

SKRIPSI

**PENGGUNAAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*) sebagai BIOKOAGULAN
UNTUK MENURUNKAN COD dan TSS PADA LIMBAH INDUSTRI
PENYAMAKAN KULIT
(Studi Kasus : PT. Usaha Loka Kulit, Malang)**



**Disusun Oleh :
Paolo Rossi S. Belen
(07.26.018)**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2012**

3045
197740
ИРНИШИ ДЕРИНОТ ОЦИ ИВЕДИМСТ
БАРКЛАТБ КЕКЛИК БИМГ ОНИ БЕРЕМОНУУДУ
ЭВЕЛГЭН ДЕККИК ТИМКОМОНУ

(01.30.018)
БНДИ КИЛИК ЭТ ДИМДИ
ОУМДИ ОНИ

(01.30.018) : 2.1. ДИМДИ КИЛИК БИМГ ИВЕДИМСТ
БАРКЛАТБ КЕКЛИК БИМГ
ИРНИШИ ДЕРИНОТ ОЦИ ИВЕДИМСТ
БАРКЛАТБ КЕКЛИК БИМГ ОНИ БЕРЕМОНУУДУ

ЭКИЛИК

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

**PENGUNAAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*) sebagai BIOKOAGULAN
UNTUK MENURUNKAN COD dan TSS PADA LIMBAH INDUSTRI
PENYAMAKAN KULIT**

(Studi Kasus : PT. Usaha Loka Kulit, Malang)

Disusun oleh :

Paolo Rossi S. Belen

07.26.018

Menyetujui :

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

Dosen Pembimbing II



Anis Artiyani, ST. MT
NIP. Y. 1030300348

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

T. 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 SKRIPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG


NAMA : PAOLO ROSSI S. BELEN
NIM : 07.26.018
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : PENGGUNAAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*) sebagai
BIOKOAGULAN UNTUK MENURUNKAN COD dan
TSS PADA LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT
(Studi Kasus : PT. Usaha Loka Kulit, Malang)

Dipertahankan di hadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Strata Satu
(S-1)

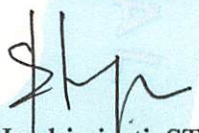
Pada Hari : Rabu
Tanggal : 22 Februari 2012
Dengan Nilai : B⁺ (70,96)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

Ketua



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

Sekretaris


Evy Hendriarianti, ST. MMT.
NIP. Y. 1030300382

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I


Hardianto, ST. MT.
NIP. Y. 1030000350

Dosen Penguji II


Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Belen, Paolo R. S. Hendriarianti E, Artiyani A. 2012. **Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan COD dan TSS Pada Limbah Industri Penyamakan Kulit**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi. Limbah industri penyamakan kulit berpotensi besar menurunkan kualitas air karena mempunyai konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan Total Suspended Solids (TSS) yang tinggi. Salah satu alternatif pengolahan limbah penyamakan kulit adalah dengan mencampurkan limbah bersama zat kimia (koagulan) dalam suatu sistem pengadukan yang disebut koagulasi-flokulasi. Penelitian ini menggunakan biokoagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dosis optimum Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dan pengaruh kecepatan putaran flokulasi untuk menurunkan COD dan TSS pada limbah industri penyamakan kulit.

Penelitian ini menggunakan reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi aliran kontinyu. Dengan variabel dosis koagulan (1 g/l; 2 g/l dan 3 g/l) dan kecepatan putaran flokulasi (20 rpm dan 40 rpm). Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air atau air limbah dengan menggunakan bahan koagulan yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Sedangkan proses flokulasi merupakan kelanjutan dari proses koagulasi yaitu penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) mampu menurunkan COD dan TSS pada limbah industri penyamakan kulit. Persentase penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis koagulan 3 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm yang dapat menurunkan COD sebesar 82,84% dan TSS sebesar 75,58%.

Kata Kunci : Biji Kelor (*Moringa Oleifera*), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Koagulasi-Flokulasi, Limbah Cair Penyamakan Kulit, *Total Suspended Solids* (TSS)



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan COD Dan TSS Pada Limbah Industri Penyamakan Kulit”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui proses penelitian, analisa data dan pembahasan. Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, kerja sama dan bimbingan dari semua pihak. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat :

1. Bapak dan Ibundaku serta segenap keluarga tercinta yang selalu memberikan semua dukungan, perhatian, kekuatan dan doa serta memberikan hidup ini lebih berarti untukku.
2. Ibu Evy Hendrianti, ST. MMT., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Ibu Anis Artiyani, ST. MT., selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di Laboratorium serta selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Ibu Candra Dwi Ratna, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
5. Bapak Agus dan seluruh staf PT. Usaha Loka Kulit Malang atas bantuan dan izin yang diberikan untuk mengambil limbah.
6. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan seperjuangan Angkatan '07 yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan dan 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 sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi yang kami susun.

Akhirnya penyusun berharap Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi almamater, khususnya rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang dan masyarakat luas pada umumnya.

Malang, Februari 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah... ..	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5 Ruang Lingkup	I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Penyamakan Kulit.....	II-1
2.1.1 Proses Awal (<i>Beam House</i>).....	II-2
2.2 Parameter-Parameter Pencemar Dalam Air Limbah	II-10
2.3 Proses Koagulasi–Flokulasi-Sedimentasi.....	II-12
2.3.1 Definisi Koagulasi-Flokulasi.....	II-12
2.3.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi ..	II-14
2.3.3 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan	II-16
2.3.3.1 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi	II-16
2.3.3.2 Jenis Koagulan	II-17
2.4 Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>) Sebagai Koagulan.....	II-18
2.4.1 Taksonomi Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>).....	II-18
2.4.2 Morfologi Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>).....	II-18
2.4.3 Kandungan Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>)	II-20
2.4.3 Manfaat Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>)	II-21

2.5	Kriteria Desain Koagulasi-FlokulasiII-21
2.6	Sedimentasi.....	..II-29
2.7	Metode Pengolahan Data.....	..II-30
2.7.1	Statistik Deskriptif dan Inferensi.....	..II-30
2.7.1.1	Analisa KorelasiII-31
2.7.1.2	Analisa RegresiII-31
2.7.1.3	Analisa Varian (ANOVA) Desain Faktorial.....	..II-33

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	III-1
3.2	Bahan dan Peralatan Penelitian	III-1
3.2.1	Sampel Limbah.....	III-1
3.2.2	Bahan Koagulan	III-1
3.2.3	Peralatan	III-1
3.3	Variabel Penelitian	III-4
3.4	Tahapan Penelitian	III-4
3.4.1	Penelitian Pendahuluan	III-4
3.4.2	Proses Kontinyu	III-4
3.5	Analisis Parameter Uji	III-5
3.5.1	Analisis COD.....	III-5
3.5.2	Analisis TSS	III-5
3.6	Analisis Data	III-6
3.7	Kerangka Penelitian	III-7

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian Dari Uji Pendahuluan.....	IV-1
4.2	Konsentrasi COD dan TSS Setelah Proses.....	IV-1
4.3	Pengolahan Data.....	IV-3
4.3.1	Prosentase Penurunan COD	IV-3
4.3.2	Prosentase Penurunan TSS	IV-4

4.4	Analisis Deskriptif.....	IV-5
4.4.1	Analisis Deskriptif COD.....	IV-5
4.4.2	Analisis Deskriptif TSS	IV-6
4.5	Analisis Korelasi	IV-7
4.5.1	Analisis Korelasi Parameter COD.....	IV-7
4.5.2	Analisis Korelasi Parameter TSS.....	IV-8
4.6	Analisis Regresi.....	IV-9
4.6.1	Analisis Korelasi Parameter COD.....	IV-9
4.6.2	Analisis Korelasi Parameter TSS.....	IV-11
4.7	Analisis Varian Anova Two-Way	IV-13
4.7.1	Analisis Varian Parameter COD.....	IV-13
4.7.2	Analisis Varian Parameter TSS.....	IV-15
4.8	Pembahasan	IV-16
4.8.1	Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan COD	IV-16
4.8.2	Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan TSS.	IV-19

BAB IV PENUTUP

5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit.....	II-9
Gambar 2.2 Tipe Pengaduk Mekanis.....	II-23
Gambar 2.3 Sketsa Peletakan Pengadukan.....	II-23
Gambar 2.4 Pola Aliran.....	II-24
Gambar 2.5 Pengadukan Pneumatis.....	II-26
Gambar 3.1 Sketsa Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi.....	III-3
Gambar 3.2 Proses Aliran Kontinyu Koagulasi-Flokulasi-Sedimentas.....	III-3
Gambar 3.3 Kerangka Penelitian.....	III-7
Gambar 4.1 Grafik Prosentase Penurunan konsentrasi COD.....	III-6
Gambar 4.2 Grafik Prosentase Penurunan Konsentrasi TSS	III-7

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Pencemar Air Limbah Penyamakan Kulit.....	II-11
Tabel 2.2 Jenis Koagulan Kimia.....	II-17
Tabel 2.3 Jenis Biokoagulan.....	II-18
Tabel 2.4 Kandungan Biji Kelor.....	II-20
Tabel 2.5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan.....	II-22
Tabel 2.6 Kriteria <i>Impeller</i>	II-22
Tabel 2.7 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan.....	II-22
Tabel 4.1 Baku Mutu Limbah Cair Untuk Limbah Industri Penyamakan Kulit....	IV-1
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Industri Penyamakan Kulit.....	IV-2
Tabel 4.3 Konsentrasi COD Setelah Proses.....	IV-3
Tabel 4.4 Konsentrasi TSS Setelah Proses.....	IV-3
Tabel 4.5 Nilai Prosentase Penurunan Konsentrasi COD	IV-4
Tabel 4.6 Nilai Prosentase Penurunan Konsentrasi TSS.....	IV-5
Tabel 4.7 Hasil Uji Korelasi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan COD.....	IV-8
Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan TSS.....	IV- 9
Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan COD.....	IV-10
Tabel 4.10 Hasil Uji Regresi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan TSS.....	IV-12
Tabel 4.11 Hasil Uji Anova antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan COD.....	IV- 15
Tabel 4.12 Hasil Uji Anova antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan TSS.....	IV- 16

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi. Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang didorong perkembangannya sebagai penghasil devisa non migas. Sebagai salah satu industri yang sebagian besar rumah produksinya tergolong ke dalam industri kecil, industri penyamakan kulit mempunyai potensi besar untuk mencemari lingkungan karena berpotensi menurunkan kualitas badan air. Limbah yang dihasilkan dari industri ini mengandung bahan-bahan pencemar seperti sisa daging, darah, bulu, yang menyebabkan timbulnya endapan bahan organik, serta kandungan bahan kimia seperti krom (Cr).

Sesuai SK. Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 (Sampai Wet Blue), COD dan TSS menjadi parameter pencemar utama dari industri penyamakan kulit. COD memiliki standar baku mutu sebesar 250 mg/l dan TSS memiliki standar baku mutu sebesar 100 mg/l. Jika nilai baku mutu tersebut dibandingkan dengan hasil analisa COD sebesar 1072 mg/l dan TSS sebesar 2866,6 mg/l, maka dapat disimpulkan bahwa limbah PT. Usaha Loka Kulit melebihi baku mutu yang ada.

Oleh karena itu, industri penyamakan kulit memerlukan alternatif pengolahan limbah yang efektif agar memenuhi standar *effluent* sebelum dibuang ke badan air. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair penyamakan kulit adalah dengan proses fisika dan kimia. Salah satu pengolahan fisik dan kimia yang mudah dioperasikan adalah koagulasi.

Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (disebut koagulan) yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok berukuran lebih besar. Proses koagulasi-flokulasi ini memperbesar ukuran flok sehingga endapan flok yang didapatkan lebih besar jumlahnya agar mudah untuk mengendap.

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air adalah koagulan kimia seperti alum dan PAC. Koagulan kimia dapat menghasilkan lumpur atau endapan yang dapat membahayakan lingkungan bila dibuang langsung. Jenis koagulan yang ramah lingkungan dan berasal dari alam serta mempunyai efektifitas tinggi yaitu biji kelor (*Moringa Oleifera*). Dalam pengolahan air minum biji kelor (*Moringa Oleifera*) telah lama digunakan untuk menjernihkan air sungai Nil di Afrika dengan prosentase penurunan kekeruhan mencapai 80%. Selain itu pada air limbah, biji kelor (*Moringa Oleifera*) juga dapat digunakan sebagai koagulan. Hal ini dapat dibuktikan dengan adanya penelitian yang telah dilakukan oleh Susilowati (2004) dalam proses penurunan kekeruhan lindi yang mencapai 40–50%. Dalam beberapa penelitian yang lain koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) juga mampu menurunkan kesadahan, jumlah bakteri, warna dan kandungan organik.

Pada umumnya partikel-partikel organik dan koloid dalam air buangan bersifat negatif. Jika ion-ion atau koloid bermuatan positif (kation) ditambahkan ke dalam koloid target koagulasi, maka kation tersebut akan masuk ke dalam lapisan difusi karena tertarik oleh muatan negatif yang ada pada permukaan partikel koloid. Biji kelor mempunyai berat molekul yang rendah dan bermuatan positif. Selain itu biji kelor yang telah dibuat serbuk dapat mudah larut dalam air maupun larutan. Biji kelor memiliki kandungan Besi 0,086 %, Mangan 0,008 %, dan Seng 0,0015 %. Jika dilihat dari komponen yang dikandungnya maka biji kelor memenuhi kriteria sebagai zat yang dapat mengadakan ikatan tarik–menarik secara elektrostatis terhadap partikel lainnya. Biji kelor juga mengandung zat yang bersifat bakterisida.

Kemampuan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dalam mengolah air limbah tempe dengan proses koagulasi pernah diteliti oleh Wahyuni I., 2006 dengan variasi dosis dan kecepatan putaran flokulasi. Pada penelitian tersebut biji kelor (*Moringa Oleifera*) pada dosis optimum 2,5 g/l, kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dan waktu flokulasi 30 menit mampu menurunkan kekeruhan dari 1.645 NTU menjadi 461 NTU dan kandungan organik (KMnO₄) dari 27.084 mg/l menjadi 9.330 mg/l. Kemampuan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dalam mengolah air limbah

cair industri pencucian jeans dengan proses koagulasi pernah diteliti oleh Rambe A. M., 2009, dengan dosis koagulan 1,25 g/l mampu menurunkan COD dari 1099,12 mg/l menjadi 265,30 mg/l dan TSS dari 9.851 mg/l menjadi 1.499 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa biji kelor (*Moringa oleifera*) mempunyai kemampuan untuk menurunkan bahan organik, COD, TSS dan kekeruhan dengan cara koagulasi.

Karakteristik limbah tempe yang digunakan oleh Wahyuni I. (2006) dalam penelitiannya mengandung BOD 3757,681 mg/l, COD 8738,793 mg/l, dan kandungan organik seperti N (23,77 mg/l), P (1,92 mg/l) dan S (154,26 mg/l). Sedangkan karakteristik dari limbah penyamakan kulit pada penelitian sebelumnya memiliki kandungan COD 1.829 mg/l, BOD 419,2 mg/l, TSS 849,5 mg/l dan kandungan organik lainnya seperti S 991,1 mg/l, N 207,68 mg/l serta minyak lemak 944 mg/l. Dilihat dari beberapa kesamaan karakteristik limbah tersebut, maka biji kelor dapat digunakan untuk mengolah limbah penyamakan kulit.

Bertolak dari hal tersebut diatas maka muncul ide studi untuk memanfaatkan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dalam proses penurunan COD dan TSS dalam limbah cair industri penyamakan kulit PT. Usaha Loka Kulit, Malang.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Dengan menggunakan biokoagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*), berapakah dosis optimum biji kelor (*Moringa Oleifera*) dalam menurunkan COD dan TSS pada limbah industri penyamakan kulit?
- 2) Bagaimana pengaruh kecepatan putaran flokulasi dalam proses koagulasi dan flokulasi terhadap penurunan COD dan TSS pada limbah cair industri penyamakan kulit dengan koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*)?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1) Untuk mengetahui kecepatan putaran flokulasi dan dosis optimal biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dalam proses penurunan COD dan TSS pada limbah cair industri penyamakan kulit.
- 2) Untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran flokulasi dan dosis pada proses koagulasi dan flokulasi dalam menurunkan COD dan TSS pada limbah cair industri dengan koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengolahan limbah penyamakan kulit dengan koagulasi menggunakan koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) adalah :

- 1) Mengurangi bahan pencemaran COD dan TSS yang berlebihan pada limbah cair penyamakan kulit
- 2) Menjadikan biokoagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai langkah alternatif dalam pengolahan limbah penyamakan kulit.

1.5 Ruang Lingkup

- 1) Penelitian ini dilakukan dalam skala Laboratorium.
- 2) Sampel limbah yang digunakan adalah limbah cair penyamakan kulit di PT. Usaha Loka Kulit, Kota Malang.
- 3) Aliran yang digunakan dalam proses adalah aliran kontinyu. Pada proses ini dilakukan dengan menjalankan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi.
- 4) Koagulan yang digunakan adalah serbuk biji kelor (*Moringa Oleifera*)
- 5) Parameter yang dianalisis adalah COD dan TSS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah (*hides* atau *skins*) menjadi kulit jadi atau kulit tersamak (*leather*) dengan menggunakan bahan penyamak. Dalam industri penyamakan kulit ada tiga tahapan pokok proses produksi yaitu:

1. Proses awal atau pengerjaan basah (*Beam House*)
2. Proses penyamakan (*Tanning*)
3. Proses penyelesaian akhir (*Finnishing*)

Masing-masing tahapan ini terdiri dari beberapa macam proses, setiap proses memerlukan tambahan bahan kimia dan pada umumnya memerlukan banyak air, tergantung jenis kulit mentah yang digunakan serta jenis kulit jadi yang dikehendaki.

Secara prinsip, ditinjau dari bahan penyamak yang digunakan, maka ada beberapa macam penyamakan yaitu:

a. Penyamakan Nabati

Penyamakan dengan bahan penyamakan nabati yang berasal dari tumbuhan yang mengandung bahan penyamak misalnya kulit akasia, sagawe, tengguli, mahoni, dan kayu quebracho, eiken, gambir, buah pinang, manggis, dan lain-lain. Kulit jadi yang dihasilkan misalnya kulit tas koper, kulit sol, kulit pelana kuda, kulit ban mesin, kulit sabuk dan lain-lain.

b. Penyamakan mineral

Penyamak dengan bahan penyamak mineral, misalnya bahan penyamak krom. Kulit yang dihasilkan misalnya kulit boks, kulit jaket, kulit glase, kulit suede, dan lain-lain. Disamping itu ada pula bahan penyamak aluminium yang biasanya untuk menghasilkan kulit berwarna putih (*kulit shuttle cock*).

c. Penyamakan minyak

Penyamak dengan bahan penyamak yang berasal dari minyak ikan hiu atau ikan lain, biasanya disebut minyak kasar. Kulit yang dihasilkan misalnya: kulit berbulu tersamak, kulit chamois dan lain-lain.

2.1.1 Proses Awal (*Beam House*)

Urutan pada tahap proses basah beserta bahan kimia yang ditambahkan dan limbah yang dikeluarkan sebagai berikut.

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 gr/l obat pembasah dan antiseptik, 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.

b. Pengapuran (*Liming*)

Maksud proses pengapuran ialah untuk :

- 1) Menghilangkan epidermis dan bulu.
- 2) Menghilangkan kelenjar keringat dan kelenjar lemak.
- 3) Menghilangkan semua zat-zat yang bukan collagen 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. Proses pengapuran ini mengakibatkan pencemaran dari sisa-sisa $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2S , zat-zat kulit yang larut, dan bulu yang terlepas.

