kulit menjadi gelap warnanya dan mudah pecah bila ditekuk (<http://id.wordpress.com/>).

k. Kelembaban.

Kulit setelah dikeringkan dibiarkan 1-3 hari pada udara biasa agar kulit menyesuaikan dengan kelembaban udara sekitarnya. Kulit kemudian dilembabkan dengan ditanam dalam serbuk kayu yang mengandung air 50- 55 % selama 1 malam, kulit akan mengambil air dan menjadi basah dengan merata. Kulit kemudian dikeluarkan dan dibersihkan serbuknya (<http://id.wordpress.com/>).

1. Peregangan Dan Pementangan.

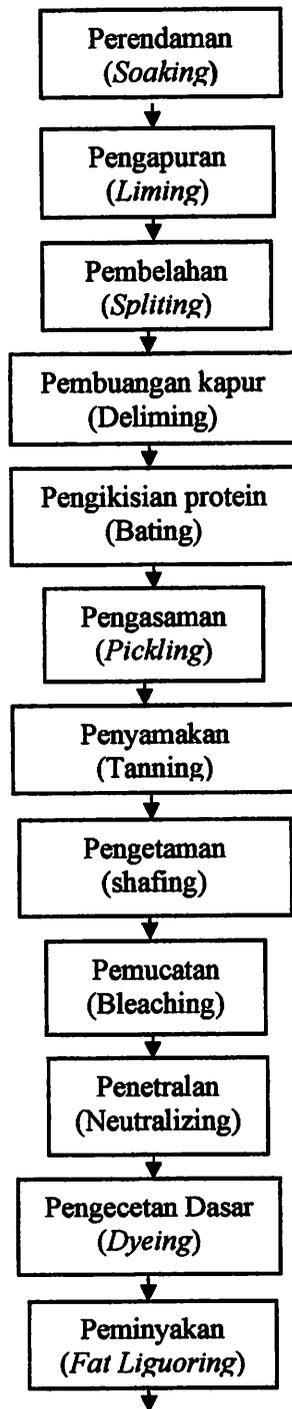
Kulit diregang dengan tangan atau mesin regang. Tujuan peregangan ini ialah untuk menarik kulit sampai mendekati batas kemulurannya, agar jika dibuat barang kerajinan tidak terlalu mulur, tidak merubah bentuk ukuran. Setelah diregang sampai lemas kulit kemudian dipentang dan setelah kering kulit dilepas dari pentangnya, digunting dibagian tepinya sampai lubang-lubang dan keriput-keriputnya hilang (<http://id.wordpress.com/>).

3. Proses penyelesaian akhir (*Finishing*)

Penyelesaian akhir bertujuan untuk memperindah penampilan kulit jadinya, memperkuat warna dasar kulit, mengkilapkan, menghaluskan penampakan kulit serta menutup cacat-cacat atau warna cat dasar yang tidak rata (<http://id.wordpress.com/>).

2.1.1 Proses Produksi Penyamakan Kulit

Adapun proses produksi penyamakan kulit dapat dilihat pada diagram alir berikut ini : (<http://id.wordpress.com/>)





Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit

2.1.2. Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit

Dilihat dari asal bahan pencemar, maka sifat air limbah industri penyamakan kulit dapat dibedakan pada setiap tahapan proses, yaitu sebagai berikut (<http://id.wordpress.com/>):

a. Perendaman (*Soaking*).

Air limbah soaking mengandung sisa daging, darah, bulu, garam, mineral, debu, dan kotoran lain. pada proses perendaman, air limbah berbau busuk dan kotor. volume limbah *soaking* berkisar antara 2,5-4 l/kg kulit dengan pH 7,5-8, *Total Suspended Solids* 2500- 400 mg/l. air limbah dari perendaman (*soaking*) juga mengandung garam dan bahan organik lain (<http://id.wordpress.com/>).

b. Buang bulu dan pengapuran (*unhairing dan liming*).

Air limbah pada proses ini berwarna putih kehijauan dan kotor dan berbau menyengat. pH air limbah pada proses ini berkisar antara 9-10, mengandung kalsium, natrium, sulfide, bulu sisa daging, dan lemak air limbah pada proses *unhairing* mengandung *Total Suspended Solids* 4500-6500 mg/l, BOD 1100-2500 mg/l, pH berkisar antara 10-12,5.

c. Air limbah buangan kapur (*Deliming*).

Air limbah pada proses *deliming* mempunyai beban polutan yang lebih kecil dibanding dengan *unhairing* dan *liming*. air limbah pada proses ini

mempunyai pH 3-9, *Total Suspended Solids* 200-1200 mg/l dan BOD 1000-2000mg/l (<http://id.wordpress.com/>).

d. Air limbah pengikisan protein (*Degreasing*)

Pada proses ini, air limbah yang dihasilkan juga menyebabkan terjadinya pencemaran air yang ditunjukkan dengan tingginya nilai COD, BOD, TSS dan lemak dalam air limbah ini (<http://id.wordpress.com/>).

e. Air limbah Pikel (*Pickling*) dan Krom (*Tanning*).

Air limbah dari proses ini akan mengandung bahan protein, sisa garam, sejumlah kecil mineral dan krom, pH berkisar antara 3,5-4, *Total Suspended Solids* 0,01-0,02 %.

(<http://id.wordpress.com/>)

2.1.3. Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Penyamakan Kulit

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT			
Volume Limbah Cair Maksimum per satuan Bahan Baku 50 m ³ /ton Bahan Baku Kulit Kering Proses Lengkap 30 m ³ /ton Bahan Baku Kulit Kering sampai Proses Wet Blue 20 m ³ /ton Bahan Baku Kulit Wet Blue sampai Produk Jadi			
Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)		
	Proses Lengkap	Sampai Wet Blue	Bahan Baku Wet Blue
BOD ₅	100	100	75
COD	250	250	200
TSS	100	100	75
Cr. Total	0.5	0.5	0.3
Minyak dan Lemak	5	5	3
NH ₃ -N (amonias total)	10	10	5
Sulfida	0.8	0.8	0.5
pH		6 - 9	

(Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45, 2002)

2.2. Parameter Yang Diuji

2.2.1. Biological Oksigen Demand (BOD₅)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Biologis (KOB) adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. angka BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organis yang terlarut dan sebagian zat-zat organis yang tersuspensi dalam air.

BOD yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri pada suhu 20 °C selama 5 hari. biasanya dalam waktu 5 hari, sebanyak 60% – 70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk mendisain sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. penguraian zat organis adalah peristiwa alamiah kalau sesuatu badan air dicemari oleh zat organis, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses oksidasi tersebut yang bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air tersebut (Alaerts dan Santika, 1987).

2.2.2. Minyak lemak

Lemak dan minyak merupakan komponen bahan makanan dan pembersih yang terdapat di dalam air limbah buangan. bahan tersebut berbahaya bagi kehidupan biota air dan keberadaannya tidak diinginkan secara estetika selain dari itu lemak merupakan sumber masalah utama dalam pemeliharaan saluran air buangan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh bahan ini adalah terbentuknya lapisan tipis yang menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan kekurangan konsentrasi DO. Senyawa ini juga menyebabkan meningkatkannya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna (<http://wordepслиmbah.com>).

analisa parameter dengan menggunakan metode secara gravimetri. Yang mengacu SK SNI M-68-19990-03. Metode Pengujian Kadar Minyak dan Lemak dalam air secara Gravimetrik.

2.2.2.1. Prinsip

Minyak dan lemak dalam contoh uji air dicampurkan dengan pelarut organik dalam corong pisah dan untuk menghilangkannya air yang masih tersisa Na_2SO_4 . ekstrak minyak dan lemak dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak.

2.2.2.2. Alat dan Bahan

Alat :

- a) cawan
- b) erlenmeyer 100ml
- c) timbangan cawan
- d) Oven
- e) Desinkator
- f) Saringan minyak
- g) Pipet Ukur
- h) Tabung ekstraksi.

Bahan :

- a) larutan Petroleum ether
- b) HCL 1:1

2.2.2.3. Prosedur Kerja

- a) Mengambil sample limbah 100 ml
- b) Sampel dimasukan Hidroklorit 0,1 ml sampai terlarut
- c) Sampel di campurkan petroleum ether (PE) 10ml, lalu di diamkan minimal selama 5 menit, setelah mengendap lapisan yang berada diatas diambil dan ditampung di dalam cawan yang sudah diketahui beratnya
- d) Sampel dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam

e) Sampel dinginkan di dalam desikator

2.2.2.4. Perhitungan

Konsentrasi Minyak Lemak

$$\text{Minyak lemak (mg/L)} = \text{CI} - \text{CK} \times 1000$$

dengan pengertian :

CI = berat labu + ekstraksi (mg)

CK = berat labu kosong (mg)

V = ml benda uji

2.3. Proses Koagulasi-Flokulasi

2.3.1. Definisi Koagulasi-Flokulasi

Menurut Masduqi dan Slamet (2002), koagulasi dapat diartikan sebagai proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air atau air limbah dengan menggunakan bahan koagulan yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Dalam proses koagulasi, apabila koagulan ditambahkan ke dalam air atau air limbah akan terjadi destabilisasi koloid dan terbentuk partikel flokulen. Beberapa interaksi yang terlibat dalam proses koagulasi adalah :

1. Penurunan zeta potensial ke tingkat dimana gaya tarik Van der Waal's dan agitasi menyebabkan partikel saling lepas.
2. Agregasi partikel oleh interpartikel yang menjembatani antara gugus reaktif pada koloid
3. Terbentuknya flok.

(Slamet dan Masduqi, 2000)

Pada umumnya proses koagulasi dilakukan dengan pengadukan cepat selama kurang lebih 1 menit dengan kecepatan putaran pengaduk lebih dari 100 rpm. Untuk air limbah, gradient kecepatan (G) yang diperlukan pada umumnya 300/detik (Reynolds, 1982).

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar (Masduqi dan Slamet, 2002). Proses flokulasi

merupakan kelanjutan dari proses koagulasi. Proses flokulasi terjadi bila terdapat pengadukan lambat, hal ini dilakukan karena beberapa alasan yaitu:

- a. Memberi kesempatan pada partikel-partikel (flok-flok kecil) yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flok-flok yang ukurannya semakin lama semakin besar.
- b. Memudahkan flokulen dengan “benang-benang” untuk mengikat flok-flok kecil menjadi ikatan flok yang ukurannya semakin lama semakin besar.
- c. Mencegah pecahnya kembali flok yang sudah terbentuk.

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006)

Waktu pengadukan pada proses flokulasi pada limbah antara 20 sampai 30 menit. Dengan kecepatan putaran pengaduk kurang dari 100 rpm. Gradient kecepatan (G) proses flokulasi pada umumnya 10 sampai 75/detik. Gradien kecepatan (G) yang diperlukan untuk pengolahan air limbah biasanya 20 sampai 75/detik (Reynolds, 1982).

2.3.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi

Pada proses koagulasi dan flokulasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses (Layla, 1978 dalam Wahyuni, 2006) yaitu :

1. Garam

Di dalam air terlarut garam mineral sangat dipengaruhi oleh senyawa pembentuk konsentrasinya. Pengaruh yang disebabkan oleh garam mineral dalam air adalah kemampuannya dalam menggantikan kedudukan ion. Selain hal tersebut di atas, garam mineral berpengaruh pada penentuan pH dan dosis koagulan. Adanya senyawa ini dalam sampel akan mengakibatkan perubahan range pH optimum koagulan, waktu yang diperlukan koagulasi, dosis koagulan yang optimum dan residu koagulan pada *effluen*.

2. Keketuhan

Mempengaruhi koagulasi-flokulasi pada penentuan dosis koagulannya dan juga akan mempengaruhi kecepatan pengendapan flok.

3. Jenis Koagulan

Harus disesuaikan dengan jenis koloid yang terdapat dalam air. Jenis koagulan yang tepat akan sangat efisien dalam proses karena dapat memperkecil gaya tolak-menolak partikel koloid sehingga membentuk flok.

4. Temperatur

Temperatur erat hubungannya dengan viskositas air, pada saat temperatur turun, maka viskositas air akan meningkat sehingga kecepatan pengendapan partikel flok akan menurun. Di samping itu penurunan temperatur dapat menurunkan kemampuan reaksi kimia.

5. Waktu Detensi

Merupakan fungsi debit dan aliran waktu detensi lebih lama dari kriteria desain akan menyebabkan pengendapan pada sistem kontinyu, sedangkan waktu detensi yang lebih singkat menyebabkan pembentukan flok yang relatif kecil dan sukar mengendap.

6. Pengadukan

Proses pengadukan dilakukan dua tahap yaitu pengadukan cepat (koagulasi) untuk mendistribusikan koagulan secara merata kedalam air dengan waktu detensi 30 – 60 detik. Kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat (flokulasi) adalah untuk memberikan kesempatan pertumbuhan antar partikel sehingga menghasilkan bertambahnya ukuran flok. Waktu detensi minimal 10 menit dan umumnya 15 – 45 menit.

2.3.3. Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan

Di dalam air permukaan atau air limbah partikel koloid yang bermuatan listrik sejenis (sama negatifnya) saling tolak menolak, sehingga tidak bisa saling mendekat dan kondisi dimana partikel tetap berada di tempatnya ini disebut kondisi stabil. Kondisi yang stabil tidak memungkinkan terbentuknya flok. Jika ke dalam air permukaan atau air limbah tersebut diberikan ion logam yang bermuatan positif, maka muatan positif ini dapat mengurangi daya tolak menolak antara sesama koloid (gaya repulsion) sehingga akan terjadi kondisi destabilisasi dari partikel. Kondisi partikel koloid yang tidak stabil memungkinkan

terbentuknya flok. Dengan adanya muatan positif yang cukup merata maka akan terbentuk flok–flok kecil kumpulan dari koloid. Untuk bisa diendapkan maka antara sesama flok–flok kecil harus terus bergabung sampai menjadi flok yang cukup besarnya untuk bisa mengendap. Adakalanya muatan positif yang diberikan tidak mampu untuk menggabungkan flok–flok kecil karena flok–flok kecil tersebut mengalami kondisi restabilisasi (kembali menjadi stabil) sehingga sulit untuk terus bergabung menjadi flok yang cukup besar. Masalah ini dapat diselesaikan dengan memberikan flokulan. Flok–flok kecil akan “diikat” oleh flokulan karena flokulan mempunyai lengan–lengan yang cukup panjang menyerupai sekumpulan benang. Dari uraian diatas jelas bahwa mekanisme koagulasi dan flokulasi bisa terjadi berurutan dan bisa juga terjadi secara bersamaan sehingga sulit untuk memisahkan antara kedua proses tersebut (Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006).

