

# SKRIPSI

## UJI KEMAMPUAN BENTUK *IMPELLER* (GAYUNG PENGADUK) DALAM PENCAPAIAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI (Study Kasus Dalam Proses Penurunan TSS Dan BOD Limbah Cair Penyamakan Kulit PT. Kasin Kota Malang)



MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

Oleh :

**Efraim Suryadarma**

**04.26.011**

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

**2009**

1871113

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, FBI  
FROM: SAC, MALANG (100-100000)  
SUBJECT: [Illegible]

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

100-100000-100000  
100-100000-100000

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, FBI  
FROM: SAC, MALANG (100-100000)  
SUBJECT: [Illegible]

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**UJI KEMAMPUAN BENTUK *IMPELLER* (GAYUNG PENGADUK)  
DALAM PENCAPAIAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI  
(Study Kasus Dalam Proses Penurunan TSS Dan BOD  
Limbah Cair Penyamakan Kulit PT. Kasin Kota Malang)**

*Oleh:*

**EFRAIM SURYADARMA**

**04.26.011**

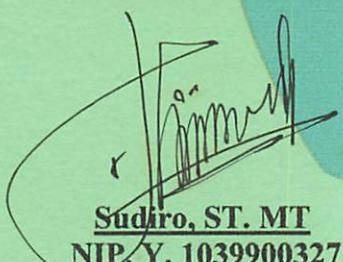


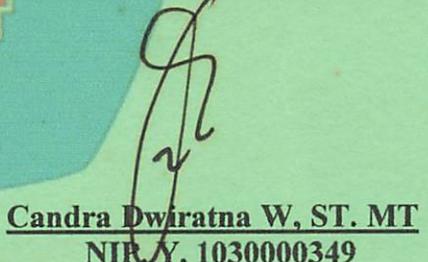
**Menyetujui:**

**Tim Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Sudiro, ST. MT**  
**NIP. Y. 1039900327**

  
**Candra Dwiratna W, ST. MT**  
**NIP. Y. 1030000349**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**



**Candra Dwiratna W, ST. MT**

**NIP. Y. 1030000349**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**UJI KEMAMPUAN BENTUK *IMPELLER* (GAYUNG PENGADUK)  
DALAM PENCAPAIAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI  
(Study Kasus Dalam Proses Penurunan TSS Dan BOD  
Limbah Cair Penyamakan Kulit PT. Kasin Kota Malang)**

*Oleh:*

**EFRAIM SURYADARMA**

**04.26.011**

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan/Program Studi Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 13 Oktober 2009.

**Mengetahui:**

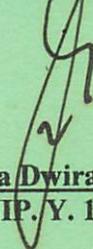
**Panitia Ujian Komprehensif Skripsi**

**Ketua**



**Ir. A. Agus Santoso, MT**  
NIP. Y . 1018700155

**Sekretaris**



**Candra Dwiratna W, ST. MT**  
NIP. Y. 1030000349

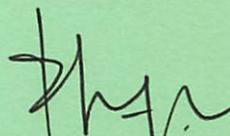
**Dewan Penguji**

**Dosen Penguji I**



**DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi**  
NIP. 131965844

**Dosen Penguji II**



**Evy Hendriariani, ST. MMT**  
NIP. Y. 1030300382

---

---

Suryadarma, Efrain, Sudiro, Dwiratna C 2009. *Uji Kemampuan Bentuk Impeller (Gayung Pengaduk) Dalam Pencapaian Proses Koagulasi-Flokulasi (Study Kasus Dalam Proses Penurunan TSS Dan BOD Limbah Cair Penyamakan Kulit PT. Kasin Kota Malang)*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

---

### ABSTRAKSI

Industri penyamakan kulit mempunyai beban pencemar yang tinggi. Parameter untuk mengetahui tingkat pencemaran tersebut adalah *Total Suspended Solids* dan *Biological Oxygen Demand*. Proses koagulasi-flokulasi merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah penyamakan kulit yang menggunakan bantuan pengadukan. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan alat pengaduk berupa *impeller* yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kemampuan bentuk *impeller paddle* dengan *impeller turbine* dan mengetahui pengaruh kecepatan putaran flokulasi dalam pencapaian proses koagulasi dan flokulasi.

Untuk menguji kemampuan bentuk *impeller paddle 2 blades*, *paddle 4 blades* dan bentuk *turbine blade* lurus, *blade* menyerong dilakukan proses pengujian *impeller* dengan menggunakan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Selain itu, dilakukan variasi kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm.

Hasil penelitian menunjukkan bentuk *impeller paddle 4 blades* merupakan bentuk *impeller* yang paling baik dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi. Nilai konsentrasi akhir TSS terendah adalah sebesar 100 mg/l dengan persentase penurunan 88,23% pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm. Sedangkan nilai konsentrasi akhir BOD terendah adalah sebesar 65 mg/l dengan persentase penurunan 84,49% juga pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm.

---

---

**Kata Kunci :** *Impeller*, Koagulasi-Flokulasi, *Total Suspended Solid*, *Biological Oxygen Demand*, Limbah Cair Penyamakan Kulit

---

---

## KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, karena begitu besarnya kasih dan penyertaan Yesus Kristus yang senantiasa memelihara dan menuntunku, sehingga Laporan Skripsi dengan judul Uji Kemampuan Bentuk *Impeller* (Gayung Pengaduk) Dalam Pencapaian Proses Koagulasi-Flokulasi (Study Kasus Dalam Proses Penurunan TSS dan BOD Limbah Cair Penyamakan Kulit PT. Kasin Kota Malang) ini dapat terselesaikan dengan baik.

Laporan Skripsi ini dimaksud untuk memenuhi syarat menyelesaikan Program Sarjana (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Selama penyusunan Skripsi, penyusun memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak dan pada kesempatan ini, penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Candra Dwiratna W, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan.
2. Pimpinan PT. Kasin Kota Malang.
3. Bapak Hendrik selaku Kepala Bagian Humas PT. Kasin Kota Malang.
4. Bapak Sudiro, ST. MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Candra Dwiratna W, ST. MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi selaku Dosen Penguji I.
7. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT selaku Dosen Penguji II.
8. Teman – teman Teknik Lingkungan angkatan 2004.
9. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat konstruktif sangat penyusun harapkan untuk penyusunan laporan skripsi yang akan datang.

Akhir kata penyusun berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, Oktober 2009

*Penyusun*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR TABEL ..... v

DAFTAR GAMBAR..... vii

### BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 2

1.3 Tujuan Penelitian ..... 3

1.4 Ruang Lingkup..... 3

### BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Koagulasi-Flokulasi..... 5

2.1.1 Definisi Koagulasi-Flokulasi ..... 5

2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi

Proses Koagulasi-Flokulasi..... 6

2.1.3 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan..... 7

2.2 Jenis Pengadukan ..... 8

2.3 Tenaga Pengadukan ..... 12

2.4 Pengadukan Cepat..... 15

2.5 Pengadukan Lambat ..... 16

2.6 *Jar Test*..... 17

2.7 Sedimentasi ..... 18

2.7.1 Teori Sedimentasi..... 18

2.7.2 Aplikasi Sedimentasi..... 19

2.8 Parameter-Parameter Dalam Air Limbah..... 20

2.9 Industri Penyamakan Kulit..... 22

2.9.1 Proses Produksi Penyamakan Kulit ..... 22

2.9.2 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit.....	24
2.9.2 Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 Tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya.....	25
2.10 Metode Pengolahan Data .....	25
2.10.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi.....	25
2.10.2 Analisis Korelasi .....	26
2.10.3 Analisis Regresi .....	27
2.10.4 Pengantar Desain Eksperimen .....	27
2.10.4.1 Langkah-Langkah Dalam Desain Eksperimen.....	28
2.10.4.2 Analysis of Variance .....	28

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Tempat Penelitian.....	29
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	29
3.2.1 Sampel Limbah .....	29
3.2.2 Peralatan.....	29
3.2.2.1 Peralatan <i>Impeller</i> ( Gayung Pengaduk) .....	29
3.2.2.2 Peralatan Pengolahan .....	31
3.3 Variabel Penelitian .....	34
3.3.1 Proses Penelitian Pendahuluan.....	34
3.3.2 Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	34
3.4 Tahapan Penelitian .....	35
3.4.1 Penelitian Pendahuluan .....	35
3.4.2 Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	35
3.5 Analisis Parameter Uji .....	37
3.5.1 Analisis <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) .....	37
3.5.2 Analisis Kandungan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....	37
3.6 Analisis Data .....	37
3.7 Kerangka Penelitian .....	38

## **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Penelitian Penelitian .....	39
4.2 Analisis Penurunan <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Pada Penelitian Pendahuluan .....	41
4.3 Pembahasan Persentase Penurunan <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Pada Penelitian Pendahuluan .....	43
4.4 Analisis Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Pada Penelitian Pendahuluan .....	44
4.5 Pembahasan Persentase Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Pada Penelitian Pendahuluan .....	46
4.6 Hasil Penelitian Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	47
4.7 Analisis Penurunan <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	48
4.7.1 Analisis Deskriptif .....	48
4.7.2 Analisis Korelasi .....	50
4.7.3 Analisis Regresi .....	52
4.7.4 Analisis ANOVA .....	54
4.8 Pembahasan Persentase Penurunan <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	58
4.9 Analisis Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	61
4.7.1 Analisis Deskriptif .....	61
4.7.2 Analisis Korelasi .....	63
4.7.3 Analisis Regresi .....	64
4.7.4 Analisis ANOVA .....	67
4.8 Pembahasan Persentase Penurunan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	70

## **BAB V. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran.....	72

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	viii
-----------------------------	------

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria <i>Impeller</i> .....	10
Tabel 2.2	Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Penyamakan Kulit .....	25
Tabel 4.1	Nilai Konsentrasi Awal Limbah Cair Penyamakan Kulit .....	39
Tabel 4.2	Nilai Konsentrasi <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Akhir Pada Penelitian Pendahuluan .....	40
Tabel 4.3	Nilai Konsentrasi <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Akhir Pada Penelitian Pendahuluan .....	40
Tabel 4.4	Nilai Persentase Penurunan Kandungan <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Akhir Pada Penelitian Pendahuluan .....	42
Tabel 4.5	Nilai Persentase Penurunan Kandungan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Akhir Pada Penelitian Pendahuluan .....	45
Tabel 4.6	Nilai Konsentrasi <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Akhir Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	47
Tabel 4.7	Nilai Konsentrasi <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Akhir Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	47
Tabel 4.8	Nilai Persentase Penurunan Kandungan <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Akhir Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	49
Tabel 4.9	Korelasi antara Persentase Penurunan TSS, Bentuk <i>Impeller</i> dan Kecepatan Putaran Flokulasi .....	51
Tabel 4.10	Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, bentuk <i>Impeller</i> dan Kecepatan Putaran Flokulasi .....	52
Tabel 4.11	Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS, Bentuk <i>Impeller</i> .....	55
Tabel 4.12	Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi .....	56
Tabel 4.13	Nilai Persentase Penurunan Kandungan <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) Akhir Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	62
Tabel 4.14	Korelasi antara Persentase Penurunan BOD, Bentuk <i>Impeller</i> dan Kecepatan Putaran Flokulasi .....	63

Tabel 4.15 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan BOD, Bentuk <i>Impeller</i> dan Kecepatan Putaran Flokulasi .....	65
Tabel 4.16 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan BOD, Bentuk <i>Impeller</i> .....	67
Tabel 4.17 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan BOD, Kecepatan Putaran Flokulasi .....	68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Pengaduk Mekanis.....	9
Gambar 2.2 Sketsa Peletakan Pengaduk .....	10
Gambar 2.3 Pola Aliran .....	11
Gambar 2.4 Pengadukan Pneumatis.....	12
Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit .....	23
Gambar 3.1 Bentuk <i>Impeller</i> ( Gayung Pengaduk ) .....	29
Gambar 3.2 Sketsa Peletakan <i>Impeller</i> ( Gayung Pengaduk ) .....	30
Gambar 3.3 Sketsa Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi .....	33
Gambar 3.4 Kerangka Penelitian .....	38
Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Kandungan TSS Akhir Pada Penelitian Pendahuluan .....	41
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan Kandungan TSS Pada Penelitian Pendahuluan .....	42
Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Kandungan BOD Akhir Pada Penelitian Pendahuluan .....	44
Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Kandungan BOD Pada Penelitian Pendahuluan .....	45
Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Kandungan TSS Akhir Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	48
Gambar 4.6 Grafik Persentase Penurunan Kandungan TSS Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	50
Gambar 4.7 Grafik Konsentrasi Kandungan BOD Akhir Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	61
Gambar 4.8 Grafik Persentase Penurunan Kandungan BOD Pada Proses Pengujian <i>Impeller</i> .....	62



# BAB I PENDAHULUAN

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu industri yang sebagian besar rumah produksinya tergolong ke dalam industri kecil (<http://keslingmks.wordpress.com/feed/>), industri penyamakan kulit mempunyai potensi besar untuk mencemari lingkungan. Hal ini dikarenakan limbah yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit memiliki potensi untuk menurunkan kualitas dari badan air. Limbah yang dihasilkan dari industri ini mengandung bahan-bahan pencemar seperti sisa daging, darah, bulu yang menyebabkan timbulnya endapan dan bahan organik, serta kandungan bahan kimia krom (Cr). Timbulnya endapan dan bahan organik di dalam limbah cair penyamakan kulit akan menyebabkan parameter TSS (*Total Suspended Solid*) dan parameter BOD (*Biological Oxygen Demand*) dalam limbah akan semakin meningkat. Kandungan TSS dan BOD yang tinggi dalam limbah apabila di buang langsung ke badan air akan menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam badan air. Akibatnya banyak dari biota air yang akan mati karena kekurangan oksigen sehingga akan menyebabkan perubahan ekosistem perairan. Oleh karena itu industri penyamakan kulit memerlukan alternatif pengolahan limbah yang efektif agar memenuhi standar *effluen* untuk di buang ke badan air. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair penyamakan kulit adalah dengan proses fisika dan kimia.

Pada umumnya proses fisika dan kimia yang digunakan yaitu koagulasi dan flokulasi. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (disebut koagulan) yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Proses koagulasi hanya dapat berlangsung bila ada pengadukan. Sedangkan flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok berukuran besar. Proses flokulasi juga hanya dapat berlangsung bila ada pengadukan. Secara sederhana, tujuan dari pengadukan ini adalah untuk menstabilkan flok (partikel) agar menghasillkan inti

flok serta menggabungkan inti flok (partikel) sehingga menjadi flok yang lebih besar. Dengan ukuran partikel yang lebih besar, maka partikel tersebut akan lebih mudah untuk mengendap. Pada umumnya, jenis pengadukan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi adalah pengadukan mekanis. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan alat pengaduk berupa *impeller* yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Menurut Masduqi dan Slamet (2002), berdasarkan bentuknya ada 3 macam jenis *impeller* yaitu jenis *paddle*, *turbine* dan *propeller*. Dalam pengadukan mekanis, tenaga pengadukan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh faktor kecepatan pengadukan, bentuk dan ukuran alat pengaduk. Tenaga pengadukan ini akan mempengaruhi proses pertumbukkan antar partikel serta antar koagulan dengan partikel untuk menghasilkan bertambahnya ukuran flok di dalam proses koagulasi-flokulasi.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka muncul ide studi untuk membandingkan kemampuan *impeller* bentuk *paddle* dengan *impeller* bentuk *turbine* dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk study kasus dalam proses penurunan TSS dan BOD limbah cair penyamakan kulit. Alasannya, kedua bentuk *impeller* ini memiliki kecepatan putaran yang hampir sama yaitu 10 rpm-200 rpm. Sedangkan untuk bentuk *propeller* memiliki kecepatan di atas 400 rpm, sehingga kedua *impeller* ini dapat dibandingkan dengan penggunaan kecepatan yang sama.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana tingkat kemampuan beberapa bentuk *impeller* (gayung pengaduk) dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk study kasus dalam proses penurunan TSS dan BOD limbah cair penyamakan kulit.
2. Bagaimana pengaruh kecepatan putaran flokulasi dalam pencapaian proses koagulasi dan flokulasi untuk study kasus dalam proses penurunan TSS dan BOD limbah cair penyamakan kulit.

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Membandingkan tingkat kemampuan *impeller* bentuk *paddle* dengan *impeller* bentuk *turbine* dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk study kasus dalam proses penurunan TSS dan BOD limbah cair penyamakan kulit.
2. Mengetahui pengaruh kecepatan putaran flokulasi dalam pencapaian proses koagulasi dan flokulasi untuk study kasus dalam proses penurunan TSS dan BOD limbah cair penyamakan kulit.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

1. Limbah cair yang digunakan berasal dari limbah cair penyamakan kulit PT. Kasin Kota Malang.
2. Parameter pokok yang akan dianalisis adalah kandungan TSS dan BOD.
3. Digunakan *impeller* bentuk *paddle 2 blades, 4 blades* dengan ukuran:

Proses koagulasi

Panjang *paddle* (d) = 4 cm

Lebar *paddle* (w) = 0,67 cm

Tinggi *paddle* Terhadap Dasar (h) = 2 cm

Proses flokulasi

Panjang *paddle* (d) = 11 cm

Lebar *paddle* (w) = 1,83 cm

Tinggi *paddle* Terhadap Dasar (h) = 5,5 cm

dan *impeller* bentuk *turbine blade* lurus, *blade* menyerong dengan ukuran :

Proses koagulasi

Panjang *turbine* (d) = 4 cm

Lebar *turbine* (w) = 0,67 cm

Tinggi *turbine* Terhadap Dasar (h) = 2 cm

Proses flokulasi

Panjang *turbine* (d) = 11 cm

Lebar *turbine* (w) = 1,83 cm

Tinggi *turbine* Terhadap Dasar (h) = 5,5 cm

(Lampiran D Perencanaan Desain)

4. Koagulan yang digunakan adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC).
5. Dilakukan variasi bentuk *impeller*, dosis koagulan dan kecepatan putaran flokulasi.
6. Penelitian pendahuluan untuk menentukan dosis optimum koagulan PAC dengan menggunakan alat *jar test* dan proses pengujian untuk menguji kemampuan bentuk *impeller* dengan bantuan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi skala laboratorium.
7. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di *outlet* alat sedimentasi.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proses Koagulasi-Flokulasi**

##### **2.1.1 Definisi Koagulasi-Flokulasi**

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

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

(Slamet dan Masduqi, 2000)

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

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar (Masduqi dan Slamet, 2002). Proses flokulasi merupakan kelanjutan dari proses koagulasi. Proses flokulasi terjadi bila terdapat pengadukan lambat, hal ini dilakukan karena beberapa alasan yaitu:

- a. Memberi kesempatan pada partikel-partikel (flok-flok kecil) yang sudah terkoagulasi untuk bergabung menjadi flok-flok yang ukurannya semakin lama semakin besar.