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 (*Splitting 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 *nerf* palsu secara dicetak dengan mesin press (*Embossing machine*) pada tahap penyelesaian akhir. Selain itu kulit split juga dapat digunakan untuk kulit sol dalam, krupuk kulit, lem kayu dll. Untuk pembuatan kulit sol, tidak dikerjakan proses pembelahan karena diperlukan seluruh tebal kulit.

d. Pembuangan Kapur (*Deliming*)

Oleh karena semua proses penyamakan dapat dikatakan berlangsung dalam lingkungan asam maka kapur didalam kulit harus dibersihkan sama sekali. Kapur yang masih ketinggalan akan mengganggu proses- proses penyamakan. Misalnya :

- 1) Untuk kulit yang disamak nabati, kapur akan bereaksi dengan zat penyamak menjadi Kalsium Tannat yang berwarna gelap dan keras mengakibatkan kulit mudah pecah.
- 2) Untuk kulit yang akan disamak krom, bahkan kemungkinan akan menimbulkan pengendapan Krom Hidroksida yang sangat merugikan.
- 3) Pembuangan kapur akan mempergunakan asam atau garam asam, misalnya H_2SO_4 , HCOOH , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dll.

e. Pengikisan Protein (*Bating*)

Proses ini menggunakan enzim protase untuk melanjutkan pembuangan semua zat- zat bukan collagen yang belum terhilangkan dalam proses pengapuran antara lain:

- 1) Sisa- sisa akar bulu dan pigmen.
- 2) Sisa- sisa lemak yang tak tersabunkan.

- 3) Sedikit atau banyak zat- zat kulit yang tidak diperlukan artinya untuk kulit atasan yang lebih lemas membutuhkan waktu proses bating yang lebih lama.
- 4) Sisa kapur yang masih tersisa.

f. Pengasaman (*Pickling*)

Proses ini dikerjakan untuk kulit samak dan krom atau kulit samak sintetis dan tidak dikerjakan untuk kulit samak nabati atau kulit samak minyak. Maksud proses pengasaman untuk mengasamkan kulit pada pH 3-3,5 tetapi 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 Na_2S dalam pengapuran agar kulit menjadi putih bersih.

g. Proses Penyamakan (*Tanning*)

Proses penyamakan disesuaikan dengan jenis kulit. Kulit dibagi atas dua golongan yaitu *hide* (kulit yang berasal dari binatang besar seperti kulit sapi, kuda, kerbau dan lain-lain) dan *skin* (kulit domba, kambing, reptile dan lain-lain). Lewat proses penyamakan dilakukan proses pemeraman yaitu menumpuk atau menggunting kulit selama satu malam dengan tujuan untuk menyempurnakannya.

Proses penyamakan dimulai dari kulit piket untuk kulit yang akan disamak krom dan sintan, sedangkan untuk kulit yang akan disamak nabati dan disamak minyak tidak melalui proses *pickling* (pengasaman).

Adapun proses penyamakan yang terjadi adalah :

A. Penyamakan.

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

1) Penyamakan dengan Bahan Penyamakan Nabati

a) Cara *Counter Current*

Kulit direndam dalam bak penyamakan yang berisi larutan ekstrak nabati $\pm 0,5^0$ Be selama 2 hari, kemudian kepekatan cairan penyamakan dinaikkan secara bertahap sampai kulit menjadi masak yaitu $3-4^0$ Be untuk kulit yang tipis seperti kulit lapis, kulit tas, kulit pakaian kuda, dll sedang untuk kulit-kulit yang tebal seperti kulit sol, ban mesin dll pada kepekatan $6-8^0$ Be. Untuk

kulit sol yang keras dan baik biasanya setelah kulit tersanak masak dengan larutan ekstrak, penyamakan masih dilanjutkan lagi dengan cara kulit ditanam dalam babakan dan diberi larutan ekstrak pekat selama 2-5 minggu.

b) Proses penyamakan 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.

2) Penyamakan dengan Bahan Penyamakan Mineral

a) Menggunakan bahan penyamak krom

Zat penyamak krom yang biasa digunakan adalah bentuk kromium sulphat basa. Basisitas dari garam krom dalam larutan menunjukkan berapa banyak total velensi kroom diikat oleh hidriksil sangat penting dalam penyamakan kulit. Pada basisitas total antara 0-33,33%, molekul krom terdispersi dalam ukuran partikel yang kecil (partikel optimun untuk penyamakan). Zat penyamak komersial yang paling banyak digunakan memunyai basisitas 33,33%. Kulit yang telah diasamkan diputar dalam drum dengan 80- 100%air, 3-4 % garam dapur (NaCl), selma 10-15 menit kemudian bahan penyamak krom dimasukkan sbb:

- 1/3 bagian dengan basisitas 33,3 % putar selama 1 jam.
- 1/3 bagian dengan basisitas 40-45 % putar selama 1 jam.
- 1/3 bagian dengan basisitas 50 % putar selama 3 jam

b) Penyamakan dengan bahan penyamak aluminium (tawas putih).

Kulit yang telah diasamkan diputar dengan:

- 40- 50 % air.
- 10% tawas putih.
- 1- 2% garam, putar selama 2-3 jam lu ditumpuk selam 1 malam.
- Esok harinya kulit diputar lagi selama $\frac{1}{2}$ – 1 jam, lalu digantung dan dikeringkan pada udara yang lembabselama 2-3 hari. Kulit diregang dengan tangan atau mesin sampai cukup lemas.

3) Penyamakan dengan Bahan Penyamakan Minyak

Kulit yang akan dimasak minyak biasanya telah disamak pendahuluan dengan formalin. Kulit dicuci untuk menghilangkan kelebihan formalin kemudian diperah untuk mengurangi airnya, diputar dengan 20-30% minyak ikan, selama 2-3 jam, tumpuk 1 malam selanjutnya digantung dan diangin-anginkan selama 7-10 hari. Tanda-tanda kulit yang masak kulit bila ditarik mudah mulur dan bekas tarikan kelihatan putih. Kulit yang telah masak dicuci dengan larutan Na_2CO_3 1%.

a. Pengetaman (*Shaving*)

Kulit yang telah masak ditumpuk selama 1-2 hari kemudian diperah dengan mesin atau tangan untuk menghilangkan sebagian besar airnya, lalu diketam dengan mesin ketam pada bagian daging guna mengatur tebal kulit agar rata. Kulit ditimbang guna menentukan jumlah khemikali diperlukan untuk proses-proses selanjutnya, selanjutnya dicuci dengan air mengalir $\frac{1}{2}$ jam.

b. Pemucatan (*Bleaching*)

Hanya dikerjakan untuk kulit samak nabati dan biasanya digunakan asam-asam organik dengan tujuan:

- 1) Menghilangkan flek- flek besi dari mesin ketam.
- 2) Menurunkan pH kulit yang berarti memudahkan warna kulit.

Cara mengerjakan proses pemucatan, kulit diputar dengan air hangat ($36-40^\circ\text{C}$) dan 0,5-1,0 % asam oksalat selama $\frac{1}{2}$ -1 jam.

c. Penetralan (*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. Penetralan biasanya mempergunakan garam alkali misalnya NaHCO_3 , Neutrigan dan lain-lain.

Cara melakukan penetralan, kulit diputar dengan 200% air hangat $40-60^\circ\text{C}$. 1-2 % NaHCO_3 atau Neutrigan. Putar selama $\frac{1}{2}$ -1 jam. Penetralan dianggap cukup bila $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ penampang kulit bagian tengah berwarna kuning

terhadap Bromo Cresol Green (BCG) indikator, sedangkan kulit bagian tepi berwarna biru. Kulit kemudian dicuci kembali.

d. Pengecetan Dasar (*Dyeing*)

Tujuan pengecetan dasar ialah untuk memnberikan 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:

- 1) Cat *direct*, untuk kulit samak krom.
- 2) Cat asam, untuk kulit samak krom dan nabati.
- 3) Cat basa, untuk kulit samak nabati.

e. 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 $\frac{1}{2}$ -1 jam dengan 150%-200% air 40-60⁰C, 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.

f. 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 *nerfnya* bila ditekuk. Cara pelumasan, kulit sol sebagian airnya diperah kemudian kulit diulas dengan campuran:

- 1 bagian minyak parafin.
- 1 bagian minyak sulfonir.
- 3 bagian air.

Kulit diulas tipis tetapi rata kedua permukaannya, kemudian dikeringkan.

g. Pengeringan

Kulit yang diperah airnya dengan mesin atau tangan kemudian dikeringkan. Proses ini bertujuan untuk menghentikan semua reaksi kimia didalam kulit. Kadar air pada kulit menjadi 3-14%.

h. 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.

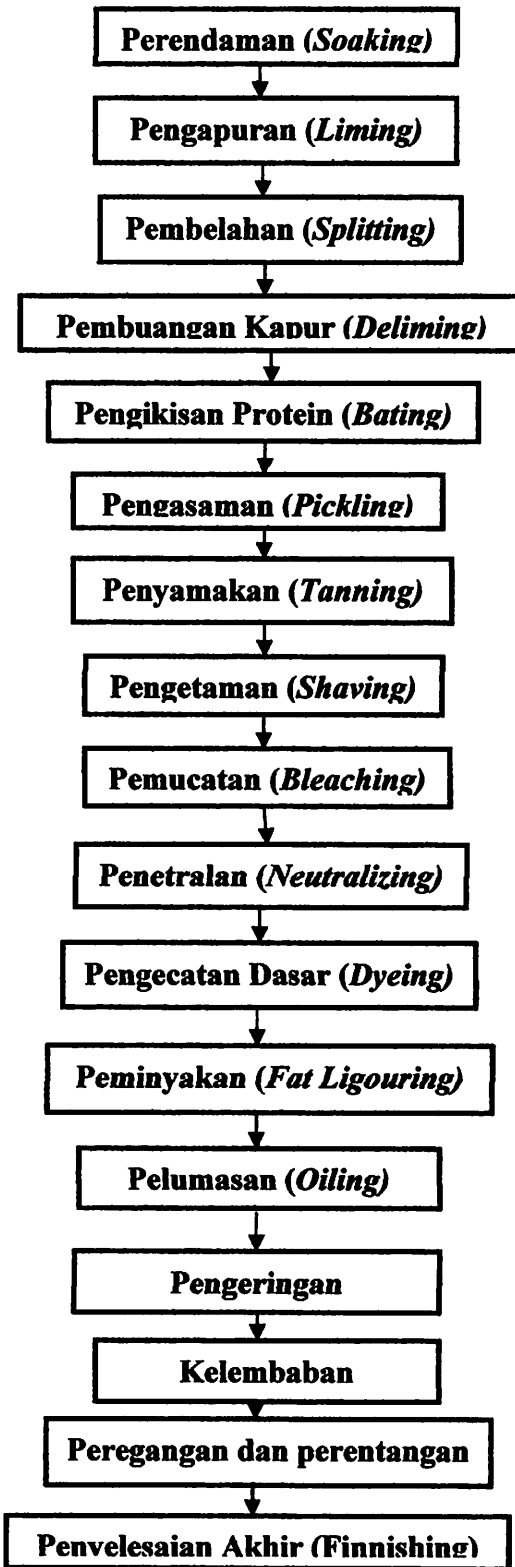
i. Peregangan dan Pementangan

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. (Zaenab, 2008)

j. Penyelesaian Akhir (*Finnishing*)

Penyelesaian akhir bertujuan untuk memperindah penampilan kulit jadinya, memperkuat warna dasar kulit, mengkilapkan, menghaluskan penampakan rajah kulit serta menutup cacat-cacat atau warna cat dasar yang tidak rata. (Zaenab, 2008)

Proses penyamakan kulit secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit (Sumber : Suryadarma, 2009)

Dilihat dari asal bahan pencemar, maka sifat air limbah industri penyamakan kulit dapat dibedakan pada setiap tahapan proses, yaitu sebagai berikut :

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, TSS 2500-4000 mg/l. Air limbah *soaking* juga mengandung garam dan bahan organik lain.

b) Buang bulu dan pengapuran (*Unhairing* dan *Liming*)

Air limbah pada proses ini berwarna putih kehijauan, kotor dan berbau menyengat. Air limbah pada proses *unhairing* mengandung TSS 4500-6500 mg/l, BOD 1100-2500 mg/l dan pH 10-12,5.

c) Pembuangan kapur (*Deliming*)

Air limbah pada proses *deliming* mempunyai beban polutan yang lebih kecil dibanding dengan proses *unhairing* dan *liming*. Air limbah pada proses ini mempunyai pH 3-9, TSS 200-1200 mg/l dan BOD 1000-2000 mg/l.

d) Pengikisan protein (*Degreasing*)

Pada proses ini, air limbah yang dihasilkan menyebabkan terjadinya pencemaran air yang ditunjukkan dengan tingginya nilai COD, TSS, BOD dan lemak.

e) Pengasaman (*Pickling*) dan Krom (*Tanning*)

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

(Sumber : Suryadarma, 2009)

2.2 Parameter - Parameter Pencemar dalam Air Limbah

Dari proses pengaruh penyamakan kulit pada sub bab 2.1 di atas, diperoleh karakteristik air limbah yang dihasilkan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Beban Pencemaran air limbah penyamakan kulit dari beberapa tahapan proses

Parameter	COD	BOD	S	Cr	N.NH ₃	Lemak	TSS	pH
Proses	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	
Soaking	40.576,5	17.000	991.1.	0	207.68	944	31.204	12
Pengapuran	10.964.6	3.500	448	0	16.35	632	4.154	12
Buang bulu	18.555,4	5.800	86.75	0	57.68	12.547	27.085	5
Pikel Samak Krom	7.454,9	2.400	147.2	6.254	217.28	10.120	17.084	4

(Sumber : Sunaryo, 1993 dalam Zaenab, 2008)

1. *Turbidity* atau Kekeruhan

Turbidity atau kekeruhan disebabkan oleh banyak faktor, antara lain adanya bahan yang tidak terlarut seperti debu, tanah liat, bahan organik dan anorganik dan mikroorganisme air. *Turbidity* mengganggu penetrasi sinar matahari sehingga mengganggu fotosintesis tanaman air. Selain itu, bakteri patogen dapat berlindung di dalam atau sekitar bahan penyebab kekeruhan.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. (Alaerts dan Santika, 1987).

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

Adalah sejumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membrane berukuran 0,45 mikron. Suspended Solid (material tersuspensi) dapat dibagi menjadi zat padat dan koloid. Selain Suspended Solid, ada juga istilah Dissolved Solid.

4. Cr. Total (Kromium)

Adalah jenis logam berat yang biasanya dipergunakan untuk pertumbuhan kehidupan biologis, misalnya *algae*. Akan tetapi apabila jumlahnya berlebihan akan mempengaruhi kegunaannya karena timbulnya daya racun yang dimiliki. Oleh karena itu, keberadaan zat ini perlu diawasi jumlahnya dalam air limbah.

5. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Lemak dan minyak biasanya dijumpai pada daging, daerah sel biji-bijian, kacang-kacangan dan buah-buahan. Lemak tergolong benda organik yang tetap dan tidak mudah diuraikan oleh bakteri.

6. Sulfida

Adalah senyawa sulfat yang menjadi penyebab air limbah bau.

7. pH

Adalah ukuran kualitas dari air maupun air limbah. Adapun kadar pH yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air limbah berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya.

(Sugiharto, 1987)

2.3 Proses Koagulasi – Flokulasi – Sedimentasi

2.3.1 Definisi Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi adalah proses pengolahan air/limbah cair dengan cara menstabilisasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi, sedangkan Flokulasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengadakan kontak diantara partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi sehingga ukuran partikel-partikel tersebut tumbuh menjadi partikel-partikel yang lebih besar (Kiely, 1997 dalam Rambe A. M., 2009)

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 presipitat.

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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:

1. Memberi kesempatan pada partikel-partikel (flok-flok kecil) yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flok-flok yang ukurannya semakin lama semakin besar.
2. Memudahkan flokulan dengan "benang-benang" untuk mengikat flok-flok kecil menjadi ikatan flok yang ukurannya semakin lama semakin besar.
3. Mencegah pecahnya kembali flok yang sudah terbentuk.

(Razif, 1985 dalam Wahyuni I., 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. Gradient kecepatan (G) yang diperlukan untuk pengolahan air limbah biasanya 20 sampai 75/detik (Reynolds, 1982).

Sedimentasi atau pengendapan adalah pemisahan solid-liquid secara gravitasi dimana partikel yang diendapkan adalah partikel flokulen yang terbentuk

dari proses koagulasi-flokulasi. Partikel flokulen dapat berubah ukuran, bentuk dan beratnya pada saat pengendapan.

2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi

Pada proses koagulasi dan flokulasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses yaitu:

1. pH

pH merupakan besaran yang menyatakan sifat asam basa suatu larutan. Sifat kimia koagulan juga bergantung pada pH, karenanya pada proses koagulasi dan flokulasi batasan pH sangat penting mengingat pH air dapat mempengaruhi kelarutan bahan kimia. pH sebagai derajat keasaman merupakan variabel penting pada proses koagulasi dan flokulasi, karena hanya pada pH optimum proses ini dapat berlangsung dengan baik serta hanya memerlukan waktu yang sangat singkat pada pemberian dosis tertentu. Batasan nilai pH akan terjadi karena pengaruh jenis koagulan dan komposisi zat kimia dalam air.

2. 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 diatas 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.

3. Kekeruhan

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

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. Pengadukan

Proses pengadukan dilakukan dua tahap yaitu pengadukan cepat (koagulasi) untuk mendistribusikan kogulan 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. (Layla, 1978 dalam Wahyuni I., 2006)

8. Dosis

Kebutuhan koagulan atau dosis koagulan pada proses koagulasi air keruh tergantung pada jenis air keruhnya. Air dengan tingkat kekeruhan tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tepat sehingga proses pengendapan partikel koloid pada air keruh berlangsung dengan baik. Penentuan dosis koagulan dengan metode Jar Test dapat digunakan untuk membantu menentukan dosis dari suatu bahan kimia (koagulan) tertentu yang dibutuhkan pada proses koagulasi.

9. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan pada proses koagulasi dibutuhkan untuk reaksi penggabungan antara koagulan dengan bahan organik dalam air, melarutkan koagulan dalam air, dan menggabungkan inti-inti endapan menjadi molekul besar. Kecepatan putaran pengadukan yang kurang akan menyebabkan koagulan tidak dapat terdispersi dengan baik, apabila kecepatan pengadukan terlalu tinggi akan

menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali sehingga terjadi pengendapan tidak sempurna.

10. Jenis Koagulan

Kebutuhan koagulan atau dosis koagulan pada proses koagulasi air keruh tergantung pada jenis air keruhnya. Air dengan tingkat kekeruhan tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tepat sehingga proses pengendapan partikel koloid pada air keruh berlangsung dengan baik. Penentuan dosis koagulan dengan metode Jar Test dapat digunakan untuk membantu menentukan dosis dari suatu bahan kimia (koagulan) tertentu yang dibutuhkan pada proses koagulasi.

11. Komposisi Kimia Larutan

Air akan mengandung bermacam-macam koloid dan elektrolit pada keadaan air yang alami. Larutan elektrolit merupakan sistem yang kompleks dengan kandungan yang tidak mudah untuk diinterpretasikan. Kompleks merupakan masalah koloid dan fenomena koagulasi menunjukkan bahwa setiap teori atau penelitian empiris dapat dengan mudah terjadi kesalahan atau pengecualian tertentu. (Hammer, 2007 dalam Uswatun, 2008)

2.3.3 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan

2.3.3.1 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi

Di dalam air 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 kedalam air 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 I., 2006).

