

SKRIPSI

**PENGGUNAAN BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus Indica L*) sebagai
BIOKOAGULAN DALAM PROSES PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI
PENYAMAKAN KULIT**



**Disusun Oleh :
Humairoh Suhastrri Latifah
(07.26.020)**

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

000000

REPUBLIC OF INDONESIA
DEPARTMENT OF THE ARMY
HEADQUARTERS OF THE ARMY
JAYAPURA

MILIK
PERPUSTAKAAN
171 MALANG

000000
000000
(00.00.00)

REPUBLIC OF INDONESIA
DEPARTMENT OF THE ARMY
HEADQUARTERS OF THE ARMY
JAYAPURA
000000

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

**PENGGUNAAN BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus Indica L*) sebagai
BIOKOAGULAN DALAM PROSES PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI
PENYAMAKAN KULIT**

Disusun oleh :

Humairoh Suhastris Latifah

07.26.020

Menyetujui :

Tim Pembimbing

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc

NIP. 196106201991031002

Dosen Pembimbing II



Evy Hendriarianti, ST. MMT

NIP. Y. 1030300382

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Candra Dwi Ratna, ST. MT

NIP. Y. 1030000349



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

BERITA ACARA UJIAN SKIRPSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

NAMA : HUMAIROH SUHAstri LATIFAH
NIM : 07.26.020
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN
JUDUL : **PENGGUNAAN BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus Indica L*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM PROSES PENGOLAHAN
LIMBAH INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT**

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

Pada Hari : Kamis

Tanggal : 25 AGUSTUS 2011

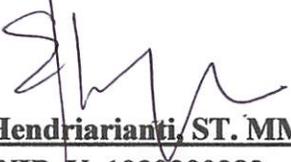
Dengan Nilai : **B+ (72,81)**

PANITIA UJIAN SKRIPSI

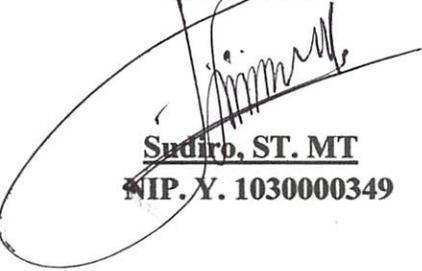
KETUA


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

SEKRETARIS


Evi Hendriarianti, ST. MMT
NIP. Y. 1030300382

PENGUJI I


Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1030000349

PENGUJI II


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

Latifah, HS. Setyobudiarso H, Hendriarianti E, 2011. **Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai Biokoagulan dalam Proses Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit**. Proposal Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

ABSTRAKSI

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

Penelitian ini menggunakan reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi aliran kontinyu dengan variabel dosis koagulan (1,5 g/l; 2,5 g/l dan 3,5 g/l) dan kecepatan putaran flokulasi (20 rpm dan 40 rpm).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) mampu menurunkan COD dan TSS pada limbah industri penyamakan kulit. Persentase penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis koagulan 3,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm yang dapat menurunkan TSS sebesar 83,33% dan COD sebesar 92,62%.

Kata Kunci : Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*), COD, Koagulasi-Flokulasi, Limbah Cair Penyamakan Kulit, TSS

Latifah, HS. Setyobudiarso H, Hendriarianti E, 2011. **The Usage of Tamarind Seed (*Tamarindus Indica L*) as Biocoagulant at Leather Tanning Industrial Wastewater Processing**. Thesis of Environmental Engineering, National Institute of Technology Malang

ABSTRACT

Leather tanning industry is industry which process raw husk become leather. Leather tanning industrial wastewater have big potency to degrade water quality because having high concentration of COD and TSS. One of alternative process in leather tanning wastewater treatment is coagulation-flocculation. This research used Tamarind Seed (*Tamarindus Indica L*) as biocoagulant. The aim of this research was to know optimum dosage of Tamarind Seed (*Tamarindus Indica L*) as coagulant and the effect of flocculation's speed rotation to degrade COD and TSS of leather tanning industrial wastewater.

This research used continuous flow of coagulation-flocculation-sedimentation reactor with the operation variables were coagulant dosages (1,5 g/l; 2,5 g/l and 3,5 g/l) and flocculation's speed rotation (20 rpm and 40 rpm).

The result of research indicate that Tamarind Seed (*Tamarindus Indica L*) coagulant is able to degrade COD and TSS of leather tanning industrial wastewater. The highest degradation percentages happened at 3,5 g/l of coagulant dosage and 20 rpm of flocculation's speed rotation which could degraded 83,33% of TSS and 92,62% of COD.

Keyword : Coagulation-Flocculation, COD, Leather Tanning Industrial Wastewater, Tamarind Seed (*Tamarindus Indica L*), TSS

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Penggunaan Biji Asam (*Tamarindus Indica L*) sebagai Biokoagulan dalam Proses Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit”**

Skripsi ini disusun setelah melalui penelitian, analisis data dan pembahasan yang diperoleh dari hasil penelitian. Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso selaku Dosen Pembimbing I atas masukan dan sarannya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Evy Hendriarianti, ST. MMT selaku Dosen Pembimbing II atas masukan dan sarannya dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Candra Dwi Ratna, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak Hardianto, ST. MT selaku Ketua Laboratorium Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan izin untuk melaksanakan penelitian di laboratorium.
5. Bapak Hendrik dan seluruh staff PT. Kasin Malang atas bantuan dan izin yang diberikan untuk mengambil limbah.
6. Dosen – dosen Teknik Lingkungan ITN Malang atas bimbingannya selama ini.
7. Rekan–rekan Teknik Lingkungan 2007 atas dukungan dan bantuannya.

Kesadaran bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna membuat penyusun berharap akan masukan dan saran bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, 8 Agustus 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

ABSTRAKSI

ABSTRACT

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISIii

DAFTAR TABELv

DAFTAR GAMBARvii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang..... 1

1.2 Perumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian 3

1.4 Manfaat Penelitian 3

1.5 Ruang Lingkup..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Penyamakan Kulit 4

2.1.1 Proses Awal (*Beam House*)..... 5

2.1.2 Proses Penyamakan (*Tanning*) 7

2.1.3 Proses Penyelesaian Akhir (*Finnishing*) 11

2.1.4 Sumber dan Karakteristik Limbah Penyamakan Kulit..... 12

2.2 Pengolahan Limbah Cair 14

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*) 15

2.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*) 15

2.2.3 Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*) 15

2.2.4 Pengolahan Ketiga (*Tertiary Treatment*) 16

2.2.5 Pembunuhan Bakteri (*Desinfection*) 17

2.2.6 Pengolahan Lanjutan (*Advance Treatment*) 17

2.2.7 Pengolahan Limbah PT. Kasin 17

2.3 Proses Koagulasi – Flokulasi - Sedimentasi 19

2.3.1 Definisi Koagulasi – Flokulasi - Sedimentasi 19

2.3.2	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi - Flokulasi.....	20
2.3.3	Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan	23
2.3.4	Sedimentasi	26
2.3.5	Kriteria Desain	28
2.4	Parameter – Parameter Pencemar dalam Air Limbah.....	37
2.5	Asam Jawa (<i>Tamarindus Indica L</i>).....	39
2.4.1	Taksonomi Asam Jawa (<i>Tamarindus Indica L</i>).....	39
2.4.2	Morfologi Asam Jawa (<i>Tamarindus Indica L</i>)	40
2.4.3	Kandungan Biji Asam Jawa (<i>Tamarindus Indica L</i>)	43
2.4.4	Biji Asam Jawa sebagai Koagulan.....	44
2.6	Metode Pengolahan Data	45
2.5.1	Statistik Deskriptif.....	45
2.5.2	Statistik Inferensi	46
2.5.2.1	Analisis Korelasi	46
2.5.2.2	Analisis Regresi.....	47
2.5.2.3	Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial	48

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	50
3.2	Bahan dan Peralatan Penelitian.....	50
3.2.1	Sampel Limbah	50
3.2.2	Bahan Koagulan.....	50
3.2.3	Peralatan.....	50
3.3	Variabel Penelitian.....	53
3.4	Tahapan Penelitian.....	53
3.4.1	Penelitian Pendahuluan	53
3.4.2	Proses Kontinyu	54
3.5	Analisis Parameter Uji.....	54
3.5.1	Analisis TSS.....	54
3.5.2	Analisis BOD	55
3.6	Analisis Data	55
3.7	Kerangka Penelitian	56

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	57
4.2 Analisis Deskriptif.....	58
4.2.1 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	58
4.2.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	61
4.3 Analisis Korelasi	63
4.3.1 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	64
4.3.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	65
4.4 Analisis Regresi	65
4.4.1 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	66
4.4.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	69
4.5 Analisis ANOVA	72
4.5.1 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	72
4.5.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	74

BAB IV PENUTUP

5.1. Kesimpulan	85
5.2. Saran	85

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban Pencemaran Limbah Penyamakan Kulit dari Beberapa Proses..	14
Tabel 2.2 Jenis Koagulan Kimia.....	25
Tabel 2.3 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan.....	28
Tabel 2.4 Kriteria <i>Impeller</i>	30
Tabel 2.5 Komposisi Biji Asam Jawa.....	44
Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Penyamakan Kulit.....	57
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) Akhir Limbah Penyamakan Kulit.....	57
Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Akhir Limbah Penyamakan Kulit.....	58
Tabel 4.4 Nilai Persentase Penurunan Kandungan TSS	59
Tabel 4.5 Persentase Penurunan Kandungan COD.....	62
Tabel 4.6 Korelasi antara Persentase Penurunan TSS, Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan.....	64
Tabel 4.7 <i>Model Summary</i> Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan	66
Tabel 4.8 <i>Analisis Variance</i> Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan	67
Tabel 4.9 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan	67
Tabel 4.10 <i>Model Summary</i> Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan	69
Tabel 4.11 <i>Analisis Variance</i> Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan	70
Tabel 4.12 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan	70
Tabel 4.13 Analisis ANOVA antara Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan terhadap Persentase Penurunan TSS	73

Table 4.14 Uji Duncan Variasi Dosis Koagulan terhadap Persentase Penurunan TSS.....	74
Tabel 4.13 Analisis ANOVA antara Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan terhadap Persentase Penurunan COD.....	75
Table 4.14 Uji Duncan Variasi Dosis Koagulan terhadap Persentase Penurunan COD.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Penyamakan Kulit.....	5
Gambar 2.2 Skema Pengolahan Limbah PT. Kasin	18
Gambar 2.3 Tipe Pengaduk Mekanis.....	29
Gambar 2.4 Sketsa Peletakan Pengaduk	30
Gambar 2.5 Pola Aliran	31
Gambar 2.6 Pengadukan Pneumatis	33
Gambar 2.7 Daun Asam Jawa	40
Gambar 2.8 Batang Asam Jawa	41
Gambar 2.9 Bunga Asam Jawa	42
Gambar 2.10 Buah Asam Jawa	42
Gambar 2.11 Biji Asam Jawa	43
Gambar 3.1 Skema Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi.....	52
Gambar 3.2 Kerangka Penelitian	56
Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi TSS Akhir	58
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan TSS	60
Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi COD Akhir	61
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan COD	62

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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

Partikel koloid dalam limbah cair industri penyamakan kulit dapat menimbulkan kekeruhan pada badan air. Oleh karena itu, industri penyamakan kulit memerlukan alternatif pengolahan limbah yang efektif agar memenuhi standar effluen untuk di buang ke dalam badan air. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair penyamakan kulit adalah dengan kombinasi dari proses kimia dan fisik.

Eksisting pengolahan limbah di PT. Kasin menggunakan metode aerasi dan pengolahan biologis. Pengolahan dengan metode ini membutuhkan biaya yang relatif besar. Salah satu alternatif pengolahan kimia-fisik yang mudah dioperasikan serta murah adalah koagulasi-flokulasi yang dikombinasikan dengan sedimentasi. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan kimia (koagulan) yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Sedangkan flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Proses koagulasi-flokulasi ini memperbesar ukuran flok sehingga lebih mudah untuk mengendap. Oleh karena itu, endapan flok yang di dapatkan lebih besar jumlahnya.

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air saat ini adalah koagulan kimia seperti alum dan PAC. Akan tetapi, koagulan kimia menghasilkan lumpur/endapan yang masih mempunyai unsur kimia yang dapat membahayakan lingkungan bila dibuang langsung. Selain itu pH air yang diolah akan terpengaruh.

Oleh karena itu, perlu digunakan koagulan yang tidak mempengaruhi endapan maupun air yang diolah. Salah satu alternatif koagulan yang ramah lingkungan adalah Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*).

Biji Asam Jawa mengandung senyawa tannin, minyak esensial, serta polimer alami seperti pati, getah, perekat, alginat dan lain-lain. Tanin adalah senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Utami, 2005 dalam Rosyidah, 2008). Minyak esensial merupakan minyak aromatik yang dapat mengurangi bau yang tidak sedap (Suprianti, 2006 dalam Rosyidah, 2008), sedangkan polimer alami seperti albuminoid, pati, dan getah berfungsi sebagai koagulan yang berperan dalam pengumpulan partikel-partikel air (Rao, 2005 dalam Rosyidah, 2008).

Kemampuan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dalam mengolah air dengan proses koagulasi pernah diteliti oleh Bernard Enrico (2008), dengan variasi dosis dan ukuran partikel serbuk, Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) pada dosis optimum 300 mg/L mampu menurunkan TSS dari 9850 mg/l menjadi 120 mg/l. Penelitian yang dilakukan oleh Cicik Rosyidah (2008) menunjukkan kemampuan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) pada dosis optimum 1,0 g/L mampu menurunkan kandungan COD pada air sungai menjadi 9,8355 mg/L.

Bertolak dari hal tersebut diatas maka muncul ide studi untuk memanfaatkan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan dalam proses penurunan kekeruhan dan COD dalam limbah cair industri penyamakan kulit PT. Kasin, Malang.

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini menggunakan metode koagulasi mekanis dimana koagulasi itu sendiri dipengaruhi oleh pH, jenis dan dosis koagulan, temperatur, waktu detensi dan pengadukan (kecepatan putaran dan waktu putaran). Perlunya diketahui dosis optimum koagulan dalam pengolahan air karena dosis sangat berpengaruh terhadap efisiensi terbentuknya partikel flok. Kecepatan putaran pada proses flokulasi sangat penting dalam efisiensi penghilangan partikel yaitu untuk membentuk partikel flok sehingga dapat mengendap, namun apabila kecepatan putaran terlalu besar, flok

yang terbentuk bisa pecah sehingga proses tersebut gagal. Berangkat dari permasalahan tersebut, masalah yang dirumuskan adalah :

1. Dengan menggunakan biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*), berapakah dosis optimum Biji Asam Jawa dalam menurunkan BOD dan TSS pada limbah industri penyamakan kulit?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan putaran flokulasi terhadap penurunan BOD dan TSS pada limbah cair industri penyamakan kulit dengan koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui dosis optimum Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan dan pengaruh kecepatan putaran flokulasi untuk menurunkan COD dan TSS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pengolahan limbah penyamakan kulit dengan koagulasi menggunakan koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah dapat diperoleh bahan koagulan yang relatif murah sekaligus dapat mendorong masyarakat untuk membudidayakan dan melestarikan fungsi Biji Asam Jawa. Selain itu, metode ini dapat dijadikan teknologi alternatif yang efisien, ekonomis dan aplikatif dalam pengolahan limbah cair.