- b. Memudahkan flokulan dengan “benang–benangnya” untuk mengikat flok–flok kecil menjadi ikatan flok yang ukurannya semakin lama semakin besar.
- c. Mencegah pecahnya kembali flok yang sudah terbentuk.

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006)

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

### **2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi**

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

#### **1. 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 di atas, garam mineral berpengaruh pada penentuan pH dan dosis koagulan. Adanya senyawa ini dalam sampel akan mengakibatkan perubahan range pH optimum koagulan, waktu yang diperlukan koagulasi, dosis koagulan yang optimum dan residu koagulan pada *effluen*.

### 3. Keketuhan

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

#### 2.1.3 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan

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

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

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

## **2.2 Jenis Pengadukan**

Jenis pengadukan dalam pengolahan air baku dan air limbah dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukan. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Kecepatan pengadukan dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai (P) :

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}} = \sqrt{\frac{P}{\mu.V}} \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

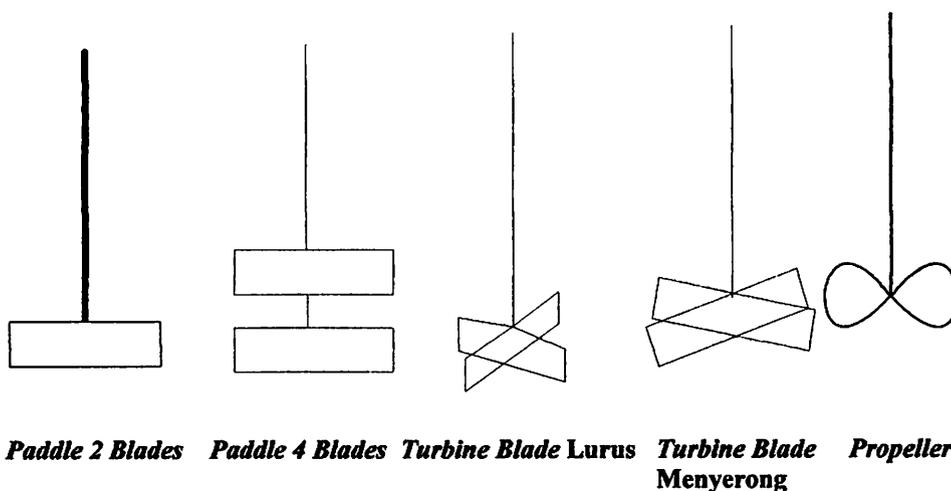
dalam hal ini:

- G = gradien kecepatan, /det
- W = tenaga yang disuplai per satuan volume air, N-m/det.m<sup>3</sup>
- P = suplai tenaga ke air, N.m/det
- V = volume air yang diaduk, m<sup>3</sup>
- μ = viskositas absolut air, N.det/m<sup>2</sup>

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Berdasarkan metodanya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan mekanis, hidrolis, dan pengadukan pneumatis

- a. Pengadukan mekanis adalah metode 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 2.1



**Gambar 2.1 Tipe Pengaduk Mekanis**

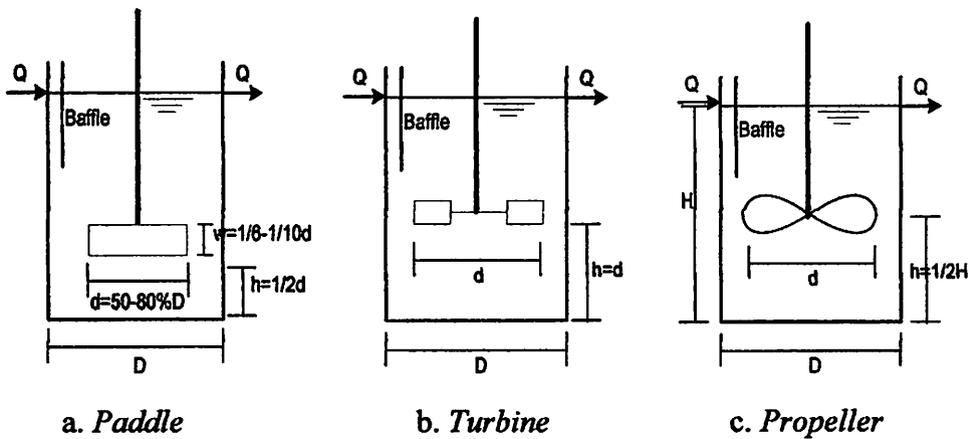
(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Kriteria *impeller* dan sketsa peletakan *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.1 dan gambar 2.2.

**Tabel 2.1 Kriteria *Impeller***

<b>Tipe <i>Impeller</i></b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Paddle</i>	20 – 200 rpm	Diameter: 50 – 80% lebar bak, lebar: 1/6 – 1/ 10 diameter <i>paddle</i>	
<i>Turbine</i>	10 – 200 rpm	Diameter:30 – 50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400 – 1750 rpm	Diameter: max. 45 cm	Jumlah <i>pitch</i> 1 – 2 buah

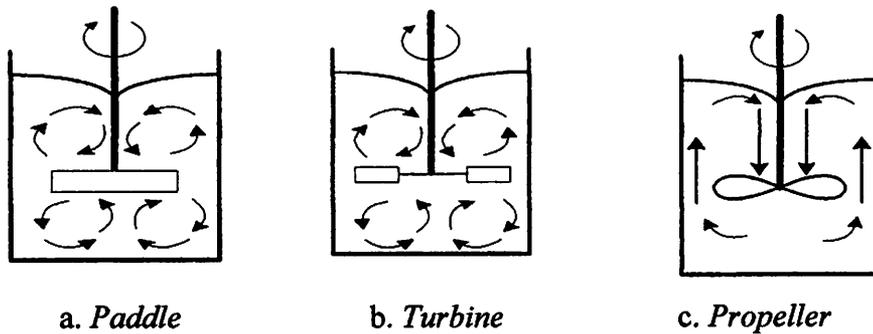
Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002



**Gambar 2.2 Sketsa Peletakan Pengaduk**

(Sumber: Reynolds, 1982)

Sedangkan untuk jenis aliran dari masing-masing jenis *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.3.



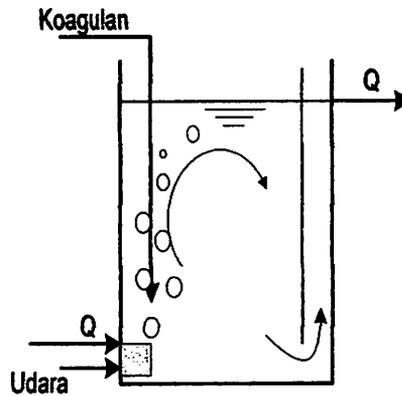
**Gambar 2.3 Pola Aliran**

(Sumber: Reynolds, 1982)

Keuntungan dari jenis pengadukan ini adalah tidak terpengaruh variasi debit, kehilangan tekanan kecil dan gradien 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). Keuntungan dari pengadukan hidrolis diantaranya adalah tidak diperlukan tenaga luar, sedikit pemeliharaan, mudah dibuat, dapat digunakan sebagai alat ukur debit dan kehilangan tekanan kecil. Kekurangannya adalah tidak dapat diatur dan tidak efektif untuk debit yang besar (Marsono dalam Wahyuni, 2006 ).

- c. Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung yang dimasukkan ke dalam air sehingga menimbulkan gerakan pengadukan dalam air (gambar 2.4). Semakin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang besar pula (Masduqi dan Slamet, 2002).



**Gambar 2.4 Pengadukan *Pneumatis***  
(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

### 2.3 Tenaga Pengadukan

Besarnya tenaga ( $P$ ) untuk operasi pengadukan akan mempengaruhi besarnya gradien kecepatan yang dihasilkan. Bila suatu sistem pengadukan telah ditentukan nilai gradien kecepatannya, maka tenaga pengadukan dapat dihitung. Tenaga pengadukan dihasilkan oleh suatu sistem pengadukan, misalnya alat pengaduk dan kecepatan putarannya, aliran air, hembusan udara dan sebagainya (Masduqi dan Slamet, 2002). 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). Hubungan antar variabel itu dinyatakan dengan persamaan 2.2 untuk nilai  $N_{Re}$  lebih dari 10000:

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \quad \text{(Persamaan 2.2)}$$

dan persamaan 2.3 untuk nilai  $N_{Re}$  kurang dari 20:

$$P = K_L \cdot n^2 \cdot D_i^3 \cdot \mu \quad (\text{Persamaan 2.3})$$

Bilangan Reynold untuk suatu pengaduk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$N_{Re} = \frac{D_i^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Persamaan 2.4})$$

Keterangan untuk persamaan 2.2, 2.3 dan 2.4 adalah:

- P = tenaga, N-m/det
- $K_T$  = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen
- n = kecepatan putaran, rps
- $D_i$  = diameter pengaduk, m
- $\rho$  = massa jenis air,  $\text{kg/m}^3$
- $K_L$  = konstanta pengaduk untuk aliran laminar
- $\mu$  = kekentalan absolute cairan,  $\text{N-det/m}^2$

Pada pengadukan hidrolis, tenaga dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \quad (\text{Persamaan 2.5})$$

dimana:

- P = tenaga, N-m/det
- Q = debit aliran,  $\text{m}^3/\text{det}$
- $\rho$  = berat jenis,  $\text{kg/m}^3$
- g = percepatan gaya gravitasi,  $9,8 \text{ m/det}^2$
- h = tinggi jatuhnya, m
- = kehilangan energi akibat gesekan (head loss)

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Penggabungan persamaan 2.5 ke dalam persamaan 2.1 menghasilkan :

$$G = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\eta \cdot V}} = \sqrt{\frac{g \cdot h}{v \cdot Jd}} \quad (\text{Persamaan 2.6})$$

dimana :

$\nu = \rho / \mu$ , viskositas kinematis, m<sup>2</sup>/det

td = V/Q = waktu tinggal hidrolik, detik

Nilai h dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

a. Dalam pipa :  $h_L = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g}$

b. Dalam bersekat :  $h_L = k \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$

c. Media berbutir :  $h_L = \frac{f}{\theta} \cdot \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right) \frac{L}{d} \cdot \frac{V^2}{g}$

$$f = 150 \cdot \left( \frac{1-\alpha}{R_N} \right) + 1,75$$

$$R_N = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\eta}$$

dimana :

d = rerata diameter butiran (m)

L = kedalaman media berbutir

$\alpha$  = porositas butiran (0,4)

V = kecepatan aliran air (m/det)

RN = bilangan reynold

$\theta$  = porositas butiran (0,4)

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Pada pengadukan dengan udara (pneumatis), tenaga yang dihasilkan merupakan fungsi dari debit udara yang diinjeksikan, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = 3904 \cdot Q_a \cdot \text{Log} \left( \frac{h + 10,4}{10,4} \right) \quad (\text{Persamaan 2.7})$$

dimana:

$P$  = tenaga, N-m/s

$Q_a$  = debit udara,  $m^3/mnt$

$h$  = kedalaman diffuser, m

(Masduqi dan Slamet, 2002)

## 2.4 Pengadukan Cepat

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

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

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

- Waktu detensi = 0,5 – 6 menit
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

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

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

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan

menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan, hidrolis dan parshail flume. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air (Masduqi dan Slamet, 2002).

## **2.5 Pengadukan Lambat**

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

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

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

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

Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat)

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

Untuk air limbah (Reynolds, 1982):

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

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

1. Pengadukan mekanis
2. Pengadukan hidrolis

## **2.6 Jar Test**

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

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

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006)

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

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

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006).

## 2.7 Proses Sedimentasi

### 2.7.1 Teori Sedimentasi

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

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

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

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

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

(Reynolds, 1982)

### 2.7.2 Aplikasi Sedimentasi

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

#### a. *Grit Chamber*

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

- *Rectangular Horizontal Flow Grit Chamber*

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

- *Square Horizontal Flow Grit Chamber*

Tipe ini digunakan untuk perencanaan lebih dari 50 tahun.

- *Aerated Grit Chamber*

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

(Thobanoglous dan Burton, 1991 dalam Kumalasari , 2007)

#### b. Prasedimentasi

Bak prasedimentasi merupakan bagian dari bangunan pengolahan air limbah yang berfungsi untuk mengendapkan lumpur sebelum air limbah diolah secara biologis. Meskipun belum terjadi proses kimia (misal koagulasi-flokulasi atau presipitasi), namun pengendapan di bak ini mengikuti pengendapan tipe II karena lumpur yang terdapat dalam air limbah tidak lagi bersifat diskret (mengingat telah terjadi proses presipitasi) (Masduqi dan Slamet, 2002).

Prinsip bangunan pengolahan ini mempergunakan sistem gravitasi, dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan.

Bak prasedimentasi terdiri dari 4 zona yaitu :

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

(Immanuel, 2001 dalam Kumalasari, 2007)

c. *Final Clarifier*

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

## 2.8 Parameter – Parameter Dalam Air Limbah

▪ *BOD<sub>5</sub> (Biological Oxygen Demand)*

Adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/l yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri pada suhu 20 °C selama 5 hari. Biasanya dalam waktu 5 hari, sebanyak 60% – 70% kebutuhan terbaik karbon dapat tercapai dan dalam waktu 20 hari akan mencapai 95%. BOD hanya menggambarkan kebutuhan oksigen untuk penguraian bahan organik yang dapat didekomposisikan secara biologis (*biodegradable*).

▪ *COD (Chemical Oxygen Demand)*

Banyaknya oksigen dalam ppm atau mg/L yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi.

- **TSS (*Total Suspended Solids*)**

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

- **Cr. Total (Kromium)**

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

- **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 pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri.

- **NH<sub>3</sub>-N (Amonia Total)**

Adalah hasil pembentukan antara unsur urea dengan protein dalam air limbah yang dapat menghasilkan bau yang berbahaya.

- **Sulfida**

Adalah senyawa sulfat yang menjadi penyebab air limbah berbau.

- pH

Adalah ukuran kualitas dari air maupun dari 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 air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses biologis, sehingga mengganggu proses penjernihannya. pH yang baik bagi air limbah adalah netral (7). Semakin kecil nilai pHnya, maka akan menyebabkan air limbah tersebut bersifat asam.

(Sugiharto, 1987)

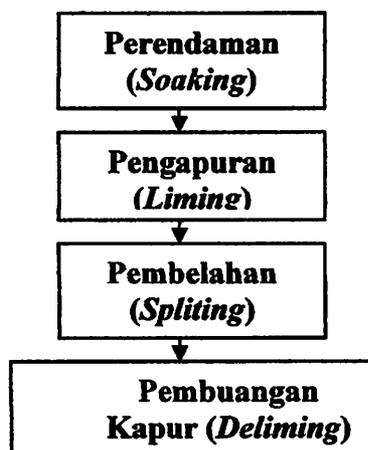
## 2.9 Industri Penyamakan Kulit

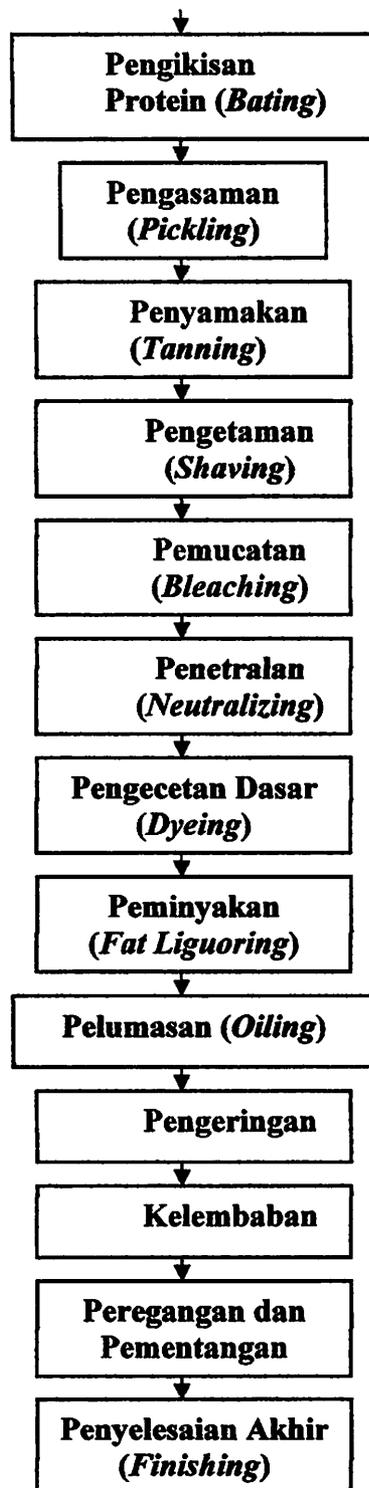
Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi atau tersamak dengan menggunakan bahan penyamak pada proses. Dalam industri penyamakan kulit ada tiga tahapan pokok proses produksi yaitu :

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

### 2.9.1 Proses Produksi Penyamakan Kulit

Adapun proses produksi penyamakan kulit dapat dilihat pada diagram alir berikut ini :





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

**Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit**

### 2.9.2 Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit

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

#### a. Perendaman (*Soaking*).

Air limbah soaking mengandung sisa daging, darah, bulu, garam, mineral, debu, dan kotoran lain. Pada proses perendaman, air limbah berbau busuk dan kotor. Volume limbah *soaking* berkisar antara 2,5-4 l/kg kulit dengan pH 7,5-8, *Total Suspended Solids* 2500- 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 dan kotor dan berbau menyengat. Air limbah pada proses *unhairing* mengandung *Total Suspended Solids* 4500-6500 mg/l, BOD 1100-2500 mg/l, pH berkisar antara 10-12,5.