2.3.3.2 Jenis Koagulan

Koagulan dan Biokoagulan yang digunakan untuk membentuk inti flok. Koagulan yang ditambahkan biasanya mempunyai muatan yang berlawanan dengan partikel yang ada dalam air. Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air limbah adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi dan juga kapur. Beberapa jenis koagulan yang biasa digunakan baik pada pengolahan air minum maupun air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Jenis Koagulan Kimia

Nama	Formula
Alum/Tawas	$Al_2(SO_4)_3$
Fero Sulfat	$(FeSO_4)$
Natrium Aluminat	$NaAlO_2$
Feri Sulfat	$(Fe_2(SO_4)_3)$
Fero Chlorida	$(FeCl_2)$
Feri Chlorida	$FeCl_3$

(Sumber : <http://www.koagulasi-dan-flokulasi.html>)

Disamping koagulan kimia terdapat pula jenis biokoagulan yang menggunakan biji tanaman untuk mengolah air limbah. Jenis biokoagulan dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Jenis Biokoagulan

Nama Koagulan Alami
Biji Kelor
Biji Asam Jawa
Biji Kacang Babi
Biji Protein Kedelai

Pada kondisi tertentu, koagulan pembantu diperlukan untuk memproduksi flok yang cepat mengendap misalnya polielektrolit atau bisa juga disebut sebagai flokulan. Pemilihan koagulan membutuhkan studi laboratorium untuk mendapatkan kondisi optimum.

2.4 Biji Kelor (*Moringa Oleifera*)

2.4.1 Taksonomi Biji Kelor

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua / dikotil)
Ordo	: <i>Brassicales</i>
Famili	: <i>Moringaceae</i>
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>

2.4.2 Morfologi *Moringa oleifera*

Pohon bengkak, tinggi 3-10 m, dengan tajuk yang tidak rapat; poros daun beruas, dengan kelenjar yang berbentuk garis lurus; sirip dari orde pertama 8-10 pasang. Anak daun bertangkai, sisi bawah hijau pucat, biji bentuk bola, bersayap 3.



Daun bersirip tak sempurna, kecil, berbentuk telur, sebesar ujung jari. Helaian anak daun berwarna hijau sampai hijau kecoklatan, bentuk bundar telur atau bundar telur terbalik, panjang 1 cm sampai 3 cm, lebar 4 mm sampai 1 cm, ujung daun tumpul, pangkal daun membulat, tepi daun rata. Tangkai daun 1 mm sampai 3 mm.



Biji berbau minyak “behen” atau “ben”. Bersegi tiga, bersayap 3, seperti selaput, dalam bentuk sisir dengan paruk yang menajam (klentang).



Bunga putih besar, terkumpul dalam pucuk lembaga di bagian ketiak.



Kulit akar berasa dan berbau tajam dan pedas, dari dalam berwarna kuning pucat, bergaris halus, tetapi terang dan melintang. Tidak keras, bentuk tidak beraturan, permukaan luar kulit agak licin, permukaan dalam agak berserabut, bagian kayu warna coklat muda, atau krem berserabut, sebagian besar terpisah.

Sumber : (http://toiusd.multiply.com/journal/item/219/Moringa_Oleifera_kelor)

2.4.3 Kandungan Biji Kelor

Biji kelor mempunyai berat molekul yang rendah dan bermuatan positif. Selain itu biji kelor yang telah dibuat serbuk dapat mudah larut dalam air maupun larutan. Tabel 2.4 berikut ini menunjukkan kandungan dari biji kelor.

Tabel 2.4 Kandungan Biji Kelor

No.	Komponen	%
1.	Air	22,4
2.	Protein	15,6
3.	Asam Amino	15,3
4.	Abu	11,5
5.	Lemak	10,1
6.	Sukrosa	5,5
7.	Serat	5,1
8.	Strach	5,1
9.	Kalsium	3,76
10.	L-fruktose	1,5
11.	Kalium	1,43
12.	Magnesium	0,96
13.	Natrium	0,34
14.	Besi	0,086
15.	Mangan	0,008
16.	Seng	0,0015
17.	Tembaga	0,0005

(Sumber: <http://www.moringaceae.com/famin>)

Pada tabel diatas dapat dilihat adanya kandungan logam–logam alkali kuat, yaitu K dan Na yang mempunyai muatan positif, serta logam lainnya. Dilihat dari komponen yang dikandungnya maka biji kelor memenuhi kriteria sebagai zat yang dapat mengadakan ikatan tarik–menarik secara elektrostatis terhadap partikel lainnya. Biji kelor juga mengandung zat yang bersifat bakterisida.

2.4.4 Manfaat Biji Kelor (*Moringa Oleifera*)

Dalam beberapa penelitian yang sudah dilakukan baik di Indonesia maupun di luar negeri biji kelor merupakan koagulan alami yang efektif. Penggunaan biji kelor sebagai koagulan sudah sejak dulu ada. Di Sudan serbuk biji kelor digunakan untuk menjernihkan air sungai Nil yang mempunyai kekeruhan 15–10.000 NTU menjadi dibawah 10 NTU (Jahn, 1981-1989 Muharto dkk, 2004).

Biji kelor juga mampu menurunkan jumlah bakteri dan kekeruhan air. Penelitian ini dilakukan secara terpisah oleh Srihono dan Setyowati pada tahun 1989 (Muharto dkk, 2004).

Penelitian mengenai biji kelor sebagai biokoagulan alami untuk menurunkan tingkat kekeruhan, jumlah bakteri dan jumlah bahan organik pada air tambak udang windu. Penelitian ini dilakukan oleh Cholifah dkk pada tahun 1997 (Muharto dkk, 2004).

Biji kelor juga dapat menurunkan kadar detergent dalam air PDAM (Muharto dkk, 2004).

Dari hasil penelitian serbuk biji kelor yang digunakan sebagai koagulan mampu menurunkan kekeruhan pada influen pengolahan limbah PT. PIER (Firdausy. E, 1999).

2.5 Kriteria Desain Koagulasi - Flokulasi

Dalam suatu perencanaan bangunan pengolahan air limbah diperlukan suatu kriteria desain yang mendukung untuk mempermudah dalam perencanaan bangunan pengolahan.

1. Koagulasi

Pada proses koagulasi terjadi proses pencampuran atau pengadukan cepat, maka dari itu diperlukan suatu alat pengaduk yang mampu mendistribusikan koagulan ke dalam air baku. Untuk mengontrol proses koagulasi, perlu diperhatikan intensitas dan lamanya pengadukan. Intensitas dinyatakan dalam gradient kecepatan (G), sedangkan lama pengadukan dalam $td=V/Q$ (Hadi W.). Sebagai patokan, Tabel 2.5 dapat digunakan dalam pemilihan nilai G dan td .

Tabel 2.5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (1/detik)
20	1000
30	900
40	790
≥ 50	700

Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Secara spesifik nilai G dan td bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

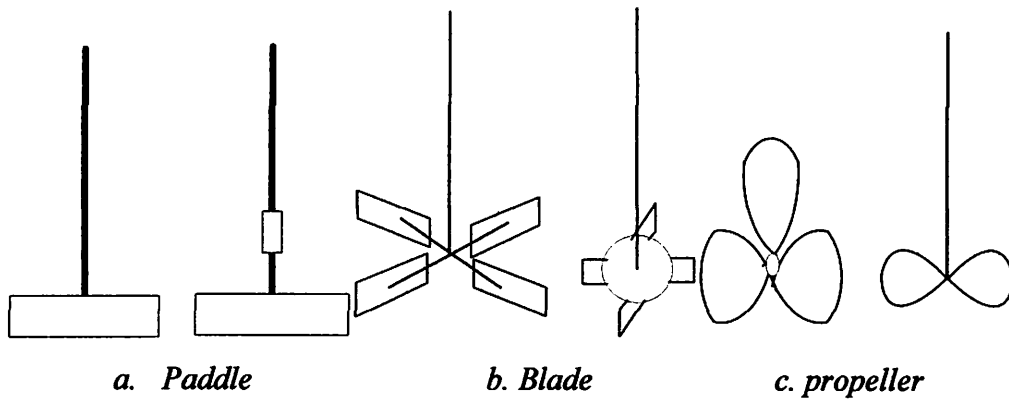
- Waktu detensi = 20 – 60 detik
- $G= 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

Untuk air limbah:

- Waktu detensi = ± 1 menit
- $G= 300 \text{ detik}^{-1}$

Ada tiga macam pengadukan dalam proses koagulasi yaitu :

- a. Pengadukan mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan alat pengaduk berupa impeller yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Umumnya pengadukan mekanis terdiri dari motor, poros pengaduk, dan gayung pengaduk (*impeller*). Berdasarkan pada bentuknya, telah dikenal tiga macam impeller, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada Gambar 2.2



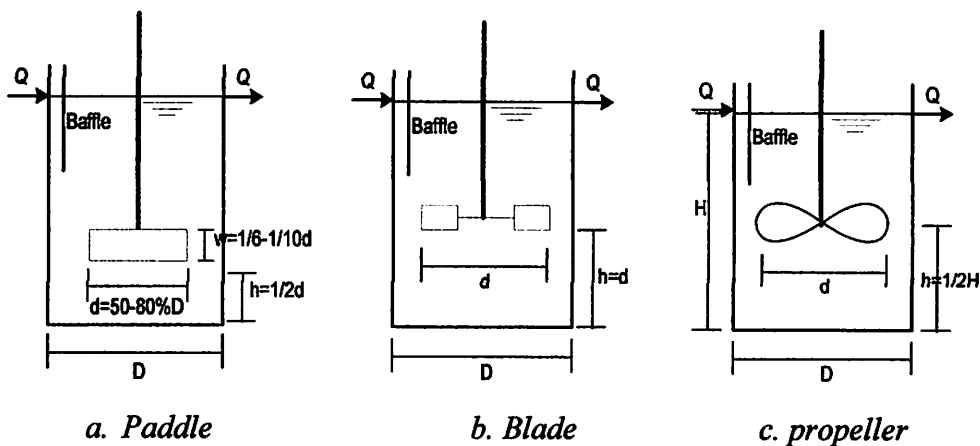
Gambar 2.2 Tipe Pengaduk Mekanis

Kriteria *impeller* dan sketsa peletakan *impeller* dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan Gambar 2.3.

Tabel 2.6 Kriteria *Impeller*

Tipe <i>Impeller</i>	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
<i>Paddle</i>	20–150 rpm	Diameter: 50–80% lebar bak, lebar: 1/6–1/10 diameter <i>paddle</i>	
<i>Turbine</i>	10–150 rpm	Diameter: 30–50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400–1750 rpm	Diameter: max. 45 cm	Jumlah <i>pitch</i> 1–2 buah

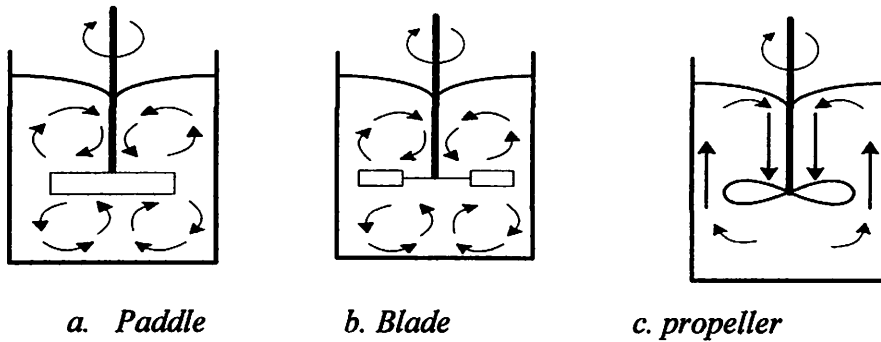
(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)



(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Gambar 2.3 Sketsa Peletakan Pengaduk

Jenis aliran di dalam bak koagulasi/flokulasi yang sedang diaduk bergantung pada jenis impeller yang digunakan. Pola aliran dalam bak koagulasi/flokulasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Gambar 2.4 Pola Aliran

Perhitungan tenaga pengadukan berbeda-beda bergantung pada jenis pengadukannya. Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan alat pengaduk itu diputar (oleh motor).

$$P = K_L \cdot n^2 \cdot D_i^3 \cdot \mu$$

(Persamaan 2.1)

Keterangan :

- P = tenaga, N-m/det
- n = kecepatan putaran, rpm
- D_i = diameter pengaduk, m
- K_L = konstanta pengaduk untuk aliran laminar
- μ = kekentalan absolute cairan, N-det/m²

Kecepatan pengadukkan dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai (P):

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}} = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

(Persamaan 2.2)

dalam hal ini:

- G = gradien kecepatan, /det
- W = tenaga yang disuplai per satuan volume air, N-m/det.m³
- P = suplai tenaga ke air, N.m/det
- V = volume air yang diaduk, m³
- μ = viskositas absolut air, N.det/m²

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Keuntungan dari jenis pengadukan ini adalah tidak terpengaruh variasi debit, kehilangan tekanan kecil dan gradient kecepatan kecil. Kekurangannya adalah memerlukan eksternal power.

- b. Pengadukan hidrolis, adalah pengadukan yang memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Sistem pengadukan ini menggunakan energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran. Beberapa contoh pengadukan hidrolis adalah terjunan, loncatan hidrolis, *parshall flume*, *baffle basin(baffle channel)*, *perforated wall*, *gravel bed* dan sebagainya (Masduqi dan Slamet, 2002). Pada pengadukan ini turbulensi tergantung pada perbedaan muka air dan tergantung pada besar aliran. Formula perhitungan tenaga yang diperlukan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

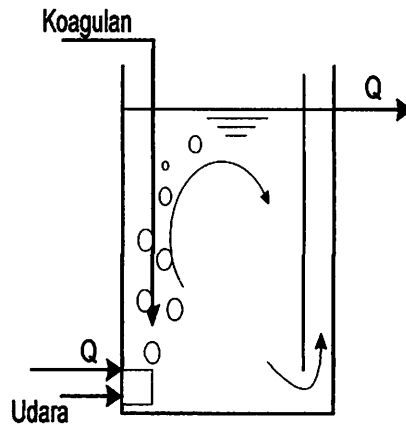
(Persamaan 2.3)

dimana:

- P = tenaga, N-m/det
- Q = debit aliran, m³/det
- ρ = berat jenis, kg/m³
- g = percepatan gaya gravitasi, 9,8 m/det²
- h = tinggi jatuhan, m
= kehilangan energi akibat gesekan (head loss)

(Masduqi dan Slamet, 2002)

- c. Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung yang dimasukkan ke dalam air sehingga menimbulkan gerakan pengadukan dalam air (Gambar 2.5). Semakin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang besar pula (Masduqi dan Slamet, 2002).



Gambar 2.5 Pengadukan *Pneumatis*

2. Flokulasi

Flokulasi atau pengadukan lambat digunakan untuk pembesaran inti flok. 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 spesifik, nilai G dan t_d bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan lambat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

Untuk air limbah:

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

Pada proses flokulasi juga terdapat tiga macam pengadukan yaitu flokulasi secara mekanis, hidrolis dan *pneumatis*. Pengaduk mekanis lebih mudah disesuaikan

dengan variasi debit, suhu dan kualitas air baku. Sedangkan pengaduk hidrolis sulit beradaptasi terhadap perubahan debit, kurang fleksibel terhadap perubahan kualitas air baku dan *headloss* mungkin besar. Adapun persamaan yang digunakan untuk pengadukan mekanis dan hidrolis adalah:

- Pengadukan hidrolis

$$G = \left(\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \cdot L}{\mu \cdot V} \right)^{1/2} \quad \text{(Persamaan 2.4)}$$

$$G = \left(\frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot L}{\mu \cdot t} \right)^{1/2} \quad \text{(Persamaan 2.5)}$$

- Pengadukan mekanis

$$G = \left(\frac{P}{\mu \cdot V} \right)^{1/2} \quad \text{(Persamaan 2.6)}$$

$$P = 0,5 \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad \text{(Persamaan 2.7)}$$

- Pengadukan pneumatis

$$P = 8,15 \cdot Q_a \cdot \text{Log} \left[\frac{h + 34}{34} \right] \quad \text{(Persamaan 2.8)}$$

dimana:

- G = gradien kecepatan, /det
- ρ = massa jenis air, kg/m^3
- h = headloss, m
- = kedalaman air, m
- μ = viskositas dinamis, $\text{kg/m} \cdot \text{det}$
- t = waktu detensi, det
- Q = debit, m^3/det

- P = daya, watt / kg.m²/det³
- V = volume unit, m³
- g = konstanta gravitasi, 9,81m/det²
- C_D = koefisien drag = 1,8 untuk blade datar
- A = luas blade, m²
- v = kecepatan relatif, m/det
- Q_a = debit udara, m³/det

Jika digunakan flokulator hidrolis tipe *baffle channel* maka jumlah sekat dapat ditentukan dengan rumus berikut:

- Jumlah sekat dalam flokulator aliran horisontal (*arraound the end*):

$$n = \left\{ \left[\frac{2 \cdot \mu \cdot t}{\rho(1,44 + f)} \right] \left[\frac{H.L.G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

(Persamaan 2.9)

- Jumlah sekat dalam flokulator aliran vertikal (*over and under*):

$$n = \left\{ \left[\frac{2 \cdot \mu \cdot t}{\rho(1,44 + f)} \right] \left[\frac{W.L.G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

(Persamaan 2.10)

dimana:

- h = headloss, m
- v = kecepatan fluida, m/det
- g = konstanta gravitasi (9,81 m/det²)
- k = konstanta empiris (2,5 – 4)
- n = jumlah sekat
- H = kedalaman air dalam kanal, m
- L = panjang bak, m
- G = gradien kecepatan, /det
- Q = debit aliran, m³/det
- t = waktu flokulasi, det
- μ = viskositas dinamis, kg/m.det

ρ = berat jenis, kg/m³

W = lebar bak, m

2.6 Sedimentasi

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

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 metode dan peralatannya. (Masduqi dan Slamet, 2002) Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses sedimentasi adalah :

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

Untuk kriteria desain sedimentasi sebagai proses terjadinya pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi ditentukan oleh waktu detensi, kecepatan pengendapan dan kecepatan horisontal. Waktu detensi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{V}{Q}$$

(Persamaan 2.11)

Dimana:

t = waktu detensi, jam

V = volume bak, m³

Q = debit rata – rata, m³/jam

Bangunan sedimentasi mempunyai bagian bangunan yang terdiri dari:

- *Zona inlet*
- *Zona settling* (pengendapan)
- *Zona sludge* (lumpur)
- *Zona outlet*

2.7 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi Analisis deskriptif dan analisis konfirmatif (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.

2.7.1 Statistik 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. 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).

2.7.1.1 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 nilai Probabilitas

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

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

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

2.7.1.2 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

- Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor

- Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.
- Model regresi berguna untuk memperkirakan pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.

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

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

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

Pada analisis regresi terdapat uji t untuk menguji signifikansi konstanta dengan variabel bebas/prediktor.

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

Hipotesis

H_0 : koefisien regresi tidak signifikan

H_1 : koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

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

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

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05, H_0 diterima
- Jika probabilitas < 0,05, H_0 ditolak
- Nilai T hitung,
- T hitung output > T tabel, H_0 ditolak
- T hitung output < T tabel, H_0 diterima

2.7.1.3 Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial

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).

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih, desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antar level vaktor. Kita memerlukan desain faktorial apabila interaksi antar faktor mempengaruhi respon dan apabila menghilangkan interaksi antarfaktor mungkin mempengaruhi kesimpulan, kemudian kita mengetahui bahwa desain faktorial lebih efisien dibandingkan desain n faktor karena bisa mendeteksi pengaruh perbedaan antarlevel faktor pada saat bersamaan, berbeda dengan desain n faktor pengaruh interaksi tidak bisa dideteksi (Iriawan dan Astuti, 2006).