Adapun bahan yang digunakan untuk membentuk inti flok disebut koagulan. Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Dalam proses pelunakan dengan kapur-soda, kapur berfungsi sebagai koagulan karena menghasilkan flok yang berat atau presipitasi yang terdiri dari kalsium karbonat dan magnesium hidroksida. Presipitat ini mempunyai sifat koagulasi dan flokulasi. Sedangkan koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air limbah adalah aluminium sulfat dan kapur. Kadang-kadang koagulan-pembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang cepat mengendap (Slamet dan Masduqi, 2000).

2.4 Pengadukan Cepat (Koagulasi)

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air baku dan air limbah adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan berkisar antara 100 hingga 1000 per detik selama 5 hingga 60 detik (Masduqi dan Slamet, 2002). Secara spesifik, Nilai G dan t_d bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

Waktu detensi = 20 – 60 detik

$G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain – lain):

– Waktu detensi = 0,5 – 6 menit

– $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

(Masduqi dan Slamet, 2002)

2.4.1. Proses Pengadukan Cepat dengan Elektroda

Proses pengadukan cepat dengan elektroda 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 dalam Mollah, *et al.*, 2004).

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 yang berbeda menyebabkan

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

Waktu detensi = 30 – 60 detik

$Q = 1000 - 700$ detik

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain – lain):

– Waktu detensi = 0,7 – 0 menit

– $Q = 1000 - 700$ detik

(Masjudi dan Slamet, 2002)

3.4.1. Proses Pengalihan Copot dengan Listrik

Proses pengalihan copot dengan elektroda merupakan faktor kunci dalam elektrokogulasi, proses ini menggambarkan interaksi antara koagulan dengan bahan pautan yang rendah diolah. Prinsip dari pengalihan copot dengan elektroda adalah desahisasi partikel koloid dengan cara mengutangi semua gaya yang mengikat, kemudian memberikan energi potensial dan membuat partikel menjadi bentuk flok. Pada reaktor elektrokogulasi, mekanisme yang dominan akan bervariasi tergantung kondisi pengoperasian reaktor, jenis dan konsentrasi polutan dan konsentrasi koagulan.

Elektrokogulasi dapat dibandingkan dengan koagulasi kimiaawi untuk menunjukkan efisiensi dan kemungannya. Pada koagulasi kimiaawi, bahan kimia yang ditambahkan sebagai koagulan yang berbentuk garam dan di dalam elektrokogulasi larutan akan mengalami disosiasi melalui hidrolisis dan kation aluminium (dan berhubungan dengan anion lainnya) yang diukur dengan kondisi larutan dan nilai pH. Perambatan aluminium sulfat pada koagulasi kimiaawi akan membuat air menjadi asam sedangkan pada perambatan aluminium pada elektrokogulasi yang tidak menyebabkan disosiasi pada anion garam di larutan akan menyebabkan nilai pH relatif stabil dalam kisaran basa (Kopral and Ogunwren, 2002 dalam F. Hoff, et al., 2004).

Pada elektrokogulasi, stabilitas polutan diukur dan karakteristik fisik kimia dari polutan tersebut. Polutan terasun atas partikel permukaan yang sama yang terikat satu dengan lainnya dan dengan gaya yang berbeda 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). 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 yang besar. 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 dalam Mollah, *etal.*, 2004). Sedangkan Holt *etal.*, (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 dalam Mollah, *etal.*, 2004) dan juga menunjukkan indikasi dari stabilitas dan indikasi kemungkinan mekanisme koagulasi yang terjadi.

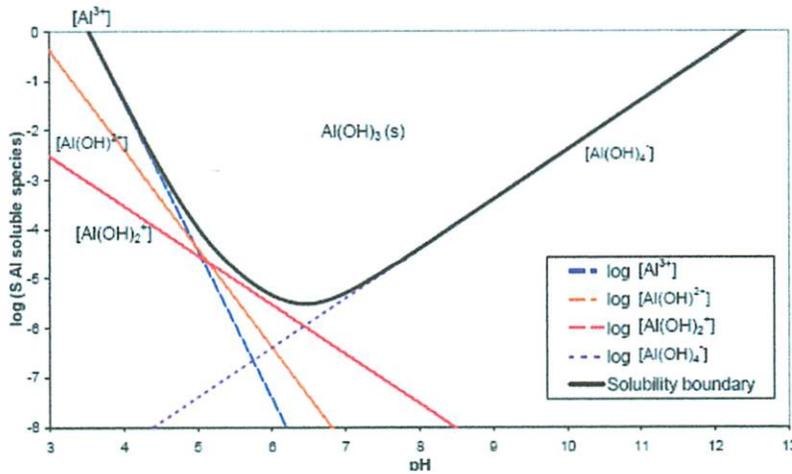
Aluminum merupakan logam yang sering digunakan sebagai anoda dalam proses elektrokoagulasi. Ion positif (kation) aluminium yang terlepas (tergantung pada kondisi polutan, pH dan konsentrasi larutan) secara langsung akan berinteraksi dengan polutan dan akan terjadi hidrolisa membentuk kompleks hidro-aluminium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

Thermodinamika dapat digunakan untuk mengukur dan menghitung zat yang bereaksi dalam larutan. Adapun reaksi yang terjadi pada aluminium ketika terlepas ke larutan adalah sebagai berikut (Mollah, *et.al.*, 2004:



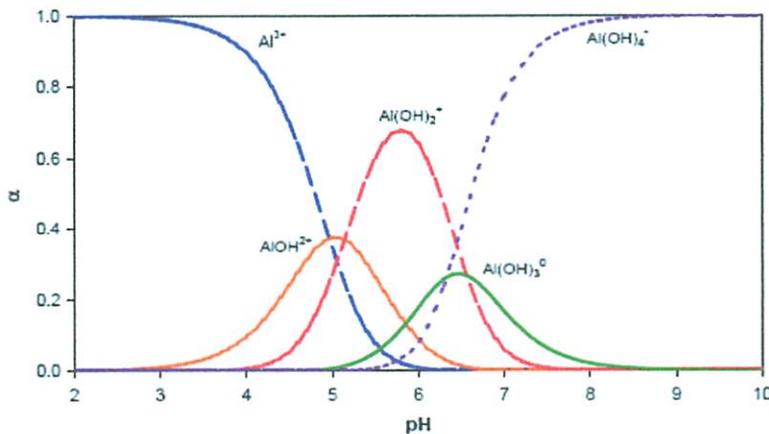
Dengan memperhatikan hanya pembentukan mononuclear, jumlah aluminium dalam larutan (α) dengan nilai pH pada larutan dapat digambarkan

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 2.2. Diagram distribusi Al-H₂O untuk mononuklear (Holt, Barton, Michell., 2002)

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



Gambar 2.3. Diagram kelarutan dari Aluminium hidroksida (Holt, Barton, Michell., 2002)

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

1. Pengadukan mekanis
2. Pengadukan hidrolis
3. Pengadukan pneumatis

- Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis merupakan satu metoda yang paling umum digunakan untuk pengadukan cepat karena sangat efektif dan lebih fleksibel dalam operasi. Pengadukan mekanis yang sering digunakan dalam pengadukan cepat menggunakan ketiga macam jenis *impeller* (Masduqi dan Slamet, 2002).

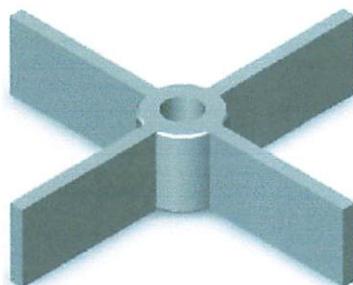
Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan, hidrolik. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air (Masduqi dan Slamet, 2002).

Berdasarkan pada bentuknya telah dikenal tiga macam impeller yaitu peddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Bentuk ketiga impeller tersebut dapat dilihat pada gambar

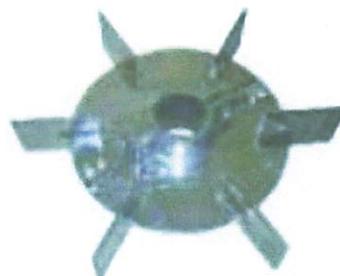
➤ *Turbine*

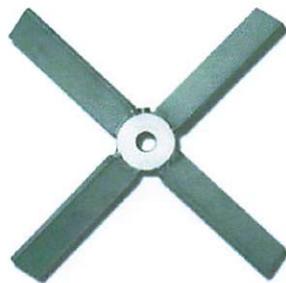
jenis turbine :

Turbin blade lurus



turbine blade dengan piringan

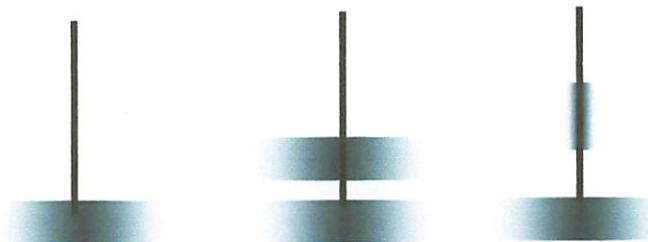




Turbin blade penyerong

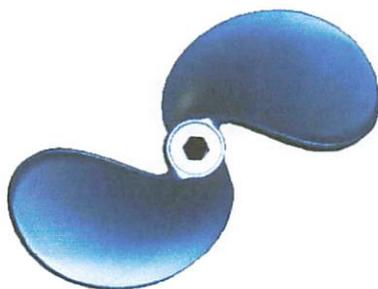
Gambar 2.4. Tipe turbine (Masduqi dan Slamet, dalam <http://bhupalaka.files.wordpress.com. pengadukan.pdf /2010/12/>)

➤ *Paddle*

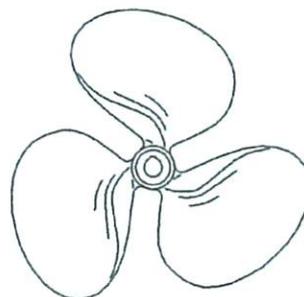


Gambar 2.5. Tipe paddle (Masduqi dan Slamet, dalam <http://bhupalaka.files.wordpress.com. pengadukan.pdf /2010/12/>)

➤ *Propeller Impeller*



Propeller 2 blade



propeller 3 blade

Gambar 2.6. Tipe propeller Impeller (Masduqi dan Slamet, dalam <http://bhupalaka.files.wordpress.com. pengadukan.pdf /2010/12/>)

Tipe impeller	Kecepatan putaran	Dimensi	keterangan
Paddle	20-150 rpm	Diameter : 50-80 % lebar bak. 1/6-1/10 diameter paddle.	
Turbine	10-150	Diameter : 30-50 %	
Propeller	400-1750	Diameter : max 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Gradien kecepatan pengadukan secara mekanis (Masduqi dan Slamet, 2002) :

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

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 (Masduqi dan Slamet, 2002) :

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

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 (Masduqi dan Slamet, 2002)

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

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

Pengadukan dengan udara (pneumatis), tenaga yang dihasilkan merupakan fungsi dari debit udara yang diinjeksikan, yang dapat dituliskan sebagai berikut (Masduqi dan Slamet, 2002) :

$$P = 3904 \cdot G_a \cdot \text{Log} \left(\frac{h+10,4}{10,4} \right) \quad (2.21)$$

Dimana :

- P = power/daya ($N \text{ m}/dt$ atau watt).
- G_a = debit udara yang ditransfer (m^3/menit).
- h = kedalaman diffuser

2.5 Pengadukan Lambat (Flokulasi)

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air baku dan air buangan adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar. Pengadukan lambat digunakan pada proses flokulasi, untuk pembesaran inti gumpalan. Gradien kecepatan diturunkan secara perlahan-lahan agar gumpalan yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Penggabungan inti gumpalan sangat tergantung pada karakteristik flok dan nilai gradien kecepatan.

Secara umum pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan kurang dari 100 per detik selama 10 hingga 60 menit. Secara spesifik, nilai G dan td tergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat (Masduqi dan Slamet, 2002).

Untuk proses koagulasi-flokulasi (Masduqi dan Slamet, 2002) :

- Waktu detensi = 15 – 45 menit
- $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- $GT = 48.000 - 210.000$

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat)

- Waktu detensi = 15 – 30 menit
- $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- $GT = 10.000 - 100.000$

Untuk air limbah (Reynolds, 1982):

- Waktu detensi = 20 – 30 menit
- $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

1. Pengadukan mekanis
2. Pengadukan hidrolis

2.6 Jar Test

Jar test adalah model sederhana dari proses koagulasi-flokulasi untuk mencari nilai-nilai melalui percobaan dalam laboratorium. Proses *jar test* pada umumnya bertujuan untuk menentukan jenis koagulan maupun koagulan, jika dibutuhkan, dan untuk menentukan dosis koagulan yang diperlukan untuk pengolahan air. *Jar test* memberikan data mengenai kondisi optimum untuk parameter-parameter di bawah ini:

- a. Dosis koagulan dan flokulan
- b. pH
- c. Kekeruhan dan warna
- d. Waktu pengadukan cepat dan lambat
- e. Nilai G (gradien kecepatan) pengadukan cepat dan lambat

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006)

Beberapa manfaat yang diperoleh dari *jar test* untuk keberhasilan proses koagulasi dan flokulasi (Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006), yaitu:

1. Dapat memilih koagulan dan flokulan yang sesuai dengan jenis koloid yang terdapat di air baku dan air limbah.
2. Dapat menentukan dosis optimal koagulan dan flokulan yang sesuai dengan kondisi air baku dan air limbah.
3. Dapat menentukan nilai G dan T untuk proses pengadukan cepat dan lambat yang layak.
4. Dapat membandingkan berbagai bentuk flok dan dapat menentukan ukuran flok yang ideal untuk bisa diendapkan.
5. Dapat mempelajari pengaruh pH dan unsur lainnya terhadap proses koagulasi dan flokulasi.
6. Dapat menghitung efisiensi proses koagulasi dan flokulasi.

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006).