1.5 Ruang Lingkup

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Sampel limbah yang digunakan adalah limbah cair penyamakan kulit di PT. Kasin, Kota Malang.
3. Aliran yang digunakan dalam proses adalah aliran kontinyu.
4. Serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan dengan dosis 1,5; 2,5 dan 3,5 g/l.
5. Parameter yang dianalisis adalah COD dan TSS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Penyamakan Kulit

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah (*hides* atau *skins*) menjadi kulit jadi atau kulit tersamak (*leather*) dengan menggunakan bahan penyamak. Pada proses penyamakan, semua bagian kulit mentah yang bukan kolagen saja yang dapat mengadakan reaksi dengan zat penyamak. Kulit jadi sangat berbeda dengan kulit mentah dalam sifat organoleptis, fisis, maupun kimiawi. Dalam industri penyamakan kulit ada tiga tahapan pokok proses produksi yaitu :

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

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

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

a. Penyamakan Nabati

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

b. Penyamakan mineral.

Penyamakan dengan bahan penyamak mineral, misalnya bahan penyamak krom. Kulit yang dihasilkan misalnya kulit boks, kulit jaket, kulit glase, kulit

suede, dll. Disamping itu ada pula bahan penyamak aluminium yang biasanya untuk menghasilkan kulit berwarna putih (misalnya kulit *shuttle cock*).

c. Penyamakan minyak

Penyamak dengan bahan penyamak yang berasal dari minyak ikan hiu atau ikan lain, biasanya disebut minyak kasar. Kulit yang dihasilkan misalnya: kulit berbulu tersamak, kulit *chamois* (kulit untuk lap kaca) dll.

Dalam prakteknya untuk mendapatkan sifat fisis tertentu yang lebih baik, misalnya tahan gosok, tahan terhadap keringat dan basah, tahan bengkok, dll, biasanya dilakukan dengan cara kombinasi. Ada kalanya suatu pabrik penyamakan kulit hanya melaksanakan proses basah saja, proses penyamakan saja, proses penyelesaian akhir atau melakukan 2 tahapan atau ketiga-tiganya sekaligus.

2.1.1 Proses Awal (*Beam House*)

Urutan proses pada tahap proses basah beserta bahan kimia yang ditambahkan dan limbah yang dikeluarkan dapat dilihat pada bagan 2 berikut ini.

a. Perendaman (*Soaking*)

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

b. Pengapuran (*Liming*)

Maksud proses pengapuran ialah untuk :

- 1) Menghilangkan epidermis dan bulu.
- 2) Menghilangkan kelenjar keringat dan kelenjar lemak.
- 3) Menghilangkan semua zat-zat yang bukan collagen yang aktif menghadapi zat-zat penyamak.

Cara mengerjakan pengapuran, kulit direndam dalam larutan yang terdiri dari 300-400 % air (semua dihitung dari berat kulit setelah direndam), 6-10 % Kapur Tohor $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 3-6 % Natrium Sulphida (Na_2S). Perendaman ini memakan waktu 2-3 hari. Proses pengapuran ini mengakibatkan pencemaran dari sisa-sisa $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2S , zat-zat kulit yang larut, dan bulu yang terepas.

c. Pembelahan (*Splitting*).

Untuk pembuatan kulit atasan dari kulit mentah yang tebal (kerbau-sapi) kulit harus ditipiskan menurut tebal yang dikehendaki dengan jalan membelah kulit tersebut menjadi beberapa lembaran dan dikerjakan dengan mesin belah (*Splitting Machine*). Belahan kulit yang teratas disebut bagian rajah (*nerf*), digunakan untuk kulit atasan yang terbaik. Belahan kulit dibawahnya disebut split, yang dapat pula digunakan sebagai kulit atasan, dengan diberi nerf palsu secara dicetak dengan mesin press (*Embossing machine*) pada tahap penyelesaian akhir. Selain itu kulit split juga dapat digunakan untuk kulit sol dalam, krupuk kulit, lem kayu dll. Untuk pembuatan kulit sol, tidak dikerjakan proses pembelahan karena diperlukan seluruh tebal kulit.

d. Pembuangan Kapur (*Deliming*)

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

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

e. Pengikisan Protein (*Bating*)

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

- 1) Sisa-sisa akar bulu dan pigmen.
- 2) Sisa-sisa lemak yang tak tersabunkan.
- 3) Sedikit atau banyak zat-zat kulit yang tidak diperlukan artinya untuk kulit atasan yang lebih lemas membutuhkan waktu proses bating yang lebih lama.
- 4) Sisa kapur yang masih tersisa.

f. Pengasaman (*Pickling*)

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

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

2.1.2 Proses Penyamakan (*Tanning*)

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

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

Adapun proses penyamakan yang terjadi adalah :

A. Penyamakan.

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

1) Penyamakan dengan Bahan Penyamakan Nabati

a) Cara Counter Current

Kulit direndam dalam bak penyamakan yang berisi larutan ekstrak nabati $\pm 0,5^{\circ}\text{Be}$ selama 2 hari, kemudian kepekatan cairan penyamakan dinaikkan secara bertahap sampai kulit menjadi masak yaitu $3-4^{\circ}\text{Be}$ untuk kulit yang tipis seperti kulit lapis, kulit tas, kuli pakaian kuda, dll sedang untuk kulit-kulit yang tebal seperti kulit sol, ban mesin dll pada kepekatan $6-8^{\circ}\text{Be}$. Untuk kulit sol yang keras dan baik biasanya setelah kulit tersanak masak dengan larutan ekstrak, penyamakan masih dilanjutkan lagi dengan cara kulit ditanam dalam babakan dan diberi larutan ekstrak pekat selama 2-5 minggu.

b) Sistem samak cepat

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

2) Penyamakan dengan Bahan Penyamakan Mineral

a) Menggunakan bahan penyamak krom

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

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

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

Kulit yang telah diasamkan diputar dengan:

- 40- 50 % air.
- 10% tawas putih.
- 1- 2% garam, putar selama 2-3 jam lu ditumpuk selam 1 malam.
- Esok harinya kulit diputar lagi selama ½ – 1 jam, lalu digantung dan dikeringkan pada udara yang lembabselama 2-3 hari. Kulit diregang dengan tangan atau mesin sampai cukup lemas.

3) Penyamakan dengan Bahan Penyamakan Minyak

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

B. Pengetaman (*Shaving*)

Kulit yang telah masak ditumpuk selama 1-2 hari kemudian diperah dengan mesin atau tangan untuk menghilangkan sebagian besar airnya, lalu diketam dengan mesin ketam pada bagian daging guna mengatur tebal kulit agar rata. Kulit ditimbang guna menentukan jumlah khemikali diperlukan untuk proses-proses selanjutnya, selanutnya dicuci dengan air mengalir ½ jam.

C. Pemucatan (*Bleaching*)

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

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

Cara mengerjakan proses pemucatan, kulit diputar dengan air hangat (36-40⁰C) dan 0,5-1,0 % asam oksalat selama ½-1 jam.

D. Penetralan (*Neutralizing*)

Hanya dikerjakan untuk kulit samak krom. Kulit samak krom dilingkungannya sangat asam (pH 3-4) maka kulit perlu dinetralkan kembali

agar tidak mengganggu dalam proses selanjutnya. Penetralkan biasanya mempergunakan garam alkali misalnya NaHCO_3 , Neutrigan dll.

Cara melakukan penetralkan, kulit diputar dengan 200% air hangat 40-60°C. 1-2 % NaHCO_3 atau Neutrigan. Putar selama ½-1 jam. Penetralkan dianggap cukup bila ½ - ¼ penampang kulit bagian tengah berwarna kuning terhadap Bromo Cresol Green (BCG) indikator, sedangkan kulit bagian tepi berwarna biru. Kulit kemudian dicuci kembali.

E. Pengecetan Dasar (*Dyeing*)

Tujuan pengecetan dasar ialah untuk memnberikan warna dasar pada kulit agar pemakaian cat tutup nantinya tidak terlalu tebal sehingga cat tidak mudah pecah. Cat dasar yang dipakai untuk kulit ada 3 macam:

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

F. Peminyakan (*Fat liguoring*)

Tujuan proses peminyakan pada kulit antara lain sebagai berikut:

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

Cara mengerjakan peminyakan, kulit setelah dicat dasar, diputar selama ½-1 jam dengan 150%-200% air 40-60°C, 4-15% emulsi minyak. Ditambahkan 0,2-0,5 % asam formiat untuk memecahkan emulsi minyak. Minyak akan tertinggal dalam kulit dan airnya dibuang. Kulit ditumpuk pada kuda- kuda selama 1 malam.

G. Pelumasan (*Oiling*)

Pelumasan hanya dikerjakan untuk kulit sol samak nabati. Tujuan pelumasan ialah untuk menjaga agar bahan penyamak tidak keluar kepermukaan kulit sebelum kulit menjadi kering, yang berakibat kulit menjadi gelap warnanya dan mudah pecah *nerfnya* bila ditekuk. Cara pelumasan, kulit sol sebagian airnya diperah kemudian kulit diulas dengan campuran:

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

Kulit diulas tipis tetapi rata kedua permukaannya, kemudian dikeringkan.

H. Pengeringan

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

I. Kelembaban

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

J. Peregangan dan Pementangan

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

(Zaenab, 2008)

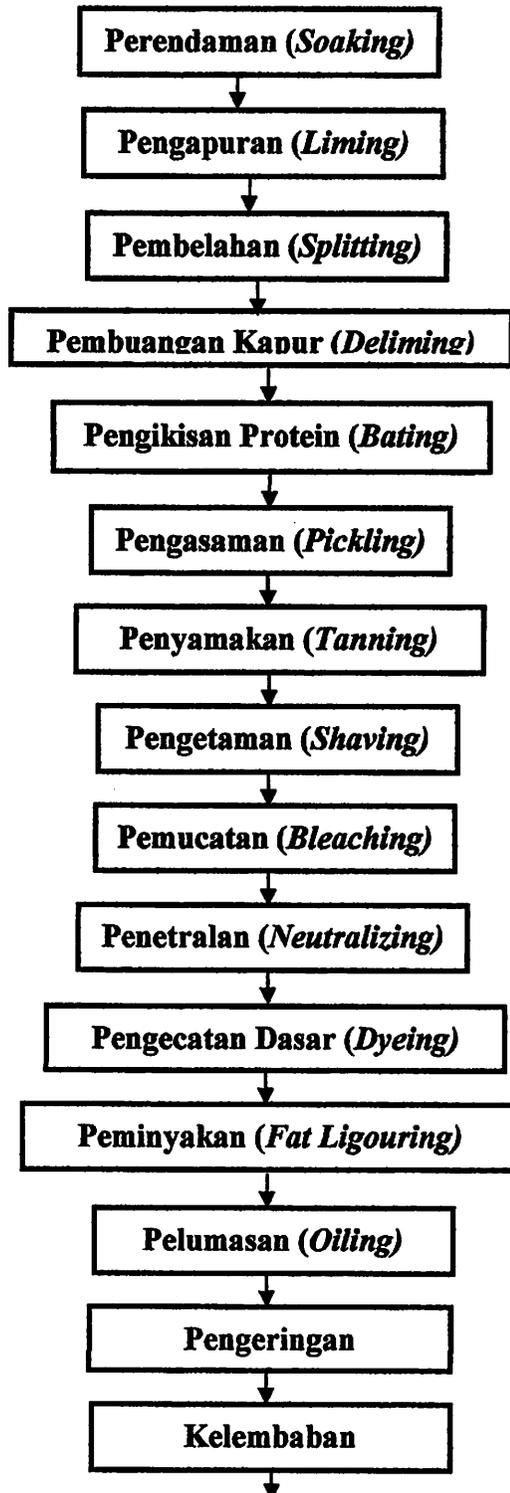
2.1.3 Proses Penyelesaian Akhir (*Finnishing*)

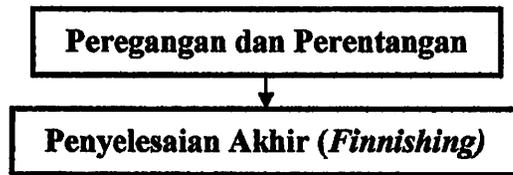
Penyelesaian akhir bertujuan untuk memperindah penampilan kulit jadinya, memperkuat warna dasar kulit, mengkilapkan, menghaluskan penampakan rajah kulit serta menutup cacat-cacat atau warna cat dasar yang tidak rata.

(Zaenab, 2008)

2.1.4 Sumber dan Karakteristik Limbah Cair Penyamakan Kulit

Proses penyamakan kulit secara keseluruhan adalah :





(Sumber : Suryadarma, 2009)

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses 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, TSS 2500-4000 mg/l. Air limbah *soaking* juga mengandung garam dan bahan organik lain.

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

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

c) Pembuangan kapur (*Deliming*)

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

d) Pengikisan protein (*Degreasing*)

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

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

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

(Sumber : Suryadarma, 2009)

Untuk lebih jelasnya beban pencemaran air limbah penyamakan kulit dari beberapa tahapan proses dapat dilihat pada tabel berikut ini.

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

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

(Sumber : Sunaryo,dkk 1993 dalam Zaenab, 2008)

2.2 Pengolahan Limbah Cair

Setiap kegiatan/industri akan menghasilkan limbah cair dalam upayanya menghasilkan produk. Limbah yang dihasilkan dapat berupa padat, cair maupun gas. Sebelum dibuang ke badan air, limbah ini harus diolah lebih dulu agar tidak mencemari lingkungan sekitarnya.

Adapun tujuan utama dalam pengolahan limbah ini adalah :

1. Mengurangi atau menghilangkan unsur-unsur pencemar dari air limbah.
2. Mendapatkan effluen dari pengolahan yang mempunyai kualitas yang dapat diterima oleh badan air penerima tanpa mengalami gangguan atau kerusakan fisik, kimia dan biologi sehingga air dapat digunakan kembali oleh manusia. Selain itu, dalam upaya pengolahan air limbah dapat pula diusahakan tambahan bahan untuk menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun serta bahan yang tidak dapat terdegradasi agar konsentrasi yang ada menjadi rendah. Maka diperlukan pengolahan bertahap agar tujuan diatas dapat tercapai.

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Sebelum mengalami proses pengolahan, air limbah harus dibersihkan dahulu dari kotoran-kotoran untuk mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Adapun kegiatan yang dilakukan adalah dengan mengambil benda-benda terapung dan mengendap. Tahap awal dari pengolahan air limbah yaitu dengan menghilangkan zat padat yang kasar dan besar. Biasanya dilakukan dengan jalan melewatkan air limbah melalui saringan kasar/besar serta alat pemecah (*communitor*).