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

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

#### d. Air limbah pengikisan protein (*Degreasing*)

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

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

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

[\(http://id.wordpress.com/\)](http://id.wordpress.com/)

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

**Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair Untuk Industri Penyamakan Kulit**

<b>BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT</b>			
Volume Limbah Cair Maksimum per satuan Bahan Baku 50 m <sup>3</sup> /ton Bahan Baku Kulit Kering Proses Lengkap 30 m <sup>3</sup> /ton Bahan Baku Kulit Kering sampai Proses Wet Blue 20 m <sup>3</sup> /ton Bahan Baku Kulit Wet Blue sampai Produk Jadi			
Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)		
	Proses Lengkap	Sampai Wet Blue	Bahan Baku Wet Blue
BOD <sub>5</sub>	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 <sub>3</sub> -N (amonia total)	10	10	5
Sulfida	0.8	0.8	0.5
pH		6 - 9	

(Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45, 2002)

**2.10 Metode Pengolahan Data**

**2.10.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi**

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis

tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang, tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

### **2.10.2 Analisis Korelasi**

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

#### **Hipotesis**

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana  $\rho$  adalah korelasi antara 2 variabel.

#### **Daerah penolakan**

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

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

1. koefisien korelasi hanya mengukur hubungan linier. Jika ada hubungan non linear, maka koefisien korelasi akan bernilai 0.
2. koefisien korelasi sangat sensitif terhadap nilai ekstrem.

3. kita bisa membuat korelasi hanya jika variabel memiliki hubungan sebab akibat.

### **2.10.3 Analisis Regresi**

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

1. Model regresi dapat digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor
2. Model regresi dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.
3. 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 dependent karena peneliti tidak bisa bebas mengendalikannya. Kemudian, variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon dan sering disebut variabel independent karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

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

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

### **2.10.4 Pengantar Desain Eksperimen**

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

#### **2.10.4.1 Langkah-langkah dalam Desain Eksperimen**

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

1. Mengenali permasalahan.
2. Memilih faktor dan level.
3. Menentukan faktor dan level.
4. Memilih metode desain eksperimen.
5. Melaksanakan eksperimen.
6. Analisis data.
7. Membuat suatu keputusan.

#### **2.10.4.2 Analysis of Variance**

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



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

### 3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

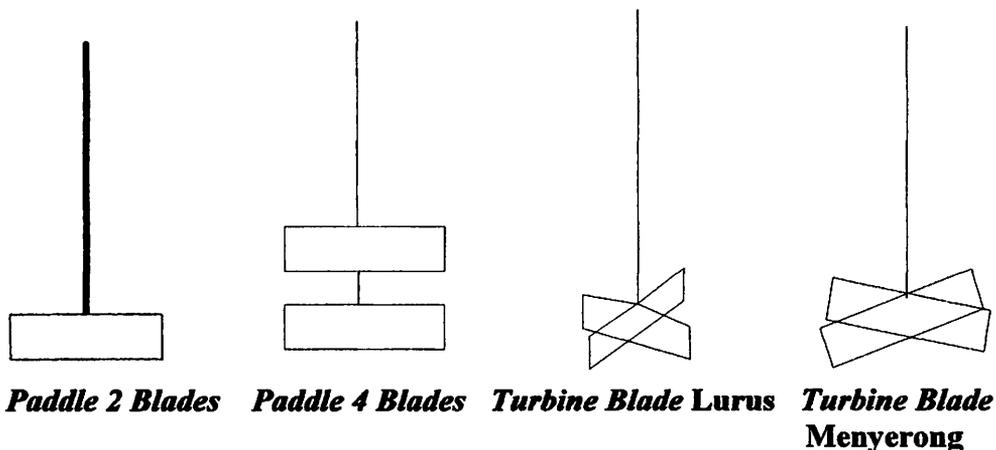
#### 3.2.1 Sampel Limbah

Sampel limbah yang digunakan adalah limbah cair penyamakan kulit yang berasal dari Kasin Malang.

#### 3.2.2 Peralatan

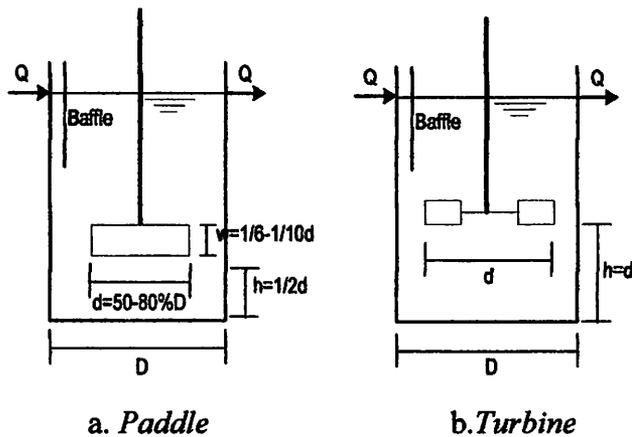
##### 3.2.2.1 Peralatan *Impeller* (Gayung Pengaduk)

Jenis *impeller* (gayung pengaduk) yang digunakan dalam penelitian ini adalah *impeller* bentuk *paddle* dan *impeller* bentuk *turbine*. Adapun bentuk dan sketsa peletakan pengaduk dari kedua jenis *impeller* ini dapat dilihat di gambar 3.1 dan gambar 3.2



**Gambar 3.1 Bentuk *Impeller* (Gayung Pengaduk)**

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)



**Gambar 3.2 Sketsa Peletakan *Impeller* (Gayung Pengaduk)**

(Sumber: Reynolds, 1982)

Sedangkan ukuran dari kedua bentuk *impeller* (gayung pengaduk) ini dapat dilihat pada keterangan di bawah ini :

1. *Impeller* bentuk *paddle*

a. 2 blades

1. Proses koagulasi

- Panjang *Paddle* (d) = 4 cm
- Lebar *Paddle* (w) = 0,67 cm
- Tinggi *Paddle* Terhadap Dasar (h) = 2 cm

2. Proses flokulasi

- Panjang *Paddle* (d) = 11 cm
- Lebar *Paddle* (w) = 1,83 cm
- Tinggi *Paddle* Terhadap Dasar (h) = 5,5 cm

b. 4 blades

1. Proses koagulasi

- Panjang *Paddle* (d) = 4 cm
- Lebar *Paddle* (w) = 0,67 cm
- Tinggi *Paddle* Terhadap Dasar (h) = 2 cm

2. Proses flokulasi

- Panjang *Paddle* (d) = 11 cm
- Lebar *Paddle* (w) = 1,83 cm
- Tinggi *Paddle* Terhadap Dasar (h) = 5,5 cm

## 2. *Impeller* bentuk *turbine*

### a. *Blade* lurus

#### 1. Proses koagulasi

Panjang *Turbine* (d) = 4 cm

Lebar *Turbine* (w) = 0,67 cm

Tinggi *Turbine* Terhadap Dasar (h) = 2 cm

#### 2. Proses flokulasi

Panjang *Turbine* (d) = 11 cm

Lebar *Turbine* (w) = 1,83 cm

Tinggi *Turbine* Terhadap Dasar (h) = 5,5 cm

### b. *Blade* menyerong

#### 1. Proses koagulasi

Panjang *Turbine* (d) = 4 cm

Lebar *Turbine* (w) = 0,67 cm

Tinggi *Turbine* Terhadap Dasar (h) = 2 cm

#### 2. Proses flokulasi

Panjang *Turbine* (d) = 11 cm

Lebar *Turbine* (w) = 1,83 cm

Tinggi *Turbine* Terhadap Dasar (h) = 5,5 cm

(Lampiran D Perencanaan Desain)

### 3.2.2.2 Peralatan Pengolahan

Peralatan yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu peralatan untuk penelitian pendahuluan dan proses pengujian *impeller*. Untuk penelitian pendahuluan digunakan *jar test* dengan 6 blade. Sedangkan untuk proses pengujian *impeller* digunakan bantuan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi. (untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1) :

#### a. Bak Penampung Limbah

Berupa bak plastik dengan kapasitas  $\pm 60$  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 10 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

(Lampiran D Perencanaan Desain)

**d. Bak Flokulasi**

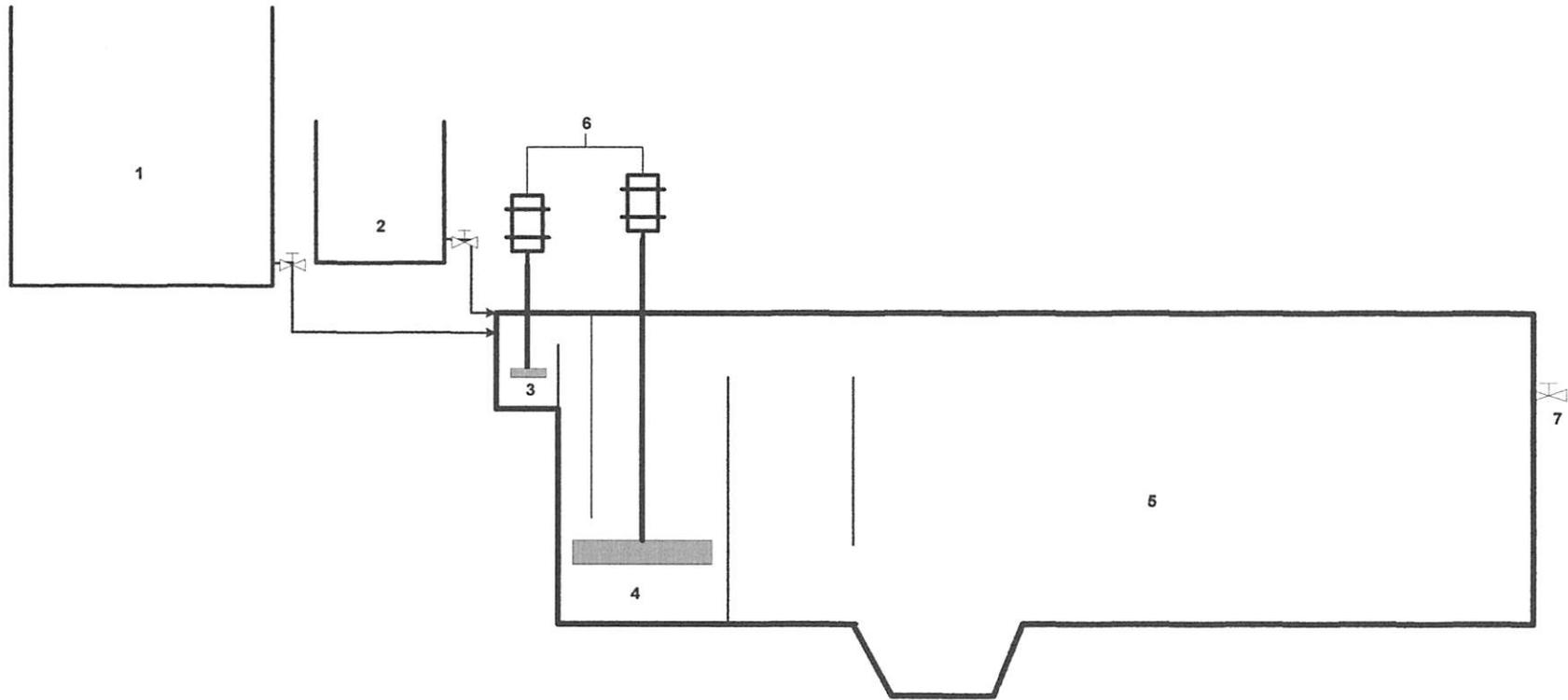
Bak ini berkapasitas 15 liter, terbuat dari kaca dan mempunyai dimensi sebagai berikut:

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

(Lampiran D Perencanaan Desain)

**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 3.3 Sketsa Alat 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 dan <i>Impeller</i> |           |

### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Penelitian Pendahuluan

- a. Respon : 1. *Total Suspended Solid* (TSS)  
2. *Biological Oxygen Demand* (BOD)
- b. Prediktor : 1. kecepatan pengadukan lambat : 50 rpm dan 40 rpm  
2. dosis koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) :  
1,5 gr/l; 2 gr/l; 2,5 gr/l; 3 gr/l; 3,5 gr/l

#### 3.3.2 Proses Pengujian *Impeller*

- a. Respon : 1. *Total Suspended Solid* (TSS)  
2. *Biological Oxygen Demand* (BOD)
- b. Prediktor : 1. *Impeller* bentuk *paddle*  
a. 2 *blades*  
koagulasi  $d = 4 \text{ cm}$  ;  $w = 0,67 \text{ cm}$  ;  $h = 2 \text{ cm}$   
flokulasi  $d = 11 \text{ cm}$  ;  $w = 1,83 \text{ cm}$  ;  $h = 5,5 \text{ cm}$   
b. 4 *blades*  
koagulasi  $d = 4 \text{ cm}$  ;  $w = 0,67 \text{ cm}$  ;  $h = 2 \text{ cm}$   
flokulasi  $d = 11 \text{ cm}$  ;  $w = 1,83 \text{ cm}$  ;  $h = 5,5 \text{ cm}$   
2. *Impeller* bentuk *turbine*  
a. *blade* lurus  
koagulasi  $d = 4 \text{ cm}$  ;  $w = 0,67 \text{ cm}$  ;  $h = 2 \text{ cm}$   
flokulasi  $d = 11 \text{ cm}$  ;  $w = 1,83 \text{ cm}$  ;  $h = 5,5 \text{ cm}$   
b. *blade* menyerong  
koagulasi  $d = 4 \text{ cm}$  ;  $w = 0,67 \text{ cm}$  ;  $h = 2 \text{ cm}$   
flokulasi  $d = 11 \text{ cm}$  ;  $w = 1,83 \text{ cm}$  ;  $h = 5,5 \text{ cm}$   
(Perhitungan di Lampiran D Perencanaan Desain)
3. kecepatan pengadukan lambat: 50 rpm dan 40 rpm

### **3.4 Tahapan Penelitian**

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

#### **3.4.1 Penelitian Pendahuluan**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimum koagulan PAC. Langkah – langkah kerja penelitian pendahuluan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel limbah cair dengan menambahkan larutan NaOH 1N untuk menaikkan pH sampel limbah cair hingga pH 7.
2. Menyiapkan larutan koagulan dengan konsentrasi 1,5 gr/l; 2 gr/l; 2,5 gr/l; 3 gr/l; 3,5 gr/l.
3. Memasukkan masing – masing 1 liter sampel limbah cair kedalam 5 buah *beaker glass* kemudian menambahkan koagulan dengan berbagai variasi dosis.
4. Melakukan pengadukan cepat dengan menggunakan *jar test* (kecepatan putaran 200 rpm) selama 1 menit.
5. Melakukan pengadukan lambat dengan kecepatan putaran *jar test* 50 rpm selama 30 menit.
6. Mengendapkan sampel selama 1 jam.
7. Menganalisis parameter TSS dan BOD.
8. Mengulangi langkah ke-3 sampai ke-7 dengan memvariasikan kecepatan putaran pengadukan lambat (50 dan 40 rpm).

#### **3.4.2 Proses Pengujian *Impeller***

Proses pengujian *impeller* dilakukan untuk menguji kemampuan bentuk *impeller* dengan bantuan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi skala laboratorium. Berikut ini cara kerja untuk proses pengujian *impeller* :

1. Melakukan pengecekan alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi.
2. Menyiapkan *impeller paddle 2 blades*, kemudian memasangnya di bak koagulasi dan flokulasi
3. Menyiapkan sampel limbah cair dengan menambahkan larutan NaOH 1N untuk menaikkan pH sampel limbah cair hingga pH 7. Kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung limbah.

4. Menyiapkan larutan koagulan dengan konsentrasi sesuai dengan dosis optimum yang dihasilkan pada penelitian pendahuluan, kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung koagulan.
5. Mengalirkan limbah cair ( $Q = 0,5 \text{ l/mnt}$ ) dan koagulan ( $Q = 0,025 \text{ l/mnt}$ ) ke dalam bak koagulasi secara gravitasi dengan kecepatan putaran pengadukan 200 rpm selama 1 menit.
6. Dari pengadukan cepat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak pengadukan lambat dengan kecepatan putaran pengadukan 50 rpm selama 30 menit.
7. Dari bak pengaduk lambat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi, dan mengendapkan selama 1 jam.
8. Mengambil sampel dari valve outlet sedimentasi.
9. Menganalisis parameter TSS dan BOD.
10. Mengulangi langkah ke-1 sampai ke-8, dengan memvariasikan bentuk *impeller* (*paddle 2 blades, paddle 4 blades, turbine blade lurus, turbine blade menyerong*) dan kecepatan putaran pengadukan lambat (50 dan 40 rpm).