2.7 Proses Sedimentasi

2.7.1 Teori Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan solid-liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Pada umumnya, sedimentasi digunakan pada pengolahan air minum, air limbah dan pada pengolahan air limbah lanjutan. Pada pengolahan air limbah, sedimentasi umumnya digunakan untuk :

1. Penyisihan grit, pasir atau *silt* (lanau).
2. Penyisihan padatan tersuspensi pada *clarifier* pertama.
3. Penyisihan flok/lumpur biologis hasil proses *activated sludge* pada *clarifier* akhir.
4. penyisihan humus pada *clarifier* akhir setelah tricking filter

Pada pengolahan air limbah lanjutan, sedimentasi ditujukan untuk penyisihan lumpur setelah koagulasi dan sebelum proses filtrasi. Selain itu, prinsip sedimentasi juga digunakan dalam pengendalian partikel di udara. Prinsip sedimentasi pada pengolahan air minum dan air limbah adalah sama, demikian juga untuk metoda dan peralatannya. Bak sedimentasi umumnya dibangun dari bahan beton bertulang dengan bentuk lingkaran, bujur sangkar atau segi empat. Bak berbentuk lingkaran umumnya berdiameter 10,7 hingga 45,7 meter dan kedalaman 3 hingga 4,3 meter. Bak berbentuk bujur sangkar umumnya mempunyai lebar 10 hingga 70 meter dan kedalaman 1,8 hingga 5,8 meter. Bak berbentuk segi empat umumnya mempunyai lebar 1,5 hingga 6 meter, panjang bak sampai 76 meter dan kedalaman lebih dari 1,8 meter (Masduqi dan Slamet, 2002).

Di dalam proses sedimentasi ada hal-hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

- Waktu pengendapan padatan
- Sifat padatan (mudah berbau atau tidak)
- Waktu pengeluaran padatan
- Jumlah padatan

(Reynolds, 1982)

2.7.2 Aplikasi Sedimentasi

Secara lebih rinci, aplikasi sedimentasi dapat diterapkan pada beberapa bangunan pengolahan yaitu :

a. *Grit Chamber*

Grit chamber merupakan bagian dari bangunan pengolahan air limbah yang berfungsi untuk mengendapkan partikel kasar/grit bersifat diskret yang relatif sangat mudah mengendap. Teori sedimentasi yang dipergunakan dalam aplikasi pada *grit chamber* adalah teori sedimentasi tipe 1 karena teori ini mengemukakan bahwa pengendapan partikel berlangsung secara individu (masing-masing partikel diskrit) dan tidak terjadi interaksi antar partikel (Masduqi dan Slamet, 2002) . *Grit chamber* adalah unit yang berfungsi untuk mengendapkan padatan yang tersuspensi dengan diameter $> 0,2$ mm, seperti pasir, pecahan logam atau kasa dan lenturan kasar lainnya, dimana padatan tersebut dapat dengan mudah mengendap. Secara umum terdapat tiga tipe dari *grit chamber* yaitu :

- *Rectangular Horizontal Flow Grit Chamber*

Pada tipe ini, aliran air limbah mengalir secara horizontal dan terdapat kontrol kecepatan.

- *Square Horizontal Flow Grit Chamber*

Tipe ini digunakan untuk perencanaan lebih dari 50 tahun.

- *Aerated Grit Chamber*

Saluran berupa bak aerasi dengan aliran spiral dimana kecepatan dan arah aliran melingkar.

(Thobanoglous dan Burton, 1991 dalam Kumalasari , 2007)

b. Prasedimentasi

Bak prasedimentasi merupakan bagian dari bangunan pengolahan air limbah yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur sebelum air limbah diolah secara biologis. Meskipun belum terjadi proses kimia (misalnya koagulasi-flokulasi atau presipitasi), namun pengendapan di bak ini mengikuti pengendapan tipe

II

karena lumpur yang terdapat dalam air limbah tidak lagi bersifat diskrit (mengingat telah terjadi proses presipitasi) (Masduqi dan Slamet, 2002). Prinsip bangunan pengolahan ini mempergunakan sistem gravitasi, dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan.

Bak prasedimentasi terdiri dari 4 zona yaitu :

1. Zona *inlet*, untuk memperluas aliran transisi dari influen ke zona *settling*.
2. Zona *settling*, untuk proses pengendapan dari partikel diskrit air limbah.
3. Zona *sludge*, tempat untuk menampung material terendap
4. Zona *outlet*, untuk memperhalus aliran transisi dari zona *settling* ke *effluen* serta pengaturan debit *effluen*.

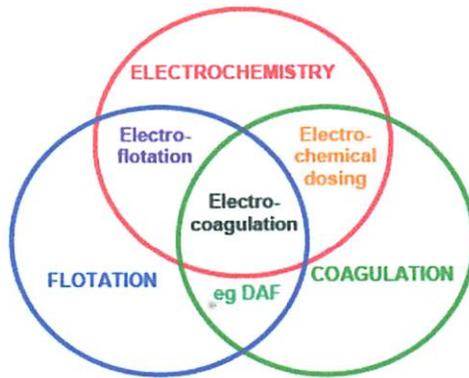
(Immanuel, 2001 dalam Kumalasari, 2007)

c. *Final Clarifier*

Final Clarifier merupakan bagian dari bangunan pengolahan air limbah yang berfungsi untuk mengendapkan partikel lumpur hasil proses biologis. Lumpur ini relatif sulit mengendap karena sebagian besar tersusun oleh bahan-bahan organik. Pada bangunan pengolahan ini, apabila pengendapan terjadi dalam jangka waktu yang lama maka akan menyebabkan terjadinya pemampatan (kompresi) (Masduqi dan Slamet, 2002).

2.8. Elektrokoagulasi

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) kedalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt, Barton, Michell., 2002). 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.



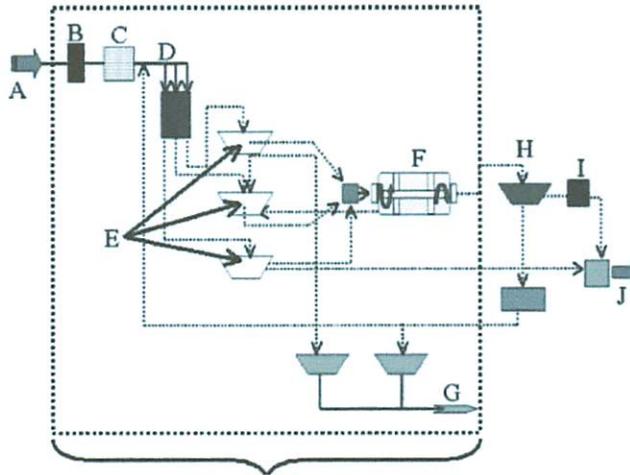
Gambar 2.7. Diagram Venn (Holt, Barton, Michell.,,2002)

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, Barton, Michell.,2002). 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

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.

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 (Holt, Barton, Michell.,.,2004).



Keterangan:

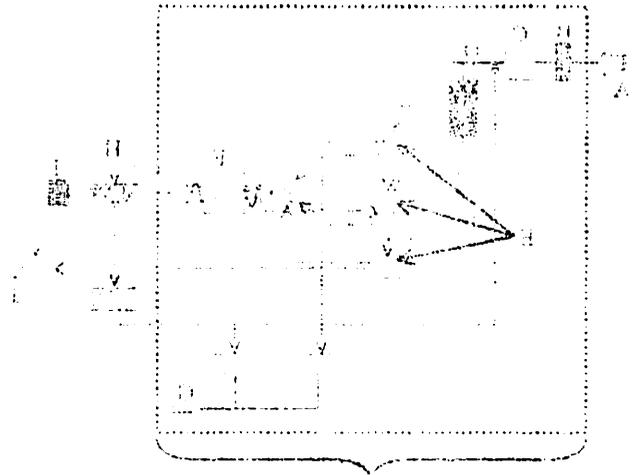
- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| A : Air limbah | F : <i>Oxidation Ditch</i> |
| B : <i>Bar screen</i> | G : Pengolahan lumpur |
| C : <i>Grit chamber</i> | H : <i>Clarifier</i> |
| D : Bak distribusi | I : Klorinasi |
| E : <i>Primary sedimentation</i> | J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

Gambar 2.8. Diagram alir IPAL konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokoagulasi (Mollah, *et al.*, 2004)

Untuk pertimbangan penentuan penggunaan elektrokoagulasi maka Mollah *et al.*, (2004) telah memberikan gambaran tentang keuntungan dan kerugiannya. Keuntungan dari penggunaan elektrokoagulasi adalah sebagai berikut (Mollah *et al.*, 2004) :

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 elektrokoagulasi relatif stabil dan mudah

Pada sistem pengolahan limbah yang konvensional, reaktor elektrokatalisis dapat menggantikan beberapa unit pengolahan sehingga menghasilkan instalasi pengolahan yang lebih sederhana dan tidak membutuhkan lahan yang luas (Holt, Barton, Mitchell, 2004).



Keterangan:
 A : Air limbah
 B : Pompa
 C : Tangki penampungan
 D : Bak disinfeksi
 E : Primary sedimentation
 F : Kontrol Otomatis

Gambar 2.8. Diagram Air UAT konvensional dan unit yang dapat digantikan oleh Elektrokatalisis (Mollat, et al., 2004)

Untuk pertimbangan pemilihan penggunaan elektrokatalisis maka Mollat et al. (2004) telah membuat gambaran tentang keuntungan dan kerugiannya. Keuntungan dari penggunaan elektrokatalisis adalah sebagai berikut (Mollat et al., 2004) :

1. Elektrokatalisis membutuhkan peralatan yang sederhana dan mudah dipelihara.
2. Air limbah yang diolah dengan elektrokatalisis menghasilkan effluent yang jernih, tidak berbau, dan tidak beracun.
3. Lumpur yang dihasilkan elektrokatalisis 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 Mollah *et al.*, (2004):

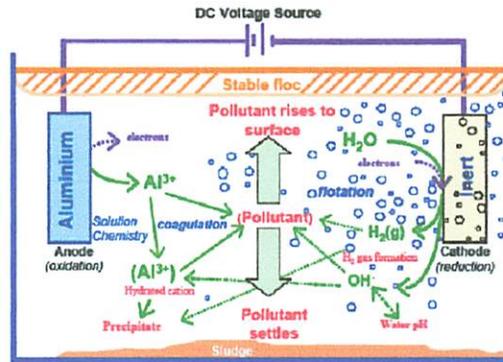
1. Elektroda yang digunakan dalam proses pengolahan ini harus diganti secara teratur.
2. Penggunaan listrik kadang kala lebih mahal pada beberapa daerah.
3. Terbentuknya lapisan di elektroda dapat mengurangi efisiensi pengolahan.
4. Teknologi ini membutuhkan konduktivitas yang tinggi pada air limbah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

2.8.1 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 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 diabsorpsi ke koagulan yang bermuatan. Kemampuan elektrokoagulasi untuk mengolah berbagai macam polutan menarik minat industri untuk menggunakannya.

Pada Gambar 2.9. 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 2.9. Mekanisme dalam elektrokoagulasi (Holt, Barton, Michell., 2002)

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 (Mollah, *et al.*, 2004):

- 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.

2.8.2. 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 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 (Sumber: Chang, 2002 dalam (Mollah, *etal.*, 2004)

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

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

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

Dimana:

- V = Tegangan (Volt)
- I = Kuat Arus (A)
- R = Hambatan (Ω)

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 (Mollah, *et al.*, 2004), yaitu :

$$\eta AP = \eta K + \eta Mt + \eta IR \quad (2.3)$$

Dimana:

- ηAP = overpotensial yang digunakan (V)
- ηK = overpotensial kinetik (V)
- ηMt = overpotensial konsentrasi (V)

ηIR = 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 (Mollah, *etal.*, 2004) :

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

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.

2.8.3. Reaksi di Elektroda

Berdasarkan (Mollah, *et al.*, 2004), untuk menghasilkan koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda.

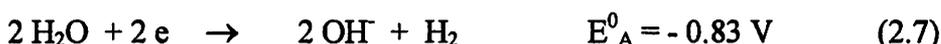
Aluminium merupakan elektroda yang paling banyak digunakan, dimana pada proses elektrokoagulasi terjadi proses pelarutan anodik yang reaksinya adalah sebagai berikut (Mollah, *et al.*, 2004) :



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



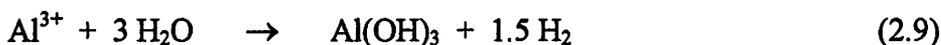
Selain itu terjadi reaksi di kutub katoda, biasanya pembentukan gas hidrogen. Reaksi yang terjadi di katoda tergantung pada pH air yang diolah. Pada kondisi netral atau basa, gas hidrogen terjadi dengan reaksi :



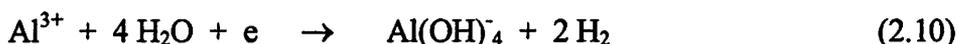
Sedangkan pada kondisi asam, reaksi pembentukan gas hidrogen adalah sebagai berikut :



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



Sedangkan proses pelepasan aluminium pada kutub katoda adalah sebagai berikut:

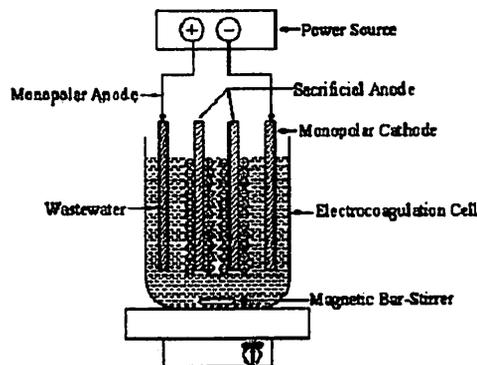


Persamaan 2.5 sampai 2.8 merupakan reaksi separuh sel yang dominan terjadi pada reaktor dengan anoda aluminium dan katoda logam inert. Potensial dari reaksi yang terjadi tergantung pada bahan yang digunakan pada elektroda dan kondisi larutan

2.8.4. 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).



Gambar 2.10. Reaktor elektroda dengan konfigurasi *bipolar* (Mollah, 2004)

Menurut mollah (2004) untuk menghasilkan efisiensi pengolahan yang maksimum maka dalam mendesain reaktor elektrokoagulasi perlu mempertimbangkan beberapa faktor berikut ini :

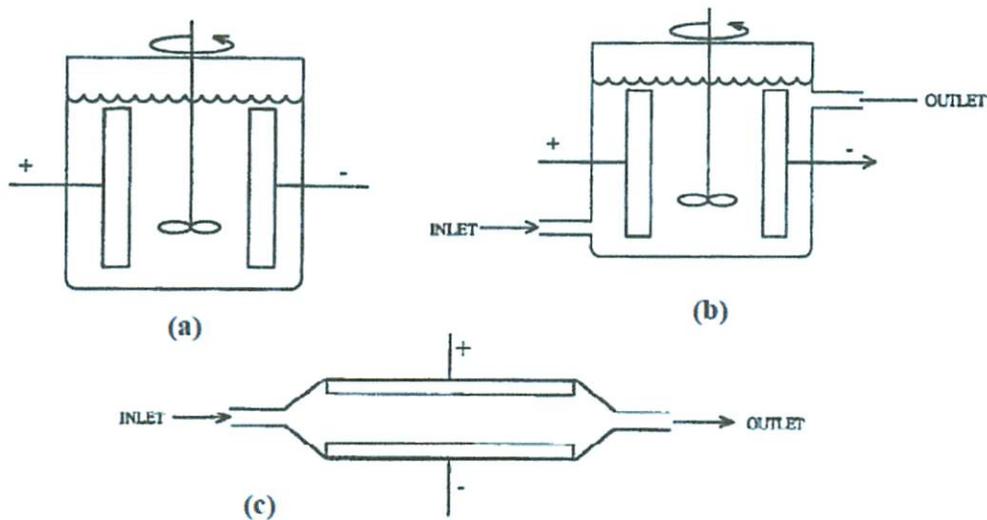
- IR-drop antar elektroda harus diminimalkan
- Akumulasi gas O_2 dan H_2 dipermukaan elektroda harus diminimalkan
- Penghalang proses transfer massa melewati daerah antar elektroda harus diminimalkan.