Selain itu, alat untuk mengambil benda yang mengendap (pasir) adalah dengan menggunakan *grit chamber* atau macerator. Alat tersebut digunakan untuk mengumpulkan pasir yang mengendap didasar dan menuju ke suatu tempat dengan menggunakan penggaruk.

2.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Bila dalam pengolahan pendahuluan bertujuan untuk mensortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat dan memisahkan lemak, maka pada pengolahan pertama bertujuan supaya zat padat tercampur melalui tahapan pengendapan. Pengendapan merupakan hal utama dalam pengolahan pertama ini. Pengendapan yang dihasilkan terjadi karena adanya kondisi yang sangat tenang. Pada proses ini dapat ditambahkan bahan kimia untuk menetralkan keadaan atau peningkatan pengurangan partikel kecil yang tercampur. Dengan demikian maka dengan adanya proses pengendapan ini akan mengurangi proses biologis berikutnya dan pengendapan akan terjadi secara gravitasi.

2.2.3 Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua mencakup proses pengolahan secara biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Proses pengolahan ini sangat dipengaruhi oleh faktor antara lain limbah, tingkat kekotoran dan sebagainya. Dalam proses biologis ini terdapat dua hal yang paling penting yaitu :

1. Proses penambahan oksigen

Pengambilan zat tercemar yang terkandung dalam air limbah merupakan tujuan pengolahan limbah dengan cara menambah oksigen. Dengan cara ini,

konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang dapat diambil berupa gas, cairan ion, koloid atau bahan tercampur.

Pada prakteknya, terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen ke dalam air limbah yaitu :

- a) Memasukkan udara ke dalam air limbah.
- b) Memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen dari dalam, adalah dengan cara oksigen melalui perputaran baling-baling yang diletakkan pada permukaan air limbah, sehingga air akan mengalami kontak langsung dengan udara sekitar.

2. Pembubuhan bakteri dalam reaktor

Bakteri digunakan untuk mengurangi bahan organik yang ada dalam limbah. Oleh karena itu diperlukan jumlah bakteri yang cukup untuk mengurangi bahan-bahan tersebut. Bakteri itu akan berkembang biak apabila jumlah makanan yang terkandung di dalamnya cukup tersedia sehingga pertumbuhan bakteri dapat dipertahankan.

2.2.4 Pengolahan Ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan ini merupakan kelanjutan dari pengolahan kedua. Oleh karena itu, maka jenis pengolahan ini baru akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua masih banyak terdapat zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga merupakan pengolahan khusus yang sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam limbah.

2.2.5 Pembunuhan Bakteri (*Desinfection*)

Pembunuhan bakteri bertujuan untuk mengurangi mikroorganisme yang berbahaya yang terdapat dalam air limbah. Mekanisme pembunuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi zat pembunuhnya dan mikroorganisme itu sendiri. Banyak zat kimia pembunuh kuman mematikan bakteri dengan cara merusak atau mengaktifkan enzim utama sehingga terjadi kerusakan dinding sel. Mekanisme lain adalah dengan merusak langsung dinding sel seperti yang dilakukan dengan bahan radiasi ataupun panas. Penggunaan panas dan radiasi meskipun sangat baik

akan tetapi kurang cocok ditempatkan secara missal. Hal ini disebabkan oleh biaya dan penggunaannya cukup sulit. Oleh karena itu, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan disinfeksi antara lain :

- 1) Daya racun
- 2) Waktu kontak yang diperlukan
- 3) Efektifitas
- 4) Tidak berbahaya
- 5) Rendah dosisnya
- 6) Tetap tahan terhadap air
- 7) Murah

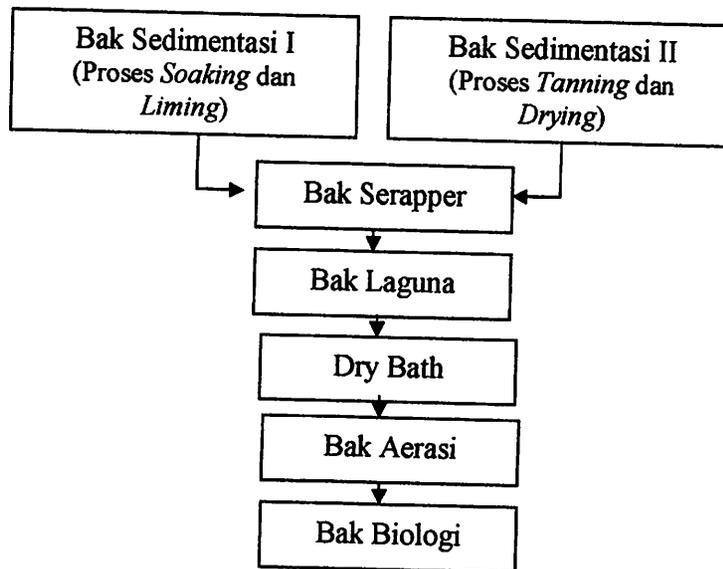
2.2.6 Pengolahan Lanjutan (*Advance Treatment*)

Setiap tahap pengolahan air limbah akan menghasilkan lumpur yang perlu dilakukan pengolahan khusus agar lumpur tersebut dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan.

(Sugiharto, 1987)

2.2.7 Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit Malang

Unit pengolahan air limbah terdiri dari : Bak Sedimentasi, Bak Flokulasi, Bak Laguna, *Dry Bath*, Bak Aerasi dan Bak Biologi. Adapun skema pengolahan dapat dilihat pada gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Skema Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit

Adapun tahapan proses kerja pengolahan air limbah adalah :

1) Air limbah dari proses *Soaking* dan *Liming* (pH 11-12) masuk pada :

a. Bak Sedimentasi I

Bak Sedimentasi terbagi menjadi 3 bagian yaitu : bak sedimentasi, bak I dan bak II

- Limbah masuk ke bak sedimentasi, terjadi proses sedimentasi. Setelah itu, limbah dialirkan ke bak I dan II.
- Di bak I dilakukan penambahan tawas agar terjadi penurunan pH
- Di bak II terjadi penambahan kultur bakteri yang berfungsi untuk membantu penggunaan bahan-bahan organik dengan cara limbah diputar/diaerasi.

b. Bak Serapper

Air dari bak I dan II masuk ke bak serapper yang kemudian ditambahkan flokulan dan udara.

c. Bak Laguna

Bak ini berfungsi menampung limbah dari proses kimia, bak ini tertutup dan bersifat anaerobik.

d. Bak Pengering/Dry Bath

Berfungsi sebagai bak penampung untuk lumpur-lumpur dari bak III.

e. Bak Aerasi

Di bak ini ditambahkan O₂ dengan bantuan blower dan dyuser untuk menurunkan BOD dan COD serta amoniak.

f. Bak Biologis

2) Air limbah dari proses *Tanning* dan *Drying* (pH 3-4) masuk pada :

a. Bak Sedimentasi II

Di bak ini ditambahkan FeCl₃ 0,755 untuk mendapatkan sedimen yang maksimal serta ditambahkan kapur untuk menaikkan pH. Setelah itu, air dialirkan ke bak laguna.

b. Bak Lagoon

Disini air limbah bercampur dengan limbah dari proses *Soaking* dan *Limming*.

2.3 Proses Koagulasi – Flokulasi – Sedimentasi

2.2.1 Definisi Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah suatu istilah yang berasal dari bahasa latin *coagulare* (yang berarti bergerak bersama-sama) dan *flokulare* (yang berarti membentuk flok) yang dipakai untuk menjelaskan agregasi partikel-partikel koloid (Metcalf, 1994 dalam Uswatun, 2008)

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 koloid lepas.
2. Agregasi partikel oleh interpartikel yang menjembatani antara gugus reaktif pada koloid.
3. Terbentuknya flok presipitat.

(Masduqi dan Selamet, 2002)

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

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

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

(Razif, 1985 dalam Wahyuni, 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 (Tom D. Reynolds, 1982).

Sedimentasi atau pengendapan adalah pemisahan solid-liquid secara gravitasi dimana partikel yang diendapkan adalah partikel flokulen yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Partikel flokulen dapat berubah ukuran, bentuk dan beratnya pada saat pengendapan.

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi

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

1. pH

pH merupakan besaran yang menyatakan sifat asam basa suatu larutan. Sifat kimia koagulan juga bergantung pada pH, karenanya pada proses koagulasi dan

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

2. Garam

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

3. Kekeruhan

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

4. Jenis Koagulan

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

5. Temperatur

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

6. Waktu Detensi

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

7. Pengadukan

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

(Layla, 1978 dalam Wahyuni, 2006)

8. Dosis

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

9. Kecepatan Pengadukan

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

10. Jenis Koagulan

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

dari suatu bahan kimia (koagulan) tertentu yang dibutuhkan pada proses koagulasi.

11. Komposisi Kimia Larutan

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

(Hammer, 2007 dalam Uswatun, 2008)

2.2.3 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan

2.2.3.1 Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi

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

Untuk bisa diendapkan maka antara sesama flok-flok kecil harus terus bergabung sampai menjadi flok yang cukup besarnya untuk bisa mengendap. Adakalanya muatan positif yang diberikan tidak mampu untuk menggabungkan flok-flok kecil karena flok-flok kecil tersebut mengalami kondisi restabilisasi (kembali menjadi stabil) sehingga sulit untuk terus bergabung menjadi flok yang cukup besar. Masalah ini dapat diselesaikan dengan memberikan flokulan. Flok-flok kecil akan “diikat” oleh flokulan karena flokulan mempunyai lengan-lengan yang cukup panjang menyerupai sekumpulan benang.

Dari uraian diatas jelas bahwa mekanisme koagulasi dan flokulasi bisa terjadi berurutan dan bisa juga terjadi secara bersamaan sehingga sulit untuk memisahkan antara kedua proses tersebut (Razif, 1985 dalam Wahyuni, 2006).

2.2.3.2 Proses Destabilisasi Koloid

Pendestabilan partikel dilakukan dalam dua tahap yaitu mengurangi muatan elektrostatis sehingga menurunkan nilai potensial zeta dari koloid dan memberikan kesempatan kepada partikel untuk bertumbukan atau bergabung, cara ini dilakukan dengan pengadukan (Notodarmojo, dkk, 2004 dalam Iswatun, 2008).

Mekanisme destabilisasi koloid menurut Amirtharajah dan O'Melia (1990), Raju (1995) dalam Uswatun (2008) dibagi menjadi 4 tipe yaitu:

a. Kompresi (penekanan) lapisan ganda.

Interaksi koagulan terhadap satu partikel koloid murni bersifat elektrostatis. Ion koagulan yang memiliki muatan elektrik yang sama dengan koloid akan ditolak, sedangkan yang memiliki muatan elektrik yang berbeda akan ditarik. Apabila koagulan dengan konsentrasi tinggi ditambahkan ke dalam dispersi koloid, maka konsentrasi ion berbeda muatan akan meningkat sehingga ketebalan lapisan ganda akan berkurang, penipisan lapisan ini meningkat untuk menanggulangi rintangan energi, dengan cara ini partikel dapat bergabung. Semakin banyak ion yang berbeda muatan, maka koagulasi makin cepat terjadi.

b. Adsorpsi dan netralisasi muatan. Muatan elektrik partikel koloid dapat dinetralisasi oleh molekul yang berbeda muatan yang memiliki kemampuan mengadsorpsi koloid, contohnya koagulan dodesilamin ($C_{12}H_{25}NH_3^+$), merupakan substansi yang aktif di permukaan sehingga terakumulasi dipermukaan koloid.

c. Penjaringan dalam suatu presipitasi.

Konsentrasi koagulan yang memadai atau berlebih, diperlukan untuk membentuk endapan logam hidroksida seperti $Al(OH)_3$ atau $Fe(OH)_3$, sehingga partikel koloid dapat dijaring dan mengendap bersama. Partikel

koloid berperan sebagai inti endapan, jadi tingginya laju pengendapan seiring dengan peningkatan partikel dalam air. Proses penyapuan koloid dari suspensi ini disebut dengan koagulasi sapu.

d. Adsorpsi dan jembatan antar partikel.

Polimer organik sintetis sering digunakan sebagai agen destabilisasi dalam pengolahan air limbah. Polimer ini merupakan rantai panjang, muatan polimer dapat mendestabilisasi koloid melalui formasi jembatan. Salah satu sisi muatan rantai polimer dapat melekat atau mengadsorpsi sisi koloid, sementara itu sisi molekul polimer lain meluas ke dalam larutan. Bila sisi yang meluas itu berikatan dengan koloid lain, maka dua koloid akan terikat bersama secara efektif dan disebut dengan flok.

2.2.3.3 Jenis Koagulan Kimia

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

Tabel 2.1 Jenis Koagulan Kimia

Nama	Formula
Alum/Tawas	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Lime	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Ferric chloride	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Ferric sulfate	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Copperas	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Sodium aluminate	$\text{Na}_3\text{Al}_2\text{O}_4$

Pada kondisi tertentu koagulan pembantu diperlukan untuk memproduksi flok yang cepat mengendap misalnya polielektrolit atau bisa juga disebut sebagai

flokulan. Pemilihan koagulan membutuhkan studi laboratorium untuk mendapatkan kondisi optimum (Wahyuni, 2006).

2.2.4 Sedimentasi

2.2.4.1 Teori Sedimentasi

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

1. Penyisihan grit, pasir, *silt* atau lanau.
2. Penyisihan padatan tersuspensi pada *clarifier* pertama.
3. Penyisihan flok/lumpur biologis hasil proses *activated sludge* pada *clarifier terakhir*.
4. Penyisihan humus pada *clarifier* akhir setelah tricing 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 metode dan peralatannya (Masduqi dan Slamet, 2002). Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses sedimentasi adalah :

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

2.2.4.2 Aplikasi Sedimentasi

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

1. *Grit Chamber*

Grit Chamber merupakan bagian dari bangunan pengolah air limbah yang berfungsi untuk mengendapkan partikel kasar/grit bersifat diskrit yang relatif

sangat mudah mengendap. Teori sedimentasi yang dipergunakan dalam aplikasi pada *grit chamber* adalah teori sedimentasi tipe 1, karena teori ini mengemukakan bahwa pengendapan partikel berlangsung secara individu (masing-masing partikel diskrit) dan tidak terjadi interaksi antar partikel (Masduqi dan Slamet, 2002).

Grit chamber adalah unit yang berfungsi untuk mengendapkan padatan yang tersuspensi dengan diameter $> 0,2$ mm, seperti pasir, pecahan logam satau kasa dan lemturan 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 control 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.

(Thcobanoglous dan Burton, 1991 dalam Suryadarma, 2009)

2. Prasedimentasi

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

Prinsip bangunan pengolahan ini mempergunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan. Bak prasedimentasi terdiri dari empat 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 endapan.