Dalam Analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4 = \tau_5 = 0$$

(rata-rata sampel tiap perlakuan sama)

$$H_1 = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \neq \tau_4 \neq \tau_5 \neq 0$$

(ada perlakuan yang rata-ratanya tidak sama)

Sementara dalam pengambilan keputusan akan didasarkan pada nilai probabilitas dan nilai F hitung, yaitu :

Nilai probabilitas,

Jika probabilitas $\geq 0,05$, H_0 diterima

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Nilai F hitung,

F hitung output $>$ F tabel, H_0 ditolak

F hitung output $<$ F tabel, H_0 diterima

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Sampel Limbah

Sampel limbah yang digunakan adalah limbah cair asli yang berasal dari industri penyamakan kulit PT. Usaha Loka Kulit, Kota Malang

3.2.2 Bahan Koagulan

Pada penelitian ini digunakan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai bahan koagulan. Bahan koagulan dibuat dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- 1) Mengupas kulit biji kelor (*Moringa Oleifera*) hingga bersih.
- 2) Menghaluskan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dengan menggunakan blender.
- 3) Membuat larutan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dengan konsentrasi sesuai dosis yang dipakai dalam penelitian (1; 2; 3 g/l) dengan penambahan aquadest.

3.2.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan merupakan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi sebagai berikut:

a) Bak Penampung Limbah

Berupa bak plastik dengan kapasitas \pm 45 liter yang digunakan untuk menampung limbah cair yang akan diolah. Limbah cair dialirkan secara gravitasi dengan menggunakan selang. Untuk mengatur debit aliran digunakan *valve*.

b) Bak Penampung Koagulan

Terbuat dari bak plastik dengan kapasitas \pm 3 liter yang berfungsi sebagai penampung larutan koagulan. Koagulan dialirkan secara gravitasi dengan

menggunakan selang plastik dilengkapi dengan *valve* untuk mengatur debit.

c) Bak Koagulasi

Terbuat dari kaca dengan kapasitas 0,5 liter yang mempunyai dimensi sebagai berikut:

- panjang : 8 cm
- lebar : 8 cm
- tinggi : 8 cm

Bak ini dilengkapi dengan pengaduk berjenis *paddle 2 blade* dan motor yang mempunyai kecepatan putaran 200 rpm untuk pengadukan cepat. Proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (disebut koagulan) yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat).

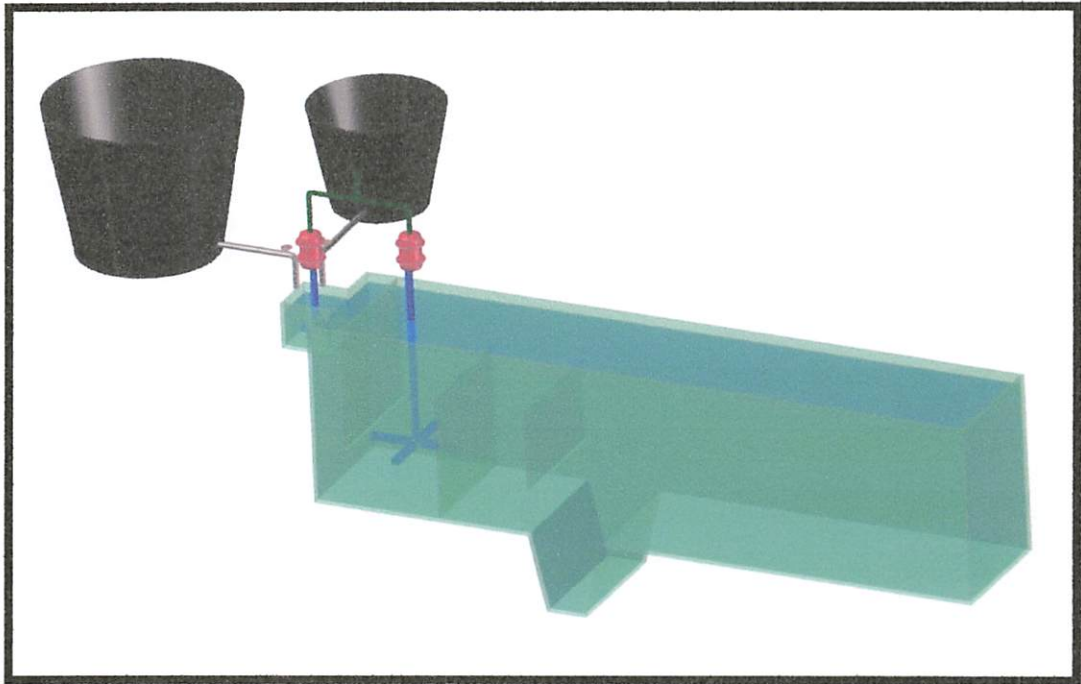
d) Bak Flokulasi

Bak ini berkapasitas 15 liter, terbuat dari kaca yang dilengkapi dengan pengaduk dengan jenis *paddle 2 blade* dan motor yang mempunyai kecepatan 40 rpm dan 20 rpm. Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok berukuran lebih besar. Proses koagulasi-flokulasi ini memperbesar ukuran flok sehingga endapan flok yang didapatkan lebih besar jumlahnya agar mudah untuk mengendap. Pengadukan lambat adapun dimensinya adalah sebagai berikut:

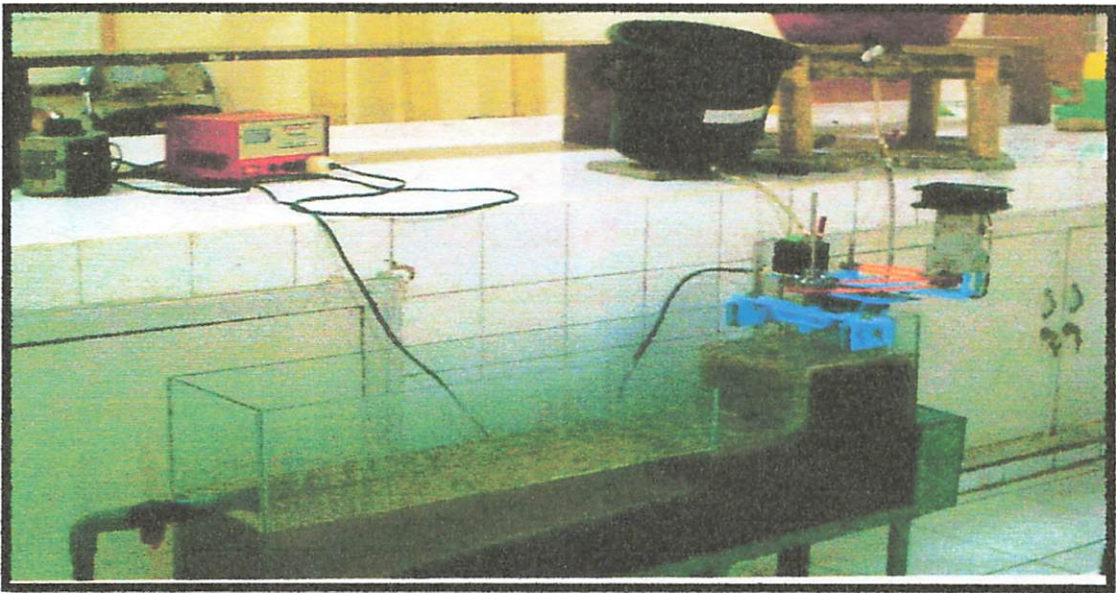
- panjang : 22 cm
- lebar : 22 cm
- tinggi : 31 cm

e) Bak Sedimentasi

Bak sedimentasi yang digunakan terbuat dari kaca yang mempunyai kapasitas 30 liter dengan dilengkapi ruang lumpur dengan volume 3 liter. Pada zona *outlet* diletakkan *valve* yang digunakan untuk mengambil sampel yang akan dianalisis.



Gambar 3.1 Sketsa Kontinyu Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi



Gambar 3.2 Proses Aliran Kontinyu Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi

Keterangan:

- | | | |
|---------------------------|--------------------|-----------|
| 1. Bak Penampung Limbah | 4. Bak Flokulasi | 7. Outlet |
| 2. Bak Penampung Koagulan | 5. Bak Sedimentasi | |
| 3. Bak Koagulasi | 6. Motor Pengaduk | |

3.3 Variabel Penelitian

1. - Variabel Respon : - COD
- TSS

Parameter penelitian yang digunakan berdasarkan SK. Gubernur Jawa Timur No. 45 tahun 2002 (Sampai Wet Blue) tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Penyamakan Kulit.

2. Variabel Prediktor

- kecepatan pengadukan cepat: 200 rpm
- waktu pengadukan cepat: 1 menit
- waktu pengadukan lambat: 30 menit
- waktu pengendapan : 60 menit
- dosis koagulan biji kelor 1; 2; 3 g/l
- kecepatan pengadukan lambat: 40 rpm dan 20 rpm

Pemilihan variabel prediktor berdasarkan :

3. Dosis koagulan : pada penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni I. (2006) menggunakan variasi dosis koagulan 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 g/l didapatkan dosis optimum 2,5 g/l. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mengambil range dosis yang lebih besar (1 g/l) untuk dapat mengetahui apakah dosis 3 g/l dapat menyisihkan polutan lebih banyak daripada dosis 2,5 g/l.
4. Kecepatan pengadukan lambat : dalam penelitian yang menggunakan koagulan biji kelor sebelumnya, tidak dilakukan variasi kecepatan cepat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan variasi kecepatan putaran lambat untuk mengetahui pengaruh waktu putaran dalam penyisihan partikel flok.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

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

3.4.2 Proses Kontinyu

Pada proses ini dilakukan dengan menjalankan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Berikut ini cara kerja untuk proses kontinyu:

1. Hasil penelitian Wahyuni I. (2006), pH optimum untuk koagulan biji kelor adalah 7, oleh karena itu, sebelumnya sampel limbah cair harus dikondisikan agar berada pada suasana netral dengan pH 7 baru kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung limbah.
2. Menyiapkan larutan koagulan dengan konsentrasi sesuai dengan dosis optimum yang dihasilkan pada proses kontinyu. Kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung koagulan.
3. Mengalirkan limbah cair ($Q = 0,5$ ltr/mnt) dan koagulan ($Q = 27$ ml/mnt) ke dalam bak koagulasi secara gravitasi dengan kecepatan putaran pengadukan 200 rpm selama 1 menit.
4. Pengadukan cepat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak pengadukan lambat dengan kecepatan putaran pengadukan 40 rpm selama 30 menit.
5. Bak pengaduk lambat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi, dan mengendapkan selama 1 jam.
6. Mengambil sampel dari valve outlet sedimentasi.
7. Menganalisis parameter COD dan TSS.
8. Mengulangi langkah ke-1 sampai ke-7, dengan memvariasikan kecepatan pengadukan lambat 20 rpm.

3.5 Analisis Parameter Uji

3.5.1 Analisis COD

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

3.5.2 Analisis TSS

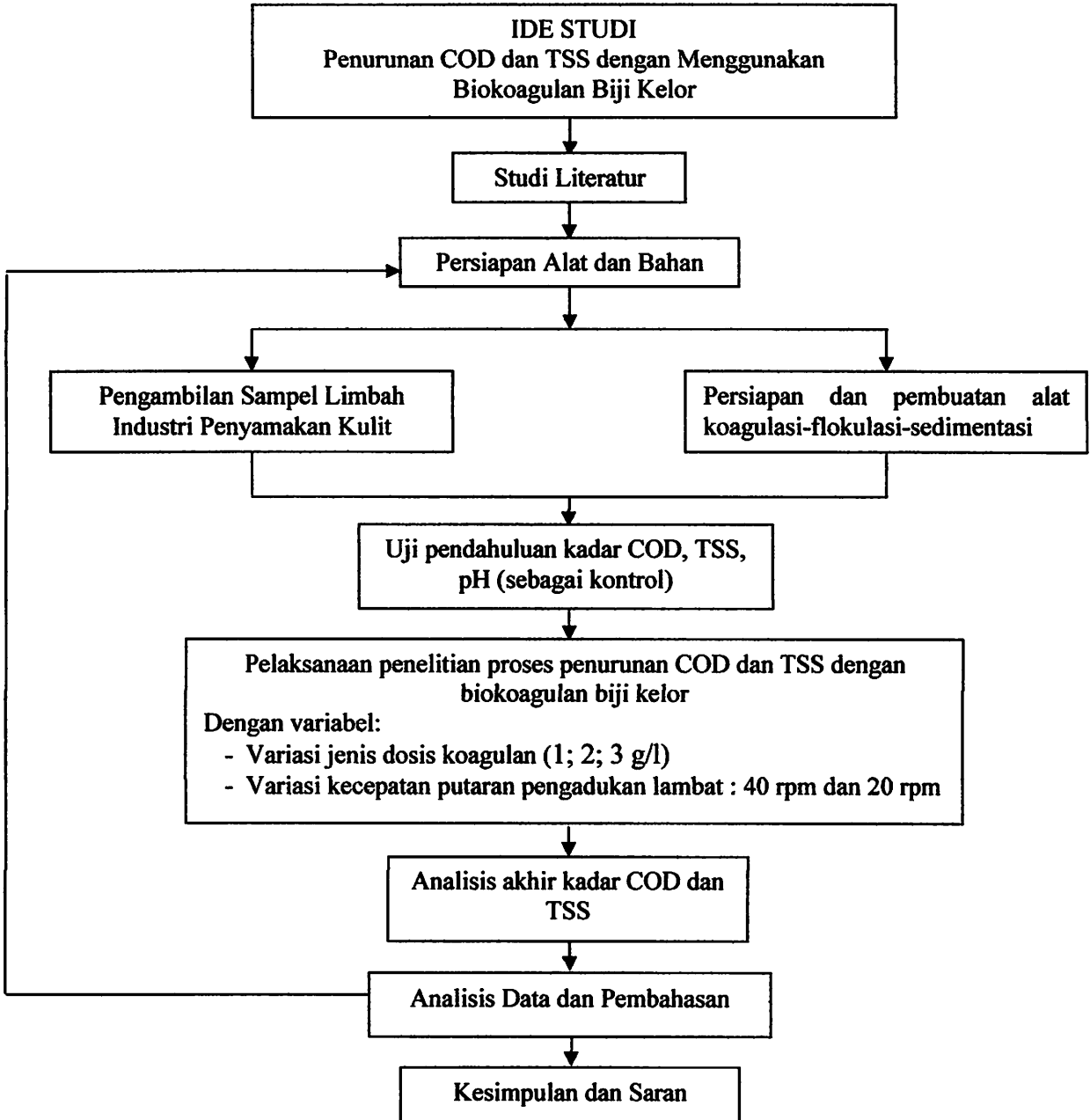
Metode yang digunakan dalam menganalisis TSS adalah metode gravimetri. Prinsip metode gravimetri adalah bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}\text{C}$.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

3.6 Analisis Data

Data yang digunakan adalah dengan replikasi $n = 3$. Untuk mengetahui hubungan antara variabel respon (y) dan variabel prediktor (x) digunakan uji korelasi pearson. Data-data interval yang diperoleh, diolah dengan analisis varians (ANOVA) untuk menguji apakah terdapat perbedaan rata-rata hitung yang signifikan antara persentase penurunan COD dan TSS pada setiap perlakuan. Setelah diketahui terdapat hubungan yang signifikan antar variabel yang bersangkutan (perlakuan variabel respon (y) terhadap variabel prediktor (x)) diperlukan uji analisis regresi untuk mengetahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data.

3.7 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian skripsi Penurunan COD dan TSS pada Limbah Penyamakan Kulit menggunakan Biokoagulan Biji Kelor adalah :



Gambar 3.3 Kerangka Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian dari Uji Pendahuluan

PT. Usaha Loka didirikan pada tanggal 14 Mei 1934 dengan nama NV. Kian Liong. Dalam usianya yang sudah mencapai 78 tahun, PT. Usaha Loka sudah banyak mengalami perubahan-perubahan baik perubahan mengenai pemegang saham maupun perubahan mengenai susunan pengurusnya. PT. Usaha Loka ini beralamatkan di Jalan Susanto No. 8 Malang.

Pada tanggal 20 November 1957 NV Kian Liong berganti nama menjadi PT. Usaha Loka dengan usaha bergerak di bidang penyamakan kulit. Pada mulanya perusahaan ini hanya mengelola kulit sol dan pembuatan alat-alat tenun berupa pickers dan alat-alat tenun lainnya. Namun karena semakin berkurangnya pemakai kulit sol sepatu dan alat-alat tenun, maka PT. Usaha Loka mengalami kemunduran dalam usahanya.

Untuk menanggulangi keadaan tersebut, dibuat suatu kebijakan untuk merombak produksi kulit sol sepatu menjadi kulit wet blue secara rutin ke Eropa. Namun dengan dikeluarkan kebijaksanaan pemerintah untuk meningkatkan nilai tambah ekspor kulit dengan dikeluarkannya larangan ekspor kulit mentah dan kulit setengah jadi, serta naiknya pajak ekspor kulit mentah dan kulit setengah jadi, PT. Usaha Loka mengalami kegoncangan dalam usahanya karena kulit wet blue termasuk kategori kulit setengah jadi. Debit limbah dari PT. Usaha Loka berkisar 450 m³/hari.

**Tabel 4.1 Baku Mutu Limbah Cair Untuk Limbah Industri
Penyamakan Kulit**

Volume Limbah Cair Maximum 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 Maximum		
	Proses Lengkap	Sampai Wet Blue	Bahan Baku Wet Blue
BOD5	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 (ammonia total)	10	10	5
Sulfida (sebagai H ₂ S)	0,80	0,80	0,50
pH	6-9		

Sumber : Terlampir

Hasil dari analisis pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Nilai	SK. Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 (Sampai Wet Blue)
pH	4,11	6-9
<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	* 1072 mg/l	250 mg/l
<i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	** 2866,6 mg/l	100 mg/l

Sumber : *) Laboratorium Mipa Jurusan Kimia UB Malang

**) Analisis Laboratorium Lingkungan ITN Malang

Hasil analisa di atas menunjukkan bahwa kadar pH, COD dan TSS melampaui baku mutu yang ada. Dalam hal ini dilakukan penelitian untuk menerapkan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi dengan penambahan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai biokoagulan untuk menaikkan pH serta menurunkan konsentrasi COD dan TSS di dalam limbah penyamakan kulit.

4.2 Konsentrasi COD dan TSS Setelah Proses

Variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran flokulasi dan variasi dosis.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui nilai konsentrasi masing-masing parameter pada reaktor uji setelah proses dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 :

Tabel 4.3 Konsentrasi COD Setelah Proses

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi COD (mg/l)	SK. Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 (Sampai Wet Blue)
20	1	374.66	250 mg/l
	2	217.33	
	3	184.00	
40	1	408.00	
	2	258.33	
	3	212.33	

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Mipa Jurusan Kimia UB Malang

Pada tabel 4.3 dapat dilihat pada kecepatan putaran 20 rpm dengan dosis 1 gr/l – 3 gr/l mampu menurunkan konsentrasi COD dengan range penurunan antara 374,66 mg/l hingga 184,00 mg/l. Konsentrasi COD yang memenuhi standar baku mutu terjadi pada dosis 2 gr/l dan 3 gr/l, dimana dengan penambahan dosis 2 gr/l konsentrasi COD dapat turun hingga 217,33 mg/l dan dengan penambahan dosis 3 gr/l konsentrasi COD turun hingga 184,00 mg/l.