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 kontinyu (CSTR). Skema dari reaktor tersebut dapat dilihat pada Gambar berikut ini :



Gambar 2.11. Skema Reaktor Elektrokimia (a) *Single Batch Reactor* (b) *Continuous Stirred Tank Reactor* (c) *Plug Flow Reactor*

2.9 Metode Pengolahan Data

2.9.1 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).

2.9.2. 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 mengukir 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.

2.9.3. 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 memperediksikan 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 :

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

2.9.4. 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).

2.9.4.1 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. Mengenali 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

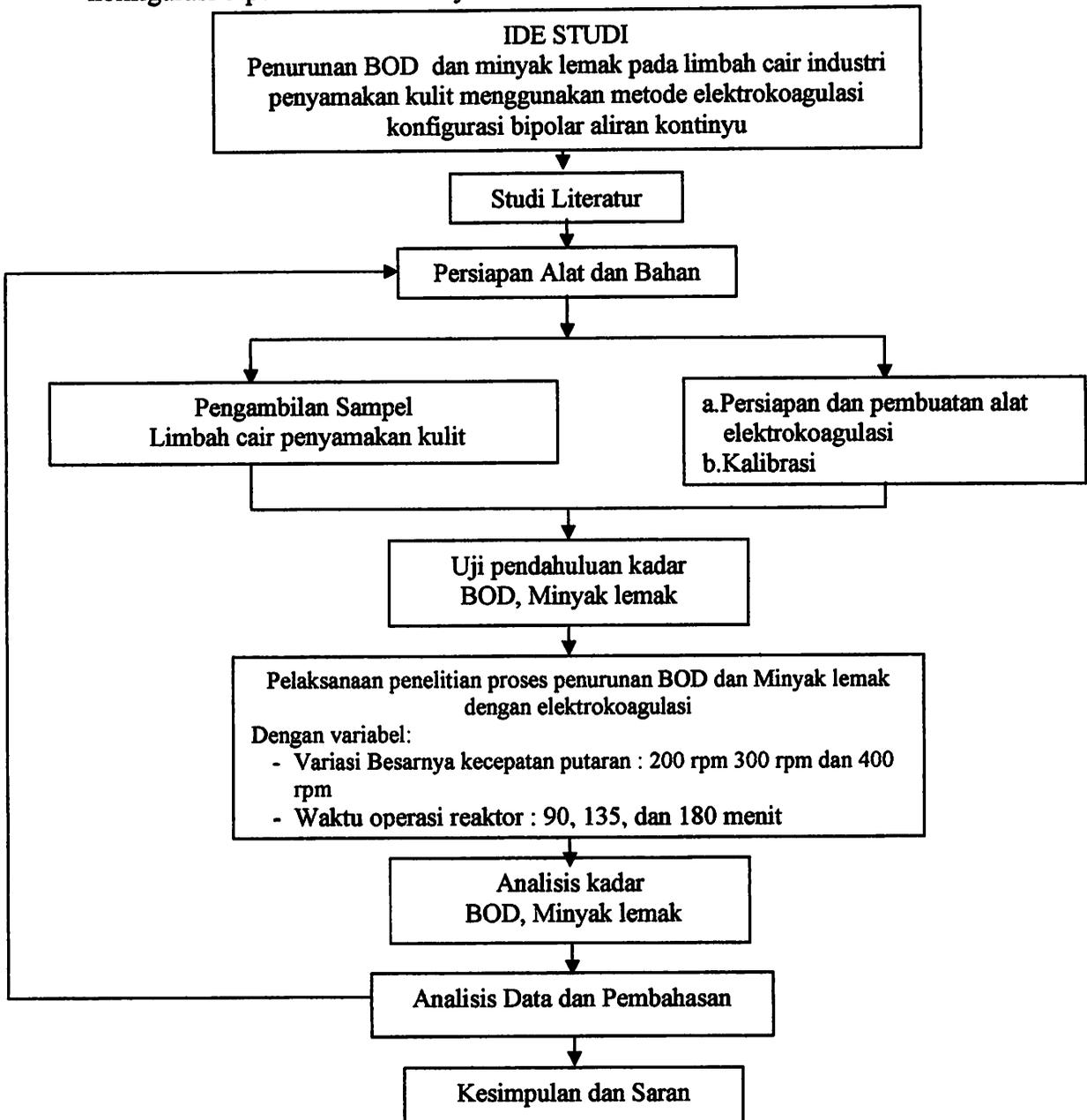
2.9.4.2 Analysis of Variance

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 BOD dan Minyak lemak Pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan metode elektrokoagulasi konfigurasi bipolar aliran kontinu 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 oleh penyamakan kulit, 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) : BOD dan Minyak lemak. Parameter tersebut adalah parameter penting pada limbah penyamakan kulit yang sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pada Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 tentang baku mutu limbah cair industri penyamakan kulit.
2. Variabel prediktor (x) :
 - a. Jumlah elektroda : 4 buah (berdasarkan teori konfigurasi bipolar elektroda yang harus digunakan 4 buah elektroda. (Mollah, 2001)
 - b. Besar Tegangan : 25 V
Besar tegangan disesuaikan dengan tegangan pada adaptor yang tersedia di pasaran yaitu 3 – 25 V dengan kuat arus 2-5 A
 - c. Kecepatan Putaran
Kecepatan putaran yang digunakan pada bak pengadukan cepat dengan elektroda adalah 200, 300 dan 400 rpm. Berdasarkan Masduqi (2002)

pengadukan cepat adalah adalah pengadukan dengan gradien kecepatan pengadukan 100-1000 per detik selama 60 detik.

- d. Waktu operasi reaktor elektrokoagulasi selama 180 menit dengan pengambilan sampel pada menit ke 90, 135, dan 180.

Berdasarkan penelitian Sandy, 2007, pemakaian waktu operasi perlu diperbesar untuk mendapatkan tingkat penyisihan konsentrasi TSS dan COD yang lebih tinggi, yang penelitiannya menggunakan waktu operasi 90 menit dengan pengambilan sampel 12, 35, dan 90 menit. mengalami persen penurunan sebesar 72,35% untuk COD dan TSS sebesar 81,73%.

- d. Jarak Elektroda : 5 mm

Kriteria design 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 Pengaduk cepat dengan elektroda**

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, 300 rpm dan 400 rpm dengan waktu detensi (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 flokulasi dimana merupakan kelanjutan dari proses koagulasi yang fungsi utama dari proses ini adalah memberikan waktu untuk pembentukan partikel flokulen dengan cara pengadukkan lambat yaitu 40 rpm dengan waktu detensi (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 flokulasi. Dimana waktu detensi (td) td yang direncanakan 60 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi 60 menit (Masduqi dan Slamet, 2002).



Gambar 3.2. Gambar Reaktor Elektrokuagulasi

ini merupakan bak koagulasi dimana menggunakan pengadukan cepat yaitu 300 rpm dan 400 rpm dengan waktu detensi (td) 10 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi adalah 10-30 menit (Hoff, Barton dan Mitchell, 2004)

- Bak Pengaduk lambat

Bak Pengaduk lambat disini berfungsi sebagai tempat terjadinya proses flokulasi 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 waktu detensi (td) 20 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi adalah 20-30 menit (Masduki 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 flokulasi. Dimana waktu detensi (td) yang direncanakan 60 menit. Dengan kriteria design untuk waktu detensi 60 menit (Masduki dan Slamet, 2002).



Gambar 3.2. Gambar Reaktor Elektrokoagulasi

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Industri Penyamakan Kulit

Perusahaan penyamakan kulit PT. KASIN berdiri sejak tahun 1941 dengan jumlah karyawan sebanyak 22 orang. Kemudian pada tahun 2001, jumlah karyawan perusahaan meningkat menjadi 56 orang. Seiring dengan perkembangan jaman dan ditambah dengan maraknya persaingan di Indonesia, maka perusahaan produksi ini berkembang. PT.KASIN direlokasi pada tahun 2002 di kelurahan Ciptomulyo Kecamatan Sukun Kota Malang. PT.KASIN memproduksi kulit tersamak 20.000 lembar per bulan dengan jumlah karyawan sebanyak 84 karyawan dan memiliki fasilitas-fasilitas yang lebih baik dan cukup lengkap. PT.KASIN akan terus meningkatkan usahanya sejalan dengan perkembangan teknologi dan berupaya dengan berbagai macam usaha untuk dapat memenuhi harapan dan kepuasan pelanggan dan bertekad untuk menerapkan SMM ISO.9001:2000 dengan harapan perusahaan dapat lebih *go international* di masa yang akan datang.

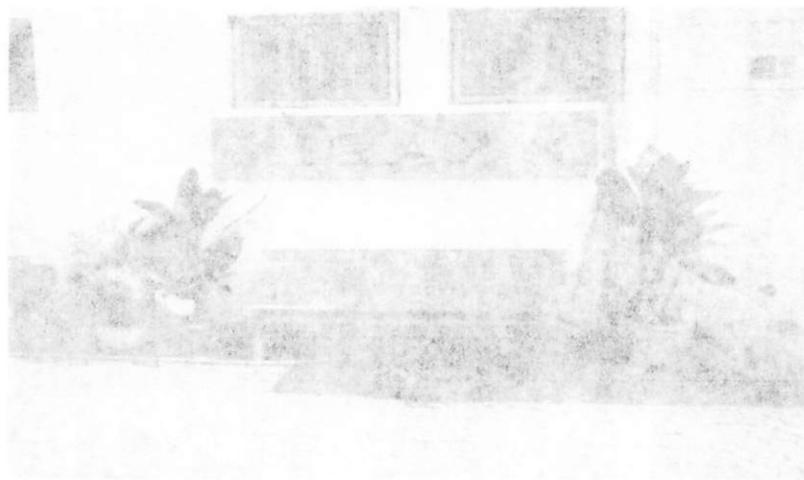


Gambar 4.1 PT. KASIN Kota Malang

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Industri Pengolahan Kulit

Pertumbuhan perusahaan kulit PT. KASIN berdirinya sejak tahun 1941 dengan jumlah karyawan sebanyak 22 orang. Kemudian pada tahun 2001, jumlah karyawan perusahaan meningkat menjadi 56 orang. Seiring dengan perkembangan jaman dan ditambah dengan masuknya perusahaan di Indonesia, maka perusahaan produksi ini berkembang. PT.KASIN di lokasi pada tahun 2002 di Kelurahan Cipinang Kecamatan Sekeloa Kota Malang. PT.KASIN memproduksi kulit termasuk 20.000 lembar per bulan dengan jumlah karyawan sebanyak 84 karyawan dan memiliki fasilitas-fasilitas yang lebih baik dan cukup lengkap. PT.KASIN akan terus meningkatkan usahanya sejalan dengan perkembangan teknologi dan berupaya dengan berbagai macam usaha untuk dapat memenuhi harapan dan kepuasan pelanggan dan bertekad untuk menerapkan SMM ISO 9001:2000 dengan harapan perusahaan dapat lebih go forward di masa yang akan datang.



Gambar 4.1 PT. KASIN Kota Malang

Tabel 4.1 berikut menunjukkan karakteristik air limbah industri penyamakan kulit dibandingkan dengan baku mutu limbah cair menurut Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Awal Limbah Industri *penyamakan kulit*

No	Parameter	Analisa awal mg/l	Kepgub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Lampiran II
1	BOD (mg/l)	692,0	100
2	Minyak lemak (mg/l)	12,7	5

Tabel 4.1 menunjukkan kualitas air industri penyamakan kulit tidak memenuhi untuk parameter BOD dan Minyak lemak 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).

4.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair penyamakan kulit Setelah Proses Elektrokoagulasi

Penelitian dilakukan secara kontinyu Penelitian ini menggunakan variasi kerapatan putaran 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm serta variasi waktu operasi 90 menit, 135 menit dan 180 menit.

Hasil penelitian penurunan BOD dengan menggunakan elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2
Hasil analisa BOD

Kecepatan putaran & waktu operasi	Satuan mg/l	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	jumlah	Konsentrasi akhir
T0	Mg/l	354,5	359,5	358,2	1072,2	357,4
200 rpm T90	Mg/l	319,5	314,5	314,5	948,5	316,16
200 rpm T135	Mg/l	292	297,2	292,2	88,14	293,8
200 rpm T180	Mg/l	264,5	260,8	267	792,3	264,1
T0	Mg/l	324,5	327	329,5	981	327
300 rpm T90	Mg/l	248,3	245,8	244,5	738,6	246,2
300 rpm T135	Mg/l	200,8	209,5	205,8	616,1	205,36
300 rpm T 180	Mg/l	172	177,2	179,5	528,7	176,23
T0	Mg/l	292,1	297,1	294,6	883,8	294,6
400 rpm T90	Mg/l	109,6	105,9	106,8	322,3	107,43
400 rpm T135	Mg/l	101,2	98,4	99,1	298,7	99,56
400 rpm T180	Mg/l	94,6	93,4	90,9	278,9	92,96

4.3. 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.