4. Zona outlet, untuk memperhalus aliran transisi dari zona settling ke effluent serta pengaturan debit effluent.

3. Final Clarifier

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

2.2.5 Kriteria Desain

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

1. Koagulasi

Pada proses koagulasi terjadi proses pencampuran atau pengadukan cepat maka dari itu diperlukan suatu alat pengaduk yang mampu mendistribusikan koagulan ke dalam air baku. Untuk mengontrol proses koagulasi, perlu diperhatikan intensitas dan lamanya pengadukan. Intensitas dinyatakan dalam gradien kecepatan (G), sedangkan lama pengadukan dalam $td=V/Q$ (Wahyono Hadi). Sebagai patokan, tabel 2.1 dapat digunakan dalam pemilihan nilai G dan td .

Tabel 2.2 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

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

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

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

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

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

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

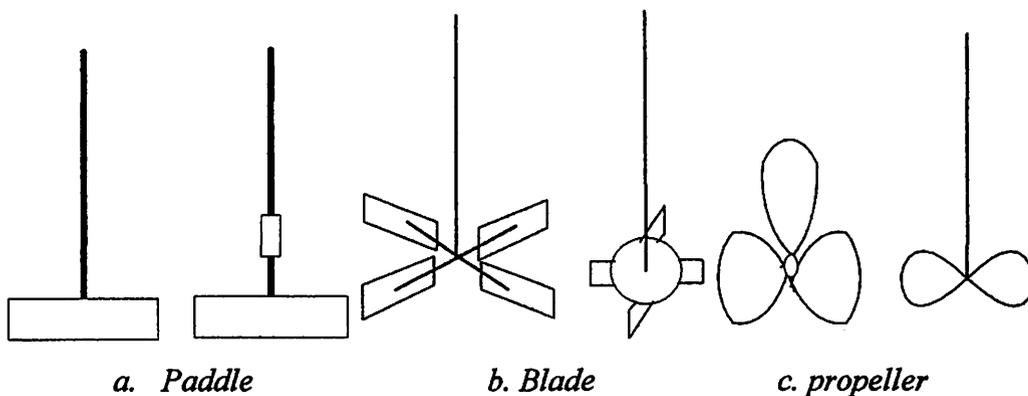
- Waktu detensi = 0,5 – 6 menit
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

Untuk air limbah:

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

Ada tiga macam pengadukan dalam proses koagulasi yaitu :

- Pengadukan mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan alat pengaduk berupa impeller yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Umumnya pengadukan mekanis terdiri dari motor, poros pengaduk, dan gayung pengaduk (*impeller*). Berdasarkan pada bentuknya, telah dikenal tiga macam impeller, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.3



(Sumber: Masduqi dan Slamet.2002)

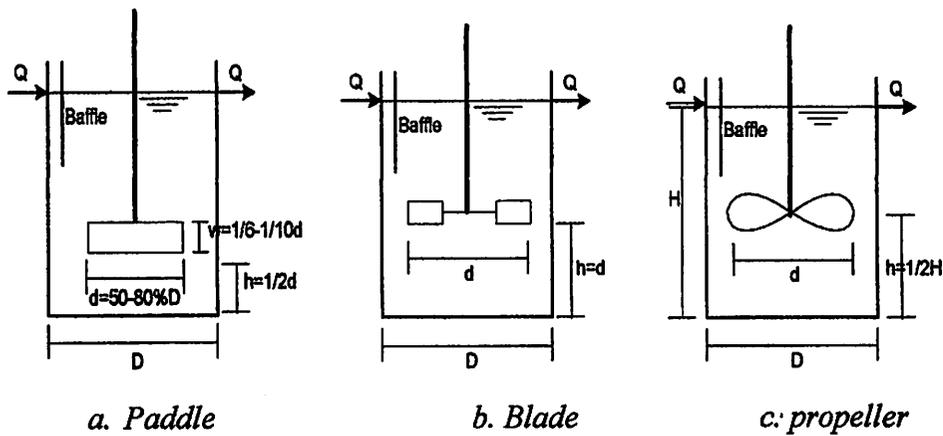
Gambar 2.3 Tipe Pengaduk Mekanis

Kriteria *impeller* dan sketsa peletakan *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.3 dan gambar 2.4.

Tabel 2.3 Kriteria *Impeller*

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

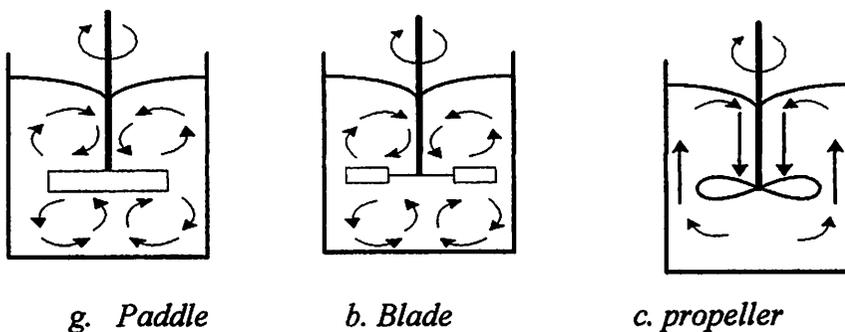
(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)



(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Gambar 2.4 Sketsa Peletakan Pengaduk

Jenis aliran di dalam bak koagulasi/flokulasi yang sedang diaduk bergantung pada jenis impeller yang digunakan. Pola aliran dalam bak koagulasi/flokulasi dapat dilihat pada gambar 2.5.



(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Gambar 2.5 Pola Aliran

Perhitungan tenaga pengadukan berbeda – beda bergantung pada jenis pengadukannya. Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan alat pengaduk itu diputar (oleh motor). Hubungan antar variabel itu dinyatakan dengan persamaan 2.1 untuk nilai N_{Re} lebih dari 10000:

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

(Persamaan 2.1)

dan persamaan 2.2 untuk nilai N_{Re} kurang dari 20:

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

(Persamaan 2.2)

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

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

(Persamaan 2.3)

Keterangan untuk persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3 adalah:

- P = tenaga, N-m/det
- K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen
- n = kecepatan putaran, rps
- D_i = diameter pengaduk, m
- ρ = massa jenis air, kg/m^3
- K_L = konstanta pengaduk untuk aliran laminar
- μ = kekentalan absolute cairan, N-det/ m^2

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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

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

(Persamaan 2.4)

dalam hal ini:

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

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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

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

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

(Persamaan 2.5)

dimana:

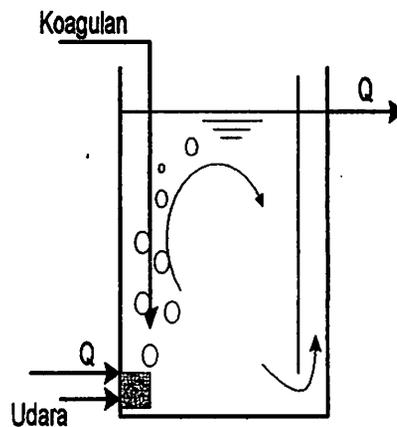
- P = tenaga, N-m/det
- Q = debit aliran, m³/det
- ρ = berat jenis, kg/m³
- g = percepatan gaya gravitasi, 9,8 m/det²
- h = tinggi jatuhan, m

= kehilangan energi akibat gesekan (head loss)

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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 untuk variasi debit yang besar, dipengaruhi oleh kondisi upsteram dan tidak efektif untuk debit yang besar (Bowo Djoko Marsono).

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



Gambar 2.6 Pengadukan *Pneumatis*

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

$$P = 3904.Qa.Log\left(\frac{h+10,4}{10,4}\right)$$

(Persamaan 2.6)

dimana:

P = tenaga, N-m/s

Qa = debit udara, m³/mnt

h = kedalaman diffuser, m

2. Flokulasi

Flokulasi atau pengadukan lambat digunakan untuk pembesaran inti flok. Gradien kecepatan diturunkan secara perlahan-lahan agar gumpalan yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Penggabungan inti gumpalan sangat tergantung pada karakteristik flok dan nilai gradien kecepatan. Secara spesifik, nilai G dan td bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan lambat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

- Waktu detensi = minimum 30 menit
- G = 10 – 50 detik^{-1}

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

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

Untuk air limbah:

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

Pada proses flokulasi juga terdapat tiga macam pengadukan yaitu flokulasi secara mekanis, hidrolis dan *pneumatis*. Pengaduk mekanis lebih mudah disesuaikan dengan variasi debit, suhu dan kualitas air baku. Sedangkan pengaduk hidrolis sulit beradaptasi terhadap perubahan debit, kurang fleksibel terhadap perubahan kualitas air baku dan *headloss* mungkin besar. Adapun persamaan yang digunakan untuk pengadukan mekanis dan hidrolis adalah:

- Pengadukan hidrolis

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

(Persamaan 2.7)

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

(Persamaan 2.8)

- Pengadukan mekanis

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

(Persamaan 2.9)

$$P = 0,5 \cdot C_D \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

(Persamaan 2.10)

- Pengadukan pneumatis

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

(Persamaan 2.11)

dimana:

- G = gradien kecepatan, /det
- ρ = massa jenis air, kg/m³
- h = headloss, m
- = kedalaman air, m
- μ = viskositas dinamis, kg/m.det
- t = waktu detensi, det
- Q = debit, m³/det
- P = daya, watt / kg.m²/det³
- V = volume unit, m³
- g = konstanta gravitasi, 9,81 m/det²
- C_D = koefisien drag = 1,8 untuk blade datar
- A = luas blade, m²
- v = kecepatan relatif, m/det
- Q_a = debit udara, m³/det

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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

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

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

(Persamaan 2.12)

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

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

(Persamaan 2.13)

dimana:

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

(Masduqi dan Slamet, 2002)

3. Sedimentasi

Berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pengendapan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Partikel flokulen selama proses pengendapannya dapat berubah ukuran, bentuk dan beratnya. Kriteria desain bak sedimentasi adalah waktu detensi, kecepatan pengendapan dan kecepatan horisontal. Waktu detensi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

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

(Persamaan 2.14)

dimana: t = waktu detensi, jam
 V = volume bak, m³
 Q = debit rata – rata, m³/jam

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Bangunan sedimentasi mempunyai bagian bangunan yang terdiri dari:

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

Hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain bak sedimentasi adalah pengaturan inlet dan outletnya (Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002).

2.4 Parameter - Parameter Pencemar dalam Air Limbah

1. TSS (*Total Suspended Solid*)

Adalah sejumlah 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*.

Metode analisis yang digunakan dalam menganalisis TSS adalah metode gravimetri dimana zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter dan kemudiannya zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$.

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan gambaran sebagian jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sukar di degradasi menjadi CO₂ dan H₂O. Berdasarkan kemampuan oksidasi, penentuan nilai COD dianggap paling baik dalam menggambarkan keberadaan bahan organik baik yang dapat dikomposisi secara biologis maupun yang tidak.

Metode yang sering digunakan untuk menganalisis COD adalah *closed reflux titrimetri* dengan mengoksidasi senyawa organik dalam air oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 105⁰C ± 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) kemudian dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) dengan indikator ferroin.

3. *Turbidity* atau Kekeruhan

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

4. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

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

5. Cr. Total (Kromium)

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

6. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak didapatkan di dalam air limbah. Lemak dan minyak biasanya dijumpai

pada daging, daerah sel biji-bijian, kacang-kacangan dan buah-buahan. Lemak tergolong benda organik yang tetap dan tidak mudah diuraikan oleh bakteri.

7. NH₃-N (Amonia Total)

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

8. Sulfida

Adalah senyawa sulfat yang menjadi penyebab air limbah berbau.

9. pH

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

(Sugiharto, 1987)

2.5 Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)

Asam jawa diperkirakan berasal dari savana Afrika timur di mana jenis liarnya ditemukan, salah satunya di Sudan. Semenjak ribuan tahun, tanaman ini telah menjelajah ke Asia tropis, dan kemudian juga ke Karibia dan Amerika Latin.

2.4.1 Taksonomi Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)

Asam jawa (*Tamarindus Indica L*) termasuk ke dalam suku *Fabaceae* (*Leguminoceae*). Spesies ini merupakan satu-satunya anggota marga *Tamarindus*.

Untuk lebih jelasnya, berikut adalah taksonomi dari asam jawa :

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan biji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Fabales</i>
Famili	: <i>Fabaceae</i> (suku polong-polongan)

Genus : *Tamarindus*

Spesies : *Tamarindus Indica L*

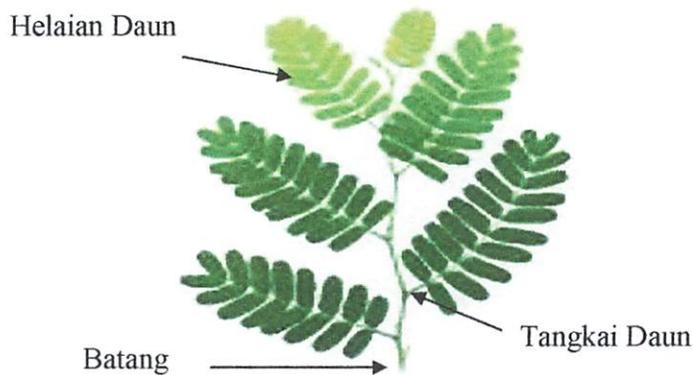
(www.plantamor.com)

2.4.2 Morfologi Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)

1) Daun (*Folium*)

Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) termasuk daun majemuk menyirip genap karena saling berhadapan. Daun asam jawa terdiri dari tangkai, dan helaian. Susunan tulang daun menyirip yang disebut juga sebagai daun majemuk menyirip. Tepi daun asam jawa rata dengan daging daun tipis dan lunak. Warna daun asam jawa hijau (Rosyidah, 2008).

Daun majemuk menyirip genap, panjang 5-13 cm, terletak berseling, dengan daun penumpu seperti pita meruncing, merah jambu keputihan. Anak daun lonjong menyempit, 8-16 pasang, masing-masing berukuran 0,5-1×1-3,5 cm, bertepi rata, pangkalnya miring dan membuldar, ujung membuldar sampai sedikit berlekuk. Berikut adalah gambar daun asam jawa :



Gambar 2.7 Daun Asam Jawa

(Handayani, 2007)

1. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.
2. *Scirpus palustris* L.
3. *Cyperus tenuiflorus* (L.) Rostk Schmidt

3.3.2. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

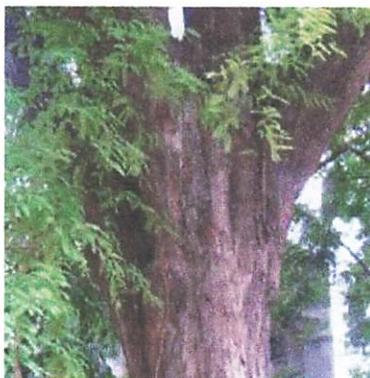
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. is a common aquatic plant in the coastal region of the study area. It is a tall, grass-like plant with long, narrow leaves and a dense, upright growth habit. The plant is characterized by its large, cylindrical culms and its ability to form thick, impenetrable stands. It is a perennial species that reproduces vegetatively through rhizomes and stolons. The plant is widely distributed in the coastal wetlands of the study area and is a dominant species in the *Phragmites* community. It is a highly productive species and is an important component of the coastal wetland ecosystem. The plant is also a common food source for many birds and other wildlife. The plant is a highly adaptable species and is able to tolerate a wide range of environmental conditions. It is a highly productive species and is an important component of the coastal wetland ecosystem. The plant is also a common food source for many birds and other wildlife. The plant is a highly adaptable species and is able to tolerate a wide range of environmental conditions.