Pada tabel 4.3 juga menjelaskan tentang kondisi penurunan COD yang dipengaruhi kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dengan penambahan dosis 1 gr/l – 3 gr/l. Konsentrasi COD dengan pengaruh kecepatan putaran flokulasi 40 rpm yang memenuhi standar baku mutu adalah pada penambahan dosis 3 gr/l yaitu mencapai 212,33 mg/l.

Tabel 4.4 Konsentrasi TSS Setelah Proses

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)	SK. Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 (Sampai Wet Blue)
20	1	1233,33	100 mg/l
	2	933,33	
	3	700	
40	1	1433,33	
	2	1266,67	
	3	1100,00	

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Lingkungan ITN Malang

Sedangkan pada tabel 4.4 dapat dilihat bahwa konsentrasi TSS dengan kecepatan putaran 20 rpm ataupun 40 rpm dengan penambahan koagulan dengan dosis 1 gr/l – 3 gr/l belum ada yang memenuhi standart baku mutu. Pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dosis 3 g/l, konsentrasi TSS hanya mampu turun hingga konsentrasi 700 mg/l. Sedangkan pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dengan dosis 3 gr/l, konsentrasi TSS turun hingga 110,00 mg/l.

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Prosentase Penurunan COD

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah penyamakan kulit dengan menggunakan koagulasi-flokulasi-sedimentasi dengan penambahan biji kelor sebagai biokoagulan mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Analisis prosentase penurunan COD pada setiap variasinya digunakan rumus :

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

Besarnya prosentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai Prosentase Penurunan konsentrasi COD

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	% Penurunan COD
20	1	65.05
	2	79.73
	3	82.84
40	1	61.94
	2	75.90
	3	80.19

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Mipa Jurusan Kimia UB Malang

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan prosentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dengan dosis

koagulan 1 gr/l – 3 gr/l berada diantara 65,05 % - 82,84 % sedangkan pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l – 3 gr/l berada di antara 61,94 % - 80,19 %.

4.3.2 Prosentase Penurunan TSS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah penyamakan kulit dengan menggunakan koagulasi-flokulasi-sedimentasi dengan penambahan biji kelor sebagai biokoagulan mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi.

Analisis Prosentase Penurunan TSS pada setiap variasinya digunakan rumus :

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

Besarnya prosentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji dapat di lihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai Prosentase Penurunan konsentrasi TSS

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	% Penurunan TSS
20	1	56.98
	2	67.44
	3	75.58
40	1	50.00
	2	55.81
	3	61.63

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Lingkungan ITN Malang

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan prosentase penurunan konsentrasi TSS pada reaktor uji pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l – 3 gr/l berada diantara 49,02 % - 68,63 % sedangkan pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l – 3 gr/l berada di antara 37,25 % - 50,98 %.

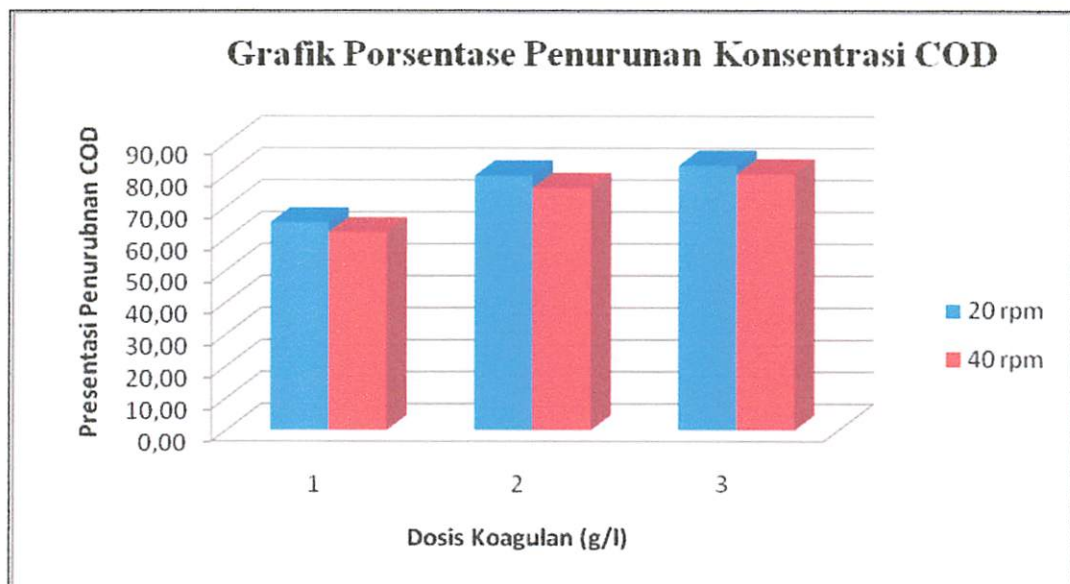
4.4 Analisis Deskriptif

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.

4.4.1 Analisis Deskriptif COD

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah penyamakan kulit yang menggunakan koagulan-flokulasi-sedimentasi dengan penambahan biji kelor sebagai biokoagulan mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan.

Berdasarkan data prosentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji pada Tabel 4.5 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penurunan konsentrasi COD pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Prosentase Penurunan konsentrasi COD

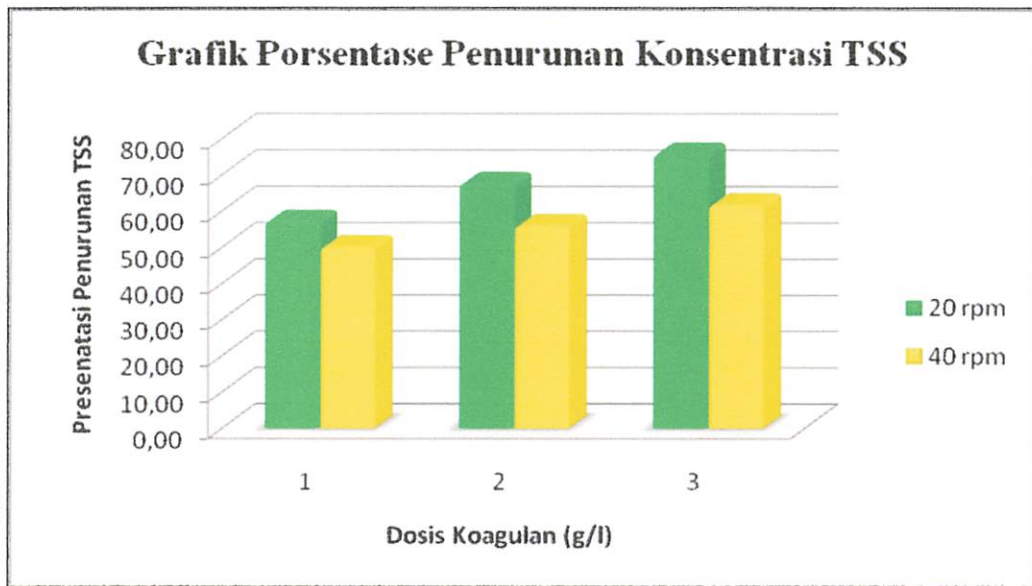
Berdasarkan Tabel 4.5 dan Gambar 4.1 didapatkan prosentase penurunan konsentrasi COD pada penelitian ini berkisar antara 61,94%-82,84%. Prosentase penurunan konsentrasi COD terendah terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1 g/l

dengan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 61,94%. Sedangkan Prosentase penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis 3 g/l dengan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm sebesar 82,84%.

4.4.2 Analisis Deskriptif TSS

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah penyamakan kulit yang menggunakan koagulan-flokulasi-sedimentasi dengan penambahan biji kelor sebagai biokoagulan mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penurunan yang bervariasi. Variasi yang digunakan adalah kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan.

Berdasarkan data Prosentase penurunan konsentrasi COD pada reaktor uji pada Tabel 4.6 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik prosentase penurunan konsentrasi TSS pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Prosentase Penurunan Konsentrasi TSS

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Gambar 4.2 didapatkan prosentase penurunan TSS pada penelitian ini berkisar antara 37,25%-68,63%. Prosentase penurunan terendah terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1 g/l dengan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 37,25%. Sedangkan prosentase penurunan tertinggi

terjadi pada perlakuan dosis 3 g/l dengan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm sebesar 68,63%.

4.5. Analisis Korelasi

4.5.1. Analisa Korelasi Parameter COD

Hasil analisis korelasi untuk prosentase penyisihan COD terhadap kecepatan putaran flokulasi Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan dosis koagulan pada reaktor kontinyu dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Hasil Uji Korelasi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan COD

Correlations: % penurunan COD; kecepatan flokulasi; dosis		
	% penurunan	kecepatan fl
kecepatan fl	-0,201 0,702	
dosis	0,927 0,008	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.7 untuk variasi kecepatan putaran adalah -0,201, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,702. Nilai koefisien korelasi dari kecepatan putaran terhadap prosentase penyisihan COD adalah lemah, dimana nilai koefisiennya tidak mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin cepat kecepatan putaran, maka prosentase penyisihan COD akan menurun. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $\geq 0,05$. Artinya tidak ada korelasi antara kecepatan putaran dengan prosentase penyisihan COD.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.7 untuk dosis dengan prosentase penyisihan COD adalah 0,927, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,008. Nilai koefisien korelasi dari dosis terhadap prosentase penyisihan COD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin

banyak dosis koagulan, maka prosentase penyisihan COD terjadi kenaikan. Keputusan yang diambil adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $< 0,05$. Artinya ada korelasi antara banyaknya dosis dengan prosentase penyisihan COD.

4.5.2. Analisis Korelasi Parameter TSS

Hasil analisis korelasi untuk prosentase penyisihan TSS terhadap kecepatan putaran flokulasi Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan dosis koagulan pada reaktor kontinu dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan TSS

Correlations: % penurunan TSS; kecepatan flokulasi; dosis		
	% penurunan	kecepatan fl
kecepatan fl	-0,650 0,162	
dosis	0,739 0,093	0,000 1,000
Cell Contents: Pearson correlation		
P-Value		

Koefisien korelasi pada Tabel 4.8 untuk variasi kecepatan putaran adalah -0,650, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,162. Nilai koefisien korelasi dari kecepatan putaran terhadap prosentase penyisihan COD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati -1. Hubungan kedua variabel tidak searah karena adanya nilai negatif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika makin cepat kecepatan putaran, maka prosentase penyisihan TSS akan menurun. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) $\geq 0,05$. Artinya tidak ada korelasi antara kecepatan putaran dengan prosentase penyisihan TSS.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.8 untuk dosis dengan prosentase penyisihan TSS adalah 0,739, sedangkan nilai probabilitasnya adalah 0,093. Nilai koefisien korelasi dari dosis terhadap prosentase penyisihan COD adalah kuat, dimana nilai koefisiennya mendekati 1. Hubungan kedua variabel searah karena adanya nilai positif pada nilai koefisien korelasi, yang berarti jika semakin banyak

dosis koagulan, maka prosentase penyisihan COD terjadi kenaikan. Keputusan yang diambil adalah menerima hipotesis awal (H_0) dan menolak hipotesis alternatif (H_1) karena nilai probabilitas (P) > 0,05. Artinya ada korelasi antara banyaknya dosis dengan prosentase penyisihan TSS.

4.6. Analisis Regresi

4.6.1. Analisis Regresi Parameter COD

Hasil uji regresi prosentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.9, sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Uji Regresi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan COD

Regression Analysis: % penurunan COD versus kecepatan flokulasi; dosis						
The regression equation is						
% penurunan COD = 61,1 - 0,160 kecepatan flokulasi + 9,01 dosis						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	61,050	5,808	10,51	0,002		
kecepatan flokulasi	-0,1598	0,1452	-1,10	0,351	1,0	
dosis	9,010	1,778	5,07	0,015	1,0	
S = 3,55662 R-Sq = 90,0% R-Sq(adj) = 83,3%						

- 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 Faktor

Pada Tabel 4.9 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 61,1 - 0,160 X_1 + 9,01 X_2$$

Persamaan regresi pada Tabel 4.9 Y adalah prosentase penyisihan COD (%), X_1 adalah kecepatan putaran flokulasi (rpm), dan X_2 adalah dosis (gr/l). Koefisien regresi sebesar -0,160 untuk variasi kecepatan putaran flokulasi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan kecepatan putaran sebesar 20 rpm dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan COD sebesar 0,160 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 9,01 untuk variasi dosis (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan dosis sebesar 1 gr/l dalam pengambilan sampel akan menaikkan prosentase penyisihan COD sebesar 9,01 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.9 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel kecepatan putaran flokulasi bertanda negatif dan variabel dosis bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.7 terlihat bahwa koefisien korelasi kecepatan putaran flokulasi juga bertanda negatif dan dosis yang juga bertanda positif. Koefisien korelasi kecepatan putaran flokulasi dan dosis adalah -0,201 dan 0,702. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu sebesar 1,00. Apabila nilai VIF < 5 maka tidak ada kondisi multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 90,0 %. Hal ini berarti prosentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) sedangkan sisanya 10 % penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lainnya.

C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

o Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari tabel distribusi t

didapat $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t kecepatan putaran flokulasi dan dosis pada Tabel 4.9 adalah sebesar -1,10 dan 5,07. Nilai probabilitas (P) kecepatan putaran flokulasi dan dosis pada Tabel 4.9 adalah 0,351 dan 0,015. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kecepatan putaran flokulasi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $< T$ tabel dan nilai $P \geq 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi kecepatan putaran flokulasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan COD.

Kesimpulan yang diambil untuk variasi dosis adalah menolak H_0 dan menerima H_1 , karena nilai T hitung $> T$ tabel dan nilai $P \leq 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi signifikan dimana variasi dosis berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan COD.

4.6.2. Analisis Regresi Parameter TSS

Hasil uji regresi prosentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.10, sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil Uji Regresi antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Koagulan, Terhadap Prosentase Penyisihan TSS

Regression Analysis: % penurunan TSS versus kecepatan flokulasi; dosis						
The regression equation is						
% penurunan TSS = 62,4 - 0,543 kecepatan flokulasi + 7,56 dosis						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	62,405	3,405	18,33	0,000		
kecepatan flokulasi	-0,54267	0,08512	-6,38	0,08	1,0	
dosis	7,558	1,043	2,25	0,05	1,0	
S = 2,08505 R-Sq = 96,9% R-Sq(adj) = 94,8%						

- 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 4.10 dapat kita ketahui :

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

$$Y = 62,4 - 0,543 X_1 + 7,56 X_2$$

Persamaan regresi pada Tabel 4.10 Y adalah prosentase penyisihan TSS (%), X_1 adalah kecepatan putaran flokulasi (rpm), dan X_2 adalah dosis (gr/l). Koefisien regresi sebesar -0,543 untuk variasi kecepatan putaran flokulasi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan kecepatan putaran sebesar 20 rpm dalam pengambilan sampel akan menurunkan prosentase penyisihan TSS sebesar 0,543 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan. Koefisien regresi sebesar 7,56 untuk variasi dosis (X_2) menyatakan bahwa setiap penambahan dosis sebesar 1 gr/l dalam pengambilan sampel akan menaikkan prosentase penyisihan TSS sebesar 7,56 dengan anggapan variabel lainnya bernilai konstan.

Pada Tabel 4.10 menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel kecepatan putaran flokulasi bertanda negatif dan variabel dosis bertanda positif. Jika melihat tanda pada Tabel 4.8 terlihat bahwa koefisien korelasi kecepatan putaran flokulasi juga bertanda negatif dan dosis yang juga bertanda positif. Koefisien korelasi kecepatan putaran flokulasi dan dosis adalah -0,650 dan 7,39. Adanya persamaan tanda mengindikasikan bahwa tidak adanya multikolinear dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF yaitu sebesar 1,00. Apabila nilai VIF < 5 maka tidak ada kondisi multikolinear dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square = r^2) sebesar 96,9 %. Hal ini berarti Prosentase penyisihan konsentrasi TSS

dipengaruhi oleh variasi kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) sedangkan sisanya 3,1 % penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lainnya.

C. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas

o Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5 %, maka $t_{\alpha/2, n-1}$ dari tabel distribusi t didapat $t_{(0,025,3)} = 3,182$. Nilai t kecepatan putaran flokulasi dan dosis pada Tabel 4.10 adalah sebesar -6,38 dan 2,25. Nilai probabilitas (P) kecepatan putaran flokulasi dan dosis pada Tabel 4.10 adalah 0,08 dan 0,005. Kesimpulan yang diambil untuk variasi kecepatan putaran flokulasi adalah menerima H_0 dan menolak H_1 , karena nilai T hitung $<$ T tabel dan nilai $P \geq 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi kecepatan putaran flokulasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan TSS.

Kesimpulan yang diambil untuk variasi dosis adalah menolak H_0 dan menerima H_1 , karena nilai T hitung $<$ T tabel dan nilai $P \leq 0,05$. Kesimpulan tersebut berarti bahwa koefisien regresi tidak signifikan dimana variasi dosis tidak berpengaruh secara signifikan terhadap prosentase penyisihan TSS.

4.7. Analisis Varian (ANOVA) Two-way

4.7.1. Analisis Varian Parameter COD

Hasil analisis Anova Two-way untuk prosentase penyisihan COD terhadap kecepatan putaran flokulasi Biji Kelor (*Moringa oleifera*) pada reaktor kontinyu dapat di lihat pada Tabel 4.11, sebagai berikut:

Tabel 4.11 Hasil Uji Anova antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan COD

Two-way ANOVA: % penurunan COD versus kec put flok; dosis					
Source	DF	SS	MS	F	P
kec put flok	1	15,328	15,328	86,66	0,011
dosis	2	362,315	181,158	1024,26	0,001
Error	2	0,354	0,177		
Total	5	377,997			

S = 0,4206 R-Sq = 99,91% R-Sq(adj) = 99,77%

Hasil Tabel 4.11 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha = 0,05$)
- N = Number
- Mean = Nilai rata-rata
- StDev = Standar Deviasi

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F kecepatan putaran flokulasi didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$ dan Tabel distribusi F dosis koagulan didapat $F_{(0,05, 2,2)} = 19,0$. Nilai F hitung output kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan secara berturut-turut adalah sebesar 86,66 dan 1024,26. Nilai probabilitas kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan adalah 0,011 dan 0,001.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi dosis koagulan adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung > F Tabel dan nilai P < 0,05. Artinya bahwa prosentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kecepatan putaran flokulasi adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung > F tabel dan nilai P \leq 0,05. Artinya bahwa prosentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang

signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi peningkatan prosentase penyisihan COD pada dosis koagulan yang cukup besar.

4.7.2. Analisis Varian Parameter TSS

Hasil analisis Anova Two-way untuk prosentase penyisihan TSS terhadap kecepatan putaran flokulasi Biji Kelor (*Moringa oleifera*) pada reaktor kontinu dapat di lihat pada Tabel 4.12, sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil Uji Anova antara Kecepatan Putaran Flokulasi, Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan TSS

Two-way ANOVA: % penurunan TSS versus kec put flok; dosis						
Source	DF	SS	MS	F	P	
kec put flok	1	176,692	176,692	28,05	0,034	
dosis	2	228,908	114,454	18,17	0,050	
Error	2	12,598	6,299			
Total	5	418,198				

S = 2,510 R-Sq = 96,99% R-Sq(adj) = 92,47%

Hasil Tabel 4.11 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan $\alpha = 0,05$)
- N = Number
- Mean = Nilai rata-rata
- StDev = Standar Deviasi

Untuk taraf signifikansi (α) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F kecepatan putaran flokulasi didapat $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$ dan Tabel distribusi F dosis koagulan didapat $F_{(0,05, 2,2)} = 19,0$. Nilai F hitung output kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan secara berturut-turut adalah sebesar 28,05 dan 18,17. Nilai probabilitas kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan adalah 0,034 dan 0,050.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi dosis koagulan adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung $>$ F Tabel dan nilai $P \leq 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan TSS dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi kecepatan putaran flokulasi adalah menolak hipotesis awal (H_0) dan menerima hipotesis alternatif (H_1) karena nilai F hitung $>$ F tabel dan nilai $P \leq 0,05$. Artinya bahwa prosentase penyisihan TSS dalam perlakuan tersebut tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi peningkatan prosentase penyisihan TSS pada dosis koagulan yang cukup besar.