### **3.5 Analisis Parameter Uji**

#### **3.5.1 Analisis *Total Suspended Solid* (TSS)**

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

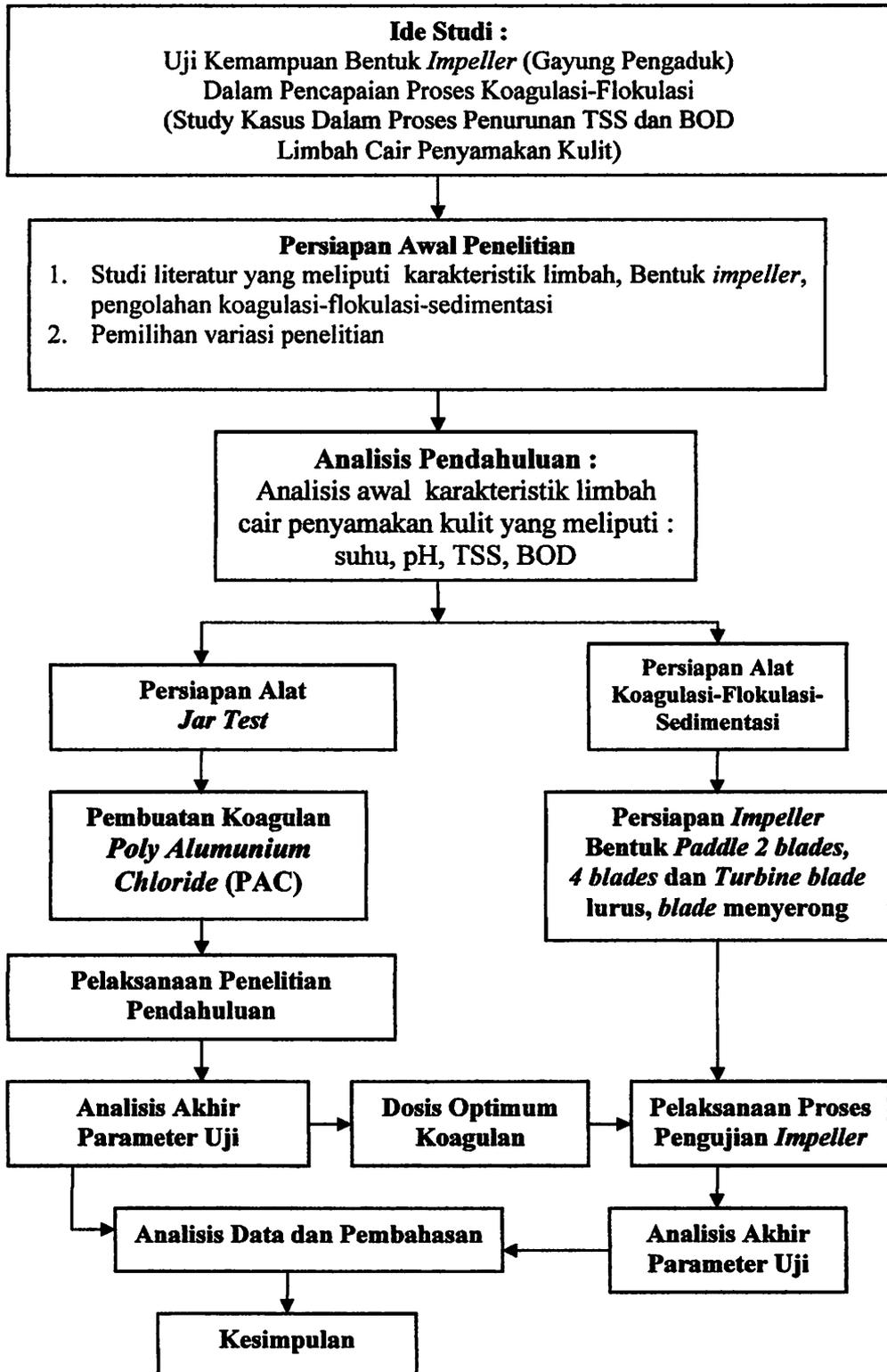
#### **3.5.2 Analisis Kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD)**

Pengukuran BOD dilakukan dengan menempatkan sampel pada botol winkler 300 ml kemudian diinkubasi pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$  selama lima hari. Setelah itu perbedaan konsentrasi DO (oksigen terlarut) pada akhir dan semula dihitung (Alaerts dan Santika, 1987).

### **3.6 Analisis Data**

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

### 3.7 Kerangka Penelitian



Gambar 3.4 Kerangka Penelitian



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai dosis optimum koagulan.

Sebelum dilakukan penelitian pendahuluan, untuk mengetahui konsentrasi awal limbah cair penyamakan kulit dilakukan analisis awal yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Cair Penyamakan Kulit**

Parameter	Nilai	<b>KepGub Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 Untuk Industri Penyamakan Kulit</b>
pH	3,8	6-9
Suhu	24°C	-
<i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	849,50 mg/l	100 mg/l
<i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i>	419,20 mg/l	100 mg/l

(Sumber: Hasil Penelitian)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka data konsentrasi akhir TSS dan konsentrasi BOD setelah diujikan dengan alat *jar test* dengan variasi kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dapat dilihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3.

**Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi Kandungan *Total Suspended Solids* ( TSS ) Akhir Pada Penelitian Pendahuluan**

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)
30	40	1,5	500
		2	500
		2,5	300
		3	300
		3,5	100
	50	1,5	500
		2	400
		2,5	200
		3	100
		3,5	100

(Sumber: Hasil Penelitian)

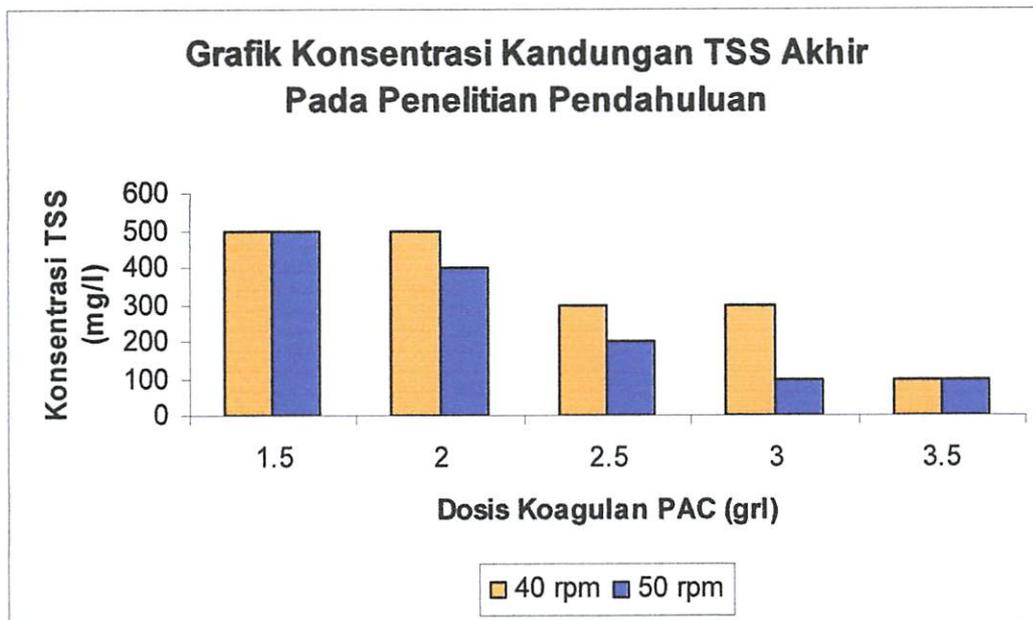
**Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi Kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Akhir Pada Penelitian Pendahuluan**

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi BOD (mg/l)
30	40	1,5	402,5
		2	337,5
		2,5	202,5
		3	67,5
		3,5	67,5
	50	1,5	162,5
		2	120
		2,5	80
		3	42,5
		3,5	40

(Sumber: Hasil Penelitian)

## 4.2 Analisis Penurunan *Total Suspended Solids* ( TSS ) Pada Penelitian Pendahuluan

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, *Poly Alumunium Chloride* (PAC) yang digunakan sebagai koagulan dapat membantu proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan kandungan TSS pada limbah cair penyamakan kulit. Hasil penelitian pada tabel 4.2 diplotkan ke grafik seperti pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Kandungan TSS Akhir Pada Penelitian Pendahuluan**

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir TSS semakin menurun seiring dengan meningkatnya dosis koagulan PAC yang ditambahkan. Nilai konsentrasi akhir TSS tertinggi pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 500 mg/l dengan penambahan dosis koagulan PAC 1,5 gr/l. Sedangkan nilai konsentrasi akhir TSS terendah pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 100 mg/l dengan penambahan dosis koagulan PAC 3,5 gr/l.

Untuk mengetahui persentase penurunan TSS pada setiap variasinya digunakan rumus:

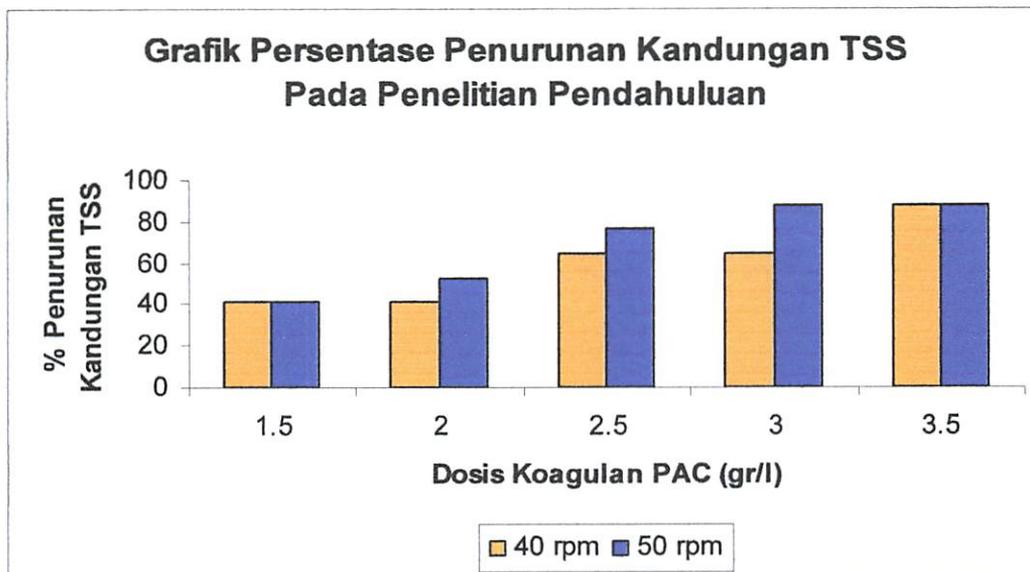
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persentase penurunan TSS dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gambar 4.2

**Tabel 4.4 Nilai Persentase Penurunan Kandungan *Total Suspended Solids* (TSS) Pada Penelitian Pendahuluan**

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran (rpm)	Dosis koagulan (gr/l)	% Penurunan Kandungan TSS
30	40	1,5	41,14
		2	41,14
		2,5	64,69
		3	64,69
		3,5	88,23
	50	1,5	41,14
		2	52,91
		2,5	76,46
		3	88,23
		3,5	88,23

(Sumber: Hasil Perhitungan)



**Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan Kandungan TSS Pada Penelitian Pendahuluan**

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.2 didapatkan persentase penurunan TSS berada diantara 41,14% - 88,23%. Persentase penurunan terendah pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 41,14% dengan penambahan dosis koagulan PAC 1,5 gr/l. Sedangkan persentase penurunan tertinggi pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 88,23 % dengan penambahan dosis koagulan PAC 3,5 gr/l.

#### **4.3 Pembahasan Persentase Penurunan *Total Suspended Solids* ( TSS ) Pada Penelitian Pendahuluan**

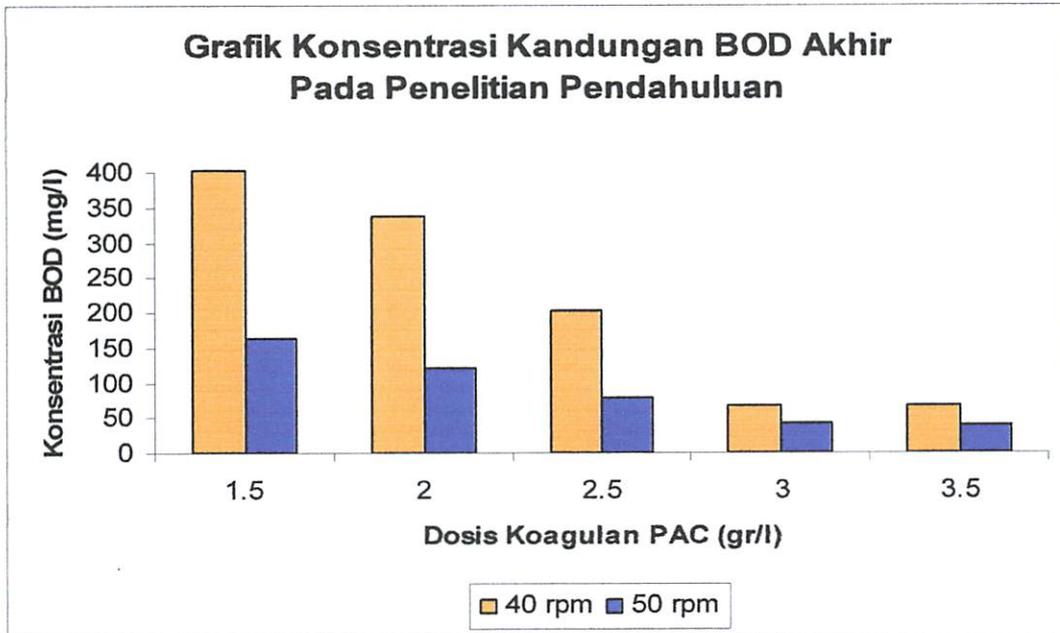
Berdasarkan gambar 4.2 dan tabel 4.4, persentase penurunan TSS yang terkecil pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah pada saat penambahan dosis koagulan PAC sebesar 1,5 gr/l. Sedangkan persentase penurunan TSS yang paling tinggi pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah pada saat penambahan dosis koagulan PAC sebesar 3,5 gr/l. Variasi penambahan dosis PAC mempunyai pengaruh yang besar terhadap persentase penurunan TSS pada limbah cair penyamakan kulit. Hasil analisis dari penelitian ini juga menetapkan bahwa dosis koagulan PAC 3,5 gr/l dapat digunakan sebagai dosis optimum koagulan untuk membantu proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan kandungan TSS limbah cair penyamakan kulit.

TSS yang terdapat dalam limbah cair penyamakan kulit dapat berasal dari sisa daging, darah, bulu yang berasal dari proses perendaman (*soaking*). Di dalam air limbah, koagulan PAC akan menyebabkan pembentukan inti flok (gumpalan). Terjadinya pembentukan flok (gumpalan) disebabkan karena koagulan PAC dapat mengurangi daya tolak menolak antara sesama koloid (partikel) sehingga akan terjadi kondisi destabilisasi dari koloid (partikel). Kondisi partikel koloid yang tidak stabil memungkinkan terbentuknya flok (gumpalan) (Masduqi dan Slamet, 2002). Pembentukan flok (gumpalan) akan semakin cepat berlangsung jika disertai dengan penambahan gaya mekanis seperti pengadukan. Pengadukan akan mempermudah terjadinya tumbukan, yang akan dilanjutkan dengan penggabungan partikel-partikel membentuk flok yang berukuran besar. Terbentuknya flok yang berukuran besar akan mempermudah proses pengendapan. Hal ini yang

menyebabkan konsentrasi TSS limbah cair penyamakan kulit menurun karena sejumlah material TSS telah mengendap.

#### 4.4 Analisis Penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Pada Penelitian Pendahuluan

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, *Poly Aluminium Chloride* (PAC) yang digunakan sebagai koagulan dapat membantu proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah cair penyamakan kulit. Hasil penelitian pada tabel 4.3 diplotkan ke grafik seperti pada gambar 4.3.



**Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Kandungan BOD Akhir Pada Penelitian Pendahuluan**

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.3 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir kandungan BOD semakin menurun seiring dengan meningkatnya dosis koagulan PAC yang ditambahkan. Nilai konsentrasi akhir kandungan BOD tertinggi pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 402,5 mg/l dan 162,5 mg/l dengan penambahan dosis koagulan PAC 1,5 gr/l. Sedangkan nilai konsentrasi akhir kandungan BOD terendah pada perlakuan

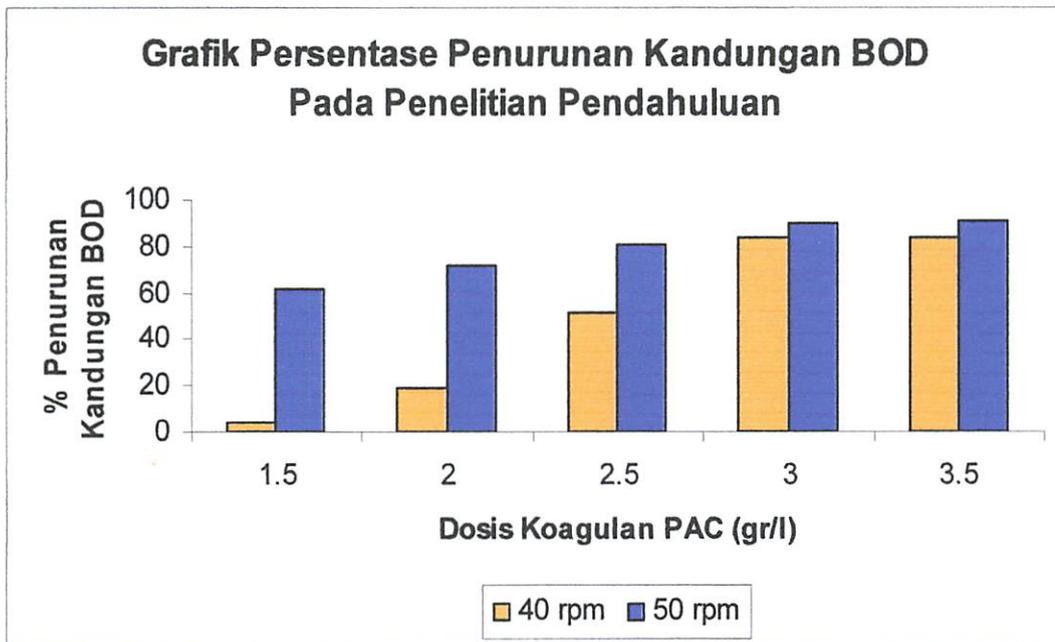
kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 67,5 mg/l dan 40 mg/l dengan penambahan dosis koagulan PAC 3,5 gr/l.

Untuk mengetahui persentase penurunan kandungan BOD pada setiap variasinya dapat ditampilkan pada tabel 4.9 dan gambar 4.4.

**Tabel 4.5 Nilai Persentase Penurunan Kandungan Biological Oxygen Demand (BOD) Pada Penelitian pendahuluan**

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	% Penurunan Kandungan BOD
30	40	1,5	3,99
		2	19,49
		2,5	51,69
		3	83,89
		3,5	83,89
	50	1,5	61,24
		2	71,37
		2,5	80,92
		3	89,86
		3,5	90,46

(Sumber: Hasil Perhitungan)



**Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Kandungan BOD Pada Penelitian pendahuluan**

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.4 didapatkan persentase penurunan kandungan BOD berada diantara 3,99% - 90,46%. Persentase penurunan terendah pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 3,99% dan 61,24% dengan penambahan dosis koagulan PAC 1,5 gr/l. Sedangkan persentase penurunan tertinggi pada perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah sebesar 83,89% dan 90,46% dengan penambahan dosis koagulan PAC 3,5 gr/l.