Figure 3.3.2. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.

2) Batang (*Caulis*)

Batang asam jawa keras dan kuat (*lignosus*). Bentuk batang bulat (*teres*), dengan pohon yang selalu tegak (*fastigiatus*) dan pada permukaannya terdapat banyak lentisel. Pohon asam jawa tingginya mencapai 30 m, berdaun lebat menyebar, dan cabangnya pendek. Bentuk percabangannya simpodial (batang pokok sukar untuk dibedakan). Warna batang coklat muda.



Gambar 2.8 Batang Asam Jawa

(Handayani, 2007)

3) Akar (*Radix*)

Akar asam jawa tergolong akar tunggang (*Radix primaria*) yang dapat menembus kedalam tanah. Bagian-bagian akar asam jawa adalah leher akar, cabang akar, batang akar, rambut-rambut akar, dan tudung akar (*Calyptra*).

4) Bunga (*Flos*)

Bunga asam jawa termasuk bunga majemuk yang terdiri dari ibu tangkai, tangkai bunga, dan dasar bunga (*receptakulum*). Bagian bunga yang bersifat daun yaitu kelopak, makota, benang sari dan putik. Bunga asam jawa kecil, warnanya kekuningan dan terdapat coretan berwarna merah muda. Jumlah bunga tiap tangkai 5-10, putiknya tunggal, dan benang sari duduk di atas kelopak. Bunga asam jawa digolongkan sebagai bunga lengkap dan bunga hermaphrodit.



Gambar 2.9 Bunga Asam Jawa

(Handayani, 2007)

5) Buah (*Fructus*)

Buah asam jawa termasuk buah sejati tunggal (buah sungguhan), kering, dan mengandung lebih dari satu biji. Buah asam jawa kotak dan digolongkan dalam buah polong (*Legumen*). Panjang buah 5-15 cm, tebalnya 2,5 cm agak melengkung dan membungkus biji. Kulit cangkang luar asam jawa lunak dan daging buahnya asam. Pada tiap polong terdapat 1-10 biji yang dibungkus oleh daging buah yang lengket.

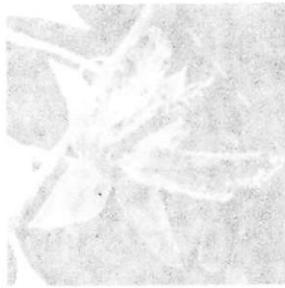


Gambar 2.10 Buah Asam Jawa

(Handayani, 2007)

6) Biji (*Semen*)

Biji Asam Jawa bentuknya tidak beraturan warna coklat tua atau hitam mengkilat. Biji dibagi dalam tiga bagian utama yaitu kulit biji (*Spermodermis*), kulit ari tali pusar (*Funiculus*), dan inti biji (Nukleus seminis). Kulit biji terdiri dari lapisan luar, lapisan tengah dan lapisan kulit dalam. Inti biji asam terdiri dari lembaga (*Embrio*), dan puti lembaga (albumen) yang berupa jaringan cadangan makanan untuk permulaan pertumbuhan.

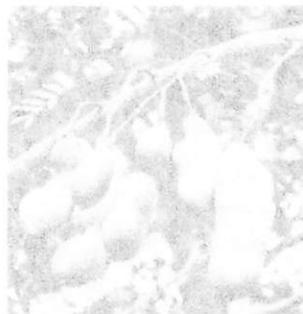


Gambar 2.9 Bunga Asam Jawa

(Handayani, 2007)

5) Buah (Asam)

Buah asam jawa termasuk buah semu tunggal (buah sempurna) karena dan menggantung lebih dari satu biji. Buah asam jawa kecil dan terdapat dalam buah bolong (Asam Jawa). Panjang buah 2-15 cm, tebalnya 2-3 cm, agak melengkung dan membungkus biji. Kulit selubung buah asam jawa kecil dan dangkal, buah asam jawa terdapat 1-10 biji yang dibungkus oleh daging buah yang terlekat.



Gambar 2.10 Buah Asam Jawa

(Handayani, 2007)

6) Biji (Asam)

Biji Asam Jawa bentuknya tidak beraturan karena terdapat dua sisi buah yang terlekat. Biji dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu kulit biji (Pericarpium), kulit biji bagian dalam (Endosperm) dan biji (Embryo). Kulit biji bagian dalam terlekat pada bagian luar biji dan bagian kulit dalam dan bagian luar biji. Kulit biji bagian dalam dan bagian luar biji (Pericarpium) yang berwujud jaringan cadangan makanan untuk pertumbuhan.



Gambar 2.11 Biji Asam Jawa

(Handayani, 2007)

2.4.3 Kandungan Biji Asam Jawa

Biji Asam Jawa mengandung zat aktif berupa tanin, minyak esensial dan beberapa polimer alami seperti pati, getah dan albuminoid (Rao, 2005 dalam Rosyidah, 2008).

1) Tannin

Tannin adalah senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba yaitu dengan cara menghambat kerja enzim seperti selulosa, pektinase, peroksida oksidatif dan lain-lai. Menurut Sutresno, fenol yang ada pada senyawa tanin dikenal sebagai asam karbol yang dalam konsentrasi tinggi dapat beracun pada bakteri dan biasanya digunakan untuk membunuh kuman.

2) Minyak Esensial

Minyak esensial (minyak aromatik) adalah kelompok minyak nabati yang wujudnya cair kental dan pada suhu ruangan akan mudah menguap sehingga akan menimbulkan aroma yang khas. Minyak ini digunakan untuk mengurangi bau yang tidak sedap.

3) Pati

Pati adalah polimer glukosa yang bergranula (butiran) dan memiliki diameter 2 mikron-100 mikron yang tersusun atas komponen-komponen polimer lurus (amilosa) yang menyusun kurang lebih 25% pati dan polimer bercabang (amilopektin).

4) Getah

Getah adalah senyawa polimer hidroksi karbon yang dihasilkan dari koloid. Senyawa hidro karbon adalah senyawa kimia yang hanya mengandung karbon (C) dan hidrogen (H). Getah digunakan sebagai pengental, bahan pengikat, emulsifer, penstabil, perekat, koagulan dan sebagai filter dalam industri tekstil.

5) Albuminoid

Albuminoid pada biji disebut sebagai putih lembaga yang terdapat pada jaringan cadangan makanan yang berada di sekitar embrio (Handayani, 2007). Albuminoid adalah nama umum dari kelompok protein berupa larutan koloid yang berfungsi sebagai pengikat pada keracunan garam-garam merkuri dan dapat terkoagulasi atau terdenaturasi oleh panas.

Komposisi Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.14 Komposisi Biji Asam Jawa

Senyawa	Kandungan
Tannin	0,07 g/ml
Karbohidrat	0,0651-0,074 g/ml
Kalsium	0,00021 g/ml
ASH	0,025-0,032 g/ml
Lemak	0,06-0,074 g/ml
Serat	0,007-0,43 g/ml
Asam lenoleat	0,0278-0,0343 g/ml
Asam oleat	0,0163-0,021 g/ml
Fosfor	0,00237 g/ml
Protein	0,171-0,201 g/ml

(Duke's, 2007 dalam Rosydah, 2008)

2.4.4 Biji Asam Jawa sebagai Koagulan

Ekstrak Biji Asam Jawa mengandung polisakarida alami yang tersusun atas D-galactose, D-glucose dan D-xylose yang merupakan flokulan alami. Flokulan

alami terutama polisakarida lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan koagulan organik dan anorganik (Bajpai, 2005 dalam Enrico, 2008)

Tannin, minyak esensial, air getah atau bahan perekat yang dikandung dalam tanaman merupakan zat aktif yang menyebabkan proses koagulasi. Polimer alami seperti pati, getah, perekat, alginate dan lain-lain berfungsi sebagai flokulan. Berdasarkan karakteristik tersebut maka Biji Asam Jawa dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan koagulan untuk membantu proses pengolahan air atau limbah (Rao, 2005 dalam Rosydhah, 2008)

Sutrisno (2001) telah melakukan penelitian menggunakan biji buah asam jawa terhadap air sungai. Air sungai yang dijadikan bahan penelitian, bukan air yang tercemar limbah, baik limbah pabrik maupun limbah rumah tangga. Perlakuan yang diberikan adalah 0,035 g/100 ml; 0,14 g/100 ml; dan 0,21 g/100 ml. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, kadar Biji Asam Jawa yang sesuai untuk penjernihan air sungai adalah 0,14 g/100 ml. Hasil penelitian yang dilakukan Kuntiy (2007) pada limbah cair tahu ternyata Biji Asam Jawa mampu menurunkan TSS, dan BOD, serta mampu meningkatkan nilai DO dan pH pada dosis 14 g/L. Penelitian lain dilakukan oleh Rosydhah (2008) dengan perlakuan dosis 0,0 g/L (kontrol); 1,0 g/L; 1,4 g/L dan 1,8 g/L. Pada dosis optimum yakni 1,4 g/L, Biji Asam Jawa mampu meremoval BOD, TSS, COD dan bakteri hingga memenuhi baku mutu badan air kelas A (Rosydhah, 2008).

Penggunaan biji asam sebagai koagulan untuk mengolah limbah tahu pernah dilakukan oleh (Enrico, 2008) dengan variasi dosis (1 g/L; 2 g/L; 3 g/L; 4 g/L dan 5 g/L) dan pH (4, 6, 8, 10). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada dosis optimum (3 g/L) dan pH optimum (4) Biji Asam Jawa mampu meremoval kekeruhan sebesar 87,88%, TSS sebesar 98,78% dan BOD sebesar 22,40% (Enrico, 2008)

2.6 Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan secara statistik. Sebagai alat yang berfungsi untuk mengolah suatu data, penjabaran metodologi statistik didasarkan pada tiga hal yakni proses analisis, asumsi bentuk distribusi, dan banyaknya variabel yang

dilibatkan. Metodologi statistik berdasarkan proses analisisnya meliputi Analisis deskriptif dan analisis konfirmatif (inferensi).

Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu.

2.5.1 Statistik Deskriptif

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 (Iriawan, 2006).

2.5.2 Statistik Inferensi

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, 2006).

2.5.2.1 Analisis Korelasi

Analisis korelasi digunakan untuk menghitung besarnya kekuatan antar variabel. Uji korelasi tidak membedakan jenis variabel (variabel dependen dan independen).

Selanjutnya, terdapat uji signifikansi dalam analisis korelasi. Uji signifikansi bertujuan untuk menguji hubungan antara dua variabel yang tidak menunjukkan hubungan fungsional. Sedangkan sifat korelasi akan menentukan arah korelasi. Nilai korelasi dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- 0,00 – 0,20 korelasi keeratan sangat lemah
- 0,21 – 0,40 korelasi keeratan lemah
- 0,41 – 0,70 korelasi keeratan kuat
- 0,71 – 0,90 korelasi keeratan sangat kuat
- 0,91 – 0,99 korelasi keeratan sangat kuat sekali
- 1 korelasi keeratan sempurna

(Sujiyanto, 2009)

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. sebaliknya, suatu hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana ρ adalah korelasi antara 2 variabel.

Daerah penolakan

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

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

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

2.5.2.2 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah teknik statistika yang berguna memeriksa dan memodelkan hubungan antara variabel. Analisis regresi berguna dalam menelaah hubungan dua variabel atau lebih terutama untuk menelusuri pola hubungan yang modelnya belum diketahui dengan sempurna (Sujianto, 2009).

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian antara lain :

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

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

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

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

2.5.2.3 Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial

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

Desain faktorial digunakan apabila eksperimen terdiri atas 2 faktor atau lebih, desain faktorial memungkinkan kita melakukan kombinasi antar level vaktor. Kita memerlukan desain faktorial apabila interaksi antarfaktor

mempengaruhi respon dan apabila menghilangkan interaksi antarfaktor mungkin mempengaruhi kesimpulan, kemudian kita mengetahui bahwa desain faktorial lebih efisien dibandingkan desain n faktor karena bisa mendeteksi pengaruh perbedaan antarlevel faktor pada saat bersamaan, berbeda dengan desain n faktor pengaruh interaksi tidak bisa dideteksi (Iriawan, 2006).

Dalam Analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

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

(rata-rata sampel tiap perlakuan sama)

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

(ada perlakuan yang rata-ratanya tidak sama)

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

Nilai probabilitas,

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

Jika probabilitas $< 0,05$, H_0 ditolak

Nilai F hitung,

F hitung output $> F$ tabel, H_0 ditolak

F hitung output $< F$ tabel, H_0 diterima

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Sampel Limbah

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

3.2.2 Bahan Koagulan

Pada penelitian ini digunakan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai bahan koagulan. Bahan koagulan dibuat dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- 1) Buah asam jawa yang digunakan untuk penelitian diambil yang masak dipohon, kering dan berwarna coklat tua.
- 2) Buah asam jawa diambil bijinya yang berwarna coklat kehitaman.
- 3) Biji Asam Jawa yang digunakan untuk penelitian dijemur selama ±satu hari hingga Biji Asam Jawa bisa dikuliti. Penjemuran ini dilakukan untuk memudahkan ketika Biji Asam Jawa ditumbuk.
- 4) Biji Asam Jawa dikuliti dan ditumbuk.
- 5) Biji Asam Jawa yang hancur menjadi serbuk kasar diayak untuk mendapatkan serbuk biji asam yang halus dengan ukuran mesh 150 mm.
- 6) Serbuk Biji Asam Jawa di oven pada suhu 105⁰C selama 30 menit untuk menghomogenkan dan menurunkan kadar airnya.
- 7) Membuat larutan Biji Asam Jawa dengan konsentrasi sesuai dosis yang dipakai dalam peneitian (1,5; 2,5; 3,5 g/l) dengan penambahan aquadest.

3.2.3 Peralatan

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

a. Bak Penampung Limbah

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

b. Bak Penampung Koagulan

Terbuat dari bak plastik dengan kapasitas ± 3 liter yang berfungsi sebagai penampung larutan koagulan. Koagulan dialirkan secara gravitasi dengan menggunakan selang plastik dilengkapi dengan *valve* untuk mengatur debit.

c. Bak Koagulasi

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

berikut:

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

Bak ini dilengkapi dengan pengaduk berjenis *paddle 2 blade* dan motor yang mempunyai kecepatan putaran 200 rpm.