4.3.1 Analisis Deskriptif BOD

Data hasil penelitian yang diperoleh tentang konsentrasi akhir BOD menunjukkan bahwa, elektrokoagulasi konfigurasi bipolar mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi BOD. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data Konsentrasi Akhir BOD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Konsentrasi Akhir BOD (mg/L)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	357,4	200	316,16	293,8	264,1
2.	327	300	246,2	205,36	176,23
3.	294,6	400	107,43	99,56	92,96

Untuk mengetahui persentase penyisihan BOD digunakan rumus :

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

Contoh Perhitungan :

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{357,4 - 316,16}{357,4} \times 100\%$$

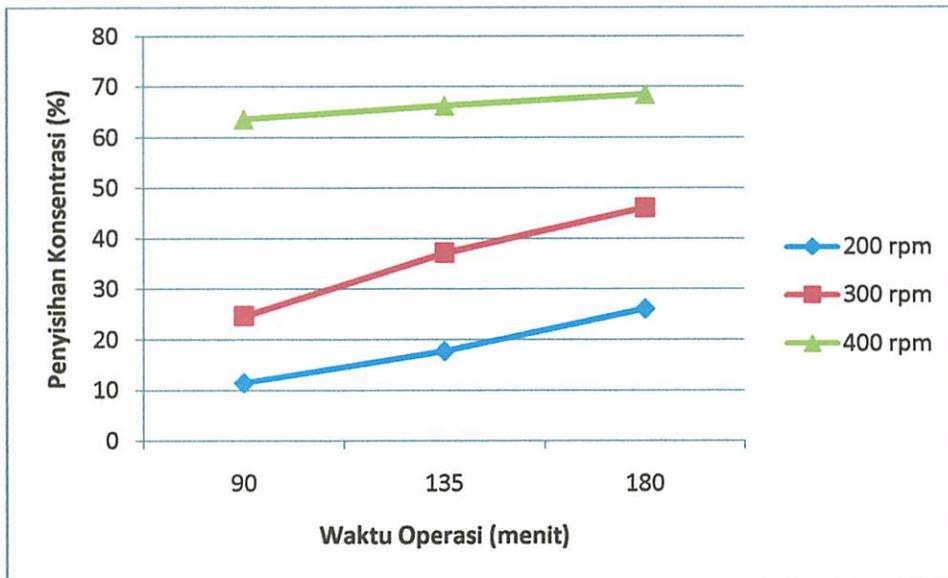
$$\% \text{ Penyisihan} = 11,53\%$$

Hasil perhitungan persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.2

Tabel 4.4 Data Persentase Penyisihan Akhir BOD

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Persentase penyisihan BOD (%)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	357,4	200	11,53	17,79	26,10
2.	327	300	24,70	37,19	46,10
3.	294,6	400	63,65	66,31	68,55

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persen penyisihan BOD terendah pada menit ke-90 terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 11,53 % dan tertinggi pada Kecepatan putaran 400 rpm sebesar 63,65 %. Pada menit ke-135 persen penyisihan BOD terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 17,79 % dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 66,31 %. Sedangkan pada menit ke-180 persen penyisihan BOD terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 26,10 % dan tertinggi pada Kecepatan putaran 400 rpm sebesar 68,55%. Selain itu di lihat variasi waktu persen penyisihan BOD pada kecepatan putaran 200 rpm terendah pada menit ke-90 sebesar 11,53 % dan tertinggi pada menit ke-180 sebesar 26,10%. Pada kecepatan putaran 300 rpm terendah pada menit ke-90 sebesar 24,70% dan tertinggi pada menit ke-180 sebesar 46,10%. Sedangkan pada kecepatan putaran 400 rpm persen penyisihan BOD terendah pada menit ke-90 sebesar 63,65% dan tertinggi pada menit ke-180 sebesar 68,55%.



Gambar 4.2. Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan BOD

4.3.2 Karakteristik Akhir Limbah Cair penyamakan kulit Setelah Proses Elektrokoagulasi

Penelitian dilakukan secara *kontinyu* Penelitian ini menggunakan variasi kerapatan putaran 200 rpm, 300 rpm dan 400 rpm serta variasi waktu operasi 90 menit, 135 menit dan 180 menit.

Hasil penelitian penurunan minyak lemak dengan menggunakan elektrokoagulasi dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini :

Tabel 4.5
Hasil analisa minyak lemak

Kecepatan putaran & waktu operasi	Satuan mg/l	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	jumlah	Konsentrasi akhir
T0	Mg/l	5,5	5,8	5,8	17,1	5,7
200 rpm T90	Mg/l	4,5	4,7	4,2	13,4	4,46
200 rpm T135	Mg/l	4,2	4,5	4	12,7	4,23
200 rpm T180	Mg/l	4,2	4	4,2	12,4	4,13
T0	Mg/l	5,5	5,4	5,3	16,2	5,4
300 rpm T90	Mg/l	4,4	4	4,5	12,9	4,3
300 rpm T135	Mg/l	3	3,5	2,5	9	3
300 rpm T 180	Mg/l	2,5	2,7	2,5	7,7	2,56
T0	Mg/l	5,2	5,3	5,4	15,9	5,3
400 rpm T90	Mg/l	2,5	2,8	2,5	7,8	2,6
400 rpm T135	Mg/l	2	2,7	2,5	7,2	2,4
400 rpm T180	Mg/l	2	2,5	2,5	7	2,3

4.3.3 Analisis Deskriptif Minyak lemak

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

Tabel 4.6. Data Konsentrasi Akhir Minyak lemak

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Konsentrasi Akhir Minyak lemak (mg/L)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	5,7	200	4,46	4,23	4,13
2.	5,4	300	4,3	3	2,56
3.	5,3	400	2,6	2,4	2,3

Untuk mengetahui persentase penyisihan Minyak lemak digunakan rumus :

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

Contoh Perhitungan :

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{5,7 - 4,46}{5,7} \times 100\%$$

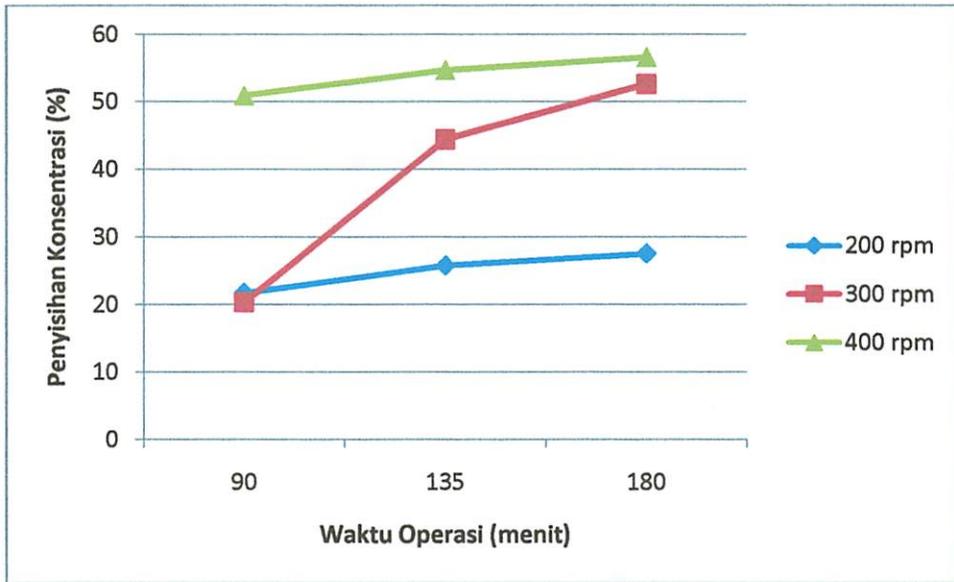
$$\% \text{ Penyisihan} = 21,75 \%$$

Hasil perhitungan % penyisihan Minyak lemak dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gambar 4.3

Tabel 4.7 Data Persentase Penyisihan Akhir Minyak lemak

No	Konsentrasi awal (mg/l)	Kecepatan Putaran (rpm)	Persentase penyisihan Minyak lemak (%)		
			t ₉₀	t ₁₃₅	t ₁₈₀
1.	5,7	200	21,75	25,78	27,54
2.	5,4	300	20,37	44,44	52,59
3.	5,3	400	50,94	54,71	56,60

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa persen penyisihan Minyak lemak terendah pada menit ke-90 terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 21,75 % dan tertinggi pada Kecepatan putaran 400 rpm sebesar 50,94 %. Pada menit ke-135 persen penyisihan Minyak lemak terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 25,78 % dan tertinggi pada kecepatan putaran 400 rpm sebesar 54,71 %. Sedangkan pada menit ke-180 persen penyisihan Minyak lemak terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm sebesar 27,54 % dan tertinggi pada Kecepatan putaran 400 rpm sebesar 56,60%. Selain itu di lihat variasi waktu persen penyisihan minyak lemak pada kecepatan putaran 200 rpm terendah pada menit ke-90 sebesar 21,75 % dan tertinggi pada menit ke-180 sebesar 27,54%. Pada kecepatan putaran 300 rpm terendah pada menit ke-90 sebesar 20,37% dan tertinggi pada menit ke-180 sebesar 52,59%. Sedangkan pada kecepatan putaran 400 rpm persentasi penyisihan minyak lemak terendah pada menit ke-90 sebesar 50,94% dan tertinggi pada menit ke-180 sebesar 56,60%.



Gambar 4.3. Hubungan Waktu Operasi Terhadap % Penyisihan Minyak lemak

4.4. 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 :

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) (Iriawan dan Astuti, 2006).

4.4.1 Analisis Korelasi Persentase Penyisihan BOD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Uji Korelasi persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan BOD Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

Correlations: presentase penyisihan BOD, waktu Pengambilan, Variasi kecepatan putaran			
	presentase penyisihan BOD	waktu operasi	
waktu Operasi	0.269		
	0.484		
Variasi kecepatan putaran	0.942	0.000	
	0.000	1.000	
Cell Contents: Pearson correlation			
P-Value			

Tabel 4.8 diketahui bahwa nilai korelasi antara Waktu Operasi terhadap penyisihan BOD sebesar 0,269. Artinya hubungan antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan BOD lemah karena mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,484 ($>0,05$) maka hipotesis (H_0) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap waktu operasi tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar waktu operasi maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan BOD.

Nilai korelasi antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,942. Artinya hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan BOD sebesar 0,000 ($<0,05$) maka menolak hipotesis (H_0). Artinya nilai persentase penyisihan BOD terhadap kecepatan putaran signifikan. Hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan BOD searah hal ini

ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar kecepatan putaran maka persentase penyisihan BOD semakin meningkat.

4.4.2 Analisis Korelasi Persentase Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Uji Korelasi persentase penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

Correlations: presentase penyisihan Minyak lemak, waktu Pengambil, Variasi kecepatan putaran		
	presentase penyisihan	waktu operasi
waktu operasi	0.413 0.269	
Variasi kecepatan	0.825 0.006	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Penyisihan minyak lemak sebesar 0,413. Artinya hubungan antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan minyak lemak karena mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara waktu pengambilan sampel terhadap persentase penyisihan minyak lemak sebesar 0,269 ($> 0,05$) maka hipotesis (H_0) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap waktu operasi tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini di tunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar waktu pengambilan sampel maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan minyak lemak.

Nilai korelasi antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan minyak lemak sebesar 0,825. Artinya hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan kuat karena mendekati 1. Untuk nilai probabilitas untuk variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan minyak lemak sebesar 0,006 ($< 0,05$) maka menolak hipotesis (H_0). Artinya nilai kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan minyak lemak

ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi yang berarti semakin besar kecepatan putaran maka persentase penyisihan EOD semakin meningkat.

4.4.3 Analisis Korelasi Persentase Penyisihan Minyak Lemak Dengan Waktu

operasi dan Variasi Kecepatan Putaran.

Uji Korelasi Pearson menunjukkan minyak lemak dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Analisis Korelasi Antara % Penyisihan Minyak Lemak Dengan Waktu operasi dan Variasi Kecepatan Putaran

Variasi Kecepatan Putaran		Korelasi: persentase penyisihan minyak lemak, waktu Pengambilan	
Waktu operasi	Persentase penyisihan	Waktu operasi	Persentase penyisihan
0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
1.1000	0.1000	1.1000	0.1000

Penyisihan minyak lemak sebesar 0.1000. Artinya hubungan antara waktu operasi terhadap persentase penyisihan minyak lemak karena mendapat 0. Untuk nilai probabilitas antara waktu pengambilan sampel terhadap persentase penyisihan minyak lemak sebesar 0.2000 (0.05) maka hipotesis (H₀) diterima. Artinya nilai persentase penyisihan terhadap waktu operasi tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel sudah ini di tunjukkan dengan nilai korelasi positif yang berarti jika semakin besar waktu pengambilan sampel maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan minyak lemak.

Nilai korelasi antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan minyak lemak sebesar 0.825. Artinya hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan keol karena mendapat 1. Untuk nilai probabilitas untuk variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan minyak lemak sebesar 0.000 (0.05) maka menolak hipotesis (H₀). Artinya nilai kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan minyak lemak

signifikan. Hubungan antara variasi kecepatan putaran terhadap persentase penyisihan minyak lemak searah hal ini ditunjukkan dengan nilai positif pada nilai korelasi, yang berarti semakin besar kecepatan putaran maka persentase penyisihan minyak lemak semakin meningkat.

4.5 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 t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor.

➤ Dalam uji t untuk signifikansi koefisien 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

4.5.1 Analisis Regresi Persentase Penyisihan BOD Dengan Waktu operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Uji Koefisien Regresi persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10. Analisis Regresi Antara % Penyisihan BOD Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu operasi

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu pengambila						
The regression equation is						
Presentase Penyisihan BOD = - 51.8 + 0.238 Variasi Kecepatan + 0.151 Waktu operasi						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-51.767	8.866	-5.84	0.001		
Variasi Kecepatan	0.23848	0.02052	11.62	0.000	1.00	
Waktu operasi	0.15137	0.04560	3.32	0.016	1.00	
S = 5.02679 R-Sq = 96.1% R-Sq(adj) = 94.7%						

- Keterangan :
- S = Standar deviasi model.
 - R-Sq (R²) = 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 4.10 dapat kita ketahui :

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

$$Y = - 51.8 + 0,238 X_1 + 0,151 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan BOD

X₁ = Variasi kecepatan putaran

X₂ = Waktu operasi

Persamaan regresi pada tabel 4.10 adalah $Y = -51,8 + 0,238 X_1 + 0,151 X_2$ dan, dimana Y adalah presentase penyisihan BOD (%), X_1 adalah Variasi kecepatan putaran, dan X_2 adalah variasi waktu operasi. Koefisien regresi sebesar 0,238 untuk kecepatan putaran (X_1) apabila kecepatan putaran meningkat sebesar 100 rpm, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,238% dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 0,151 untuk waktu operasi (X_2) apabila waktu pengambilan sampel meningkat sebesar 45 menit, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,151% dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada tabel 4.10 menunjukkan bahwa (koefisien) untuk variabel variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi masing-masing nilai VIF sebesar 1,00 karena nilai $VIF < 5$ maka kesimpulannya tidak adanya multikolinear dalam model oleh karena itu model regresi sudah tepat.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 96,1 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi BOD dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran dan waktu pengambilan sampel sedangkan sisanya 3,9% penurunan penyisihan BOD dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- C. Uji t untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas
- o Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ tabel distribusi $t_{(0.025, 2,6)}$ didapat 2,447. Nilai t variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi pada Tabel 4.8 adalah sebesar 11,62 dan 3,32. Untuk variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi $t_{hitung} > t_{tabel}$ jadi keputusannya adalah H_0 ditolak, maka kesimpulannya variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi berpengaruh secara signifikan terhadap presentase penyisihan BOD.