4.8 Pembahasan

4.8.1. Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan COD

Proses flokulasi bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar. Kecepatan putaran flokulasi mempengaruhi proses pembentukan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada saat proses koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar (makro flok). Kecepatan putaran dalam proses flokulasi dinyatakan dengan gradient kecepatan yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai, dimana nilai gradient kecepatan (G) untuk kecepatan putaran flokulasi 20 rpm (10/dt) lebih kecil dibandingkan kecepatan putaran 40 rpm (27,12/dt). Proses flokulasi air adalah 10–75 /detik (Ali M dkk, 2002). Pada proses flokulasi nilai gradient kecepatan diturunkan agar flok yang telah terbentuk tidak pecah kembali dan berkesempatan untuk bergabung dengan yang lain membentuk flok yang lebih besar lagi. Pengikatan partikel pencemar terjadi pada saat proses koagulasi, dimana koagulan mengikat partikel – partikel pencemar dengan membentuk partikel flok. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menghasilkan gerakan

air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar (Masduqi dan Slamet, 2002).

Hubungan korelasi antara kecepatan putaran flokulasi terhadap prosentase penurunan COD menunjukkan hubungan yang lemah dan tidak searah, dimana nilai koefisien korelasinya -0,201. Lemahnya hubungan antara kecepatan putaran flokulasi terhadap prosentase penurunan COD disebabkan oleh besarnya kecepatan putaran flokulasi sehingga makro flok yang sudah terbentuk pecah. Tidak searahnya hubungan antara prosentase antara kecepatan putaran flokulasi terhadap prosentase penurunan COD disebabkan oleh kecepatan putaran flokulasi berhubungan secara langsung dengan proses penurunan COD. Besarnya kecepatan putaran flokulasi menyebabkan partikel flok dari organik dan anorganik penyebab COD yang sudah terbentuk menjadi terurai kembali sehingga COD mengalami penurunan.

Koagulan (*Moringa oleifera*) ditambahkan pada saat proses koagulasi, dimana tujuan dari proses koagulasi adalah untuk mengurangi stabilitas partikel-partikel penyebab kekeruhan melalui penambahan koagulan yang mempunyai muatan yang berlawanan melalui proses pengadukan cepat (*mixing*). Koagulan (*Moringa oleifera*) mempunyai peranan yang penting dalam proses penurunan COD karena merupakan bahan utama yang berfungsi untuk mengikat partikel penyebab COD. Partikel organik penyebab COD diikat oleh koagulan berdasarkan sifat elektrostatis dimana partikel organik yang bersifat negatif mampu diikat oleh kandungan yang terdapat dalam biji kelor (*Moringa oleifera*) yang bersifat positif.

Protein yang terkandung dalam larutan koagulan (*Moringa oleifera*) bermuatan positif akan menarik muatan negatif yang terkandung dalam partikel-partikel penyebab COD pada limbah cair industri penyamakan kulit. Larutan koagulan (*Moringa oleifera*) mengandung sejumlah protein dengan berat molekul yang ringan, dimana protein yang terkandung dalam larutan koagulan (*Moringa oleifera*) ini jika dilarutkan dengan limbah cair penyamakan kulit akan mendestabilkan partikel yang terkandung dalam limbah, sehingga partikel-partikel tersebut akan saling tarik-menarik dan berikatan untuk membentuk flok. Jika

jumlah optimum dosis koagulan (*Moringa oleifera*) sebanding dengan jumlah partikel tersuspensi maka akan bergabung menjadi partikel berukuran kecil (inti flok) kemudian menghasilkan flok yang lebih besar (makro flok).

Pada Tabel 4.3 didapatkan konsentrasi COD pada reaktor uji pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l - 3 gr/l berada diantara 374,66 mg/l – 184,00 mg/l, sedangkan pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l – 3 gr/l berada di antara 408,00 mg/l – 212,33 mg/l. Sedangkan prosentase penurunan COD tertinggi sebesar 82,84 % pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dan dosis 3 gr/l.

Koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) ditambahkan pada saat koagulasi dengan tujuan untuk mengurangi stabilitas partikel-partikel penyebab COD karena koagulan tersebut mempunyai muatan berlawanan ketika melalui pengadukan cepat (*mixing*) (Masduqi dan Slamet, 2002). Variasi penambahan dosis koagulan (*Moringa oleifera*) mempunyai pengaruh terbesar dalam prosentase penurunan COD air limbah industri penyamakan kulit. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisa korelasi 0,927, dimana nilai koefisien korelasi antara prosentase penurunan COD dengan dosis koagulan (*Moringa oleifera*) yang ditambahkan sebesar 0,927 yang berarti mempunyai tingkat hubungan yang kuat. Kuatnya hubungan antara prosentase penurunan COD dengan dosis disebabkan karena penambahan dosis koagulan semakin memperkuat ikatan koagulan dengan partikel penyebab COD sehingga terjadi penurunan COD.

Penyisihan COD terjadi akibat proses kimia saat koagulan berikatan dengan partikel penyebab COD (proses koagulasi), juga dipengaruhi oleh proses flotasi. Proses flotasi menyebabkan terjadinya turbulensi pada limbah yang membantu meningkatkan suplai oksigen (Masduqi dan Slamet, 2002). Suplai oksigen merupakan faktor yang sangat berperan dalam penurunan konsentrasi COD (Alaerts dan Santika, 1987).

Hal tersebut didukung oleh Rambe A. M. (2009) yang menggunakan koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) pada limbah industri tekstil dengan dosis 1,25 g/l, pengadukan lambat 40 rpm selama 12 menit yang mampu menurunkan COD sebesar 75,86%, sedangkan penelitian serupa oleh Saefudin (2009) dengan

waktu flokulasi 18 menit mampu menurunkan COD sebesar 60,6%. Wahyuni I (2006) menggunakan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dapat menurunkan kandungan organik menunjukkan hasil yang lebih optimal. Hal tersebut berarti kecepatan putaran flokulasi mempengaruhi efisiensi penyisihan, dimana semakin besar kecepatan putaran flokulasi menyebabkan makro flok yang sudah terbentuk pecah.

Prosentase COD menunjukkan angka yang lebih besar. Penyisihan COD yang tinggi menunjukkan optimalnya proses koagulasi pada penelitian ini, yaitu saat pencampuran koagulan, sehingga partikel organik dan anorganik penyebab COD mampu diikat secara optimum oleh koagulan dan selanjutnya diendapkan pada bak sedimentasi. Besarnya nilai prosentase penurunan COD dibandingkan dengan TSS juga disebabkan karena COD dan TSS sama-sama mengandung zat organik. Sama halnya dengan TSS, partikel organik penyebab COD diikat oleh koagulan berdasarkan sifat elektrostatis dimana muatan partikel organik yang bersifat negatif mampu diikat oleh polimer yang bersifat positif yang terkandung dalam Biji Kelor.

Hasil penyisihan kadar COD Pada tabel 4.2 dapat dilihat pada kecepatan putaran 20 rpm dengan dosis 1 gr/l – 3 gr/l mampu menurunkan konsentrasi COD dengan range penurunan antara 374,66 mg/l hingga 184,00 mg/l. Konsentrasi COD yang memenuhi standar baku mutu terjadi pada dosis 2 gr/l dan 3 gr/l, dimana dengan penambahan dosis 2 gr/l konsentrasi COD dapat turun hingga 217,33 mg/l dan dengan penambahan dosis 3 gr/l konsentrasi COD turun hingga 184,00 mg/l.

4.8.2. Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Terhadap Prosentase Penyisihan TSS

Kecepatan putaran flokulasi mempengaruhi proses pembentukan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada saat proses koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar (makro flok). Kecepatan putaran flokulasi dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai. Nilai gradien kecepatan (G) untuk kecepatan putaran flokulasi 20 rpm (10/dt) lebih kecil dibandingkan kecepatan putaran 40 rpm (27,12/dt) Proses flokulasi air adalah 10–

75 /detik (Masduqi dan Slamet, 2002). Pada proses flokulasi, nilai gradien kecepatan diturunkan agar flok yang telah terbentuk tidak pecah kembali dan berkesempatan untuk bergabung dengan yang lain membentuk flok yang lebih besar lagi. Pada penelitian ini digunakan variasi kecepatan putaran flokulasi 20 dan 40 rpm.

Pada umumnya partikel-partikel tersuspensi atau koloid dalam air buangan bermuatan listrik negatif. Adanya muatan-muatan pada permukaan partikel koloid menyebabkan pembentukan medan elektrostatik disekitar partikel tersebut sehingga menimbulkan gaya tolak-menolak. Selain itu, terdapat gaya tarik-menarik antara dua partikel (gaya Van der Waals) yang signifikan pada jarak yang sangat kecil (sekitar satu mikron). Selama tidak ada hal yang mempengaruhi kesetimbangan muatan-muatan listrik partikel koloid, gaya tolak-menolak yang dimiliki selalu lebih besar daripada gaya tarik-menarik akibatnya, partikel koloid tetap dalam keadaan stabil (Farooq dan Velioglu, 1989 dalam Rambe A. M, 2009).

Hubungan korelasi antara kecepatan putaran flokulasi terhadap prosentase penurunan TSS menunjukkan hubungan yang lemah dan tidak searah, dimana nilai koefisien korelasinya -0,650. Lemahnya hubungan antara kecepatan putaran flokulasi terhadap prosentase penurunan TSS disebabkan oleh besarnya kecepatan putaran flokulasi sehingga makro flok yang sudah terbentuk pecah. Tidak searahnya hubungan antara prosentase antara kecepatan putaran flokulasi terhadap prosentase penurunan TSS disebabkan oleh kecepatan putaran flokulasi berhubungan secara langsung dengan proses penurunan TSS.

Pada Tabel 4.4 didapatkan konsentrasi TSS pada reaktor uji pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l - 3 gr/l berada diantara 1233,33 mg/l – 700 mg/l, sedangkan pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dengan dosis koagulan 1 gr/l – 3 gr/l berada di antara 1433,33 mg/l – 1100,00 mg/l. Sedangkan prosentase penurunan TSS tertinggi sebesar 75,58 % pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm dan dosis 3 gr/l.

Koagulan biji kelor berfungsi mengikat partikel TSS yang tidak bisa mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kemampuan

biji kelor dalam menurunkan TSS terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid. Variasi penambahan dosis koagulan (*Moringa oleifera*) berpengaruh dalam prosentase penurunan TSS air limbah industri penyamakan kulit. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisa korelasi 0,739, dimana nilai koefisien korelasi antara dosis koagulan (*Moringa oleifera*) terhadap prosentase penurunan TSS bernilai 0,739 yang berarti mempunyai tingkat hubungan yang kuat. Kuatnya hubungan antara dosis koagulan (*Moringa oleifera*) terhadap prosentase penurunan TSS dosis disebabkan karena penambahan dosis koagulan mampu mengikat partikel TSS lebih kuat sehingga terjadi penurunan TSS.

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni I. (2006) menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai biokoagulan dalam pengolahan limbah tempe, menggunakan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm mampu meremoval kekeruhan hingga 71,97% sedangkan pada kecepatan 40 rpm, persentase removal tertinggi hanya mencapai 65,54%. Sugiarto menyatakan dalam bukunya bahwa *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Penentuan zat padat tersuspensi (TSS) berguna untuk mengetahui kekuatan pencemar air limbah, dan juga berguna untuk penentuan efisiensi unit pengolahan air. BAPPEDA dalam Rambe A. M. (2009).

Hasil penelitian Rambe A. M. (2009) menunjukkan bahwa penurunan kadar TSS limbah cuci jeans dapat mencapai 83,69% menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit. Hal ini terjadi karena meningkatnya tingkat kejenuhan dalam proses koagulasi diakibatkan karena pengikatan antar partikel koagulan dengan partikel tersuspensi dalam flok-flok tidak dapat berlangsung sempurna. Flok-flok yang telah terbentuk akan rusak (terpecah) kembali sehingga hasil pengendapan (sedimentasi) menjadi kurang optimal (Kuntiy, 2007 dalam Rosyidah C., 2008).

Hasil penyisihan kadar TSS limbah penyamakan kulit dalam penelitian ini mencapai 700 mg/l atau sebesar 75,58% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Kelor sebesar 3 g/l pada kecepatan putaran 20 rpm belum memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur

berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 (Sampai Wet Blue) sebesar 100 mg/l.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1) Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa dosis optimal biokoagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) adalah 3 gr/lit. Dengan prosentase penurunan COD tertinggi sebesar 82,84% dan prosentase penurunan TSS tertinggi 75,58%, terjadi pada perlakuan kecepatan pengadukan dalam proses flokulasi 20 rpm. Hasil penelitian didapatkan parameter COD dan TSS belum memenuhi standar baku mutu SK. Gubernur Jawa Timur No. 45 tahun 2002 (Sampai Wet Blue) yaitu COD sebesar 250 mg/l dan TSS 100 mg/l.
- 2) Semakin kecil kecepatan putaran flokulasi, semakin besar nilai penurunan COD dan TSS, sedangkan semakin besar dosis koagulan semakin besar nilai penurunan COD dan TSS.

5.2 Saran

- 1) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui dosis optimum koagulan biji kelor (*Moringa oleifera*).
- 2) Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai kemampuan biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan parameter lain pada limbah penyamakan kulit.

DAFTAR PUSTAKA

Alaerts, G dan Santika, S. S. 1984. **Metoda Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya.

Anonim, 2006. **Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit**. Badan Pengendali Dampak Lingkungan Hidup, Jakarta.

Firdausy, Enita (1999). **Studi Kemampuan Biji Kelor (Moringa Oleifera) Untuk Menurunkan Kekeruhan Influen Pengolahan Limbah PT. PIER**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.

Hendra, Matilda. 2004. **Sistem Pengolahan Limbah Cair Pada Perusahaan Penyamakan Kulit PT. Usaha Loka Malang**. Laporan Praktek Kerja Nyata Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.

Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Andi. Yogyakarta.

Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002, Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Atau Kegiatan Usaha Lainnya Di Jawa Timur. Bapedal Propinsi Jawa Timur.

Khasanah, Uswatun. 2008. **Efektifitas Biji Kelor (Moringa Oleifera, LAMK) sebagai Koagulan Fosfat dalam Limbah Cair Rumah Sakit (Studi Kasus di RSU dr. Saiful Anwar Malang)**. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang.

Masduqi, A dan Agus, S. 2002. **Satuan Operasi**. Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP – ITS.

Muharto, Hendrawan Santoso dan Daniel (2004). **Penurunan Kadar Deterjen Dalam Air Minum Dengan Menggunakan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*)**. *Jurnal Purifikasi*. Volume 5. Nomor 2. Halaman 91 – 96.

Rambe, A. M. 2009. **Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil**. Tesis Program Studi Teknik Kimia, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.

Reynolds, T. D. 1982. **Unit Operations And Processes In Environmental Engineering**. Wadsworth, Inc., Belmont, California.

Rosyidah, Cicik. 2008. **Uji Dosis Serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Biokoagulan terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Aspek Fisik, Kimia, dan Bakteriologi**. Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang

Sugiharto. 1987. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Suryadarma, Efraiam. 2009. **Uji Kemampuan Bentuk *impeller* (gayung pengaduk) dalam pencapaian proses koagulasi flokulasi (studi kasus dalam penurunan TSS dan BOD)**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.

Susilowati (2005). **Studi Pengolahan Lindi LPA Benowo Dengan Menggunakan Koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dan Membran Mikrofiltrasi**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. ITS, Surabaya.

Wahyuni, Ika. 2006. ***Pemanfaatan Biji Kelor (Moringa Oleifera) Sebagai Koagulan Dalam Proses Penurunan Kekeruhan Dan Kandungan Organik Limbah Cair Industri Tempe.*** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.

Zaenab. 2008. **Industri Penyamakan dan Dampaknya Terhadap Lingkungan.** Dinas Kesehatan Kota Makassar.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Yang Utama Dari Segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan dan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

Mama dan Bapak Tercinta...

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga saya persembahkan karya kecil ini kepada Mama dan Bapak yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat saya balas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Mama dan Bapak bahagia karna saya sadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Mama dan Bapak yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku menjadi lebih baik, Terima Kasih Mama.... Terima Kasih Bapak...

Buat Kakak Dan Adik Tersayang...

Untuk kakak dan adik-adikku, tiada yang paling mengharukan saat kumpul bersama kalian, walaupun sering bertengkar tapi hal itu selalu menjadi warna yang tak akan bisa tergantikan, terima kasih atas doa dan bantuan kalian selama ini, hanya karya kecil ini yang dapat saya persembahkan. Maaf belum bisa menjadi panutan seutuhnya, tapi saya akan selalu menjadi yang terbaik untuk kalian semua... Amiiiiinnnn...

Dosen-dosen Teknik Lingkungan ITN Malang...

Terima kasih banyak Bapak-Ibu Dosen, atas segala bimbingan dan bantuan selama ini, sudah dinasehati, sudah diajari, saya tidak akan lupa atas bantuan dan kesabaran dari Bapak-Ibu. Terima kasih banyak Bapak-Ibu, Bapak-Ibu adalah dosen terbaik saya...

My Best friend's...

Buat sahabatku "Ody, Adem, Angga, Ady, Yanuar, Dimas, Jen, Harry, Erwin, Aci, Uci, Ladi, Yolana, Reni, Rona, dan Ajeng " terima kasih atas bantuan, doa, nasehat, hiburan, dan semangat yang kalian berikan selama saya kuliah, saya tak akan melupakan semua yang telah kalian berikan selama ini... Tetap semangat buat teman2 yang masih Berjuang menjadi Sarjana TL...

Buat teman2 yang belum dapat kerjaan tetap, tetap semangat ya, qta pasti Bisa!!!
Hidup TL 07!!!

Buat Saudara/I Tersayang...

Kak Ans Oky, Ayu, Kak Richard Dilla, Eko Setiawan, Ade, Ady Fitra, Ony Udjan, Ita, Ardy, Mbak Lis, Kak Aban, Kak Andrew dan Kak Wildan, Terima kasih banyak bantuan Printer, dukungan dan kerja samanya selama ini... Doa saya selalu menyertai kalian semua... Amin

Serta semua pihak yang sudah membantu selama penyelesaian Skripsi ini...

"Impian Anda hari ini, besok bisa menjadi masa depan Anda"

Environmental Engineering

'07



Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan Untuk Menerunkan COD dan TSS Pada Limbah Industri Penyamakan Kulit

Nama (NIM) : Paolo Rossi S. Belen (07.26.018)

Pembimbing : Evy Hendrianti, ST. MMT

No	Tanggal	Catatan / Keterangan	Tanda Tangan
1.	5/1/12	Revisi Bab II → deskripsi pengolahan limbah → susunan. keag. f. loka, sed, kag. l. → metode peny. limbah → keca. eloop ?	
2.	9/1/12	Revisi vte : 1). flowchart proses penyamakan kulit 2). Biji kelor → biokoagulan 3). Parameter pencemar → karakteristik limbah	
3.	14/1/12	Bab II ole	
4.	16/1/12	Revisi hasil uji pendahuluan & stl. proses peny. limbah. Tetaplah format, & konsisten -	
5.	24/1/12	Pelajaran: Bahan asistansi.	
6.	27/1/12	Hasil & analisa deskriptif Bq -	
7.	31/1/12	1). teori & definisi, di bab II → 1/5. hasil analisis ke-1 dan 2). Cole. kesimpul. setiap analisis tentu. vte. Analisa.	



Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan Untuk Menerunkan COD dan TSS Pada Limbah Industri Penvamakan Kulit

Nama (NIM) : Paolo Rossi S. Belen (07.26.018)

Pembimbing : Evy Hendriarianti, ST. MMT

No	Tanggal	Catatan / Keterangan	Tanda Tangan
8	9/12. 12	Revisi pembahasan sesuai hasil penelitian.	
9	10/2 12.	Ujian, sesuai dgn variabel yg berpengaruh -) loc. flokulasi proses koagulasi.	
10	15/12 12	Acc Seminar	

**Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan Untuk Menerunkan COD dan TSS Pada Limbah Industri Penyamakan Kulit**

Nama (NIM) : Paolo Rossi S. Belen (07.26.018)

Pembimbing : Anis Artiyani, ST. MT

No	Tanggal	Catatan / Keterangan	Tanda Tangan
1.	3 - 2 - 2012	BAB I - Cek manfaat penelitian - -- Tujuan BAB II - Cek daftar tabel. & Gambar . - Gambar warna - Sub bab yg bentuk pointer. BAB III ACC BAB IV lanjutkan	
2.	6 - 2 - 2012	BAB I - Rumusan masalah ! - Ruang lingkup ! BAB II - Cek penulisan HO, dll, Nama - Cek daftar tabel & Gambar BAB IV lanjutkan	
3.	8 - 2 - 2012	BAB I ACC BAB II ACC BAB IV lanjutkan Lampirkan bab V, Dokumen dll.	
4.	13 - 2 - 2012	BAB IV Pembahasan & Statistik two way	
5.	14 - 2 - 2012	- Kesimpulan singkatkan dg Tujuan - Pembahasan .	
6	15 - 2 - 2012	- BAB IV & V ACC - Lemun laporan	
7.	16 - 2 - 2012	Siap. Seminar	

LAMPIRAN A
HASIL ANALISIS



HASIL ANALISIS SAMPEL

Nama : Paolo Rossi S. Belen (NIM : 0726018)
Alamat : Teknik Lingkungan ITN Malang
Lokasi : PT. Usaha Loka Kulit, Malang
Sampling : Limbah Cair Penyamakan Kulit
Analisis : pH dan TSS
Tanggal analisis sampel : 5 – 12 Desember 2011

1) Analisis Konsentrasi Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai			
		1	2	3	r
pH	-	4,18	4	4,15	4,11
TSS	mg/l	2300	2800	3500	2866,6

2) Analisis Konsentrasi Akhir TSS

Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (g/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)			
		1	2	3	r
20	3	500	800	800	700
	2	700	1100	1000	933,33
	1	1300	1300	11000	1233,33
40	3	1400	800	1100	1100,00
	2	1000	1500	1300	1266,67
	1	1100	1600	1600	1433,33



A MALANG

LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

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

Malang 65145



3) Analisis pH

Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (g/l)	Menit ke -	pH			
			1	2	3	r
20	3	10	4,38	4,4	4,40	4,42
		20	4,46	4,48	4,45	4,46
		30	4,61	4,61	4,63	4,62
		40	4,73	4,75	4,71	4,73
		50	4,81	5,11	5,11	5,01
		60	5,3	5,32	5,35	5,32
	70	5,54	5,58	5,56	5,56	
	80	5,63	5,62	5,65	5,63	
	90	5,72	5,73	5,7	5,72	
	10	4,4	4,43	4,45	4,43	
	20	4,5	4,51	4,53	4,51	
	30	4,73	4,75	4,72	4,73	
40	4,91	5,15	5,12	5,06		
50	5,26	5,28	5,23	5,26		
60	5,4	5,35	5,41	5,39		
70	5,55	5,53	5,6	5,56		
80	5,65	5,72	5,7	5,69		
90	5,7	5,8	5,83	5,78		
10	4,43	4,35	4,45	4,41		
20	4,45	4,48	4,47	4,47		
30	4,6	4,59	4,6	4,60		
40	4,7	4,73	4,72	4,72		
50	4,8	5,13	5,14	5,02		
60	5,25	5,3	5,37	5,31		
70	5,54	5,55	5,53	5,54		
80	5,64	5,6	5,63	5,62		
90	5,7	5,75	5,72	5,72		
10	4,42	4,4	4,43	4,42		
20	4,54	4,53	4,55	4,54		
30	4,73	4,75	4,72	4,73		
40	4,91	5,14	5,13	5,06		
50	5,26	5,28	5,23	5,26		
60	5,41	5,35	5,44	5,40		
70	5,53	5,55	5,63	5,57		
40	3					



A MALANG

LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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

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

Malang 65145



2	80	5,65	5,71	5,72	5,69
	90	5,79	5,83	5,81	5,81
	10	4,4	4,43	4,42	4,42
	20	4,52	4,5	4,52	4,51
	30	4,71	4,73	4,74	4,73
	40	4,9	5,12	5,11	5,04
	50	5,27	5,29	5,24	5,27
	60	5,43	5,32	5,46	5,40
	70	5,55	5,57	5,64	5,59
	80	5,66	5,73	5,74	5,71
1	90	5,78	5,85	5,84	5,82
	10	4,44	4,46	4,43	4,44
	20	4,51	4,54	4,53	4,53
	30	4,74	4,79	4,78	4,77
	40	5,11	5,16	5,13	5,13
	50	5,27	5,25	5,27	5,26
	60	5,42	5,39	5,42	5,41
	70	5,61	5,56	5,63	5,60
	80	5,67	5,73	5,68	5,69
	90	5,83	5,81	5,86	5,83



LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

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



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

Asisten Laboratorium Pendamping

Mahasiswa

Imelda Wati Funan
NIM. 0826019

Paolo Rossi S. Belen
NIM. 0726018

Malang, 9 Januari 2012

Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan

Anis Artiyani, ST. MT
NIP.P: 1030300348



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JLN. VETERAN TELP. (0341) 575838
MALANG 65145**

LAPORAN HASIL ANALISA

NO : LP. 711/RT.5/T.1/R.O/TT.150803/2011

Data Konsumen

Nama Konsumen : Paolo Rossi S. Belen
Instansi : -
Alamat : Jln. Teusan Sigura-Gura Blok C. No. 334
Telepon : 085237104755
Status : Mahasiswa FTSP Teknik Lingkungan ITN Malang
Keperluan Analisis : Uji Kualitas Air Limbah Penyamakan Kulit
Tanggal Terima Sampel : 8 Desember 2011

1). Analisis Konsentrasi Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai			
		1	2	3	r
COD	mg/l	1076	1064	1076	1072

Pengulangan Pertama

Parameter	Kode	Hasil (mg/l)	Standart Baku Mutu	Metode Analisa
COD	D1. 20	396	100	Redoks
	D1. 40	432		
	D2. 20	240		
	D2. 40	251		

	D3. 20	248		
	D3. 40	213		

Pengulangan Kedua

Parameter	Kode	Hasil (mg/l)	Standart Baku Mutu	Metode Analisa
COD	D1. 20	376	100	Redoks
	D1. 40	416		
	D2. 20	220		
	D2. 40	256		
	D3. 20	168		
	D3. 40	219		

Pengulangan Ketiga

Parameter	Kode	Hasil (mg/l)	Standart Baku Mutu	Metode Analisa
COD	D1. 20	352	100	Redoks
	D1. 40	376		
	D2. 20	192		
	D2. 40	268		
	D3. 20	136		
	D3. 40	205		

Catatan :

Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

Ketua

Malang, 29 Desember 2011
Kalab. Lingkungan



[Handwritten signature]
Sasangka Prasetyawan, MS.
NIP. 19630404 198701 1 001



Ir. Bambang Ismuyanto, MS.
NIP. 19600504 198603 1 003

LAMPIRAN B

METODE ANALISIS

METODE ANALISIS *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS)

1. Metode

Gravimetri

2. Prinsip

Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter fiber glass (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu 105 °C. maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi.

3. Alat – alat

- a. Cawan porselin
- b. Oven untuk pemanasan 105 °C
- c. Desikator
- d. Neraca analitis
- e. Filter kertas

4. Cara Kerja

- a. Panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 150 °C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat.
- b. Sampel yang sudah dikocok merata, sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan pipet ke dalam corong yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Kemudian saring.
- c. Filter kertas diambil dari corong dengan hati – hati dan masukkan ke dalam oven untuk pemanasan pada suhu 105 °C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator kemudian timbang dengan cepat.

5. Perhitungan

$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(a-b) \times 1000}{c}$$

Dimana : a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105⁰C (mg)

b = berat filter kering (sesduah pemanasan) (mg)

c = volume sampel (l)

LAMPIRAN C

BAKU MUTU

**Keputusan Gubernur Jawa Timur No:
45 Tahun 2002 (Sampai Wet Blue)**

**KEPUTUSAN GUBERNUR JAWA TIMUR
NO. 45 TAHUN 2002
TENTANG
BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI
INDUSTRI ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA DI JAWA TIMUR**



GUBERNUR JAWA TIMUR

KEPUTUSAN

**GUBERNUR JAWA TIMUR
NOMOR 45 TAHUN 2002
TENTANG**

**BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI INDUSTRI ATAU KEGIATAN
USAHA LAINNYA DI JAWA TIMUR**

GUBERNUR JAWA TIMUR

- Menimbang:**
- a. Bahwa air sebagai sumber daya alam harus dapat dimanfaatkan untuk memenuhi hajat hidup orang banyak, oleh karena itu perlu dipelihara kualitas, kuantitas dan kontinuitasnya agar tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.
 - b. Bahwa sehubungan dengan maksud tersebut pada huruf a, maka perlu ditetapkan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur.

- Mengingat :**
1. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan;
 2. Undang – Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian
 3. Undang - Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup ;
 4. Undang - Undang Nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintah Daerah ;
 5. Peraturan Pemerintah Nomor 25 tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Pemerintah Propinsi sebagai Daerah Otonom;

6. Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air;
7. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor KEP-51/MENLH/10 / 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri;
8. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur Nomor 5 Tahun 2000 tentang Pengendalian Pencemaran Air di Propinsi Jawa Timur
9. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 14 Tahun 2000 tentang Pengambilan Sample Air di Propinsi Jawa Timur
10. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 28 Tahun 2000 tentang Petunjuk Pelaksanaan Peraturan Daerah Propinsi Jawa Timur Nomor 5 Tahun 2000 tentang Pengendalian Pencemaran Air di Propinsi Jawa Timur
11. Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 29 Tahun 2000 tentang Tata Cara Perijinan Pembuangan Limbah Cair ke Sumber-sumber Air di Propinsi Jawa Timur.

Menetapkan : KEPUTUSAN GUBERNUR JAWA TIMUR TENTANG BAKU MUTU LIMBAH CAIR BAGI INDUSTRI ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA DI PROPINSI JAWA TIMUR.

Pasal 1

Dalam keputusan ini yang dimaksud dengan :

- a. Gubernur adalah Gubernur Propinsi Jawa Timur
- b. Pejabat Berwenang adalah Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Timur dan Bupati / Walikota di Jawa Timur
- c. Dinas Perindustrian dan Perdagangan adalah Dinas Perindustrian dan Perdagangan Propinsi Jawa Timur
- d. Bupati / Walikota adalah Bupati / Walikota di Jawa Timur
- e. Penanggung Jawab Kegiatan adalah pengusaha atau pemilik perusahaan industri atau kegiatan usaha lainnya yang bersangkutan
- f. Laboratorium yang ditunjuk adalah laboratorium lingkungan rujukan yang ditunjuk oleh Gubernur Jawa Timur
- g. Industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan/atau barang jadi menjadi barang

- dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri.
- h. Industri terpadu adalah dua atau lebih jenis industri yang terletak pada satu atau lain lokasi dan instalasi pengolahan limbahnya dijadikan satu.
 - i. Kegiatan Usaha Lainnya adalah kegiatan ekonomi diluar kegiatan industri yaitu peternakan sapi perah, peternakan babi, rumah potong hewan, pencucian kendaraan bermotor dan kegiatan ekonomi lainnya yang dalam melaksanakan usahanya menghasilkan limbah cair.
 - j. Limbah Cair adalah limbah dalam wujud cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri atau kegiatan usaha lainnya yang dibuang ke lingkungan yang diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan.
 - k. Mutu Limbah Cair adalah keadaan limbah cair yang dinyatakan dengan volume dan kadar pencemaran.
 - l. Baku Mutu Limbah Cair adalah batas maksimal yang tidak boleh dilampaui dari limbah cair tentang volume limbah per satuan produk atau per satuan bahan baku, kadar zat pencemar.
 - m. Kadar Zat Pencemar adalah jumlah berat zat pencemar dalam volume limbah cair tertentu yang dinyatakan dalam satuan mg/l.
 - n. Beban Pencemaran adalah jumlah berat zat pencemar yang dihasilkan setiap berat atau volume pembuatan produk tertentu, atau setiap berat atau volume penggunaan bahan baku tertentu yang merupakan hasil perkalian dari volume limbah cair dikalikan kadar zat pencemar.
 - o. Air Kelas Satu adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
 - p. Air Kelas Dua adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
 - q. Air Kelas Tiga adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang sama dengan kegunaan tersebut.
 - r. Air Kelas Empat adalah air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Pasal 2

Dengan Keputusan ini ditetapkan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur.

Pasal 3

- (1) **Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau kegiatan Usaha lainnya sebagaimana dimaksud pada Pasal 2 terdiri dari :**
- a. **Pulp dan Kertas**
 - b. **Kertas**
 - c. **Ethanol**
 - d. **Mono Sodium Glutamat (MSG) dan Lysine**
 - e. **Gula**
 - f. **Electroplating**
 - g. **Penyamakan Kulit**
 - h. **Caustic Soda**
 - i. **Karet**
 - j. **Tekstil**
 - k. **Pupuk Urea, Pupuk Nitrogen, Pupuk ZA dan Amoniak**
 - l. **Pupuk Fosfat, Pupuk Majemuk NPK dan Asam Fosfat**
 - m. **Accumulator (Baterai Basah)**
 - n. **Baterai Kering**
 - o. **Cat**
 - p. **Pestisida**
 - q. **Kayu Lapis**
 - r. **Asam Citrat**
 - s. **Peternakan Sapi Perah dan Babi**
 - t. **Rumah Potong Hewan**
 - u. **Minyak Kelapa Sawit**
 - v. **Minyak Nabati, Sabun/Detergent**
 - w. **Pengalengan/Pengolahan Ikan**
 - x. **Cold Storage**
 - y. **Bir**
 - z. **Susu**
 - aa. **Minuman ringan**
 - bb. **Pengupasan Biji Kopi / Coklat**
 - cc. **Kembang Gula**
 - dd. **Mie dan Krupuk**
 - ee. **Tahu dan Kecap / Tempe**

- ff. Pengolahan Buah dan Sayuran
- gg. Tapioka
- hh. Farmasi
- ii. Pengilangan Minyak Bumi
- jj. Inosine Mono Phospat (IMP)
- kk. Pengolahan Daging
- ll. Karton Box
- mm. Sorbitol
- nn. Penyulingan Pelumas Bekas
- oo. Keramik
- pp. Bleaching earth (Tanah Pemucat)
- qq. Peleburan Tembaga
- rr. Waterglass (Sodium Silikat)
- ss. Galvanis, Perabotan Enamel dan Logam dengan pembersihan karat (Pickling)
- tt. Tepung Ikan
- uu. Agar - agar
- vv. Pencucian Kendaraan Bermotor
- ww. Korek Api
- xx. Industri Saos
- yy. Tepung Silica

Ditetapkan sebagaimana tersebut Lampiran I Keputusan ini.

- (2) Untuk industri atau kegiatan usaha lainnya di luar yang tersebut dalam Lampiran I, Baku Mutu Limbah Cairnya ditetapkan sebagaimana dalam Lampiran II.

Pasal 4

- (1) Dalam memberikan ijin pembuangan limbah cair ditetapkan kadar maksimum bagi setiap parameter dan volume limbah cair yang tidak boleh dilampaui setiap saat dengan memperhitungkan kemampuan daya tampung badan air serta tidak mengakibatkan penurunan kualitas badan air sesuai dengan peruntukannya.
- (2) Penetapan volume limbah cair maksimum tersebut pada ayat (1) pasal ini didasarkan pada produksi bulanan senyatanya dari industri atau kegiatan usaha yang bersangkutan.

- (3) Perhitungan volume limbah cair maksimum dan beban pencemaran maksimum ditetapkan sebagaimana dimaksud dalam Lampiran III.

Pasal 5

Bagi industri atau kegiatan usaha lainnya diluar yang tersebut dalam Lampiran I dalam pembuangan limbah cair ke badan air berlaku ketentuan sebagai berikut:

- a. Golongan I : yaitu limbah cair yang dibuang kedalam air Kelas I
- b. Golongan II : yaitu limbah cair yang dibuang kedalam air Kelas II
- c. Golongan III : yaitu limbah cair yang dibuang kedalam air Kelas III
- d. Golongan IV : yaitu limbah cair yang dibuang kedalam air Kelas IV

Pasal 6

- (1) Pengambilan contoh limbah cair dilakukan petugas yang mempunyai sertifikat pengambilan contoh uji dibawah koordinasi instansi yang berwenang dengan melibatkan Dinas Perindustrian dan Perdagangan, serta Bupati / Walikota dan pemeriksaan kualitas dilakukan oleh laboratorium yang ditunjuk oleh Gubernur sekurang - kurangnya satu kali dalam sebulan atas biaya penanggung jawab kegiatan.
- (2) Hasil pemeriksaan kualitas limbah cair tersebut pada ayat 1 disampaikan kepada Gubernur dan pejabat yang berwenang yang bertanggung jawab dibidang pengendalian pencemaran.

Pasal 7

- (1) Setiap penanggung jawab kegiatan diwajibkan memasang peralatan meter air pembuangan limbah cair yang dapat mencatat jumlah aliran limbah cair yang sudah ditera oleh pejabat yang berwenang serta melakukan pencatatan debit aliran pembuangan limbah cair harian.
- (2) Catatan debit aliran pembuangan limbah cair sebagaimana dimaksud pada ayat 1 disampaikan kepada pejabat berwenang yang bertanggung jawab dibidang pengendalian pencemaran sekurang-kurangnya satu kali dalam satu bulan.

Pasal 8

Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya yang belum tercantum dalam ketentuan sebagaimana dimaksud dalam pasal 3 akan ditetapkan lebih lanjut oleh Gubernur.

Pasal 9

Baku Mutu Limbah Cair ini merupakan ketentuan yang harus dicantumkan dalam pemberian ijin dimaksud dalam pasal 4.

Pasal 10

- (1) Dengan berlakunya Keputusan ini, Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa timur tanggal 21 Nopember 1994 Nomor 136 tahun 1994 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur dinyatakan tidak berlaku.
- (2) Baku Mutu Limbah Cair ini akan ditinjau kembali paling lambat 5 (lima) tahun sejak tanggal ditetapkan.

Pasal 11

- (1) Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.
- (2) Keputusan ini diumumkan dalam Lembaran Daerah Propinsi Jawa Timur.