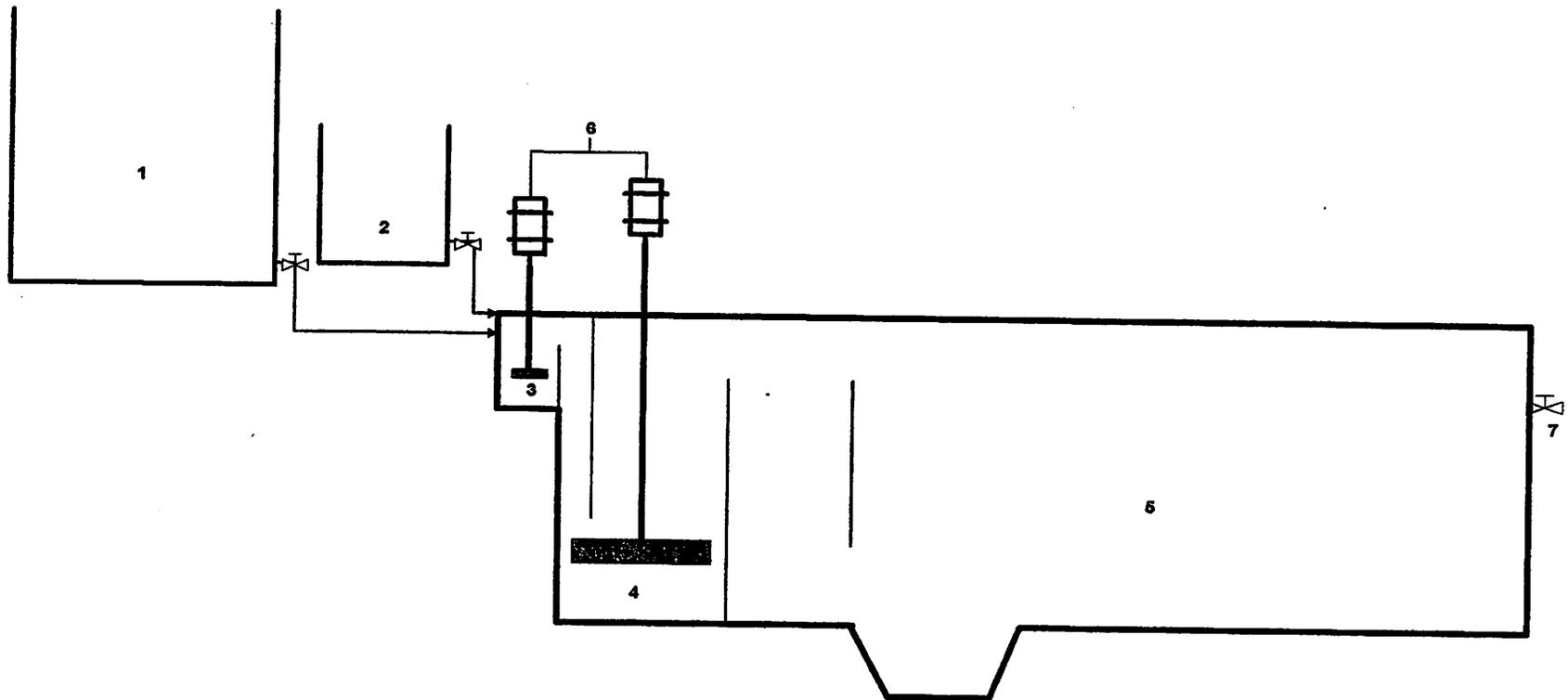
d. Bak Flokulasi

Bak ini berkapasitas 15 liter, terbuat dari kaca yang dilengkapi dengan pengaduk dengan jenis *paddle 2 blade* dan motor yang mempunyai kecepatan 40 dan 20 rpm. Adapun dimensinya adalah sebagai berikut:

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

e. Bak Sedimentasi

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



Gambar 3.1 Sketsa Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi

Keterangan:

- 1. Bak Penampung Limbah
- 2. Bak Penampung Koagulan
- 3. Bak Koagulasi

- 4. Bak Flokulasi
- 5. Bak Sedimentasi
- 6. Motor Pengaduk

- 7. Outlet

3.3 Variabel Penelitian

- Variabel terikat : - TSS
- COD
- Variabel kontrol : pH (pH diukur setiap 60 detik sekali)
- Variabel tetap : - ukuran mesh serbuk Biji Asam Jawa 150 mm
- kecepatan pengadukan cepat: 200 rpm
- waktu pengadukan cepat: 1 menit
- waktu pengadukan lambat: 30 menit
- waktu pengendapan : 60 menit
- Variabel bebas : - dosis koagulan biji asam 1,5; 2,5; 3,5 g/l
- kecepatan pengadukan lambat: 40 rpm dan 20 rpm

Pemilihan variabel bebas berdasarkan :

- Dosis koagulan : pada penelitian yang dilakukan oleh Bernard Enrico (2008) menggunakan variasi dosis koagulan 1; 2; 3; 4 dan 5 g/l didapatkan dosis optimum 3 g/l. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mengambil range dosis yang lebih kecil (0,5 g/l) dibandingkan dengan penelitian Bernard Enrico (1 g/l) untuk dapat mengetahui apakah dosis 3,5 g/l dapat menyisihkan polutan lebih banyak daripada dosis 3 g/l.
- Kecepatan pengadukan lambat : dalam penelitian yang menggunakan koagulan biji asam sebelumnya, tidak dilakukan variasi kecepatan lambat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan variasi kecepatan putaran lambat untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran dalam penyisihan partikel flok.

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

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

3.4.2 Proses Kontinyu

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

1. Meyiapkan limbah yang akan di olah. Menganalisis kandungan COD, TSS dan pH awal limbah
2. Menyiapkan larutan koagulan dengan konsentrasi sesuai dengan variasi dosis. Kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung koagulan.
3. Mengalirkan limbah cair ($Q = 0,5 \text{ ltr/mnt}$) dan koagulan ($Q = 25 \text{ ml/mnt}$) ke dalam bak koagulasi secara gravitasi dengan kecepatan putaran pengadukan 200 rpm selama 1 menit.
4. Dari pengadukan cepat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak pengadukan lambat dengan variasi kecepatan putaran pengadukan 40 rpm selama 30 menit.
5. Dari bak pengaduk lambat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi, dan mengendapkan selama 1 jam.
6. Mengukur pH limbah terolah setiap 10 menit sekali.
7. Mengambil sampel dari valve outlet sedimentasi.
8. Menganalisis kadar TSS dan COD setelah pengolahan.
9. Mengulangi langkah ke 3 sampai ke 7 dengan memvariasikan kecepatan pengadukan lambat 20 rpm

3.5 Analisis Parameter Uji

3.5.1 Analisis TSS

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

3.5.2 Analisis COD

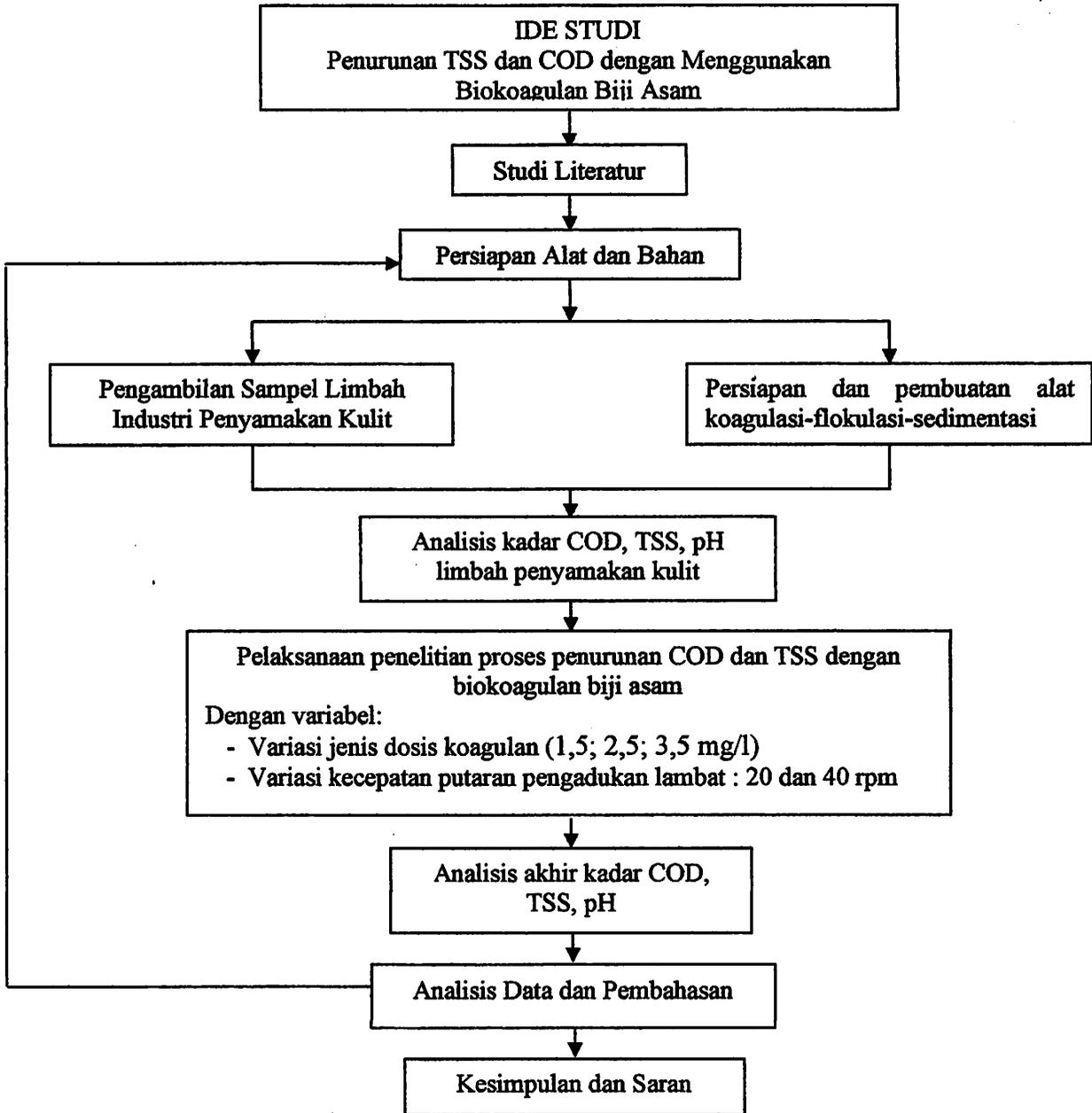
Dalam menganalisis COD digunakan metode *closed reflux titrimetric*. Prinsip pengukuran dengan cara ini adalah senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150°C selama ± 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan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

3.6 Analisis Data

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

3.7 Kerangka Penelitian

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



Gambar 3.2 Kerangka Peneitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui konsentrasi awal pencemar di dalam limbah industri penyamakan kulit. Hasil dari analisis pendahuluan dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Awal Limbah Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Nilai
pH	4,11
<i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	1200 mg/l
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	993,3 mg/l

(Sumber : Hasil penelitian)

Setelah melakukan analisis pendahuluan, dilakukan penelitian untuk mendapatkan nilai konsentrasi akhir TSS dan COD dalam limbah industri penyamakan kulit setelah diujikan dengan reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi aliran kontinyu dengan variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Adapun nilai konsentrasi akhir TSS dan COD dapat dilihat pada tabel 4.2 dan 4.3

Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi *Total Suspended Solids (TSS)* Akhir Limbah Industri Penyamakan Kulit

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)
20	1,5	500
	2,5	366,67
	3,5	200
40	1,5	533,3
	2,5	466,67
	3,5	300

(Sumber : Hasil Penelitian)

Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) Akhir Limbah Industri Penyamakan Kulit

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	Konsentrasi COD (mg/l)
20	1,5	266,67
	2,5	153,33
	3,5	73,33
40	1,5	466,67
	2,5	253,33
	3,5	126,67

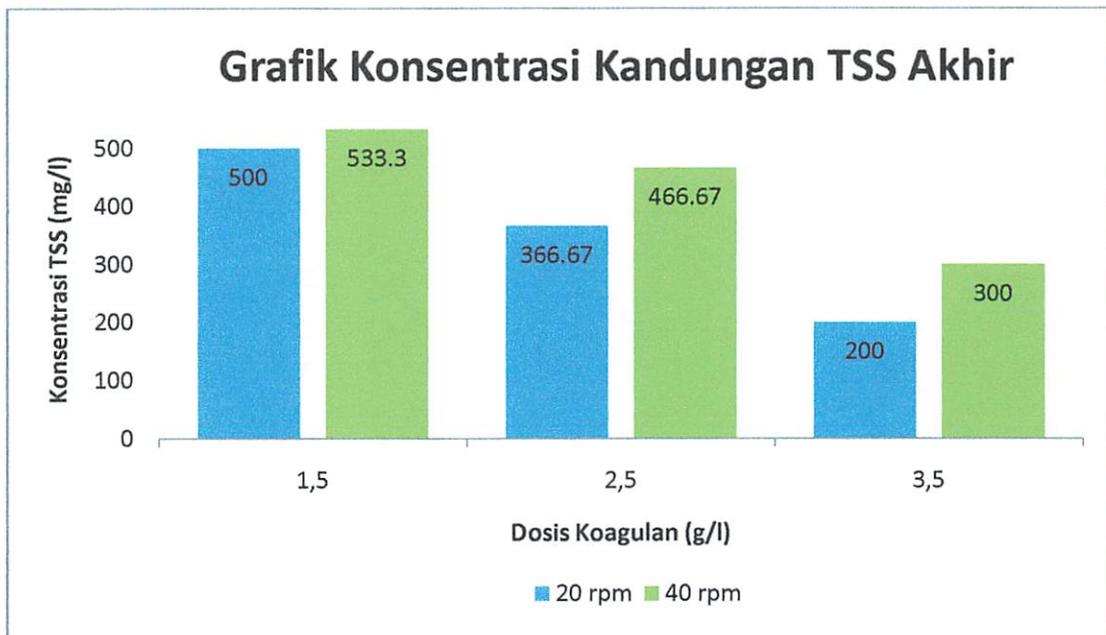
(Sumber : Hasil Penelitian)

4.2 Analisis Deskriptif

4.2.1 *Total Suspended Solids* (TSS)

Analisis deskriptif merupakan gambaran data yang disajikan dalam bentuk yang mudah dibaca, dalam penelitian ini digunakan bentuk grafik dalam menyajikan data.

Dari hasil penelitian pada tabel 4.2 kemudian di plot ke grafik pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi TSS Akhir

Dari grafik dapat dilihat kandungan TSS pada kecepatan putaran 20 rpm selalu lebih rendah dibandingkan dengan pada kecepatan putaran 40 rpm. Dapat dilihat pula bahwa kandungan TSS terus menurun seiring dengan penambahan dosis koagulan dimana konsentrasi TSS terendah terjadi pada dosis koagulan 3,5 g/l.

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa konsentrasi kandungan TSS terendah sebesar 200 mg/l terdapat pada perlakuan dosis koagulan 3,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm. Sedangkan nilai konsentrasi kandungan TSS tertinggi sebesar 533,33 mg/l terdapat pada perlakuan dosis koagulan 1,5 g/l dan kecepatan putara 40 rpm.