- o Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.10 Nilai probabilitas (P) untuk variasi kecepatan putaran sebesar 0,000. Sedangkan untuk variasi waktu operasi sebesar 0,016. Untuk variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi probabilitasnya $< 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan.

4.5.2 Analisis Regresi Persentase Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

- Uji Koefisien Regresi persen penyisihan Minyak lemak dapat dilihat pada tabel 4.11

Tabel 4.11. Analisis Regresi Antara % Penyisihan Minyak lemak Dengan Variasi Kecepatan Putaran dan Waktu operasi

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu Operas						
The regression equation is						
Presentase Penyisihan minyak lemak = - 26.0 + 0.145 Variasi Kecepatan + 0.162 Waktu operasi						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-26.01	12.01	-2.17	0.073		
Variasi Kecepatan	0.14530	0.02779	5.23	0.002	1.00	
Waktu operasi	0.16174	0.06176	2.62	0.040	1.00	
S = 6.80736 R-Sq = 85.1% R-Sq(adj) = 80.1%						

- 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 4.11 dapat diketahui :

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

$$Y = -26,0 + 0,145 X_1 + 0,162 X_2$$

Dimana :

Y = Persentase Penyisihan Minyak lemak

X₁ = Variasi kecepatan putaran

X₂ = Waktu operasi

Persamaan regresi pada tabel 4.11 adalah $Y = -26,0 + 0,145 X_1 + 0,162 X_2$ dan, dimana Y adalah presentase penyisihan minyak lemak (%), X₁ adalah Variasi kecepatan putaran, dan X₂ adalah variasi waktu operasi. Koefisien regresi sebesar 0,145 untuk kecepatan putaran (X₁) apabila kecepatan putaran meningkat sebesar 100 rpm, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,145% dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 0,162 untuk waktu operasi (X₂) apabila waktu pengambilan meningkat sebesar 45 menit, maka presentase penyisihan yang dihasilkan rata-rata akan meningkat 0,162% dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada tabel 4.11 menunjukkan bahwa (koefisien) untuk variabel variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi masing-masing nilai VIF sebesar 1,00 karena nilai $VIF < 5$ maka kesimpulannya tidak adanya multikolinear dalam model oleh karena itu model regresi sudah tepat.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 85,1 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi minyak lemak dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran dan waktu pengambilan sampel sedangkan sisanya 14,9 % penurunan penyisihan minyak lemak dipengaruhi oleh faktor lainnya.
- C. Uji t untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas
- Berdasarkan nilai t
- Uji t dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ tabel distribusi $t_{(0.025, 2, 6)}$ didapat 2,447. Nilai t variasi kecepatan putaran dan waktu operasi pada Tabel 4.9 adalah sebesar 5,23 dan 2,62. Untuk variasi

kecepatan putaran dan variasi waktu pengambilan sampel t hitung $>$ statistik t tabel jadi keputusannya adalah H_0 ditolak, maka kesimpulannya variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi berpengaruh secara signifikan terhadap presentase penyisihan minyak lemak

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.9 bahwa untuk variasi kecepatan putaran sebesar 0,002. Sedangkan untuk variasi waktu pengambilan sampel sebesar 0,040 . Untuk variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi probabilitasnya $< 0,05$ sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima atau koefisien regresi signifikan.

4.6 Analisis Anova

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi kecepatan putaran dan variasi waktu operasi terhadap persentase penyisihan BOD dan minyak lemak maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

Hipotesis

H_0 : Ke - 3 rata - rata perlakuan sama.

H_1 : Ke - 3 rata - rata perlakuan tidak sama.

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

4.6.1. Analisis Anova Persentase Penyisihan BOD Dengan Waktu operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran.

➤ Hasil uji ANOVA dengan minitab 15, persen penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13.

Tabel 4.12. Uji Anova % Penyisihan BOD Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm)

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan BOD versus Variasi Kecepatan Putaran					
Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi Kecepatan	2	3492.5	1746.2	29.94	0.001
Error	6	350.0	58.3		
Total	8	3842.5			

S = 7.638 R-Sq = 90.89% R-Sq(adj) = 87.86%

Keterangan :

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka tabel distribusi $F_{(0.05,2,6)}$ didapat 5,14. Dilihat dari tabel 4.12 nilai F hitung sebesar 29,94 Karena nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel dan dengan nilai probabilitas (P) 0,001 ($<0,05$), maka keputusannya yang dapat di ambil untuk variasi kecepatan putaran adalah menolak hipotesis awal (H_0). Artinya ketiga perlakuan pada variasi kecepatan putaran adalah tidak sama atau ada perbedaan.

Tabel 4.13. Uji Anova % Penyisihan BOD Terhadap Variasi Waktu operasi (menit)

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan BOD versus Waktu Operasi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu operasi	2	279	139	0.23	0.798
Error	6	3564	594		
Total	8	3842			

S = 24.37 R-Sq = 7.25% R-Sq(adj) = 0.00%

Keterangan :

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka tabel distribusi $F_{(0.05,2,6)}$ didapat 5,14. Dilihat dari tabel 4.13 nilai F hitung sebesar 0,23 Karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,798 ($>0,05$), maka H_0 diterima Artinya ketiga perlakuan pada waktu operasi adalah sama atau tidak ada perbedaan.

4.6.2. Analisis Anova Persentase Penyisihan Minyak lemak Dengan Waktu Operasi Dan Variasi Kecepatan Putaran

- Hasil uji ANOVA dengan minitab 15, persen penyisihan minyak lemak dapat dilihat pada tabel 4.14 dan 4.15.

Tabel 4.14. Uji Anova % Penyisihan Minyak lemak Terhadap Variasi Kecepatan Putaran (rpm)

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan Minyak lemak versus Variasi Kecepatan Putaran					
Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi Kecepata	2	1267.1	633.5	6.38	0.033
Error	6	595.5	99.3		
Total	8	1862.6			

S = 9.963 R-Sq = 68.03% R-Sq(adj) = 5

Keterangan :

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka tabel distribusi $F_{(0.05,2,6)}$ didapat 5,14. Dilihat dari tabel 4.14 nilai F hitung sebesar 6,38 Karena nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel dan dengan nilai probabilitas (P) 0,033 ($<0,05$), maka H_0 ditolak maka keputusannya yang dapat di ambil untuk variasi kecepatan putaran adalah menolak hipotesis awal (H_0). Artinya ketiga perlakuan pada variasi kecepatan putaran adalah tidak sama atau ada perbedaan.

Tabel 4.15. Uji Anova % Penyisihan Minyak lemak Terhadap Waktu operasi

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan Minyak lemak versus Waktu Operasi					
Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu operasi	2	340	170	0.67	0.546
Error	6	1522	254		
Total	8	1863			

S = 15.93 R-Sq = 18.27% R-Sq(adj) = 0.00%

Keterangan :

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

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka tabel distribusi $F_{(0,05,2,6)}$ didapat 5,14. Dilihat dari tabel 4.15 nilai F hitung sebesar 0,67 Karena nilai F hitung lebih kecil dari nilai F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal (H_0). Dengan nilai probabilitas 0,546 ($>0,05$), maka H_0 diterima Artinya ketiga perlakuan pada waktu operasi adalah sama atau tidak ada perbedaan.

4.7. Pembahasan Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar

4.7.1. Pengaruh variasi kecepatan putaran dan waktu operasi Terhadap Penyisihan Konsentrasi BOD dan minyak lemak

Pada uji anova, variasi kecepatan putaran terhadap penyisihan konsentrasi BOD dan minyak lemak adalah tidak sama atau ada perbedaan pada ketiga perlakuan variasi kecepatan putaran. Perbedaan ini menyatakan bahwa dalam variasi kecepatan putaran mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penyisihan BOD dan minyak lemak. Selain itu pada uji korelasi menunjukkan pengaruh kecepatan putaran terhadap persen penyisihan konsentrasi

BOD dan minyak lemak adalah signifikan dan nilai positif pada hubungan kecepatan putaran terhadap persen penyisihan BOD dan minyak lemak menunjukkan hubungan yang searah. Hasil analisa regresi menunjukkan hal yang sama, dengan tidak adanya model multikolinear atau nilai koefisien regresi positif, sama dengan output korelasi. Koefisien regresi antara variasi kecepatan putaran terhadap persen penyisihan BOD dan minyak lemak signifikan. Hasil analisis uji statistik diatas dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan persentase penyisihan BOD dan minyak lemak jika kecepatan putaran semakin cepat. Pada analisa deskriptif dapat dilihat persentase penyisihan tertinggi terjadi pada kecepatan putaran 400 rpm pada menit ke 180 yaitu sebesar 68,55 % sedangkan persentase penyisihan konsentrasi minyak lemak tertinggi sebesar 56,60 % dan persentase penyisihan BOD terendah terjadi pada kecepatan putaran 200 rpm menit ke 90 yaitu sebesar 11,53 %. Sedangkan persentase penyisihan konsentrasi minyak lemak terendah sebesar 21,75 %. Persentase penurunan BOD dan minyak lemak pada kecepatan putaran 200 rpm terlihat masih rendah, sedangkan pada kecepatan putaran 400 rpm menunjukkan persentase penyisihan BOD dan minyak lemak yang tinggi. Hal ini disebabkan pada kecepatan putaran yang kecil akan menghasilkan turbulensi yang lemah untuk mendispersikan aluminium dalam limbah penyamakan kulit agar mengikat zat organik penyebab BOD yang tinggi dalam limbah (Masduqi, 2002). Turbulensi yang dihasilkan dengan kecepatan putaran 400 rpm terlihat mampu atau kuat untuk mendispersikan aluminium dalam limbah untuk mengikat bahan pencemar atau zat organik dalam limbah penyamakan kulit. Sehingga minyak lemak dan BOD yang dihasilkan pada kecepatan putaran 400 rpm lebih tinggi daripada kecepatan putaran 200 dan 300 rpm. Selain itu turbulensi yang dihasilkan oleh kecepatan putaran membantu proses pemecahan emulsi atau pemisahan bahan organik seperti protein, karbohidrat dan minyak penyebab BOD yang tinggi pada air limbah penyamakan kulit sehingga bahan-bahan organik dapat terikat dengan aluminium yang larut dalam limbah (Mollah, et al). Konsentrasi BOD dalam limbah penyamakan kulit disebabkan material organik yang sebagian besar berupa material protein, karbohidrat dan minyak. BOD 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 BOD yang tinggi pada limbah penyamakan kulit. (Mollah, et al).

Pada uji Anova untuk variasi waktu operasi terhadap penyisihan konsentrasi BOD dan minyak lemak adalah sama atau tidak ada perbedaan pada ketiga perlakuan variasi waktu operasi. Perbedaan ini menyatakan bahwa dalam variasi waktu operasi tidak mempunyai range yang cukup untuk membedakan persen penyisihan BOD dan minyak lemak. Selain itu pada uji korelasi menunjukkan pengaruh waktu operasi terhadap persen penyisihan konsentrasi BOD dan minyak lemak adalah tidak signifikan dan nilai positif pada hubungan waktu operasi terhadap persen penyisihan BOD dan minyak lemak menunjukkan hubungan yang searah. Hasil analisa regresi menunjukkan hal yang sama, dengan tidak adanya model multikolinear atau nilai koefisien regresi positif, sama dengan output korelasi. Koefisien regresi antara variasi waktu operasi terhadap persen penyisihan BOD dan minyak lemak signifikan. Hasil analisis uji statistik diatas dapat diketahui bahwa pengaruh waktu operasi terhadap persentase penyisihan BOD dan minyak lemak signifikan. Pada analisa deskriptif dapat dilihat persentase penyisihan BOD tertinggi terjadi pada menit ke 180 dengan kecepatan putaran 400 rpm yaitu sebesar 68,55 % sedangkan persentase penyisihan minyak lemak tertinggi sebesar 56,60 % dan persentase penyisihan BOD terendah terjadi pada menit ke 90 dengan kecepatan putaran 200 rpm yaitu sebesar 11,53 %. Sedangkan persentase penyisihan minyak lemak terendah sebesar 21,75 %. Interval waktu operasi yang digunakan antara tiap waktu operasi yang tidak berbeda mengakibatkan persen penyisihan konsentrasi BOD dan minyak lemak mempunyai pengaruh yang lemah dalam menurunkan kandungan BOD dan minyak lemak pada limbah penyamakan kulit. Lamanya waktu operasi berfungsi untuk memberikan waktu untuk proses flokulasi dan sedimentasi setelah proses pengadukan cepat dengan elektroda, selanjutnya flok yang telah terbentuk

pada bak pengadukan cepat dengan elektroda dapat saling mengikat membentuk flok-flok yang lebih besar agar bisa mengendap pada bak sedimentasi.

Pada proses elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah penyamakan kulit mulai dari proses peluruhan aluminium sebagai koagulan dalam proses koagulasi digunakan waktu detensi (td) sebesar 10 menit dan V_0 $0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ serta gradien kecepatan (G) 279,92/detik. Pada proses ini mengakibatkan terjadinya tumbukan atau kontak antar partikel dan terjadi penggabungan antar partikel, Penggabungan antar partikel dapat membentuk flok. Kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi dengan waktu detensi 20 menit dan kecepatan 40 rpm menghasilkan gradien kecepatan 27,38 /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 yang dapat mengendap pada proses sedimentasi dengan waktu detensi (td) 60 menit dan V_0 sebesar $30 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, partikel flokulen mendapatkan waktu untuk mengendap secara gravitasi. selama proses pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatan pengendapannya juga meningkat.

Penurunan BOD dengan metode elektrokoagulasi disebabkan karena adanya partikel-partikel koloid pada limbah yang bersifat mengikat senyawa organik berikatan dengan ion koagulan yang bersifat positif sehingga terbentuknya flok-flok yang membantu proses penurunan BOD. Selain itu proses flotasi yang terjadi pada penurunan konsentrasi BOD sama seperti proses flotasi yang terjadi pada penurunan minyak lemak, dimana pada katoda akan terbentuk gas H_2 dan pada anoda akan terbentuk gas O_2 . Pembentukan oksigen pada anoda menyebabkan meningkatnya suplai oksigen pada air limbah (widya, 2009). Suplai oksigen merupakan faktor yang sangat berperan dalam meremovel konsentrasi BOD (Alearts dan Santika, 1987). hal ini disebabkan, karena oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat-zat organik yang terlarut dalam air. Sedangkan pada penurunan minyak lemak H_2 terlepas dari katoda yang akan mengikat partikel-partikel pada limbah akan membentuk gelembung dan akan

terbawa ke permukaan larutan kemudian membentuk buih yang nantinya dapat dipisahkan dari cairan tersebut dalam meremovel minyak lemak (widya, 2009).