#### **4.5 Pembahasan Persentase Penurunan Kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Pada Penelitian Pendahuluan**

Berdasarkan gambar 4.4 dan tabel 4.9, persentase penurunan BOD yang terkecil pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah pada saat penambahan dosis koagulan PAC sebesar 1,5 gr/l. Sedangkan persentase penurunan BOD yang paling tinggi pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm adalah pada saat penambahan dosis koagulan PAC sebesar 3,5 gr/l. Variasi penambahan dosis PAC mempunyai pengaruh yang besar terhadap persentase penurunan BOD pada limbah cair penyamakan kulit. Hasil analisis dari proses penelitian ini juga menetapkan bahwa dosis koagulan PAC 3,5 gr/l dapat digunakan sebagai dosis optimum koagulan untuk membantu proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan kandungan BOD limbah cair penyamakan kulit.

BOD merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diperlukan bakteri untuk menguraikan benda organik di dalam air limbah (Sugiharto,1987). Terjadinya penurunan BOD menunjukkan bahwa jumlah oksigen dalam air limbah mencukupi kebutuhan bakteri untuk menguraikan bahan organik sehingga jumlah bahan organik mengalami penurunan. Tercukupinya jumlah oksigen dalam air limbah dikarenakan bahan organik dalam air limbah berkurang. Berkurangnya jumlah bahan organik ini disebabkan semakin menurunnya zat padat tersuspensi (TSS). Bahan organik merupakan salah satu bahan penyusun terbesar dari zat padat tersuspensi (TSS).

#### 4.6 Hasil Penelitian Proses Pengujian *Impeller*

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka hasil uji kemampuan bentuk *impeller* dan pengaruh kecepatan putaran flokulasi dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan konsentrasi TSS dan BOD limbah cair penyamakan kulit melalui proses pengujian *impeller* dilihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7.

**Tabel 4.6 Nilai Konsentrasi Kandungan *Total Suspended Solids* ( TSS ) Akhir Pada Proses Pengujian *Impeller***

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Bentuk <i>Impeller</i>	Konsentrasi TSS (mg/l)
30	40	<i>Paddle 2 Blades</i>	200
		<i>Paddle 4 Blades</i>	100
		<i>Turbine Blade Lurus</i>	300
		<i>Turbine Blade Menyerong</i>	300
	50	<i>Paddle 2 Blades</i>	200
		<i>Paddle 4 Blades</i>	200
		<i>Turbine Blade Lurus</i>	400
		<i>Turbine Blade Menyerong</i>	400

(Sumber: Hasil Penelitian)

**Tabel 4.7 Nilai Konsentrasi Kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Akhir Pada Proses Pengujian *Impeller***

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Bentuk <i>Impeller</i>	Konsentrasi BOD (mg/l)
30	40	<i>Paddle 2 Blades</i>	132,5
		<i>Paddle 4 Blades</i>	65

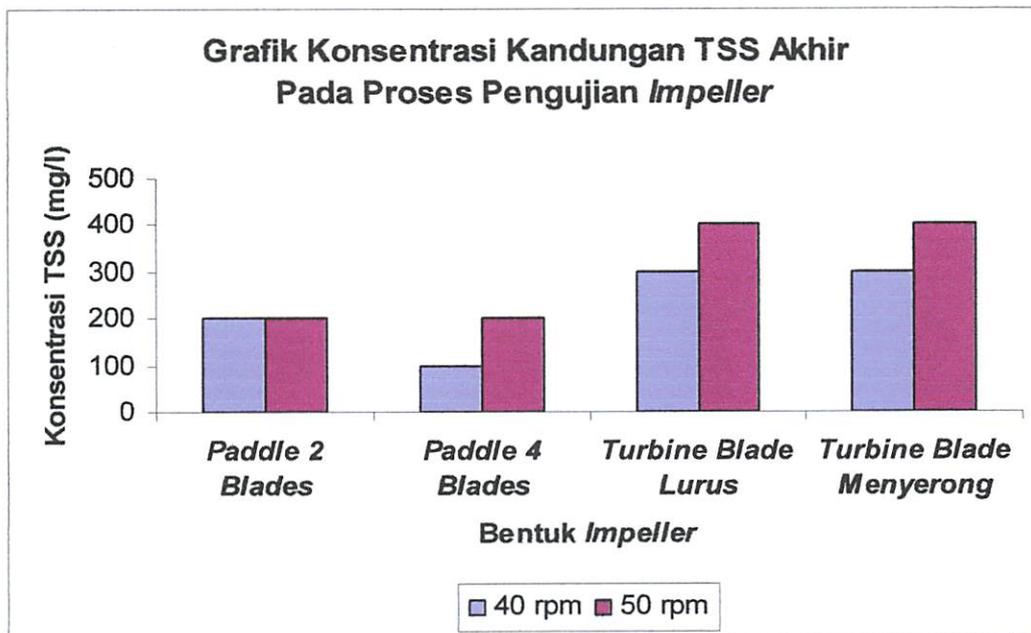
50	<i>Turbine Blade Lurus</i>	135
	<i>Turbine Blade Menyerong</i>	102,5
	<i>Paddle 2 Blades</i>	135
	<i>Paddle 4 Blades</i>	67,5
	<i>Turbine Blade Lurus</i>	135
	<i>Turbine Blade Menyerong</i>	337,5

(Sumber: Hasil Penelitian)

#### 4.7 Analisis Penurunan *Total Suspended Solids* ( TSS ) Pada Proses Pengujian *Impeller*

##### 4.7.1 Analisis Deskriptif

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, semua bentuk *impeller* memberikan pengaruh di dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan TSS pada limbah cair penyamakan kulit. Hasil penelitian pada tabel 4.6 diplotkan ke grafik seperti pada gambar 4.5.



**Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Kandungan TSS Akhir Pada Proses Pengujian *Impeller***

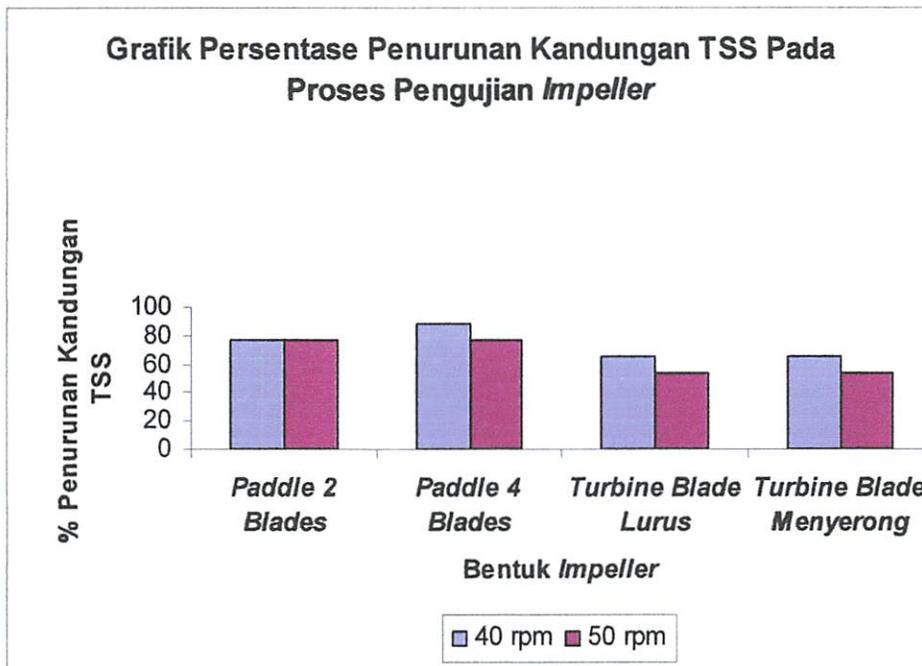
Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir TSS tertinggi terjadi pada bentuk *impeller turbine blade* lurus dan menyerong dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 50 rpm sebesar 400mg/l. Sedangkan nilai konsentrasi akhir TSS terendah terjadi pada bentuk *impeller paddle 4 blades* dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 100 mg/l.

Untuk mengetahui persentase penurunan TSS pada setiap variasinya dapat dilihat pada tabel 4.8 dan gambar 4.6.

**Tabel 4.8 Nilai Persentase Penurunan Kandungan TSS Pada Proses Pengujian *Impeller***

<b>Waktu Flokulasi (mnt)</b>	<b>Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)</b>	<b>Bentuk <i>Impeller</i></b>	<b>% Penurunan Kandungan TSS</b>
<b>30</b>	<b>40</b>	<i>Paddle 2 Blades</i>	76,46
		<i>Paddle 4 Blades</i>	88,23
		<i>Turbine Blade Lurus</i>	64,69
		<i>Turbine Blade Menyerong</i>	64,69
	<b>50</b>	<i>Paddle 2 Blades</i>	76,46
		<i>Paddle 4 Blades</i>	76,46
		<i>Turbine Blade Lurus</i>	52,91
		<i>Turbine Blade Menyerong</i>	52,91

(Sumber: Hasil Penelitian)



**Gambar 4.6 Grafik Persentase Penurunan Kandungan TSS Pada Proses Pengujian *Impeller***

Berdasarkan tabel 4.8 dan gambar 4.6 didapatkan persentase penurunan TSS berada diantara 52,91% - 88,23%. Persentase penurunan terendah terjadi pada bentuk *impeller turbine blade* lurus dan menyerong dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 50 rpm sebesar 52,91 %. Sedangkan persentase penurunan tertinggi terjadi pada bentuk *impeller paddle 4 blades* dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 88,23 %.

#### 4.7.2 Analisis Korelasi

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

##### Hipotesis

- $H_0$  : Tidak ada korelasi antara dua variabel.
- $H_1$  : Ada korelasi antara dua variabel.

##### Pengambilan keputusan

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

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

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

**Tabel 4.9 Korelasi antara Persentase Penurunan TSS, Bentuk *Impeller* dan Kecepatan Putaran Flokulasi**

Correlations: % Penurunan TSS, Bentuk <i>Impeller</i> , Kecepatan Putaran Flokulasi		
	% Penurunan TSS	Bentuk <i>Impeller</i>
Bentuk <i>Impeller</i>	-0.732 0.039	
Kecepatan Putaran	-0.378 0.356	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Keputusan

Berdasarkan tabel 4.9. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penurunan TSS dengan variasi bentuk *impeller* adalah - 0.732. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel kuat karena nilai korelasinya mendekati -1. Nilai korelasi negatif menunjukkan bahwa apabila variabel bentuk *impeller* yang digunakan semakin baik (efisien) maka persentase penurunan TSS akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan variasi bentuk *impeller* ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0.039 < 0,05$  maka korelasinya signifikan.
- Korelasi antara persen penurunan TSS dengan variasi kecepatan putaran flokulasi adalah -0.378. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena nilai korelasinya mendekati 0. Nilai korelasi negatif menunjukkan bahwa semakin kecil kecepatan putaran flokulasi maka persentase penurunan TSS semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan TSS dan variasi kecepatan putaran flokulasi ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0.356 > 0,05$  maka korelasinya tidak signifikan.

### 4.7.3 Analisis Regresi

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

**Tabel 4.10 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Bentuk *Impeller*, Kecepatan Putaran Flokulasi**

Regression Analysis: % Penurunan TSS versus Bentuk Impeller, Kecepatan Putaran Flokulasi						
The regression equation is						
% Penurunan TSS = 128 - 7.65 Bentuk Impeller - 0.883 Kecepatan Putaran Flokulasi						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	127.98	27.59	4.64	0.006		
Bentuk Impeller	-7.652	2.646	-2.89	0.034	1.000	
Kecepatan Putaran Flokulasi	-0.8832	0.5916	-1.49	0.196	1.000	
S = 8.36613    R-Sq = 67.9%    R-Sq(adj) = 55.1%						

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

Pada tabel 4.10 dapat diketahui :

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

$$Y = 127,98 - 7,652X_1 - 0,8832 X_2$$

Dimana :

Y = % Penurunan TSS

$X_1$  = Bentuk *impeller*

$X_2$  = Kecepatan putaran flokulasi

Tabel regresi menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi bertanda negatif. Jika melihat tanda pada koefisien korelasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi dengan persentase penurunan TSS dalam output korelasi, menunjukkan bahwa koefisien korelasi antara bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi dengan persentase penurunan TSS bertanda negatif. Adanya tanda yang sama mengindikasikan tidak adanya multikoliner dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1.00. Apabila  $VIF < 5$  maka tidak adanya multikoliner dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( R Square =  $r^2$  ) sebesar 67.9%. Hal ini berarti 67,9%, persentase penurunan TSS dapat dijelaskan oleh variasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi. Sedangkan sisanya 32,1% dijelaskan oleh sebab–sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.

C. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 5.30 Dari tabel distribusi F didapatkan 4,28. Karena F hitung lebih besar dari

F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan TSS dengan bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi adalah linier.

D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

#### Keputusan

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung output < statistik t tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Jika statistik t hitung output > t tabel, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Berdasarkan tabel 4.10 statistik t hitung output untuk variasi bentuk *impeller* 2.89; kecepatan putaran flokulasi 1.49 sedangkan t tabel 2,132. Untuk variasi bentuk *impeller* t hitung output > statistik t tabel maka  $H_1$  diterima dan  $H_0$  ditolak yang berarti koefisien regresi signifikan. Sedangkan untuk kecepatan putaran flokulasi t hitung output < statistik t tabel  $H_0$  diterima yang berarti koefisien regresi tidak signifikan
- Berdasarkan probabilitas  
Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.10) adalah 0,034 untuk variasi bentuk *impeller* dan 0,196 untuk variasi kecepatan putaran flokulasi. Nilai probabilitas untuk variasi bentuk *impeller* berada di bawah 0,05 yang berarti  $H_0$  ditolak (signifikan). Sedangkan nilai probabilitas untuk variasi kecepatan putaran flokulasi berada diatas 0,05 yang berarti  $H_0$  diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

#### **4.7.4 Analisis ANOVA**

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara variasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan TSS maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

#### Hipotesis

$H_0$  : Ke - 6 rata - rata perlakuan adalah identik.

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

#### Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

- Jika probabilitas > 0,05,  $H_0$  diterima.

- Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak.

Untuk nilai F

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

**Tabel 4.11 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS, Bentuk *Impeller***

One-way ANOVA: % Penurunan TSS versus Bentuk Impeller					
Source	DF	SS	MS	F	P
Bentuk Impeller	3	2650.7	883.6	28.31	0.000
Error	20	624.1	31.2		
Total	23	3274.8			
S = 5.586    R-Sq = 80.94%    R-Sq(adj) = 78.08%					

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev
1	6	76.460	0.000
2	6	82.345	6.447
3	6	58.800	6.452
4	6	58.800	6.452

Pooled StDev = 5.586

Keterangan :

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

**Keputusan**

**1. Nilai Probabilitas**

Berdasarkan tabel 4.11 nilai probabilitas (P) dari variasi bentuk *impeller* sebesar 0.000. Karena nilai probabilitas  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak. Artinya rata – rata persentase penurunan TSS dalam enam perlakuan tersebut memang tidak identik.

**2. Nilai F**

Berdasarkan tabel 4.11 nilai F hitung output dari variasi bentuk *impeller* sebesar 28.31. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 4.28. Karena nilai F hitung output  $>$  dari F tabel maka keputusannya adalah

menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ). Artinya ada perbedaan yang signifikan antara variasi bentuk *impeller* terhadap persentase penurunan TSS.

**Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan TSS,  
Kecepatan Putaran Flokulasi**

One-way ANOVA: % Penurunan TSS versus Kecepatan Putaran Flokulasi						
Source		DF	SS	MS	F	P
Kecepatan Putaran Flokul		1	468	468	3.67	0.069
Error		22	2807	128		
Total		23	3275			

S = 11.30    R-Sq = 14.29%    R-Sq(adj) = 10.40%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
40	12	73.52	10.19	60.0	78.0
50	12	64.69	12.30	66.0	72.0

Pooled StDev = 11.30

Keterangan :

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

### Hipotesis

$H_0$  : Ke - 12 rata - rata perlakuan adalah identik.

$H_1$  : Ke - 12 rata - rata perlakuan adalah tidak identik.

### Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

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

Untuk nilai F

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

## Keputusan

### 1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.12 nilai probabilitas (P) dari variasi putaran flokulasi sebesar 0.069. Karena nilai probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima.

Artinya rata – rata persentase penurunan TSS dalam dua belas perlakuan tersebut memang identik.

### 2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.12 nilai F hitung output dari variasi bentuk *impeller* sebesar 3.67. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 4.28. Karena nilai F hitung output  $<$  dari F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ). Artinya ada perbedaan yang tidak signifikan antara variasi kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan TSS.