Untuk mengetahui besarnya penurunan TSS pada setiap variasinya, digunakan rumus :

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

Contoh Perhitungan :

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{1200 - 200}{1200} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 83,33\%$$

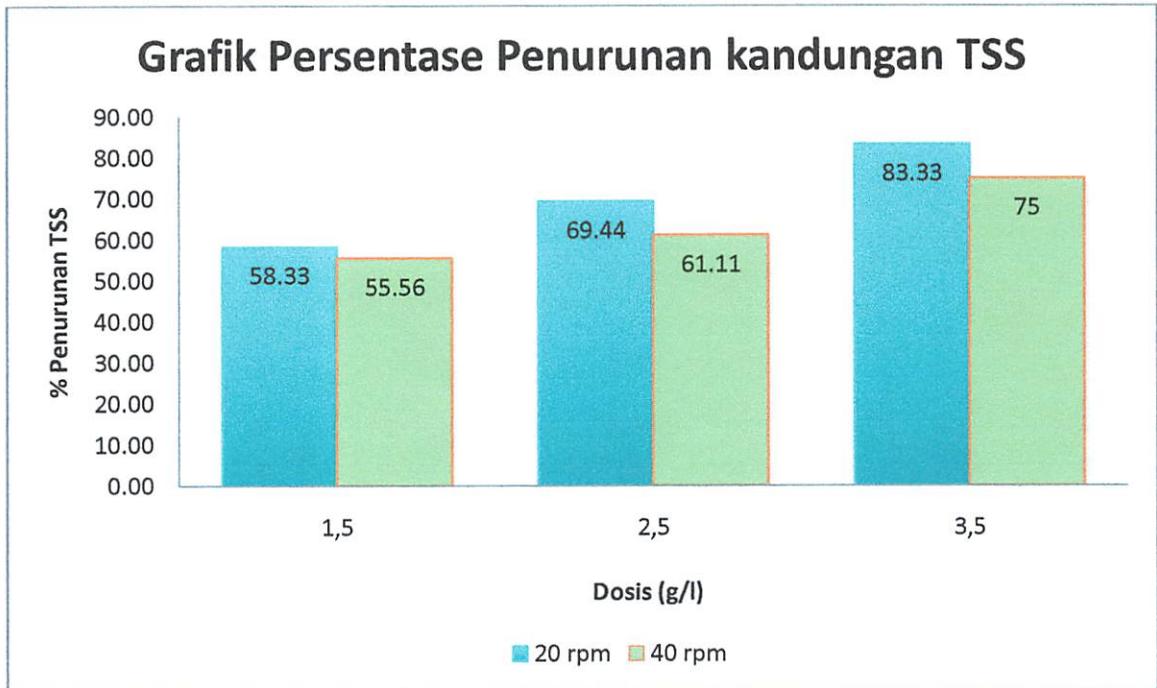
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Persentase Penurunan Kandungan TSS

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	% Penurunan TSS
20	1,5	58,33
	2,5	69,44
	3,5	83,33
40	1,5	55,56
	2,5	61,11
	3,5	75

(Sumber : Hasil Penelitian)

Hasil persentase penyisihan TSS dari tabel 4.4 kemudian di plotkan dalam grafik pada gambar 4.2.



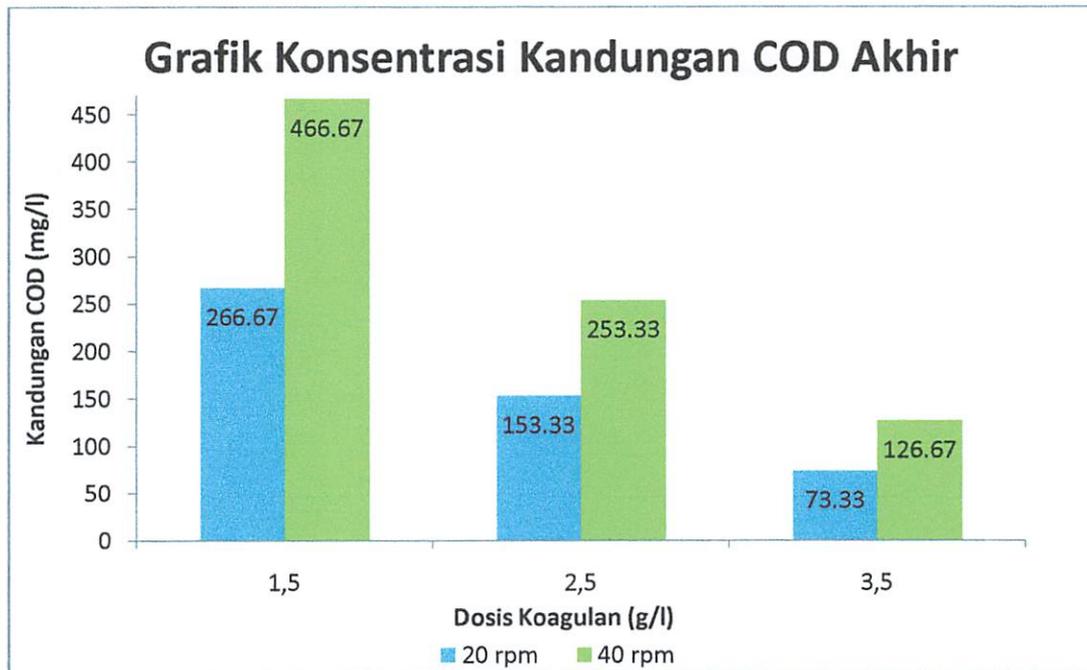
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penurunan TSS

Persentase penurunan TSS dipengaruhi oleh kadar TSS akhir, begitupun juga dengan faktor yang mempengaruhinya. Pada grafik dapat dilihat bahwa persentase penurunan pada kecepatan putaran 20 rpm selalu lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan putaran 40 rpm. Persentase penurunan TSS terus bertambah seiring dengan penambahan dosis koagulan dimana persentase penurunan tertinggi terjadi pada dosis 3,5 g/l.

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.2 didapatkan persentase penurunan TSS pada penelitian ini berkisar antara 55,56% - 83,33%. Persentase penurunan terendah terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 55,56%. Sedangkan persentase penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis 3,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm sebesar 83,33%.

4.2.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Dari hasil penelitian kandungan akhir COD pada tabel 4.3 lalu diplot ke grafik pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Kandungan COD akhir

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.3 diketahui bahwa kandungan COD terendah terjadi pada perlakuan dosis koagulan 3,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm sebesar 73,33 mg/l. Sedangkan konsentrasi kandungan COD tertinggi terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm sebesar 466,67 mg/l.

Untuk mengetahui persentase penurunan COD pada setiap variasi, digunakan rumus :

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

Contoh Perhitungan :

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{933,33 - 73,33}{933,33} \times 100\%$$

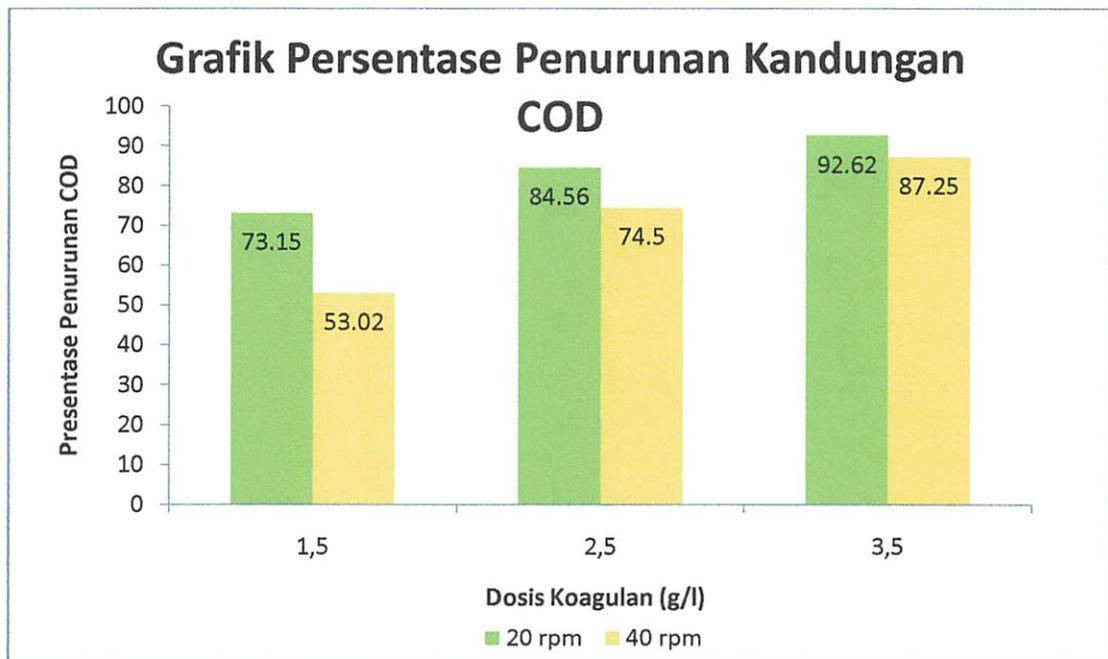
$$\% \text{ Penyisihan} = 92,62\%$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5 dan kemudian di plotkan dalam grafik pada gambar 4.4.

Tabel 4.5 Persentase Penurunan Kandungan COD

Kecepatan putaran flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (gr/l)	%Penurunan COD
20	1,5	73,15
	2,5	84,56
	3,5	92,62
40	1,5	53,02
	2,5	74,5
	3,5	87,25

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4.4 Grafik Persentase Penurunan Kandungan COD

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.4 didapatkan persentase penurunan kandungan COD berkisar antara 53,02% - 92,62%. Persentase penurunan kandungan

COD tertinggi terjadi pada perlakuan dosis koagulan 3,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 20 rpm. Sedangkan presentsa penurunan kandungan COD terrendah terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1,5 g/l dan kecepatan putaran flokulasi 40 rpm.

4.3 Analisis Korelasi

Untuk mengetahui tingkat kekuatan hubungan antara variabel terikat (persentase penurunan TSS) dengan variabel bebas (dosis koagulan dan kecepatan putaran flokulasi), digunakan analisis korelasi. Dalam analisis korelasi terdapat :

Hipotesis

- H_0 : Korelasi tidak signifikan
- H_1 : Korelasi signifikan

Pengambilan Keputusan

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

Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi

- 0,00 – 0,20 hubungan korelasi sangat lemah
- 0,21 – 0,40 hubungan korelasi lemah
- 0,41 – 0,70 hubungan korelasi kuat
- 0,71 – 0,90 hubungan korelasi sangat kuat
- 0,91 – 0,99 hubungan korelasi sangat kuat sekali
- 1 hubungan korelasi sempurna

(Agus Sujianto, 2009)

Hasil analisis korelasi dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Korelasi antara Persentase penurunan TSS, Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

		%penurunan TSS	%penurunan COD	kec putaran	Dosis
%penurunan TSS	Pearson Correlation	1	.891*	-.330	.925**
	Sig. (2-tailed)		.017	.523	.008
	N	6	6	6	6
%penurunan COD	Pearson Correlation	.891*	1	-.459	.849*
	Sig. (2-tailed)	.017		.360	.033
	N	6	6	6	6
kec putaran	Pearson Correlation	-.330	-.459	1	.000
	Sig. (2-tailed)	.523	.360		1.000
	N	6	6	6	6
Dosis	Pearson Correlation	.925**	.849*	.000	1
	Sig. (2-tailed)	.008	.033	1.000	
	N	6	6	6	6

*. Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4.3.1 Total Suspended Solids (TSS)

Keputusan

- Untuk variasi kecepatan putaran flokulasi, diperoleh nilai *pearson correlation* sebesar -0,330, hal ini berarti hubungan korelasinya lemah karena berada antara 0,21 – 0,40. Tanda negatif pada nilai *pearson correlation* menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat bertolak belakang. Artinya, semakin besar kecepatan putaran maka semakin kecil persentase penurunan TSS dan sebaliknya.

Nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,523 (>0,05) maka H_0 diterima, artinya hubungan korelasi tidak signifikan.

- Untuk variasi dosis koagulan, diperoleh nilai *pearson correlation* sebesar 0,925, hal ini berarti hubungan korelasinya sangat kuat sekali karena berada antara 0,91 – 0,99. Tanda positif pada nilai *pearson correlation* menyatakan bahwa hubungan

antara kedua variabel bersifat searah. Artinya, semakin besar dosis maka semakin besar persentase penurunan TSS dan sebaliknya.

Nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,008 ($<0,05$) maka H_0 ditolak, artinya hubungan korelasi signifikan. Nilai signifikansi yang diperoleh dari kedua variabel bahkan dinyatakan signifikan untuk tingkat signifikansi (α) 1%.

4.3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Keputusan

- Untuk variasi kecepatan putaran flokulasi, diperoleh nilai *pearson correlation* sebesar -0,459, hal ini berarti hubungan korelasinya kuat karena berada antara 0,41 – 0,70. Tanda negatif pada nilai *pearson correlation* menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat bertolak belakang. Artinya, semakin besar kecepatan putaran maka semakin kecil persentase penurunan TSS dan sebaliknya.

Nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,360 ($>0,05$) maka H_0 diterima, artinya hubungan korelasi tidak signifikan.

- Untuk variasi dosis koagulan, diperoleh nilai *pearson correlation* sebesar 0,849, hal ini berarti hubungan korelasinya sangat kuat karena berada antara 0,71 – 0,90. Tanda positif pada nilai *pearson correlation* menyatakan bahwa hubungan antara kedua variabel bersifat searah. Artinya, semakin besar dosis koagulan maka semakin besar persentase penurunan TSS dan sebaliknya.

Nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,033 ($<0,05$) maka H_0 ditolak, artinya hubungan korelasi signifikan untuk tingkat signifikansi (α) 5%.

4.4 Analisis Regresi

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

- Dalam uji kelinieran terdapat :

Hipotesis

- H_0 : hubungan antar variabel tidak linear
- H_1 : hubungan antar variabel linear

Pengambilan keputusan

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

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

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

Hipotesis

- H_0 : koefisien regresi tidak signifikan
- H_1 : koefisien regresi signifikan

Pengambilan keputusan

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

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

Untuk nilai Signifikansi :

- Jika nilai signifikansi > 0,05, H_0 diterima
- Jika nilai signifikansi < 0,05, H_0 ditolak

4.4.1 Total Suspended Solids (TSS)

Hasil analisis regresi untuk persentase penurunan TSS dapat dilihat pada tabel 4.7; 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.7 Model Summary Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.982 ^a	.964	.940	2.62101

Dari hasil pada tabel 4.7 didapatkan angka *R square* atau koefisien determinasi sebesar 0,964, artinya 96,4% dari variasi persentase penurunan TSS dapat dijelaskan oleh variabel kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan. Sedangkan sisanya sebesar 5,6% dijelaskan oleh variabel – variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

Menurut Agus Sujianto (2009), angka *R square* berkisar pada angka 0 – 1 dengan catatan semakin kecil angka *R square*, semakin lemah hubungan antara kedua variabel.