Konsentrasi BOD dan minyak lemak tertinggi pada elektrokoagulasi dengan variasi kecepatan putaran 400 rpm dan waktu operasi ke menit 180 yaitu sebesar 92,96 mg/L untuk BOD dan minyak lemak sebesar 2,3 mg/l. 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 BOD sebesar 100 mg/L dan minyak lemak sebesar 5 mg/l maka, hasil pengolahan limbah penyamakan kulit menggunakan elektrokoagulasi bipolar dalam penelitian ini sudah dikatakan memenuhi standar baku mutu limbah cair.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Efisiensi penyisihan BOD dan minyak lemak terkecil pada elektrokoagulasi dengan kecepatan putaran 200 rpm pada waktu operasi menit ke -90 sebesar 11,53 % untuk BOD dan minyak lemak sebesar 21,75 %. Sedangkan efisiensi terbesar pada elektrokoagulasi dengan kecepatan putaran 400 rpm pada waktu pengambilan sampel menit ke-180 sebesar 68,55 % untuk BOD dan minyak lemak sebesar 56,60 %.
2. Kecepatan putaran berpengaruh signifikan terhadap besarnya efisiensi penurunan BOD dan minyak lemak. Semakin besar kecepatan putaran maka efisiensi penurunan BOD dan minyak lemak semakin besar. Begitu juga dengan waktu operasi pada menit ke-90, 135, 180 berpengaruh secara signifikan terhadap besarnya efisiensi penurunan BOD dan minyak lemak.

5.2. Saran

Saran yang dapat diusulkan sehubungan dengan penelitian lebih lanjut adalah :

- a. Perlu penelitian lebih lanjut dengan memperbesar waktu operasi proses elektrokoagulasi untuk memperoleh tingkat penyisihan BOD dan minyak lemak yang lebih besar.
- b. Perlu penelitian lebih lanjut dengan penambahan elektroda serta luasan elektroda terhadap proses koagulasi.
- c. Perlu penelitian lebih lanjut tentang besar tegangan dan kuat arus terhadap efisiensi penurunan BOD dan minyak lemak.
- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter lain pada air limbah penyamakan kulit seperti COD dan TSS.

- e. Perlu penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan kondisi/ perawatan desain reaktor agar terkontrol dari pemakain listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S.S, 1987. Metode Penelitian Air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Achmad, I. 2011. Penurunan COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu. Malang
- Anonim, 2002. Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002. Baku mutu limbah cair industri tahu. Propinsi Jawa timur
- Gunarta, I. N. 2009. Penurunan COD Dan TSS Pada Limbah Cair Laundry Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Bipolar Aliran Kontinyu. Malang.
- Harsari, W. 2006. Pemanfaatan biji kelor (*moringa oleifera*) sebagai koagulan dalam proses penurunan kekeruhan dan kandungan organik limbah cair industri tempe.
- Holt. P.K, Barton. G.W, and Mitchell. C.A, 2001. Electrocoagulation As Wastewater Treatment. University Sydney. Journal Hazard Material. New South Wales.
- Iriawan, N dan Astuti, P, S, 2006. *Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta
- Masduqi, A dan Slamet, 2002. Satuan Operasi. Jurusan Teknik Lingkungan - FTSP. ITS. Surabaya
- Mollah. M, Schennach. R, Parga. JR, Cocke. DL, 2004. Fundamentals Present and Future Prespective of Electrocoagulation. Manterial science. Journal Hazard Material. Mesico.
- Sandy, A. P. 2009. Penurunan COD Dan TSS Pada Limbah Cair Laundry Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Monopolar Aliran Kontinyu. Malang.

Susilowati (2006) pengaruh lama elektrokoagulasi multiplate Fe-Al terhadap COD, BOD dan TSS variabel yang digunakan dalam pengolahan limbah Batik dengan Elektrokoagulasi.

Yulianto Andika 2009. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Elektrokoagulasi. Yogyakarta.

LAMPIRAN

- A. DOKUMENTASI
- B. HASIL ANALISIS
- C. METODE ANALISIS
PARAMETER
- D. DESAIN REAKTOR

Lampiran A
Dokumentasi

Pengaturan Debit



Motor pengaduk dan DC



Operasional ALat Elektrokuagulasi



koagulasi flokulasi



Pengambilan sampel



Figure 1: [Illegible text]



Figure 2: [Illegible text]



Figure 3: [Illegible text]



Figure 4: [Illegible text]



Figure 5: [Illegible text]



Lampiran B
Hasil Analisis



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



JASA TIRTA I

Nomor : 586 S/LKA MLG/III/2011

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 187/PC/III/2011/238

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 22 Maret - 30 Maret 2011

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
Air Limbah (PT. Kasin)						
1	BOD	mg/L	692,0	100	APHA. 5210 B-1998	
2	Minyak & Lemak	mg/L	12,7	5	APHA. 5220 B-1998	

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur (Penyamakan Kulit)



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



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



JASA TIRTA I

SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 786 S/LKA MLG/IV/2011

IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : Sukmawati
Name

Alamat : Jl. Bend. Dharma No. 14 Malang
Address

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji : Ext. 130-153/PC/IV/2011/186-209
Sample Code

Jenis Contoh Uji : Air Limbah
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji : Air Limbah (PT. Kasin)
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji :
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji :
Date Time of Sampling

14 April 2011 Jam 14:30 WIB

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji :
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji :
Sample Condition (s)

HASIL ANALISA

Result of Analysis

Malang, 29 April 2011



Diterbitkan Di/ Tanggal :
Place/ Date of Issue

Contoh uji diambil oleh Sukmawati. Tanggal,
14 April 2011 Jam 08.30 WIB

Laboratorium Kualitas Air
Perum Jasa Tirta I



Ismail Rohani, ST

Kepala Laboratorium
Head of Laboratory

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada contoh uji di atas dan dilarang diperbanyak 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



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkonng Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134
 E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 786 S/LKA MLG/IV/2011

Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 130-153/PC/IV/2011/186-209

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 14 April - 27 April 2011

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil 1	Hasil 2	Hasil 3	Standart Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
200 rpm TO								
1	BOD	mg/L	354.5	359.5	358.2	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	5.5	5.8	5.8	5	APHA. 5220 B-1998	-
200 rpm T90								
1	BOD	mg/L	319.5	314.5	314.5	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	4.5	4.7	4.2	5	APHA. 5220 B-1998	-
200 rpm T135								
1	BOD	mg/L	292	297.2	292.2	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	4.2	4.5	4	5	APHA. 5220 B-1998	-
200 rpm T80								
1	BOD	mg/L	264.5	260.8	267	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	4.2	4	4.2	5	APHA. 5220 B-1998	-
300 rpm TO								
1	BOD	mg/L	324.5	327	329.5	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	5.5	5.4	5.3	5	APHA. 5220 B-1998	-
300 rpm T90								
1	BOD	mg/L	248.3	245.8	244.5	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	4.4	4	4.5	5	APHA. 5220 B-1998	-
300 rpm T135								
1	BOD	mg/L	200.8	209.5	205.8	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	3	3.5	2.5	5	APHA. 5220 B-1998	-
300 rpm T80								
1	BOD	mg/L	172	177.2	179.5	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	2.5	2.7	2.5	5	APHA. 5220 B-1998	-

*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur (Penyamakan Kulit)



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



LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551978

Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 395134

E-mail : laboratorium@jasatirta 1.go.id



Nomor : 795 S/LKA MLG/IV/2011

Halaman 2 dar

Page 2 of 2

Kode Contoh Uji
Sample Code

Ext. 160-171/PC/IV/2011/216-227

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method

: -

Tempat Analisa
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s)

: 15 April – 28 April 2011

HASIL ANALISA

Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil 1	Hasil 2	Hasil 3	Standart Baku Mutu *)	Metode Analisa	Keterangan
400 rpm TO								
1	BOD	mg/L	292.1	297.1	294.6	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	5.2	5.3	5.4	5	APHA. 5220 B-1998	-
400 rpm T90								
1	BOD	mg/L	109.6	105.9	106.8	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	2.5	2.8	2.5	5	APHA. 5220 B-1998	-
400 rpm T135								
1	BOD	mg/L	101.2	98.4	99.1	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	2	2.7	2.5	5	APHA. 5220 B-1998	-
400 rpm T80								
1	BOD	mg/L	94.6	93.4	90.9	100	APHA. 5210 B-1998	-
2	Minyak & Lemak	mg/L	2	2.5	2.5	5	APHA. 5220 B-1998	-



*) Standar Baku Mutu sesuai dengan
Threshold Value fully adopted from

: SK. Gub. No. 45/2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau
Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur (Penyamakan Kulit)

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

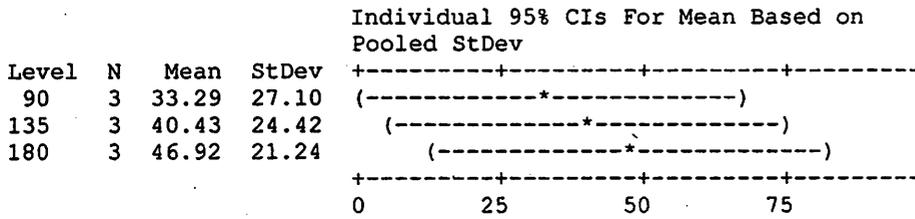
5/24/2011 10:11:21 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan versus Waktu Operasi

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasi	2	279	139	0.23	0.798
Error	6	3564	594		
Total	8	3842			

S = 24.37 R-Sq = 7.25% R-Sq(adj) = 0.00%



Pooled StDev = 24.37

9/14/2011 9:31:59 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\ANOVA\BOD PNYSHN VS OP.MPJ'

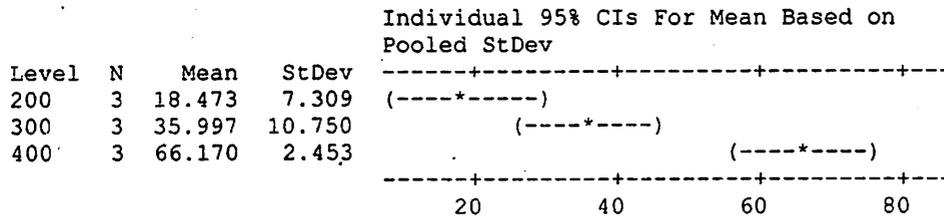
5/24/2011 10:06:24 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan versus Variasi Kecepatan Putaran

Source	DF	SS	MS	F	P
Variasi Kecepatan	2	3492.5	1746.2	29.94	0.001
Error	6	350.0	58.3		
Total	8	3842.5			

S = 7.638 R-Sq = 90.89% R-Sq(adj) = 87.86%



Pooled StDev = 7.638

9/14/2011 9:32:38 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.
Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\ANOVA\BOD VS KEC PTRN.MPJ'

5/24/2011 10:45:26 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: Presentase Penyisihan versus Waktu Operasi

Source	DF	SS	MS	F	P
Waktu Operasi	2	340	170	0.67	0.546
Error	6	1522	254		
Total	8	1863			

S = 15.93 R-Sq = 18.27% R-Sq(adj) = 0.00%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
90	3	31.02	17.27	(-----*-----)
135	3	41.64	14.67	(-----*-----)
180	3	45.58	15.75	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----
15 30 45 60

Pooled StDev = 15.93

9/14/2011 9:33:06 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.
Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\ANOVA\PREN VS WKTU OP MNYK LMK.MPJ'

5/24/2011 10:16:24 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: presentase penyisihan versus variasi kecepatan putaran

Source	DF	SS	MS	F	P
variasi kecepata	2	1267.1	633.5	6.38	0.033
Error	6	595.5	99.3		
Total	8	1862.6			

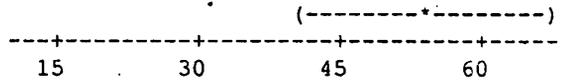
S = 9.963 R-Sq = 68.03% R-Sq(adj) = 57.37%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
200	3	25.023	2.968	(-----*-----)
300	3	39.133	16.753	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+-----

400 3 54.083 2.882



Pooled StDev = 9.963

9/14/2011 9:33:31 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\ANOVA\PRESN VS KEC PTRB MNYK LMK.MPJ'

Correlations: Presentase Penyi, Waktu Operasi, Variasi Kecepatan

	Presentase P	Waktu Operas
Waktu Operas	0.269	
	0.484	
Variasi Kece	0.942	0.000
	0.000	1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

9/14/2011 9:33:57 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\HASIL MNITB KOREL\MINITAB BOD.MPJ'

5/21/2011 9:57:46 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Correlations: Presentase Penyi, Waktu Operasi, Variasi Kecepatan

	Presentase P	Waktu Operas
Waktu Operas	0.413	
	0.269	
Variasi Kece	0.825	0.000
	0.006	1.000

Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

9/14/2011 9:34:21 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\HASIL MNITB KOREL\MINITAB MINYAK LEMAK KOREL.MPJ'

5/22/2011 5:06:20 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu Operas

The regression equation is

$$\text{Presentase Penyisihan} = -51.8 + 0.238 \text{ Variasi Kecepatan} + 0.151 \text{ Waktu Operasi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-51.767	8.866	-5.84	0.001
Variasi Kecepatan	0.23848	0.02052	11.62	0.000
Waktu Operasi	0.15137	0.04560	3.32	0.016

S = 5.02679 R-Sq = 96.1% R-Sq(adj) = 94.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	3690.9	1845.4	73.03	0.000
Residual Error	6	151.6	25.3		
Total	8	3842.5			

Source	DF	Seq SS
Variasi Kecepatan	1	3412.5
Waktu Operasi	1	278.4

Unusual Observations

Obs	Variasi Kecepatan	Presentase Penyisihan	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	300	24.70	33.40	2.65	-8.70	-2.04R

R denotes an observation with a large standardized residual.