#### 4.8 Pembahasan Persentase Penurunan *Total Suspended Solids* (TSS) Pada Proses Pengujian *Impeller*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta analisis deskriptif yang dibuat, maka dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.8 bahwa nilai konsentrasi kandungan TSS terendah terjadi pada *impeller paddle 4 blades* dan berlangsung pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm, yaitu 100 mg/l dengan persentase penurunan 88,23%. Konsentrasi TSS ini telah sesuai dengan KepGub Jatim No.45 Tahun 2002 untuk baku mutu industri penyamakan kulit yaitu sebesar 100 mg/l

Analisis korelasi antara bentuk *impeller* terhadap persentase penurunan TSS adalah signifikan dengan nilai *pearson correlation* sebesar -0,732, begitu juga dari hasil analisis anova antara bentuk *impeller* terhadap persentase penurunan TSS adalah tidak identik. Penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) dikarenakan terjadinya proses destabilisasi partikel dan pembentukan partikel menjadi gumpalan partikel dipengaruhi pola aliran *turbulen* yang dihasilkan oleh *impeller paddle 4 blades*. Aliran *turbulen* adalah suatu pola aliran, dimana partikel-partikel fluida bergerak dengan arah yang tidak beraturan sehingga partikel-partikel fluida tersebut saling bertabrakan dan menimbulkan terjadinya proses pencampuran dalam fluida (Dake, 1985). Jenis aliran *turbulen* akan mempengaruhi tenaga pengadukan yang dihasilkan. Pada pengadukan mekanis yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan alat pengaduk itu diputar (Masduqi dan Slamet, 2002). Penentuan pola aliran *impeller 4 blades* ke dalam jenis aliran *turbulen* didasarkan pada perhitungan bilangan Reynold ( $N_{Re}$ ), dimana apabila  $N_{Re} > 10000$  maka bentuk *impeller* tersebut tergolong ke dalam aliran *turbulen*. Sedangkan apabila  $N_{Re} < 20$  maka tergolong ke dalam aliran *laminer* (Reynolds, 1982). Berikut ini perhitungan  $N_{Re}$  untuk *impeller paddle 4 blades*.

$$N_{Re} = \frac{D_i^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu}$$

Dimana :

n = kecepatan putaran, rps

$D_i$  = diameter pengaduk, m

$\rho$  = massa jenis air,  $\text{kg/m}^3$ ,  $\rho = \frac{\gamma}{g_c}$

$\mu$  = kekentalan absolute cairan,  $\text{N-det/m}^2$  (tabel)

(Reynolds, 1982)

# Proses Koagulasi

$$N_{Re} = \frac{(0,11)^2 \cdot 200 \cdot 101706,09}{0,9161} = 268670,15$$

# Proses Flokulasi

$$N_{Re} = \frac{(0,11)^2 \cdot 40 \cdot 101706,09}{0,9161} = 53734,032$$

$$N_{Re} = \frac{(0,11)^2 \cdot 50 \cdot 101706,09}{0,9161} = 67167,54$$

Pada proses koagulasi nilai  $N_{Re}$  diperoleh 268670,15 ( $N_{Re} > 10000$ ). Hal ini berarti dalam proses koagulasi telah terjadi pola aliran *turbulen*. Aliran *turbulen* yang dihasilkan *impeller paddle 4 blades* akan dibantu dengan kecepatan putaran tinggi (200 rpm) untuk menghasilkan proses destabilisasi koloid dan partikel oleh koagulan sehingga membentuk inti gumpalan. Sedangkan dalam proses flokulasi, nilai  $N_{Re}$  diperoleh 53734,032 dan 67167,54 ( $N_{Re} > 10000$ ). Kondisi ini menyebabkan dalam proses flokulasi telah terjadi pola aliran *turbulen*. Padahal di dalam proses flokulasi diperlukan pola aliran *laminer* untuk perlahan-lahan membentuk gumpalan yang lebih besar sehingga akan memudahkan TSS dalam air limbah tersisih dengan sendirinya melalui proses pengendapan di bak sedimentasi yang berlangsung secara gravitasi (Masduqi dan Slamet, 2002). Kondisi ini terjadi karena kecepatan putaran flokulasi yang diberikan kepada *impeller paddle 4 blades* masih terlalu tinggi yaitu 40 rpm dan 50 rpm.

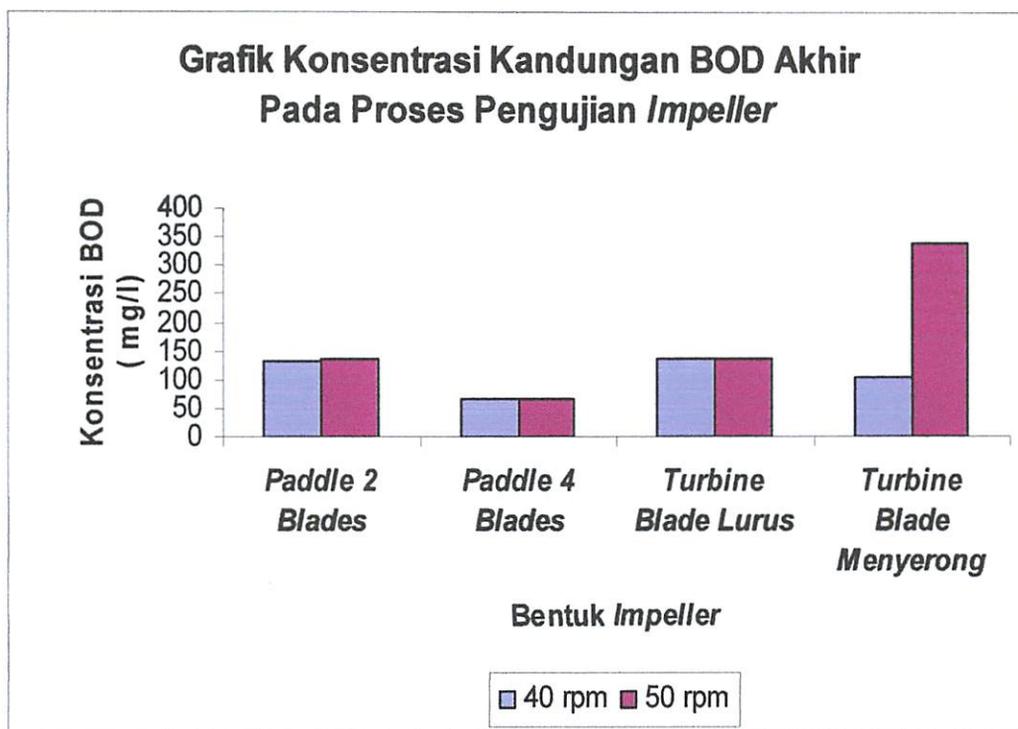
Analisis korelasi antara pengaruh kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan TSS adalah tidak signifikan, begitu juga dari hasil analisis anova antara kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan TSS adalah identik. Hal ini menyatakan bahwa dalam variasi kecepatan putaran flokulasi tidak mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase

penurunan TSS. Berdasarkan hasil penelitian, persentase penurunan TSS lebih besar dengan menggunakan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dibandingkan dengan kecepatan putaran flokulasi 50 rpm. Kecepatan putaran flokulasi ikut mempengaruhi tenaga pengadukan yang dihasilkan pada setiap *impeller*. Di dalam proses pengadukan, tenaga pengadukan akan mempengaruhi pembentukan gabungan partikel. Di dalam proses flokulasi tenaga pengadukan akan menimbulkan gerakan air secara perlahan sehingga membentuk inti partikel yang besar serta mengurangi pecahnya kembali partikel yang telah terbentuk. Terbentuknya partikel yang berukuran besar akan mempermudah proses pengendapan di bak sedimentasi. Hal ini yang menyebabkan konsentrasi TSS limbah cair penyamakan kulit menurun karena sejumlah material TSS telah mengendap. Namun dari hasil analisis statistik didapatkan korelasi dan anova yang tidak signifikan. Hal ini dikarenakan jarak antara kecepatan 40 rpm dan 50 rpm terlalu pendek sehingga perbedaan pengaruh kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan TSS menunjukkan keterangan yang tidak signifikan. Adapun hasil analisis regresi persentase penurunan TSS limbah penyamakan kulit dipengaruhi oleh bentuk *impeller* dan variasi kecepatan putaran flokulasi. Hal ini diperkuat dengan nilai *R square* sebesar 67,9 %.

#### 4.9 Analisis Penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) Pada Proses Pengujian *Impeller*

##### 4.9.1 Analisis Deskriptif

Data hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa, semua bentuk *impeller* juga memberikan pengaruh di dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan BOD pada limbah cair penyamakan kulit. Hasil penelitian pada tabel 4.7 diplotkan ke grafik seperti pada gambar 4.7.



**Gambar 4.7 Grafik Konsentrasi Kandungan BOD Akhir Pada Proses Pengujian *Impeller***

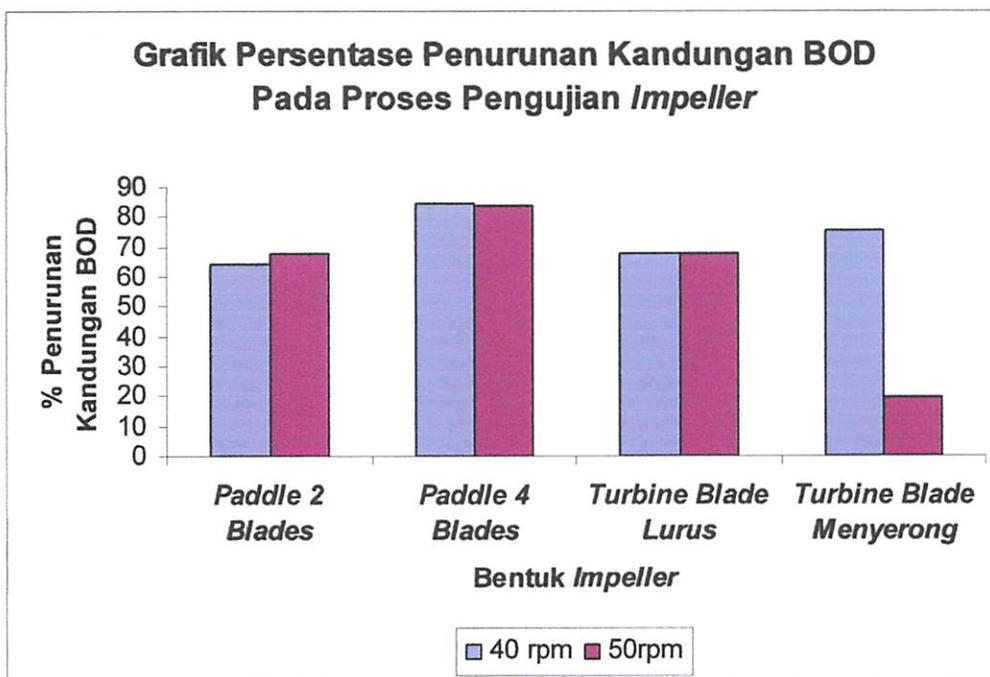
Berdasarkan tabel 4.7 dan gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir BOD tertinggi terjadi pada bentuk *impeller turbine blade* menyerong dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 50 rpm sebesar 337,5 mg/l. Sedangkan nilai konsentrasi akhir BOD terendah terjadi pada bentuk *impeller paddle 4 blades* dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 65 mg/l.

Untuk mengetahui persentase penurunan BOD pada setiap variasinya dapat dilihat pada tabel 4.14 dan gambar 4.8.

**Tabel 4.13 Nilai Persentase Penurunan Kandungan BOD Pada Proses Pengujian *Impeller***

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Bentuk <i>Impeller</i>	% Penurunan Kandungan BOD
30	40	<i>Paddle 2 Blades</i>	68,39
		<i>Paddle 4 Blades</i>	84,49
		<i>Turbine Blade</i> Lurus	67,79
		<i>Blade</i> Menyerong	75,55
	50	<i>Paddle 2 Blades</i>	67,79
		<i>Paddle 4 Blades</i>	83,89
		<i>Turbine Blade</i> Lurus	67,79
		<i>Turbine Blade</i> Menyerong	19,49

(Sumber: Hasil Penelitian)



**Gambar 4.8 Grafik Persentase Penurunan Kandungan BOD Pada Proses Pengujian *Impeller***

Berdasarkan tabel 4.13 dan gambar 4.8 didapatkan persentase penurunan BOD berada diantara 67,79% - 84,49%. Persentase penurunan terendah terjadi

pada bentuk *impeller turbine blade* menyerong dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 50 rpm sebesar 19,49%. Sedangkan persentase penurunan tertinggi terjadi pada bentuk *impeller paddle 4 blades* dengan perlakuan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 84,49%.

#### 4.9.2 Analisis Korelasi

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

##### Hipotesis

- $H_0$  : Tidak ada korelasi antara dua variabel.
- $H_1$  : Ada korelasi antara dua variabel.

##### Pengambilan keputusan

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

##### Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi :

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

**Tabel 4.14 Korelasi antara Persentase Penurunan BOD, Bentuk *Impeller* dan Kecepatan Putaran Flokulasi**

Correlations: % Penurunan BOD, bentuk Impeller, Kecepatan Putaran Flokulasi		
	% Penurunan BOD	Bentuk Impeller
Bentuk Impeller	-0.417 0.304	
Kecepatan Putara	-0.345 0.403	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

##### Keputusan

Berdasarkan tabel 4.13. menunjukkan bahwa :

- Korelasi antara persen penurunan BOD dengan variasi bentuk *impeller* adalah

-0.417. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena nilai korelasinya mendekati 0. Nilai korelasi negatif menunjukkan bahwa apabila variabel bentuk *impeller* yang digunakan semakin baik (efisien) maka persentase penurunan BOD akan semakin besar. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dan variasi bentuk *impeller* ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0.304 > 0,05$  maka korelasinya tidak signifikan.

- Korelasi antara persen penurunan BOD dengan variasi kecepatan putaran flokulasi adalah -0.345. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara kedua variabel lemah karena nilai korelasinya mendekati 0. Nilai korelasi negatif menunjukkan bahwa semakin kecil kecepatan putaran flokulasi maka persentase penurunan BOD semakin meningkat. Tingkat signifikan persentase penurunan BOD dan variasi kecepatan putaran flokulasi ditunjukkan dengan nilai probabilitasnya  $0.403 > 0,05$  maka korelasinya tidak signifikan.

#### **4.9.3 Analisis Regresi**

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

**Tabel 4.15 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan BOD,  
Bentuk *Impeller*, Kecepatan Putaran Flokulasi**

Regression Analysis: % Penurunan BOD versus bentuk <i>Impeller</i> , Kecepatan Putaran Flokulasi						
The regression equation is						
% Penurunan BOD = 144 - 7.14 Bentuk <i>Impeller</i> - 1.32 Kecepatan Putaran Flokulasi						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	143.53	67.14	2.14	0.086		
Bentuk <i>Impeller</i>	-7.136	6.438	-1.11	0.318	1.000	
Kecepatan Putaran Flokulasi	-1.319	1.440	-0.92	0.402	1.000	
S = 20.3583    R-Sq = 29.3%    R-Sq(adj) = 1.0%						

- 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

Pada tabel 4.15 dapat diketahui :

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

$$Y = 143,53 - 7,136X_1 - 1,319 X_2$$

Dimana :

Y = % Penurunan BOD

$X_1$  = Bentuk *impeller*

$X_2$  = Kecepatan putaran flokulasi

Tabel regresi menunjukkan bahwa parameter (koefisien) untuk variabel bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi bertanda negatif. Jika melihat tanda pada koefisien korelasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi dengan persentase penurunan BOD dalam output korelasi, menunjukkan bahwa koefisien korelasi antara bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi dengan persentase penurunan BOD bertanda negatif. Adanya tanda yang sama

mengindikasikan tidak adanya multikoliner dalam model. Hal ini juga dapat dilihat dari nilai VIF, yaitu sebesar 1.00. Apabila  $VIF < 5$  maka tidak adanya multikoliner dalam model, sehingga model regresi ini dikatakan sudah tepat.

- B. Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (  $R^2$  ) sebesar 29.3%. Hal ini berarti 29.3%, persentase penurunan BOD dapat dijelaskan oleh variasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi. Sedangkan sisanya 70,7% dijelaskan oleh sebab-sebab yang lain yang tidak masuk ke dalam model.
- C. Uji kelinieran untuk analisa regresi atau F test, didapat nilai F hitung sebesar 1.03. Dari tabel distribusi F didapatkan 4,28. Karena F hitung lebih kecil dari F tabel, maka kesimpulannya adalah persentase penurunan BOD dengan bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi adalah tidak linier.
- D. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel bebas.

#### Keputusan

- Dengan membandingkan statistik t hitung dengan statistik t tabel  
Jika statistik t hitung output  $<$  statistik t tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Jika statistik t hitung output  $>$  t tabel, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Berdasarkan tabel 4.14 statistik t hitung output untuk variasi bentuk *impeller* 1.11; kecepatan putaran flokulasi 0.92 sedangkan t tabel 2,132. Untuk variasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi t hitung output  $<$  statistik t tabel maka  $H_0$  diterima, yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.
- Berdasarkan probabilitas  
Terlihat bahwa pada kolom P (tabel 4.15) adalah 0,318 untuk variasi bentuk *impeller* dan 0,402 untuk variasi kecepatan putaran flokulasi. Nilai probabilitas untuk variasi bentuk *impeller* dan variasi kecepatan putaran flokulasi berada di atas 0,05 yang berarti  $H_0$  diterima atau koefisien regresi tidak signifikan.

#### 4.9.4 Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara variasi bentuk *impeller* dan kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan BOD maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji anova ini terdapat :

##### Hipotesis

$H_0$  : Ke - 6 rata - rata perlakuan adalah identik.

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

##### Pengambilan keputusan

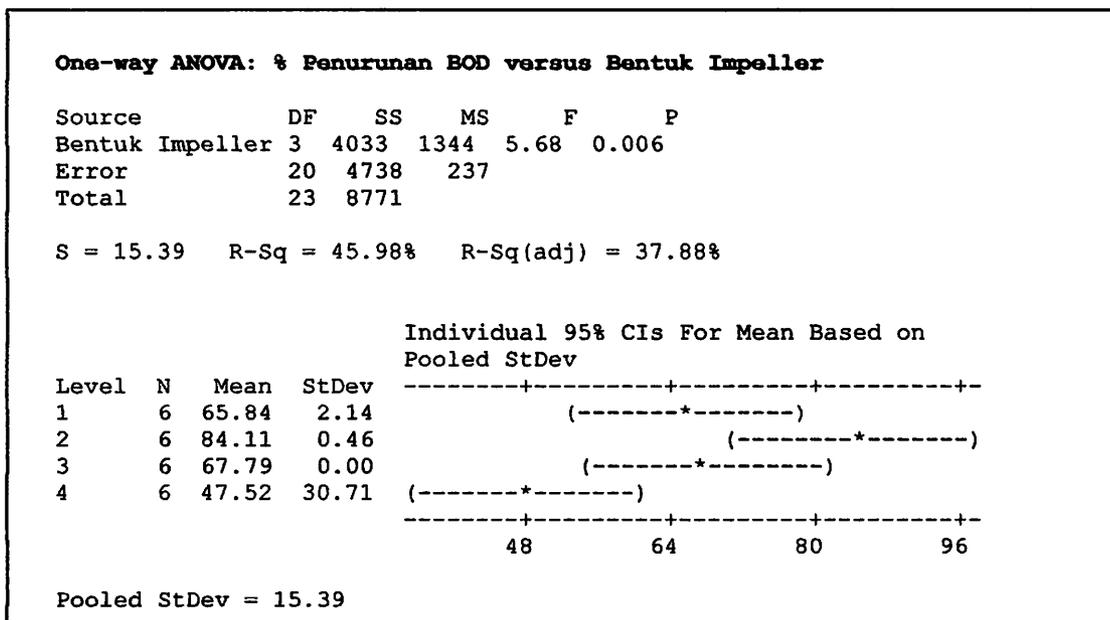
Untuk nilai Probabilitas

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

Untuk nilai F

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

**Tabel 4.16 Hasil Uji ANOVA Persentase Penurunan BOD, Bentuk *Impeller***



Keterangan :

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



$H_1$  : Ke - 12 rata – rata perlakuan adalah tidak identik.