Ditetapkan di Surabaya
Pada Tanggal : 17 Juni 2002



GUBERNUR JAWA TIMUR

Imam Utomo
IMAM UTOMO. S

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT

Volume Limbah Cair Maximum per satuan Bahan Baku
 50 m³ / ton Bahan baku Kulit Kering Proses Lengkap
 30 m³ / ton Bahan baku Kulit Kering Sampai Proses Wet Blue
 20 m³ / ton Bahan Baku Kulit Wet Blue Sampai Produk Jadi

Parameter	Kadar Maximum (mg/l)		
	Porses Lengkap	Sampai Wet Blue	Bahan Baku Wet Blue
BOD5	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 (amonia total)	10	10	5
Sulfida (sebagai H ₂ S)	0,80	0,80	0,50
pH		6 - 9	

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI CAUSTIK SODA

Volume Limbah Cair Maximum per satuan produk
 3 m³ / ton Soda Kostik

Parameter	Kadar Maximum (mg/l)
TSS	25
Cl ₂ tersisa	0,5
Cu	1
Pb	0,8
Zn	1
Cr. Total	0,5
Ni	1,2
pH	6 - 9

LAMPIRAN II

BAKU MUTU LIMBAH CAIR
(TERMASUK PENGOLAH LIMBAH TERPUSAT / KAWASAN INDUSTRI)

No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair			
			I	II	III	IV
A FISIKA						
1	Temperatur	°C	35	38	40	45
2	Zat Padat terlarut	mg/liter	1500	2000	4000	5000
3	Zat Padat tersuspensi	mg/liter	100	200	200	500
B KIMIA						
1	PH	mg/liter	6-9	6-9	6-9	6-9
2	Besi (Fe)	mg/liter	5	10	15	20
3	Mangan (Mn)	mg/liter	0,5	2	5	10
4	Barium (Ba)	mg/liter	1	2	3	5
5	Tembaga (Cu)	mg/liter	1	2	3	5
6	Seng (Zn)	mg/liter	5	10	15	20
7	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/liter	0,05	0,1	0,5	2
8	Krom Total (Cr tot)	mg/liter	0,1	0,5	1	2
9	Cadmium (Cd)	mg/liter	0,01	0,05	0,1	1
10	Raksa (Hg)	mg/liter	0,001	0,002	0,005	0,01
11	Timbal (Pb)	mg/liter	0,1	0,5	1	3
12	Timah Putih (Sn)	mg/liter	2	3	4	5
13	Arsen (As)	mg/liter	0,05	0,1	0,5	1
14	Selenium (Se)	mg/liter	0,01	0,05	0,5	1
15	Nikel (Ni)	mg/liter	0,1	0,2	0,5	1
16	Kobalt (Co)	mg/liter	0,2	0,4	0,6	1
17	Sianida (CN)	mg/liter	0,05	0,1	0,5	1
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/liter	0,01	0,06	0,1	1
19	Fluorida (F)	mg/liter	1,5	15	20	30
20	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/liter	0,02	0,03	0,04	0,05
21	Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	mg/liter	0,5	1	5	20
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/liter	10	20	30	50
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/liter	0,06	1	3	5
24	BOD ₅	mg/liter	30	50	150	300
25	COD	mg/liter	80	100	300	600
26	Detergent an Ionik	mg/liter	0,5	1	10	15
27	Peterol	mg/liter	0,01	0,05	1	2
28	Minyak dan Lemak	mg/liter	1	5	15	20
29	PCB	mg/liter	1	5	15	20

LAMPIRAN III

Perhitungan Volume Limbah Cair Maksimum dan Beban Pencemaran Maksimum untuk menentukan Mutu Limbah Cair

I. Volume Limbah Maksimum.

1. a. Penetapan Baku Mutu Limbah Cair pada pembuangan limbah cair melalui penetapan Volume Limbah Cair Maksimum, sebagaimana tercantum dalam Lampiran I untuk masing - masing jenis industri didasarkan pada tingkat produksi bulanan yang sebenarnya. Untuk itu digunakan perhitungan sebagai berikut :

$$V_m = \frac{DM}{P_b}$$

Keterangan :

DM = Debit limbah cair maksimum yang diizinkan bagi industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³/ bulan.

V_m = Volume limbah cair maksimum sebagaimana tercantum dalam ketentuan pada Lampiran I yang sesuai dengan industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³ limbah cair per satuan produk.

P_b = Produksi sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan produk yang sesuai dengan yang tercantum pada Lampiran untuk industri yang bersangkutan

2. b. Debit Limbah Cair yang sebenarnya dihitung dengan cara berikut :

$$DA = D_p \times H$$

Keterangan :

DA = Debit limbah cair yang sebenarnya, dinyatakan dalam m³/ bulan.

D_p = Hasil pengukuran debit limbah cair dinyatakan dalam m³/ hari.

H = Jumlah hari kerja pada bulan yang bersangkutan.

1. c. Dengan demikian penilaian debit adalah :

$$Va = \frac{DA}{Pb}$$

Catatan : DA tidak boleh lebih besar dari DM

Keterangan :

Va = Volume limbah cair yang sebenarnya sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang sesuai dengan jenis industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³ / per satuan produk.

DA = Debit limbah sebenarnya dinyatakan dalam m³ / bulan.

Pb = Produksi sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan produk yang sesuai dengan yang tercantum pada Lampiran I untuk jenis industri yang bersangkutan.

Catatan : Va tidak boleh lebih besar dari Vm.

- II. Apabila Menghitung Beban Pencemaran Maksimum sebagai berikut :

2. a.

$$a. BPM = (CM)_j \times Vm \times f$$

Keterangan :

Vm = Beban Pencemaran Maksimum per satuan produk dinyatakan dalam kg parameter per satuan produk.

(CM)_j = Kadar Maksimum unsur pencemar j dinyatakan dalam mg/liter.

VM = Volume limbah cair maksimum sebagaimana tercantum pada Lampiran I yang sesuai dengan industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³ limbah cair per satuan produk.

$$f = \text{Faktor Konversi} = 1\text{m}^3 \times \frac{\text{mg}}{\text{lt}} \times \frac{1}{1000} (\text{kg})$$

2. b. Beban Pencemaran sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$BPA = (CA)_j \times V_a \times f$$

Keterangan :

BPA = Beban Pencemaran sebenarnya dinyatakan dalam kg parameter per satuan produk.

(CA)_j = Kadar sebenarnya unsur pencemar *j* dinyatakan dalam mg/liter.

V_a = Volume limbah cair sebenarnya tercantum dalam Lampiran I yang sesuai dengan jenis industri yang bersangkutan, dinyatakan dalam m³ per satuan produk.

f = Faktor Konversi = 1 / 1000.

2. c. Beban Pencemaran Maksimum Industri Terpadu (misal 2 (dua) jenis industri yang terletak pada satu lokasi) dan instalasi pengolahan limbahnya dijadikan satu dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$BPM_T = (V_{m1} \times (CM)_{J1}) \times (V_{m2} \times (CM)_{J2}) \times f$$

Keterangan :

BPM_i = Beban Pencemaran sebenarnya dinyatakan dalam kg parameter per satuan produk.

V_{m1} = Volume maksimum limbah cair industri 1 sesuai kapasitas produksi sebenarnya dinyatakan dalam m³ per hari.

V_{m2} = Volume maksimum limbah cair industri 2 sesuai kapasitas produksi sebenarnya dinyatakan dalam m³ per hari.

(CM)_{J1} = Kadar maksimum unsur pencemar *J* industri 1 dinyatakan dalam mg/liter.

(CM)_{J2} = Kadar maksimum unsur pencemar *J* industri 2 dinyatakan dalam mg/liter.

2. d.

$$BPM_i = BPM \times Pb / H$$

Keterangan :

BPM_i = Beban Pencemaran Maksimum per hari yang dibolehkan bagi industri yang bersangkutan dinyatakan dalam kg parameter per hari.

Pb = Produk sebenarnya dalam sebulan, dinyatakan dalam satuan produk yang sesuai dengan yang tercantum dalam Lampiran I untuk industri yang bersangkutan.

Beban pencemaran maksimum yang sebenarnya dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$BPA_j = (CA)_j \times Dp \times f$$

Keterangan :

BPA_j = Beban Pencemaran sebenarnya dinyatakan dalam kg parameter per satuan produk.

(CA)_j = Kadar sebenarnya unsur pencemar j dinyatakan dalam mg/liter.

Dp = Hasil pengukuran debit limbah cair, dinyatakan dalam m³/hari.

f = Faktor Konversi = 1 / 1000.

Dengan demikian penilaian beban pencemaran adalah :

BPA tidak boleh lebih dari BPM
BPA_j tidak boleh lebih dari BPM_i



GUBERNUR JAWA TIMUR

Imam Utomo
IMAM UTOMO. S

Salinan Keputusan ini disampaikan kepada :

- Yth. 1. Sdr. Menteri Dalam Negeri di Jakarta.
2. Sdr. Menteri Negara Lingkungan Hidup.
 3. Sdr. Menteri Perindustrian dan Perdagangan di Jakarta.
 4. Sdr. Ketua DPRD Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 5. Sdr. Kepala Kepofisian Daerah Jawa Timur di Surabaya.
 6. Sdr. Ketua Pengadilan Tinggi di Surabaya.
 7. Sdr. Kepala Kejaksaan Tinggi di Surabaya
 8. Sdr. Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 9. Sdr. Kepala Dinas Perindustrian dan Per-dagangan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 10. Sdr. Kepala Badan Pertanahan Nasional Jawa Timur di Surabaya.
 11. Sdr. Kepala BAPEPROP Jawa Timur di Surabaya.
 12. Sdr. Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 13. Sdr. Kepala Dinas Peternakan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 14. Sdr. Kepala Dinas Perkebunan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 15. Sdr. Kepala Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 16. Sdr. Kepala Dinas Kesehatan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 17. Sdr. Pimpinan Laboratorium Rujukan Propinsi Jawa Timur di Surabaya.
 18. Sdr. Direktur Utama PT. Jasa Tirta I di Malang.
 19. Sdr. Bupati / Walikota se Jawa Timur.
 20. Sdr. Semua Industri di Jawa Timur.

LAMPIRAN D
DESAIN REAKTOR

DESAIN REAKTOR

KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI

I. DIMENSI BAK PENAMPUNG LIMBAH

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

$$\sum t_d = T_{d_{\text{koa}}} + T_{d_{\text{flo}}} + T_{d_{\text{sed}}} = (1 + 30 + 60) \text{ menit} = 91 \text{ menit}$$

$$V = Q \times t = 0,5 \text{ l/menit} \times 91 \text{ menit} = 45,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Digunakan bak plastik dengan volume \pm 45 liter

II. DIMENSI BAK PENAMPUNG dan DEBIT ALIRAN KOAGULAN

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

Dosis koagulan maksimum = 3 gr/l

Pengenceran dengan volume aquades 65 ml, dimana larutan koagulan sudah dapat diaduk.

Volume reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi = 45 liter

Jumlah koagulan yang digunakan = 3 x 45 liter = 135 gr

Jumlah pengenceran = 135 gr x 65 ml = 8.775 ml \approx 9 liter

Digunakan bak plastik dengan volume \pm 9 liter

$$\% \text{ larutan koagulan} = \frac{9 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} \times 100\% = 20 \%$$

$$\% \text{ volume limbah} = \frac{36 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} \times 100\% = 80 \%$$

$$Q \text{ koagulan} = \frac{Q_{\text{in}} \times \% \text{ vol limbah} \times \% \text{ lar koagulan} \times 1 \text{ gr}}{\text{dosis koagulan}}$$

$$= \frac{0,5 \text{ l/menit} \times 80\% \times 20\% \times 1 \text{ gr}}{3 \text{ gr/l}}$$

$$= 0,027 \text{ l/menit}$$

III. DESAIN BAK KOAGULASI

$T_d = 1$ menit (60 detik).

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

$$V = Q \times t = 0,5 \text{ l/menit} \times 1 \text{ menit} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3.$$

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

$$p^3 = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,079 \text{ m} \sim \underline{8 \text{ cm.}}$$

$$p = l = t = 8 \text{ cm.}$$

$$\text{Panjang paddle } (d_{\text{paddle}}) = 80\% \times p = 80\% \times 8 \text{ cm} = \underline{6,4 \text{ cm.}}$$

Lebar paddle (w_{paddle}) = $1/6 \times 6,4 \text{ cm} = \underline{1,07 \text{ cm}}$.

Tinggi paddle terhadap dasar (h_{paddle}) = $1/2 \times 6,4 = \underline{3,2 \text{ cm}}$.

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

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

$$KT = 0,75 \times KT = 0,75 \times 1,7 = 1,275.$$

$$P = 1,275 \cdot (200/60)^3 \cdot (0,064)^5 \cdot 995,68 = 0,0505 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0505}{0,8004 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 126123,88$$

$$G = 355,25 \text{ /dt. (memenuhi kriteria desain } G = 100 - 1000 \text{ / dt)}$$

IV. DESAIN BAK FLOKULASI

$T_d = \underline{30 \text{ menit}}$.

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

$$V = Q \times t = 0,5 \text{ l/menit} \times 30 \text{ menit} = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3.$$

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

$$p^3 = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,25 \text{ m} \sim$$

Modifikasi desain, $p = l = 0,22 \text{ m} = \underline{22 \text{ cm}}$, sedangkan $t = \underline{31 \text{ cm}}$, sehingga volume =

$$22 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} = 15004 \text{ cm}^3 = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

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

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

Berikut ini adalah perhitungan nilai gradien kecepatan (G).

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho$$

Dimana: K_T = konstanta impeller untuk flat blades, 2 blades, tanpa baffle

(0,86)

$$n = 20 \text{ dan } 40 \text{ rpm}$$

$$D_i = 6,5 \text{ cm} = 0,065 \text{ m}$$

$$\rho = \text{untuk suhu } 30^\circ\text{C} = 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$\circ P = 0,86 \cdot (20 \text{ rpm} / 60 \text{ dt})^3 \cdot (0,065 \text{ m})^5 \cdot 995,68 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 0,000037 \text{ Nm/dt}$$

$$G = \left(\frac{P}{\mu \cdot V} \right)^{1/2}$$

Dimana: μ = viskositas absolut untuk suhu 30°C adalah $0,8004 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{dt}/\text{m}^2$

$$V = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$G = \left(\frac{0,000037 \text{ N}\cdot\text{m} / \text{dt}}{0,8004 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{dt} / \text{m}^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{1/2}$$

$$G = 9,6 / \text{dt} \approx 10 / \text{dt} \text{ untuk } n = 20 \text{ rpm}$$

$$\circ P = 0,86 \cdot (40 \text{ rpm} / 60 \text{ dt})^3 \cdot (0,065 \text{ m})^5 \cdot 995,68 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$P = 0,00029 \text{ N}\cdot\text{m} / \text{dt}$$

$$G = \left(\frac{0,00029 \text{ N}\cdot\text{m} / \text{dt}}{0,8004 \cdot 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{dt} / \text{m}^2 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \right)^{1/2}$$

$$G = 27,12 / \text{dt} \text{ untuk } n = 40 \text{ rpm}$$

V. 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 ml/1000 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

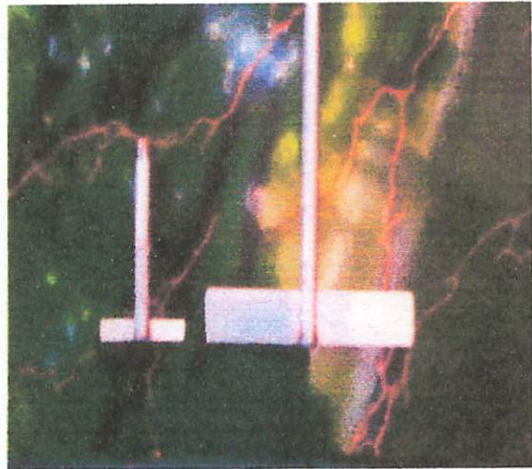
LAMPIRAN E

DOKUMENTASI PENELITIAN

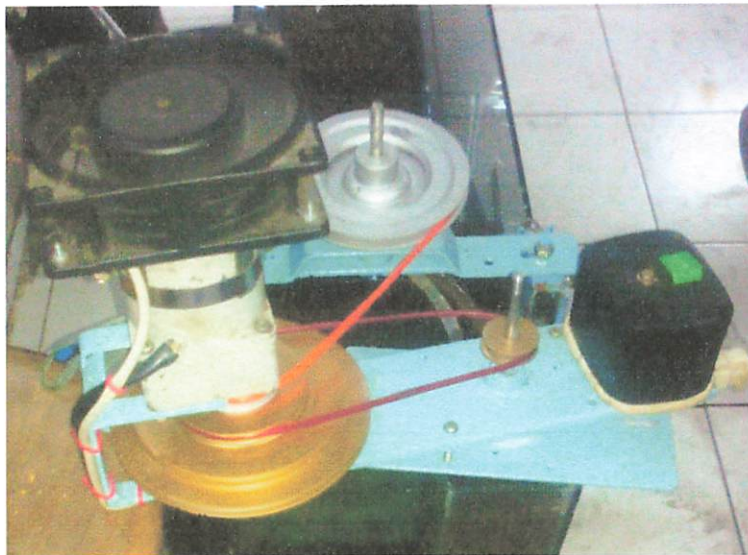
DOKUMENTASI PENELITIAN



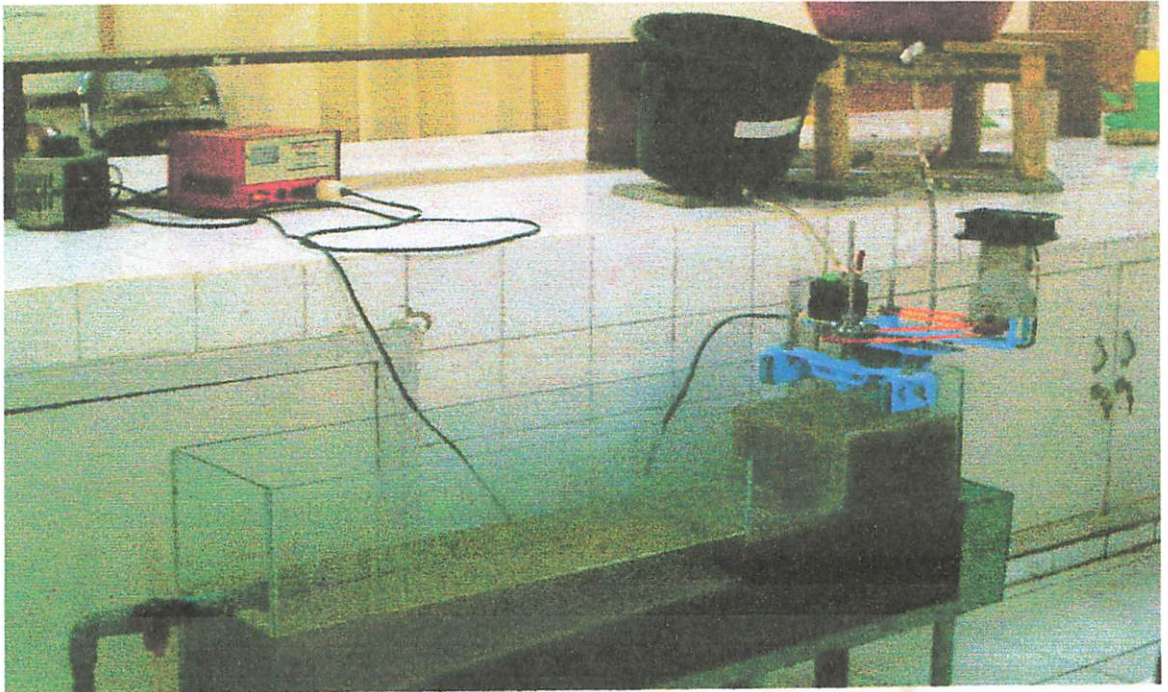
Limbah Penyamakan Kulit



Paddle/Pengaduk



Motor Pengaduk Koagulasi-Flokulasi



Reaktor dan Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi Aliran Kontinyu