5/23/2011 5:15:53 PM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\REGRESI\MINITAB
BOD.MPJ'

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu Operas

The regression equation is

$$\text{Presentase Penyisihan} = -51.8 + 0.238 \text{ Variasi Kecepatan} + 0.151 \text{ Waktu Operasi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-51.767	8.866	-5.84	0.001	
Variasi Kecepatan	0.23848	0.02052	11.62	0.000	1.0
Waktu Operasi	0.15137	0.04560	3.32	0.016	1.0

S = 5.02679 R-Sq = 96.1% R-Sq(adj) = 94.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	3690.9	1845.4	73.03	0.000
Residual Error	6	151.6	25.3		
Total	8	3842.5			

Source	DF	Seq SS
Variasi Kecepatan	1	3412.5
Waktu Operasi	1	278.4

Unusual Observations

Obs	Variasi Kecepatan	Presentase Penyisihan	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	300	24.70	33.40	2.65	-8.70	-2.04R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu Operas

The regression equation is

$$\text{Presentase Penyisihan} = -51.8 + 0.238 \text{ Variasi Kecepatan} + 0.151 \text{ Waktu Operasi}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-51.767	8.866	-5.84	0.001	
Variasi Kecepatan	0.23848	0.02052	11.62	0.000	1.0
Waktu Operasi	0.15137	0.04560	3.32	0.016	1.0

S = 5.02679 R-Sq = 96.1% R-Sq(adj) = 94.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	3690.9	1845.4	73.03	0.000
Residual Error	6	151.6	25.3		
Total	8	3842.5			

Source	DF	Seq SS
Variasi Kecepatan	1	3412.5
Waktu Operasi	1	278.4

Unusual Observations

Obs	Variasi Kecepatan	Presentase Penyisihan	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	300	24.70	33.40	2.65	-8.70	-2.04R

R denotes an observation with a large standardized residual.

9/14/2011 9:34:50 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMEST3R 8\SKRIPSI SUKMA\REGRESI\MINITAB
BOD.MPJ'

5/24/2011 1:00:54 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu Operas

The regression equation is

Presentase Peniyisahan = - 26.0 + 0.145 Variasi Kecepatan + 0.162 Waktu Operasi

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-26.01	12.01	-2.17	0.073
Variasi Kecepatan	0.14530	0.02779	5.23	0.002
Waktu Operasi	0.16174	0.06176	2.62	0.040

S = 6.80736 R-Sq = 85.1% R-Sq(adj) = 80.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1584.57	792.29	17.10	0.003
Residual Error	6	278.04	46.34		
Total	8	1862.61			

Source	DF	Seq SS
Variasi Kecepatan	1	1266.73
Waktu Operasi	1	317.84

Unusual Observations

Obs	Variasi Kecepatan	Presentase Peniyisahan	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	300	20.37	32.14	3.59	-11.77	-2.03R

R denotes an observation with a large standardized residual.

Regression Analysis: Presentase P versus Variasi Kece, Waktu Operas

The regression equation is

Presentase Peniyisahan = - 26.0 + 0.145 Variasi Kecepatan + 0.162 Waktu Operasi

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-26.01	12.01	-2.17	0.073	
Variasi Kecepatan	0.14530	0.02779	5.23	0.002	1.0
Waktu Operasi	0.16174	0.06176	2.62	0.040	1.0

S = 6.80736 R-Sq = 85.1% R-Sq(adj) = 80.1%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	1584.57	792.29	17.10	0.003
Residual Error	6	278.04	46.34		
Total	8	1862.61			

Source	DF	Seq SS
Variasi Kecepatan	1	1266.73
Waktu Operasi	1	317.84

Unusual Observations

Obs	Variasi Kecepatan	Presentase Peniyisahan	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
4	300	20.37	32.14	3.59	-11.77	-2.03R

R denotes an observation with a large standardized residual.

9/14/2011 9:35:12 AM

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\SEMESTER 8\SKRIPSI SUKMA\REGRESI\MINITAB
INYK LMK.MPJ'

Lampiran C
Metode Analisis Parameter

Analisis Biological Oxygen Demand (BOD)

1. Metode

Metode titrimetry

2. Peralatan dan Perekasi

I. Peralatan

- a. Buret
- b. Statif
- c. Gelas ukur
- d. Neraca analitis
- e. Erlenmeyer
- f. Pipet
- g. Beker glass
- h. Inkubator
- i. Botol winkler

II. Perekasi

1. Larutan $MnSO_4$ (mangan sulfat)
 - Larutkan 5,54 gr $MnSO_4$ dalam 15 ml aquadest
2. Larutan Alkali-Iodida-Azida
 - 10 gr $NaOH$ dilarutkan dalam 2 ml aquadest
 - Tambahkan 0,2 gr NaN_3 dalam 0,8 ml aquadest
 - Tambahkan 3 gr KI dalam 2 ml aquadest
 - Campurkan 3 bahan tersebut dan tambahkan aquadest hingga 20 ml
3. Indikator amylum 0,5%
 - 0,1 gr amylum dilarutkan dalam 20 ml aquadest. Didihkan dan dinginkan

4. Asam sulfat pekat 2 ml untuk tiap sampel
5. Larutan tio sulfat 0,1 N
 - Larutkan 3,273 gr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dalam 150 ml aquadest yang telah dididihkan dan dinginkan

3. Cara Kerja

A. DO_0

1. Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
2. Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat (MnSO_4) dengan pipet dibawah permukaan air
3. Tambahkan 2 ml larutan alkali-iodida-azida
4. Botol ditutup, dikocok dengan membolak balik beberapa kali
5. Biarkan 10 menit, Kemudian buang 100 ml larutan jernih dengan pipet
6. Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat (H_2SO_4), kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer
7. Titrasi dengan tio sulfat hingga terjadi warna kuning muda
8. Tambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru
9. Titrasi dengan tio sulfat hingga warna biru hilang pertama kali

B. DO_5

1. Isi botol winkler dengan air sampel sampai penuh
2. Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat (MnSO_4) dengan pipet dibawah permukaan air

3. Tambahkan 2 ml larutan alkali-iodida-azida
4. Botol ditutup, dikocok dengan membolak balik beberapa kali
5. Botol diinkubasi pada 25⁰C selama 5 hari
6. Kemudian buang 100 ml larutan jernih dengan pipet
7. Tambahkan 2 ml asam sulfat pekat (H₂SO₄), kocok lalu pindahkan ke erlenmeyer
8. Titrasi dengan tio sulfat hingga terjadi warna kuning muda
9. Tambahkan 2 ml indicator amilum sampai timbul warna biru
10. Titrasi dengan tio sulfat hingga warna biru hilang pertama kali

4. Perhitungan

$$DO \text{ (mg/l)} = \frac{axNx8000}{V - 4}$$

Dimana :

DO = Oksigen terlarut

A = volume titrasi natrium tio sulfat (ml)

N = Normalitas natrium tio sulfat

V = Volume botol winkler

$$BOD \text{ (mg/l)} = DO_0 - DO_5$$

Dimana :

DO₀ = Oksigen terlarut pada 0 hari

DO₅ = Oksigen terlarut pada 5 hari

Analisa Minyak lemak

1. Metode

Metode Gravimetri

2. Prinsip

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

3. Alat dan Bahan

Alat :

- a) cawan
- b) erlenmeyer 100ml
- c) timbangan cawan
- d) Oven
- e) Desinkator
- f) Saringan minyak
- g) Pipet Ukur
- h) Tabung ekstraksi.

Bahan :

- a) larutan Petroleum ether
- b) HCL 1:1

4. Prosedur Kerja

- a) Mengambil sample limbah 100 ml
- b) Sampel dimasukan Hidroklorit 0,1 ml sampai terlarut

- c) Sampel di campurkan Petroleum Ether (PE) 10ml, lalu di diamkan minimal selama 5 menit, setelah mengendap lapisan yang berada diatas diambil dan ditampung di dalam cawan yang sudah diketahui beratnya
- d) Sampel dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam
- e) Sampel dinginkan di dalam desinkator

5. Perhitungan

Konsentrasi *Minyak Lemak*

$$\text{Minyak lemak (mg/L)} = \text{CI} - \text{CK} \times 1000$$

dengan pengertian :

CI = berat labu + ekstraksi (mg)

CK = berat labu kosong (mg)

V = mL benda uji

Lampiran D
Desain Reaktor

DESAIN REAKTOR ELEKTROKOAGULASI

I. DESAIN BAK KOAGULASI (PENGADUKAN CEPAT DENGAN ELEKTRODA)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$KT = 0,75 \times KT$$

$$KT = 0,75 \times 1,15 = 0,86.$$

$$P = KT \cdot N^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho$$

$$P = 0,86 \cdot (200/60)^3 \text{ rps} \cdot (0,102)^5 \cdot 997,07 = 0,3506 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{P}{\mu \times V}$$

$$G^2 = \frac{0,3506 \text{ N.m/dt}}{0,8949 \cdot 10^{-3} \text{ N.dtk/m}^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 78.355,123/\text{dtk}$$

$$G = 279,92 /\text{dt.}$$

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)

P : Masa jenis cairan (kg/m³)

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

V : Volume cairan yang diaduk (m³)

II. DESAIN BAK FLOKULASI

$T_d = 20$ menit.

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

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

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

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

Dimensi bak, $p = l = t = 0,22 \text{ m} = 22 \text{ cm}$

Panjang paddle (d_{paddle}) = $80\% \times p = 80\% \times 22 \text{ cm} = 17,6 \sim 18 \text{ cm}$.

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

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

$n = 40$ rpm.

$KT = 0,75 \times 1,15 = 0,86$.

$P = 0,86 \cdot (40/60)^3 \text{ rps} \cdot (0,18)^5 \cdot 995,68 \text{ kg/m}^3 = 0,048 \text{ N.m/dt}$

$$G^2 = \frac{P}{\mu \times V}$$

$$G^2 = \frac{0,048 \text{ N.m / det}}{0,8004 \cdot 10^{-3} \text{ N.dtk / m}^2 \cdot 10^{-2}} = 5.363,72 \text{ /dt}^2$$

$G = 73,23 \text{ /dt}$.

$n = 20$ rpm.

$KT = 0,75 \times 1,15 = 0,86$.

$P = 0,86 \cdot (20/60)^3 \cdot (0,18)^5 \cdot 995,68 = 0,006 \text{ N.m/dt}$

$$G^2 = \frac{0,006}{0,8004 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}} = 749,62 \text{ /dt}^2$$

$G = 27,38 \text{ /dt}$.

III. DESAIN BAK SEDIMENTASI

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

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

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

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 $100 \text{ ml}/1000 \text{ ml}$ limbah , jadi volume lumpur = $30 \text{ l} \times 0,1 \text{ l} = 3 \text{ l} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ untuk t_d 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 = luas atas; A_2 = luas bawah.

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} H &= \frac{3 \times \text{Vol.}}{(A_1 + A_2 + (A_1 \cdot A_2)^{0,5})} \\ &= \frac{3 \times (3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)}{(484 \cdot 10^{-4} + 9,6756 \cdot 10^{-3} + (484 \cdot 10^{-4} \cdot 9,6756 \cdot 10^{-3})^{0,5})} \\ &= 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm.} \end{aligned}$$



...LEMBAR PERSEMBAHAN

BISMILLAAHIRRAHMAANIRRAHIM

- ✚ Sang Maha Sempurna, Allah SWT yang dengan rahmat, hidayah dan kasih sayang serta izin-Nya lah saya bisa menyelesaikan Skripsi ini. Terima kasih atas kesempatan yang Engkau berikan untuk tetap tegak berdiri, bernafas dan mengabdikan kepada-Mu.....mudah-mudahan hamba-Mu ini selalu bisa menjadi orang yang bermanfaat bagi hamba-Mu yang lain.....Amin. Salawat dan salam juga tertuju Untuk junjunganku Nabi besar Muhammad SAW, kaulah suri tauladan dalam hidupku.....
- ✚ **Keluarga tercinta** "papaku yang selalu mengajarku untuk selalu pantang menyerah dan ikhlas menjalani hidup serta selalu menjadi inspirasiku untuk tetap bersabar. Makasih papa atas doanya selama ini..loph u :* mamah yang selalu mendo'akanku setiap saat..., ma, akhirnya sukma lulus ma.. makasih ya ma..sukma sayang mama.. loph u mamaku :* , adekku (ati sayng) sukma lulus juga, heehe..mksh adekku saygats doanya.. Saudaraku tersayang udmi yg bandel ttp semngt dan trs bljar ya, ai semngt! ka'mila, amy, as, ona, eka, efy, uni, aceng, dan Mas aju (makasih atas dukungan ya kaka dn adek2ku sayg...aku sayang kalian smwa..mf trlu bnyk,, g bsa sebut satu2..hheheh (loph u keluargaku)
- ✚ **Buat sahabatku "06"**, vikka, cha2, imed ayu, akhirnya aku nyusul kalian juga...heheh makasih atas bantuan slma ini terutama vikka, cha2 ma imed kalian slalu bantu sukma dri awal sampai skr...heheh mksh ya,,! Amank, iva akhirnya qt lulus bareng yaa,,,Alhamdulillah yah...jadi sarjana,,hihihi >_<. Dodot dan faruk ayo semangat kawan...
- ✚ **Buat dosen2ku TL:** Bu Candra Dwiratna, dosen wali yang paling baik,,hehe,, makasih bu atas bimbingannya selama saya kuliah,serta tempat curhatnya anak-anak TL 06. bu evy, maksh bu ats bimbingannya slma ini mulai dri PKN, PROPOSAL sampai SKRIPSI.. mksh ya bu. *_*, pak har, mksh ya pak atas bimbingannya slma ini.., pak diro, bu anis, pak hery dan bu tuani : mksh ya pak, ibu ats bimbingan slma ini..*_*

- ✚ **Buat yg nemanin aku slma ini (*_*)** mksh ya ats doanya dan pengertian, beri aku semngt tiada hentinya...mksh bnyk ya...!!
- ✚ **Anak2 TL 07,08,09,10:** mksh ya ats doanya dan dukungan slma ini... terutama angktn 08 : pateng, ndut riza, ucil, irul, endra, bornes, wati, nana dll mksh ya ats bantuan dan doanya slma ini, uda bantu sukma penelitian.. mksh ya....
- ✚ **Warga Darma 1A :** Bapak dan Ibu kost (makasih atas pengertiannya selama saya pulang telat...), Adik : Lia (belajar yang rajin biar lu2s ntar), Arul (jangan godain dik icha terus...), Icha (bangun pagi...biar sekolah nggak telat...). Ratri ttp semangat ya, jgn plng trs fokus ma kuliah dlu ..heheh... jgn ingt2 dd trs,,w! pcran nnti ajah ya.. gmpnglah itu kalo soa pacr...hahh..sukma duluan pulng ya..., yani dan put : mksh ya ats doanya dn dukungan..., ttp semngt ya...adek2 kost yg baru selamat datg di dunia perkuliahan....!!hehe...
- ✚ **Semua pihak** yang telah membantu, saya ucapkan terima kasih.....



Alhamdulillah terima kasih ya Allah... akhirnya sukma lulus juga..

Sukmawati Hi. Saubas, ST

*Hehehehe... *_**