### Pengambilan keputusan

Untuk nilai Probabilitas

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

Untuk nilai F

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

### Keputusan

#### 1. Nilai Probabilitas

Berdasarkan tabel 4.17 nilai probabilitas (P) dari variasi putaran flokulasi sebesar 0.098. Karena nilai probabilitas  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima.

Artinya rata – rata persentase penurunan BOD dalam dua belas perlakuan tersebut memang identik.

#### 2. Nilai F

Berdasarkan tabel 4.17 nilai F hitung output dari variasi kecepatan putaran flokulasi sebesar 2.99. Jika dilihat pada tabel distribusi F, nilai F tabel adalah 4.28. Karena nilai F hitung output  $<$  dari F tabel maka keputusannya adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ). Artinya ada perbedaan yang tidak signifikan antara variasi kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan BOD.

#### **4.10 Pembahasan Persentase Penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD)**

##### **Pada Proses Pengujian *Impeller***

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta analisis deskriptif yang dibuat, maka dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.13 bahwa nilai konsentrasi kandungan BOD terendah terjadi pada *impeller paddle 4 blades* dan berlangsung pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm, yaitu 65 mg/l dengan persentase penurunan 84,49%. Konsentrasi BOD ini telah sesuai dengan KepGub Jatim No.45 Tahun 2002 untuk baku mutu industri penyamakan kulit yaitu sebesar 100mg/l.

Analisis korelasi antara bentuk *impeller* terhadap persentase penurunan BOD adalah tidak signifikan dengan nilai *pearson correlation* sebesar -0,417, begitu juga dari hasil analisis anova antara bentuk *impeller* terhadap persentase penurunan BOD adalah identik. Analisis korelasi menunjukkan pengaruh variasi bentuk *impeller* terhadap persentase penurunan BOD adalah lemah. Hal ini dikarenakan pola aliran yang dihasilkan setiap *impeller* tidak dapat menghasilkan oksigen yang cukup untuk menguraikan kandungan BOD dalam limbah. Kandungan oksigen ini dihasilkan dari kontak antara air limbah yang teraduk ke atas oleh pola aliran dengan udara sekitar (Sugiharto, 1987). Sedangkan untuk analisis anova, menunjukkan ada perbedaan yang tidak signifikan antara *impeller* bentuk *paddle* dan *impeller* bentuk turbin terhadap persentase penurunan BOD. Hal ini dikarenakan pola aliran *turbulen* yang dihasilkan dari variasi bentuk *impeller* tidak dapat menimbulkan kontak yang baik antara limbah dengan udara sekitar, sehingga kandungan oksigen yang terbentuk dalam air limbah kurang.

Analisis korelasi antara pengaruh kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan BOD adalah tidak signifikan dengan nilai *pearson correlation* sebesar -0,345, begitu juga dari hasil analisis anova antara kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan BOD adalah identik. Analisis korelasi menunjukkan pengaruh variasi kecepatan putaran flokulasi terhadap persentase penurunan BOD adalah lemah. Hal ini dikarenakan kecepatan putaran flokulasi yang digunakan tidak dapat menghasilkan gradien kecepatan yang cukup untuk menimbulkan gerakan air yang dapat menciptakan terjadinya kontak yang

baik antara air limbah dengan udara sekitar. Sedangkan untuk analisis anova, menunjukkan ada perbedaan yang tidak signifikan antara kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan kecepatan putaran flokulasi 50 rpm terhadap persentase penurunan BOD. Hal ini dikarenakan jarak antara kedua kecepatan putaran flokulasi ini terlalu pendek, sehingga gerakan air yang dihasilkan dari kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 50 rpm tidak terlalu signifikan. Adapun hasil analisis regresi persentase penurunan BOD limbah penyamakan kulit tidak terlalu dipengaruhi oleh bentuk *impeller* dan variasi kecepatan putaran flokulasi. Hal ini diperkuat dengan nilai *R square* yang hanya sebesar 29,3 %.



## BAB V PENUTUP

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian pendahuluan untuk penurunan TSS, didapatkan nilai dosis optimum koagulan PAC sebesar 3,5 gr/l untuk kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 3 gr/l untuk kecepatan putaran flokulasi 50 rpm. Sedangkan untuk penurunan BOD didapatkan nilai dosis optimum koagulan PAC sebesar 3 gr/l untuk kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan 3,5 gr/l untuk kecepatan putaran flokulasi 50 rpm.
2. Berdasarkan penelitian, bentuk *impeller paddle 4 blades* merupakan bentuk *impeller* yang paling baik dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi. Nilai konsentrasi kandungan TSS terendah yang diperoleh adalah 100 mg/l dengan persentase penurunan 88,23%. Sedangkan nilai konsentrasi kandungan BOD terendah adalah 65 mg/l dengan persentase penurunan 84,49%.
3. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada proses pengujian *impeller*, penurunan kandungan TSS dan BOD yang terbaik berlangsung pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm dan terjadi pada setiap jenis *impeller*.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan uji modifikasi bentuk *impeller* untuk mendapatkan penurunan kandungan TSS dan BOD yang lebih baik dalam proses koagulasi-flokulasi.
2. Perlu dilakukan uji kemampuan bentuk *impeller* dalam pencapaian proses koagulasi-flokulasi untuk jenis limbah domestik (rumah tangga).
3. Perlu dilakukan uji kemampuan bentuk *impeller* dengan menggunakan bantuan koagulan alami (koagulan dari biji tanaman dan koagulan *khitosan*).
4. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan masukan bagi sistem pengolahan limbah di PT. Kasin Kota Malang.

# DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts dan Santika (1984). **Metoda Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya.
- Dake (1985). **Hidraulika Teknik Edisi Kedua**. Erlangga. Jakarta.
- Iriawan dan Astuti (2006). **Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Leuvinadrie (2005). **Studi Analisis Koagulan *Moringa Oleifera* Dengan Menggunakan Kekeruhan Buatan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Sebagai Pretreatment**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Masduqi dan Slamet (2002). **Satuan Operasi**. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Reynolds (1982). **Unit Operations And Processes In Environmental Engineering**. Wadsworth, Inc., Belmont, California.
- Slamet dan Masduqi (2000). **Satuan Proses**. Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Surabaya.
- Sugiharto (1987). **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Wahyuni (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.

Zanthos (2005). **Pengaruh Variasi Dosis Koagulan Dan Gradient Kecepatan Terhadap Tingkat Penurunan Kekeruhan dan BOD<sub>5</sub> Pada Tangki Koagulasi Flokulasi di RS. Dr. Soepraoen Malang.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional. Malang.

Keputusan Gubernur Jawa Timur No.45 (2002). **Baku Mutu Limbah Cair Industri dan Kegiatan Usaha Lainnya.**

<http://keslingmks.wordpress.com/feed/>. Diakses Desember 2008.

<http://id.wordpress.com/>. Diakses Desember 2008.

LAMPIRAN

**LAMPIRAN A**  
**HASIL ANALISIS PENELITIAN**



A TIRTA 1

# LABORATORIUM KUALITAS AIR

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



Laboratorium Penguji  
IP - 227 - IDN

## SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 184 S/LKA MLG/VII/09

### IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama  
Name

Alamat  
Address

Efran Suryadharna

Perumahan Citra mas Raya B I/3 Malang

Halaman 1 dari 2

Page 1 of 2

### IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

Kode Contoh Uji  
Sample Code

Jenis Contoh Uji  
Type of Sample

Lokasi Pengambilan Contoh Uji  
Sampling Location

Petugas Pengambilan Contoh Uji  
Sampling Done By

Tgl/ Jam Pengambilan Contoh Uji  
Date Time of Sampling

Tgl/ Jam Penerimaan Contoh Uji : 15 Juni 2009 , jam : 10:30 WIB  
Date Time of Sample Receiving in Laboratory

Kondisi Contoh Uji  
Sample Condition (s)

Ext. 121/PC/VI/2009/147

Air Limbah Penyamakan Kulit

Kasin malang



### HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir  
Enclosed

Diterbitkan Di/ Tanggal : Malang, 29 Juni 2009  
Place/ Date of Issue

Laboratorium Kualitas Air  
Perum Jasa Tirta I

Darwis Hidayat Adiko, ST

Kepala Laboratorium  
Head of Laboratory

Contoh uji diambil Efran Suryadharna  
Tanggal 15 Juni 2009 Jam 10:30 WIB

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

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

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

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



# LABORATORIUM KUALITAS AIR

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



Laboratorium Pengujian  
IP - 227 - IDN

Nomor : 184 S/LKA MLG/VII/09

Halaman 2 dari 2  
Page 2 of 2

Kode Contoh Uji  
Sample Code

Ext. 121/PC/VI/2009/147

Metode Pengambilan Contoh Uji  
Sampling Method

: -

Tempat Analisa  
Place of Analysis

: Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang

Tanggal Analisa  
Testing Date(s)

: 15 - 25 Juni 2009

## HASIL ANALISA

### Result of Analysis

No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
<b>Air Limbah Penyamakan Kulit</b>					
1	pH	-	3,8	QI/LKA08 (Elektrometri)	
2	BOD	mg O <sub>2</sub> /L	419,2	APHA. Ed. 20. 5210 B, 1998	-
3	TSS	mg/L	849,50	APHA. Ed. 20. 2540 D, 1998	

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

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

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

Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

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



LABORATORIUM 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



K NIAGA MALANG

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

## HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. : Efraim Suryadarma (NIM : 0426011)  
Alamat : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang  
Lokasi : PT Kasin, Kota Malang  
Sampling : Oleh konsumen  
Analisis : Oleh konsumen  
Tanggal Analisis Sampel : 3 Agustus – 12 September 2009

### I. Penelitian Proses Batch (Penentuan Dosis Optimum Koagulan)

Nilai Konsentrasi *Total Suspended Solids* ( TSS ) Akhir  
Pada Proses *Batch*

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)		
			1	2	3
30	40	1,5	500	500	500
		2	500	500	500
		2,5	300	300	400
		3	300	400	300
		3,5	100	100	100
	50	1,5	500	500	600
		2	400	500	400
		2,5	200	200	200
		3	100	100	200
		3,5	100	100	100

**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



**Nilai Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) Akhir Pada Proses *Batch***

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi BOD (mg/l)		
			1	2	3
30	40	1,5	202,5	402,5	402,5
		2	135	337,5	337,5
		2,5	202,5	202,5	67,5
		3	67,5	67,5	135
		3,5	67,5	135	67,5
	50	1,5	162,5	42,5	162,5
		2	120	120	40
		2,5	80	40	80
		3	82,5	42,5	42,5
		3,5	80	40	40

**II. Penelitian Proses *Kontinyu* (Uji Efisiensi Jenis *impeller* dan pengaruh kecepatan flokulasi terhadap jenis *impeller* dalam menurunkan kandungan TSS dan BOD)**

**Nilai Konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) Akhir Pada Proses *Kontinyu***

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Jenis <i>Impeller</i>	Konsentrasi TSS (mg/l)		
			1	2	3
30	40	2 <i>Blades</i>	200	200	100
		4 <i>Blades</i>	100	100	100
		Blade Lurus	300	300	200
		Blade Menyerong	300	300	300
	50	2 <i>Blades</i>	200	200	200
		4 <i>Blades</i>	200	100	100
		Blade Lurus	400	300	400
		Blade Menyerong	400	400	500



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

Nilai Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD) Akhir Pada Proses *Kontinyu*

Waktu Flokulasi (mnt)	Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Jenis <i>Impeller</i>	Konsentrasi BOD (mg/l)		
			1	2	3
30	40	2 <i>Blades</i>	67,5	132,5	132,5
		4 <i>Blades</i>	65	65	65
		Blade Lurus	135	135	67,5
		Blade Menyerong	202,5	102,5	102,5
	50	2 <i>Blades</i>	135	67,5	135
		4 <i>Blades</i>	67,5	67,5	135
		Blade Lurus	80	135	135
		Blade Menyerong	337,5	337,5	135

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

Asisten Laboratorium Pendamping

Mahasiswa

  
Efraim Suryadarma  
 NIM: 04.26.011

  
Efraim Suryadarma  
 NIM: 04.26.011

Malang, 26 September 2009  
 Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan  
  
Hardianto, ST, MT  
 NIP.Y : 1030000350

**LAMPIRAN B**  
**METODE ANALISIS SAMPEL**

## METODE ANALISIS SAMPEL

### A. Metode Analisis *Total Suspended Solids* (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<sup>0</sup> C. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah zat padat tersuspensi.

#### 3. Alat-alat

- a. cawan porselin
- b. oven untuk pemanasan 105<sup>0</sup> C
- c. Desikator
- d. Timbangan analitis
- e. Filter kertas

#### 4. Cara Kerja

- a. Basahi filter kertas dengan aquades kemudian panaskan filter kertas di dalam oven pada suhu 150<sup>0</sup>C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan kemudian timbang dengan cepat (a gr).
- b. Sampel yang sudah dikocok merata, kemudian masukan sebanyak 100 ml dipindahkan dengan menggunakan *beaker glass*, ke dalam corong yang sudah ada filter kertas di dalamnya. Kemudian saring.
- c. Filter kertas diambil dari alat penyaring dengan hati – hati dan masukan dalam oven untuk pemanasan pada suhu 105<sup>0</sup>C selama 1 jam. Dinginkan dalam desikator dan kemudian timbang dengan cepat (b gr).

$$\text{Zat Padat Tersuspensi (mg/l)} = \frac{b(\text{mg}) - a(\text{mg})}{V_{\text{sampel}}(\text{l})}$$

## **B. Metode Analisis *Biological Oxygen Demand* (BOD)**

### **1. Metode**

Titrimetri

### **2. Prinsip**

Pengukuran BOD dilakukan dengan menempatkan sampel pada botol winkler 300 ml kemudian diinkubasi pada temperatur 25°C selama lima hari. Setelah itu perbedaan konsentrasi DO (oksigen terlarut) pada akhir dan semula dihitung

### **3. Alat-alat**

- a. *Buret dan statip*
- b. *Erlenmeyer*
- c. Pipet
- d. Gelas ukur
- e. Inkubator
- f. Botol winkler

### **4. Pereaksi**

1. Larutan  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Mangan Sulfat)
2. Larutan Alkali-Iodida-Azida
3. Indikator Amylum 0,5 %
4.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Asam Sulfat)
5. Larutan Tio Sulfat

### **4. Cara Kerja**

#### **A. $\text{DO}_0$**

- a. Isi botol winkler dengan sampel air limbah yang telah diencerkan dengan aquades hingga penuh..
- b. Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dengan pipet di bawah permukaan air limbah.

- c. Tambahkan 2 ml larutan alkali-iodida-azida.
- d. Botol ditutup, dikocok dengan membolak-blik beberapa kali.
- e. Biarkan 10 menit, kemudian buang 100 ml larutan jernih.
- f. Tambahkan 2 ml asam sulfat, kocok kemudian pindahkan ke *erlenmeyer*.
- g. Titrasi dengan larutan tio sulfat hingga warna kuning muda.
- h. Tambahkan 2 ml indikator amylum sampai timbul warna biru.
- i. Titrasi dengan tio sulfat sampai warna biru hilang pertama kali kemudian catat volume yang tertera pada buret.

#### **B. DO<sub>5</sub>**

- a. Isi botol winkler dengan sampel air limbah yang telah diencerkan dengan aquades hingga penuh..
- b. Tambahkan 2 ml larutan mangan sulfat dengan pipet di bawah permukaan air limbah.
- c. Tambahkan 2 ml larutan alkali-iodida-azida.
- d. Botol ditutup, dikocok dengan membolak-blik beberapa kali kemudian biarkan 10 menit.
- e. Botol diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari.
- f. kemudian buang 100 ml larutan jernih.
- g. Tambahkan 2 ml asam sulfat, kocok kemudian pindahkan ke *erlenmeyer*.
- h. Titrasi dengan larutan tio sulfat hingga warna kuning muda.
- i. Tambahkan 2 ml indikator amylum sampai timbul warna biru.
- j. Titrasi dengan tio sulfat sampai warna biru hilang pertama kali kemudian catat volume yang tertera pada buret.

$$DO \text{ (mg/l)} = \frac{axnx8000}{V - 4}$$

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

(Petunjuk Praktikum Laboratorium Lingkungan, 2008)

**LAMPIRAN C**  
**PERENCANAAN DESAIN**

## DESAIN REAKTOR KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI (KFS)

### DESAIN *IMPELLER* (GAYUNG PENGADUK)

### PERHITUNGAN DEBIT ALIRAN KOAGULAN

#### I. DESAIN BAK KOAGULASI

$$T_d = 1 \text{ menit (60 detik).}$$

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

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

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

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

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

#### II. DESAIN BAK FLOKULASI

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

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

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

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

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

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

$$= 22 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \times 31 \text{ cm}$$

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

#### III. DESAIN UKURAN *IMPELLER*

Pada suhu air limbah :  $24^\circ\text{C}$

##### a. *Impeller* Bentuk *Paddle*

<sup>^</sup> 2 *Blades*

##### 1. Untuk Bak Koagulasi

$$\text{Panjang } turbine (d_{turbine}) = 50\% \times p = 50\% \times 8 \text{ cm} = \underline{4 \text{ cm.}}$$

$$\text{Lebar } turbine (w_{turbine}) = 1/6 \times 4 \text{ cm} = \underline{0,67 \text{ cm.}}$$

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

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

$$KT = 0,75 \times 1,70 = 1,275$$

$$P = 1,275 \cdot (200/60)^3 \cdot (0,04)^5 \cdot 996,54 = 0,00480 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,00480}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 11241,218$$

$$G = 106,02 \text{ /dt. (Memenuhi)}$$

## 2. Untuk Bak Flokulasi

**Td = 30 menit**

$$\text{Panjang turbine } (d_{\text{turbine}}) = 50\% \times p = 50\% \times 22 \text{ cm} = 11$$

$$\text{Lebar turbine } (w_{\text{turbine}}) = 1/6 \times 11 \text{ cm} = \underline{1,83 \text{ cm.}}$$

$$\text{Tinggi turbine terhadap dasar } (h_{\text{turbine}}) = 1/2 \times 11 = \underline{5,5 \text{ cm.}}$$

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

$$KT = 0,75 \times 1,70 = 1,275$$

$$P = 1,275 \cdot (40/60)^3 \cdot (0,11)^5 \cdot 996,54 = 0,00606 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,00606}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 472,478 \text{ /dt}^2$$

$$G = 21,74 \text{ /dt. (Memenuhi)}$$

$$n = \underline{50 \text{ rpm.}}$$

$$KT = 0,75 \times 1,70 = 1,275.$$

$$P = 1,275 \cdot (50/60)^3 \cdot (0,11)^5 \cdot 996,54 = 0,0118 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0118}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 920,006 \text{ /dt}^2$$

$$G = 30,33 \text{ /dt. (Memenuhi)}$$

**^ 4 Blades**

## 1. Untuk Bak Koagulasi

$$\text{Panjang turbine } (d_{\text{turbine}}) = 50\% \times p = 50\% \times 8 \text{ cm} = \underline{4 \text{ cm.}}$$

$$\text{Lebar turbine } (w_{\text{turbine}}) = 1/6 \times 4 \text{ cm} = \underline{0,67 \text{ cm.}}$$

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

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

$$KT = 0,75 \times 2,75 = 2,063$$

$$P = 2,063 \cdot (200/60)^3 \cdot (0,04)^5 \cdot 996,54 = 0,00777 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,00777}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 18196,721$$

$$G = 134,90 \text{ /dt. (Memenuhi)}$$

## 2. Untuk Bak Flokulasi

**Td = 30 menit**

$$\text{Panjang turbine } (d_{\text{turbine}}) = 50\% \times p = 50\% \times 22 \text{ cm} = 11$$

$$\text{Lebar turbine } (w_{\text{turbine}}) = 1/6 \times 11 \text{ cm} = \underline{1,83 \text{ cm.}}$$

Tinggi *turbine* terhadap dasar ( $h_{turbine}$ ) =  $\frac{1}{2} \times 11 = \underline{5,5 \text{ cm}}$ .

$n = 40 \text{ rpm}$ .

$$KT = 0,75 \times 2,75 = 2,063$$

$$P = 2,063 \cdot (40/60)^3 \cdot (0,11)^5 \cdot 996,54 = 0,00980 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,00980}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 764,073 / \text{dt}^2$$

$G = 27,64 / \text{dt}$ . (Memenuhi)

$n = 50 \text{ rpm}$ .

$$KT = 0,75 \times 2,75 = 2,063$$

$$P = 2,063 \cdot (50/60)^3 \cdot (0,11)^5 \cdot 996,54 = 0,0192 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0192}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 1496,959 / \text{dt}^2$$

$G = 38,69 / \text{dt}$ . (Memenuhi)

## b. *Impeller Bentuk Turbine*

^ *Blade Lurus dan Menyerong*

### 1. Untuk Bak Koagulasi

Panjang *paddle* ( $d_{paddle}$ ) =  $50\% \times p = 50\% \times 8 \text{ cm} = \underline{4 \text{ cm}}$ .

Lebar *paddle* ( $w_{paddle}$ ) =  $1/6 \times 4 \text{ cm} = \underline{0,67 \text{ cm}}$ .

Tinggi *paddle* terhadap dasar ( $h_{paddle}$ ) =  $\frac{1}{2} \times 4 = \underline{2 \text{ cm}}$ .

$n = 200 \text{ rpm}$ .

$$KT = 0,75 \times 5,31 = 3,983$$

$$P = 3,983 \cdot (200/60)^3 \cdot (0,04)^5 \cdot 996,54 = 0,0150 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0189}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 35128,80$$

$G = 187,43 / \text{dt}$ . (Memenuhi)

### 2. Untuk Bak Flokulasi

$T_d = 30 \text{ menit}$

Panjang *turbine* ( $d_{turbine}$ ) =  $50\% \times p = 50\% \times 22 \text{ cm} = 11$

Lebar *turbine* ( $w_{turbine}$ ) =  $1/6 \times 11 \text{ cm} = \underline{1,83 \text{ cm}}$ .

Tinggi *turbine* terhadap dasar ( $h_{turbine}$ ) =  $\frac{1}{2} \times 11 = \underline{5,5 \text{ cm}}$ .

$n = 40 \text{ rpm}$ .

$$KT = 0,75 \times 5,31 = 3,983$$

$$P = 3,983 \cdot (40/60)^3 \cdot (0,11)^5 \cdot 996,54 = 0,0189 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0189}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 1473,569 /dt^2$$

**G = 38,39 /dt. (Memenuhi)**

n = 50 rpm.

$$KT = 0,75 \times 5,31 = 3,983$$

$$P = 3,893 \cdot (50/60)^3 \cdot (0,11)^5 \cdot 996,54 = 0,0370 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0370}{0,8551 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 2884,765 /dt^2$$

**G = 53,71 /dt. (Memenuhi)**

#### IV. DESAIN BAK SEDIMENTASI

Td = 60 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 cm (menyesuaikan dimensi bak flokulasi)

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

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

Zona Inlet

$$\begin{aligned} P &= 25 \% \times \text{panjang zona settling} \\ &= 25 \% \times 66 \text{ cm} = 16,5 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Zona Lumpur

Vol. Lumpur diasumsikan 100 ml/1000 ml limbah , jadi volume lumpur =  
30 l x 0,1 l = 3 l =  $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  untuk td 1 jam.

Direncanakan dimensi :

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

A<sub>1</sub> = luas atas; A<sub>2</sub> = luas bawah.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## V. PERHITUNGAN DEBIT ALIRAN KOAGULAN

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

Dosis optimum koagulan = 3,5 gr/l

Pengenceran dengan volume *aquades* 65 ml, dimana larutan koagulan sudah dapat diaduk (<http://kharistya.wordpress.com/2006>).

Volume reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi = 45 liter

Jumlah koagulan yang digunakan = 3,5 gr/l X 45 liter = 157,5 gram

Jumlah pengenceran = 157,5 gram X 65 ml = 10237,5 ml = 10 l

$$\% \text{ Larutan Koagulan} = \frac{10 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} \times 100\% = 22,22 \%$$

$$\% \text{ Volume Limbah} = \frac{35 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} \times 100\% = 77,78 \%$$

$$Q_{koagulan} = \frac{Q_{in} \times \% \text{ Vol Limbah} \times \% \text{ Lar Koagulan} \times 1 \text{ gram}}{\text{Dosis Optimum Koagulan}}$$

$$Q_{koagulan} = \frac{0,5 \text{ liter / menit} \times 77,78 \% \times 22,22 \% \times 1 \text{ gram}}{3,5 \text{ gr / liter}}$$

$$= \frac{0,0864 \text{ liter / menit}}{3,5 / \text{liter}}$$

$$Q_{koagulan} = 0,0864 \text{ liter / menit} \times \frac{1}{3,5} = 0,025 \text{ liter / menit}$$

(Sugiharto, 1987)

## KRITERIA DESAIN

### I. Keterangan Kriteria Desain Bak Koagulasi:

- ❖ Waktu detensi yang dianjurkan 0,5 – 6 menit
- ❖ Volume bak,  $V = Q \times \text{waktu detensi (td)}$
- ❖ Dimensi bak, panjang = lebar = tinggi
- ❖ Gradient kecepatan yang dianjurkan 100 /dt – 1000 /dt
- ❖  $KT = \text{Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen tanpa Baffle (Table Density and Viscosity of Water, Reynolds, 1982)}$

### II. Keterangan kriteria desain Bak Flokulasi:

- ❖ Waktu detensi yang dianjurkan 20 – 30 menit
- ❖ Volume bak,  $V = Q \times \text{waktu detensi (td)}$
- ❖ Dimensi bak, panjang = lebar = tinggi
- ❖ Gradient kecepatan yang dianjurkan 20 /dt – 75 /dt

### III. Keterangan Kriteria Desain *Impeller*:

Tipe <i>Impeller</i>	Kecepatan Putaran	Dimensi
<i>Paddle</i>	20 – 200 rpm	Diameter: 50 – 80% lebar bak, lebar: $1/6 - 1/10$ diameter <i>paddle</i> , kedalaman (h) = $1/2d$
<i>Turbine</i>	10 – 200 rpm	Diameter: 30 – 50% lebar bak, lebar: $1/6 - 1/10$ diameter <i>turbine</i> , kedalaman (h) = d

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

### IV. Keterangan Kriteria Desain Bak Sedimentasi:

- ❖ Waktu detensi sedimentasi yang dianjurkan 60 menit
- ❖ Volume bak,  $V = Q \times \text{waktu detensi (td)}$
- ❖ Dimensi bak untuk zona settling, panjang : lebar = 3 : 1
- ❖ Panjang zona inlet = 25% x panjang zona settling
- ❖ Volume zona sludge = 100 ml lumpur/1000 ml limbah

**LAMPIRAN D**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**



Gambar 1 *Impeller Paddle 2 Blades*



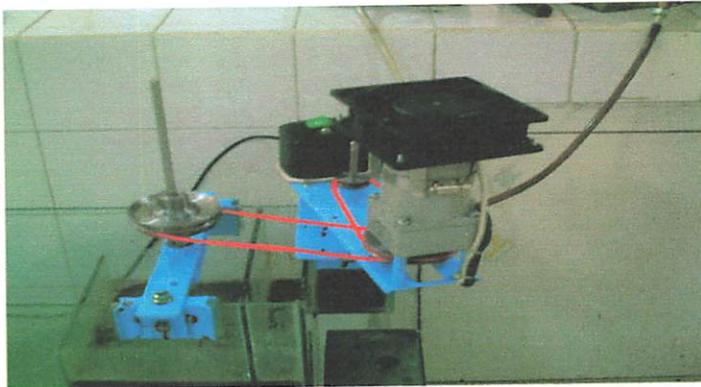
Gambar 2 *Impeller paddle 4 Blades*



Gambar 3 *Impeller Turbine Blade Lurus*



Gambar 4 *Impeller Turbine Blade Menyerong*



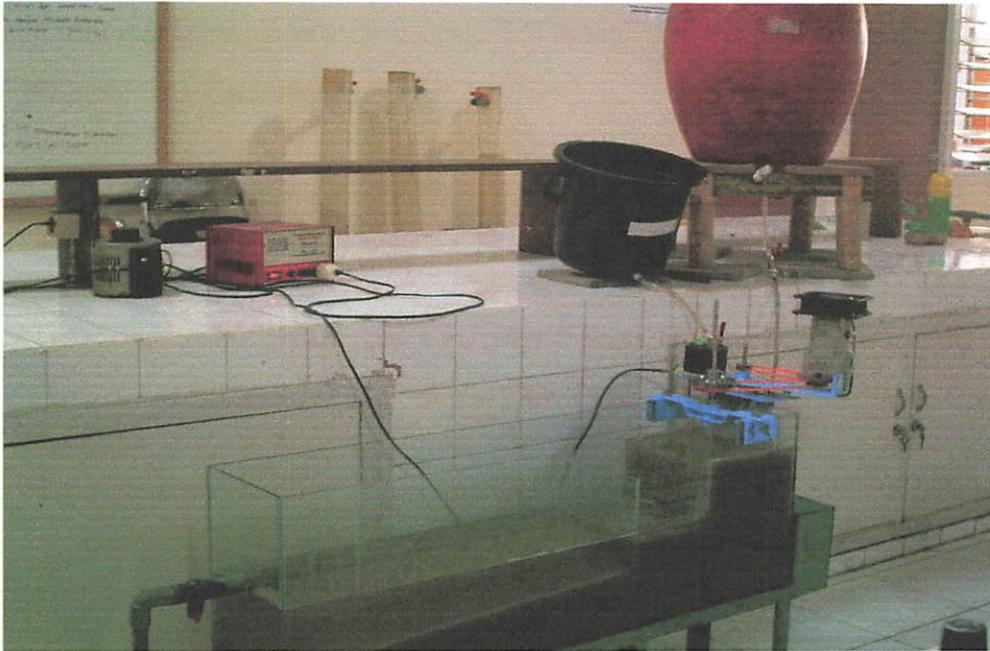
Gambar 5 *Motor Pengaduk*



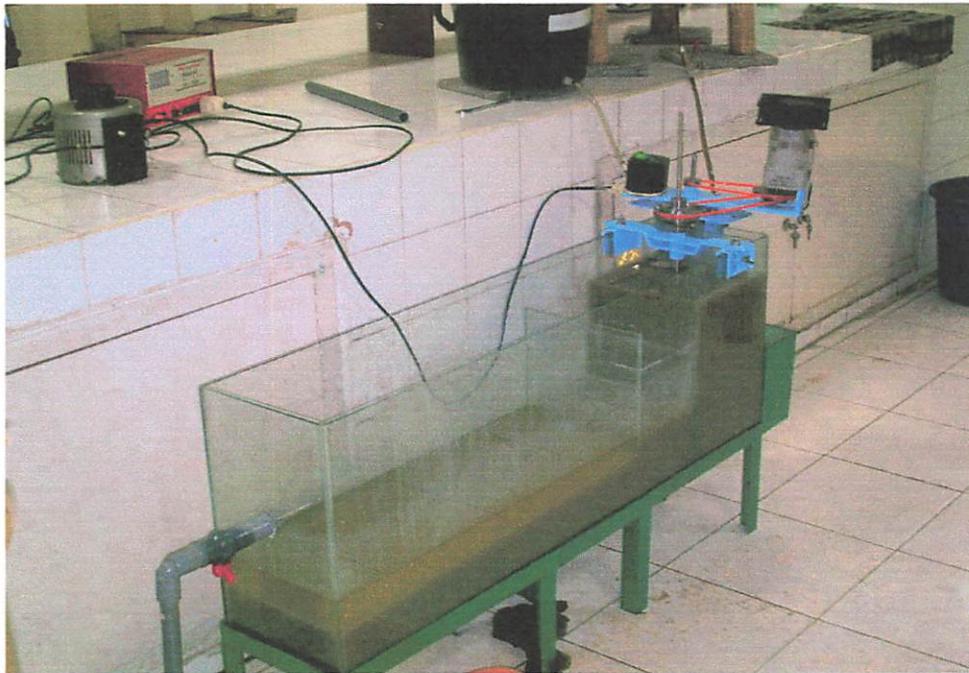
Gambar 6 Limbah Penyamakan Kulit



Gambar 7 Penelitian Pendahuluan



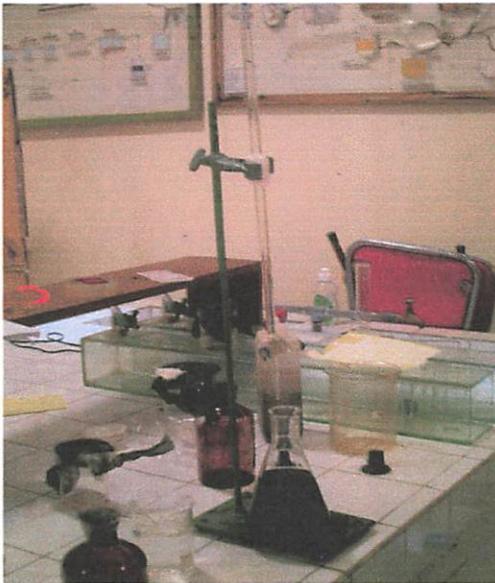
Gambar 8 Reaktor Koagulasi-flokulasi-Sedimentasi



Gambar 9 Proses Pengujian *Impeller*



Gambar 10 Analisis TSS



Gambar 11 Analisis BOD

Senin 19 Oktober 2009-10.50 WIB

Puji dan Syukur aku naikkan kepada TUHANKU YESUS KRISTUS PENYELAMATKU yang telah memberikan kekuatan, semangat, kesabaran, kemampuan dan rencana yang luar biasa sehingga aku bisa menyelesaikan pertandingan ini

Terimakasih buat papah dan mamah yang sudah dengan sabar mendidik, mendoakan dan membiayai kuliahku sampai pada tahap ini. Makasih buat abongku tersayang yang senantiasa membantu baik dengan doa dan biaya (trims buat dukungannya bro!) dan buat adekku yang cantik makasih buat keceriaan yang diberikan (belajar yang rajin sis!!)

Buat saudara-saudaraku di TL 04 : Ryan (makasih buat bantuannya selama penelitian dan penyelesaian laporan skripsi. Akhirnya kita lulus bareng cui...), oky (trims sudah menjadi teman yang baik. You are the best bro..), dewi (trims buat nasehat dan masukannya mba), rini (kamu pasti bisa rin!! makasih buat bantuannya), dwi (komposnya udah matang tuh..hehehe thanks 4 semangatnya), dadi (makasih buat pelajaran organisasinya..mantap coy!!), ardin (juragan bawang..thanks buat prinsipnya), alfons (ayo pknya digarap ojo ilang terus rek..thanks buat kelucuannya.hehehe), bli nyoman (makasih udah nalangain pembayaran di pak.budi..hehehe hitung2 traktiran hbs bli lulus kan..). Makasih buat pertemanan dan kerjasama yang sudah terjalin. Jujur.. tak ada kata menyesal aku mengenal kalian...

Buat saudara-saudaraku yang aku kasihi : K'dance (trims buat pengajarannya), Niko (makasih bro buat semua bantuannya..kamu memang sahabat dan saudara terbaik), richad (kpn pulang dari soe?? Ayo semangat. Mksh buat dukungan dan doanya), cory arch (mksh udah menjadi teman sharing), coco (sebenarnya aku mau mengatakan ke kamu bahwa aku.....kamu.he2he2.makasih buat sms2nya), teman teman PMK ITN :

(kristin,shinta,markus,mario,ishak,fita,ones,julian,john,wida,lindut,amey, nia,boby, jaklyn,k'brata,silma,david,yudha,albert,sri,destin,yetty,trs siapa lagi ya?? Dll aja ya.) kalian semua adalah keluarga keduaku di Malang.

Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 01(mas azizzi dan mas gepeng teman seminar bareng, mba vita teman kompre bareng),02(mba baiq teman kompre bareng), angkt 03,05,06,07,08,09. ayo... kita terus bikin bangga nama TEKNIK LINGKUNGAN ITN

efraim TL 04