Tabel 4.8 Analisis Variance Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	556.649	2	278.325	40.515	.007 ^a
	Residual	20.609	3	6.870		
	Total	577.258	5			

Untuk uji kelinieran, didapatkan *F* hitung sebesar 40,515. Apabila *F* hitung yang didapat dibandingkan dengan *F* tabel yang didapat yaitu ($F_{0,05;2,3}$) : 9,55, maka hasil *F* hitung > *F* tabel. Keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya ada hubungan linier antara variabel. Karena nilai probabilitas yang didapatkan 0,007 (< α (0,05)) maka model regresi yang didapatkan pada analisis regresi ini dapat dipakai untuk memprediksi persentase penurunan TSS.

Tabel 4.9 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan TSS, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	49.068	4.710		10.418	.002		
kec putaran	-.324	.107	-.330	-3.026	.056	1.000	1.000
dosis	11.110	1.311	.925	8.478	.003	1.000	1.000

Dari tabel 4.8 didapatkan model regresi yaitu :

$$Y = 49,068 - 0,324 X_1 + 11,11 X_2$$

Dimana Y = Persentase Penurunan TSS

X_1 = Kecepatan Putaran Flokulasi

X_2 = Dosis Koagulan

Dari model regresi yang sudah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 49,068 menyatakan bahwa jika tidak ada variasi dalam perlakuan kecepatan putaran dan dosis koagulan, maka akan diperoleh persentase penurunan TSS sebesar 49,068%
- Koefisien regresi sebesar -0,324 untuk variabel kecepatan putaran flokulasi (X_1) menyatakan bahwa setiap penambahan kecepatan putaran flokulasi sebesar 1 rpm akan menurunkan persentase penurunan TSS sebesar 0,324% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.
- Koefisien regresi 11,1 untuk variabel dosis koagulan (X_2) menunjukkan bahwa setiap penambahan dosis koagulan sebesar 1 g/l akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 11,1% dengan anggapan variabel lain besarnya konstan.
- Didapatkan nilai VIF pada tabel sebesar 1, karena $VIF < 10$ maka tidak terdapat multikolinier pada model, sehingga model regresi dikatakan sudah tepat. Multikolinieritas timbul sebagai akibat adanya hubungan kausal antara variabel atau adanya kenyataan bahwa variabel dipengaruhi oleh variabel lain yang berada diluar model. Nilai VIF (*Variance Inflation Factor*) merupakan suatu estimasi besarnya multikolinieritas meningkatkan varian pada suatu koefisien estimasi, akibatnya akan menurunkan nilai t (Sujianto, 2009).

Model regresi yang didapat selanjutnya akan diuji apakah valid untuk memprediksi persentase penurunan TSS menggunakan uji t (uji signifikansi).

- Uji signifikansi konstanta pada model linier.
 Dari tabel 4.9 didapatkan nilai signifikansi konstanta sebesar 0,002 ($<0,05$) maka keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.
 Untuk nilai t, didapatkan nilai t hitung sebesar 10,418, lalu dibandingkan dengan t tabel ($t_{0,05; 3}$) yaitu 2,353. Karena t hitung $>$ t tabel, maka keputusannya adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.
- Uji signifikansi variabel
 - Untuk variabel kecepatan putaran flokulasi, didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,056 ($>0,05$) maka keputusannya adalah menerima H_0 , artinya, koefisien regresi untuk variabel kecepatan putaran flokulasi tidak signifikan.
 Untuk nilai t, didapatkan t hitung sebesar -3,026 ($<t$ tabel) maka keputusannya adalah menerima H_0 , artinya, koefisien regresi untuk variabel kecepatan putaran flokulasi tidak signifikan.
 - Untuk variabel dosis koagulan, didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,003 ($<0,05$) maka keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.
 Untuk nilai t, didapatkan nilai t hitung sebesar 8,478 ($>$ t tabel), maka keputusannya adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.

4.4.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil analisis regresi untuk persentase penurunan COD dapat dilihat pada tabel 4.10, 4.11 dan 4.12.

Tabel 4.10 Model Summary Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.965 ^a	.931	.885	4.79712

Dari hasil pada tabel 4.10 didapatkan angka *R square* atau koefisien determinasi sebesar 0,931, artinya 93,1% dari variasi persentase penurunan COD dapat dijelaskan oleh variabel kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan. Sedangkan sisanya sebesar 6,9% dijelaskan oleh variabel – variabel lain yang tidak masuk ke dalam model.

Tabel 4.11 Analisis Variance Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	931.675	2	465.837	20.243	.018 ^a
Residual	69.037	3	23.012		
Total	1000.712	5			

Untuk uji kelinieran, didapatkan F hitung sebesar 20,243. Apabila F hitung yang didapat dibandingkan dengan F tabel yang didapat yaitu ($F_{0,05;2,3}$) : 9,55, maka hasil F hitung > F tabel. Keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya ada hubungan linier antara variabel. Karena nilai probabilitas yang didapatkan 0,018 (< α (0,05)) maka model regresi yang didapatkan pada analisis regresi ini dapat dipakai untuk memprediksi persentase penurunan COD.

Tabel 4.12 Koefisien Persamaan Regresi Persentase Penurunan COD, Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
(Constant)	61.734	8.620		7.161	.006		
kec putaran	-.593	.196	-.459	-3.026	.056	1.000	1.000
dosis	13.425	2.399	.849	5.597	.011	1.000	1.000

Dari tabel 4.8 didapatkan model regresi yaitu :

$$Y = 61,734 - 0,593 X_1 + 13,425 X_2$$

Dimana Y = Persentase Penurunan COD

X_1 = Kecepatan Putaran Flokulasi

X_2 = Dosis Koagulan

Dari model regresi yang sudah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa :

- Konstanta sebesar 61,734 menyatakan bahwa jika tidak ada variasi dalam perlakuan kecepatan putaran dan dosis koagulan, maka akan diperoleh persentase penurunan COD sebesar 61,734 %
- Didapatkan nilai VIF pada tabel sebesar 1, karena $VIF < 10$ maka tidak terdapat multikolinier pada model, sehingga model regresi dikatakan sudah tepat.

Model regresi yang didapat selanjutnya akan diuji apakah valid untuk memprediksi persentase penurunan COD menggunakan uji t (uji signifikansi).

- Uji signifikansi konstanta pada model linier.

Dari tabel 4.9 didapatkan nilai signifikansi konstanta sebesar 0,006 ($< 0,05$) maka keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.

Untuk nilai t, didapatkan nilai t hitung sebesar 7,161, lalu dibandingkan dengan t tabel ($t_{(0,05; 3)}$) yaitu 2,353. Karena t hitung $>$ t tabel, maka keputusannya adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.

- Uji signifikansi variabel
 - Untuk variabel kecepatan putaran flokulasi, didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,056 ($> 0,05$) maka keputusannya adalah menerima H_0 , artinya, koefisien regresi untuk variabel kecepatan putaran flokulasi tidak signifikan. Untuk nilai t, didapatkan t hitung sebesar -0,593 ($<$ t tabel) maka keputusannya adalah menerima H_0 , artinya, koefisien regresi untuk variabel kecepatan putaran flokulasi tidak signifikan.
 - Untuk variabel dosis koagulan, didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,011 ($< 0,05$) maka keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.

Untuk nilai t, didapatkan nilai t hitung sebesar 5,597 (> t tabel), maka keputusannya adalah menolak H_0 , artinya koefisien regresi yang didapat signifikan.

4.5 Analisis ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh antara variasi kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan terhadap persentase penurunan COD maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Dalam uji ANOVA terdapat :

Hipotesis

- H_0 : ke enam perlakuan identik
- H_1 : ke enam perlakuan tidak identik

Pengambilan Keputusan

Untuk nilai probabilitas

- Jika nilai signifikansi > 0,05, H_0 diterima.
- Jika nilai signifikansi < 0,05, H_0 ditolak.

Untuk nilai F

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

4.5.1 Total Suspended Solids (TSS)

Hasil uji ANOVA persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Analisis ANOVA antara Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan Terhadap Persentase Penyisihan TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	566.954 ^a	3	188.985	36.680	.027
Intercept	27037.279	1	27037.279	5.248E3	.000
Kec Putaran (X_1)	62.921	1	62.921	12.212	.073
Dosis (X_2)	504.033	2	252.016	48.914	.020
Error	10.305	2	5.152		
Total	27614.537	6			
Corrected Total	577.258	5			

Dari tabel 4.13 dapat disimpulkan bahwa :

- Untuk variasi kecepatan putaran, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,073 ($>0,05$) maka keputusannya adalah menerima H_0 , artinya perlakuan variasi kecepatan putaran identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan TSS.

Diperoleh nilai F *output* sebesar 12,212. Nilai *output* yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan F tabel yaitu $F_{(0,05, 3, 2)} = 19,16$, maka F *output* $< F$ tabel. Keputusan yang diambil adalah menerima H_0 , artinya perlakuan variasi kecepatan putaran identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan TSS.

- Untuk variasi dosis, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,02 ($<0,05$) maka keputusannya adalah menolak H_0 , artinya perlakuan variasi dosis tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan TSS.

Diperoleh nilai F *output* sebesar 48,91 (F *output* $> F$ tabel). Keputusan yang diambil adalah menolak H_0 , artinya perlakuan variasi dosis tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan TSS.

- Dengan menghitung SS (*Sum of Squares*) *explained* dapat diketahui besarnya masing-masing komponen varian. Dengan menggunakan analisis varian ini, dapat diketahui besarnya pengaruh masing-masing komponen varian (*explained*

variance) dan komponen luar yang tidak dijelaskan dalam model (*unexplained variance*) (Agus Sujianto, 2009). Analisis varian yang didapat yaitu :

- *Explained variance* kecepatan putaran+dosis koagulan adalah $\frac{566,954}{577,258} = 98,2\%$
- *Explained variance* untuk variasi kecepatan putaran adalah $\frac{69,921}{577,258} = 12,11\%$
- *Explained variance* untuk variasi dosis adalah $\frac{504,033}{577,258} = 82,31\%$
- *Unexplained variance* $\frac{10,305}{577,258} = 0,017\%$

Dari hasil perhitungan *SS explained* diketahui bahwa variasi yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap persentase penurunan TSS adalah dosis yakni sebesar 82,31%. Adapun pengaruh lain diluar model sangat kecil yaitu sebesar 0,017%.

Uji Duncan digunakan untuk menguji perbedaan di antara semua pasangan perlakuan yang ada dalam percobaan dengan masih mempertahankan tingkat signifikansi yang ditetapkan (Christianus S, 2010). Hasil uji beda nyata dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Uji Duncan Variasi Dosis Koagulan terhadap Persentase Penurunan TSS

dosis	N	Subset	
		1	2
1.5	2	56.9450	
2.5	2	65.2750	
3.5	2		79.1650
Sig.		.067	1.000

Dari tabel 4.14 dapat dilihat bahwa variasi dosis koagulan yang mempunyai pengaruh optimum terhadap persentase penurunan TSS adalah dosis 3,5 g/l dengan rata-rata persentase penurunan TSS sebesar 79,165%

4.5.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Hasil uji ANOVA persentase COD dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Analisis ANOVA antara Variasi Kecepatan Putaran Flokulasi dan Dosis Koagulan Terhadap Persentase Penyisihan COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	943.835 ^a	3	314.612	11.063	.084
Intercept	36053.002	1	36053.002	1.268E3	.001
Kec Putaran (X ₁)	210.752	1	210.752	7.411	.113
Dosis (X ₂)	733.083	2	366.542	12.889	.072
Error	56.876	2	28.438		
Total	37053.713	6			
Corrected Total	1000.712	5			

Dari tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa :

- Untuk variasi kecepatan putaran, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,113 (>0,05) maka keputusannya adalah menerima H₀, artinya perlakuan variasi kecepatan putaran identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan COD.

Diperoleh nilai *F output* sebesar 7,411. Nilai *output* yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan *F* tabel yaitu $F_{(0,05, 3, 2)} = 19,16$, maka $F \text{ output} < F \text{ tabel}$. Keputusan yang diambil adalah menerima H₀, artinya perlakuan variasi kecepatan putaran identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan COD.

- Untuk variasi dosis, diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,072 (>0,05) maka keputusannya adalah menerima H₀, artinya perlakuan variasi kecepatan putaran identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan COD.

Diperoleh nilai *F output* sebesar 12,889 ($F \text{ output} < F \text{ tabel}$). Keputusan yang diambil adalah menerima H₀, artinya perlakuan variasi kecepatan putaran identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada persentase penurunan COD.

• Analisis varian yang didapat yaitu :

- *Explained variance* kecepatan putaran+dosis koagulan adalah $\frac{943,835}{1000,712} = 94,32\%$
- *Explained variance* untuk variasi kecepatan putaran adalah $\frac{210,752}{1000,712} = 21,06\%$
- *Explained variance* untuk variasi dosis adalah $\frac{366,542}{1000,712} = 36,63\%$
- *Unexplained variance* $\frac{28,435}{1000,712} = 2,84\%$

Dari hasil perhitungan *SS explained* diketahui bahwa variasi yang mempunyai pengaruh terbesar terhadap persentase penurunan COD adalah dosis yakni sebesar 36,63%. Adapun pengaruh lain diluar model sebesar 2,84%.

Hasil yang identik pada analisis ANOVA berarti persentase penurunan COD tidak menunjukkan perbedaan yang nyata/signifikan pada kedua variasi perlakuan. Untuk mengetahui beda nyata pada perlakuan variasi, dapat pula digunakan uji Duncan. Hasil uji beda nyata dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Uji Duncan Variasi Dosis Koagulan terhadap Persentase Penurunan COD

dosis	N	Subset	
		1	2
1.5	2	63.0850	
2.5	2	79.5300	79.5300
3.5	2		89.9350
Sig.		.091	.190

Hasil uji Duncan pada tabel 4.16 mendukung pengambilan hipotesis H_0 dimana variasi dosis koagulan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dapat dilihat dari *range* persentase penurunan COD pada kolom 'subset' yang mana dosis 1,5 dan 2,5 berada pada kolom subset yang sama, begitupun dengan dosis 2,5 dan 3,5. Variasi dosis yang mempunyai pengaruh optimum terhadap persentase penurunan COD adalah dosis 3,5 g/l dengan rata-rata persentase penurunan COD sebesar 89,935%

4.6 Pembahasan Penurunan *Total Suspended Solids* (TSS)

Dari hasil penelitian dan analisis deskriptif, didapatkan persentase penurunan TSS selalu lebih besar pada kecepatan putaran 20 rpm daripada 40 rpm (tabel 4.4 dan gambar 4.2). Persentase penurunan TSS tertinggi terdapat pada perlakuan kecepatan putaran 20 rpm dengan dosis koagulan 3,5 g/l sebesar 83,33%. Sedangkan persentase penurunan TSS terendah terdapat pada perlakuan kecepatan putaran 40 rpm dan dosis koagulan 1,5 g/l sebesar 55,56%.

Korelasi antara persentase penurunan TSS dan dosis koagulan sangat kuat (0,925), begitupun dengan hasil analisis ANOVA yang tidak identik. Kedua hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penurunan TSS. Dari hasil uji Duncan untuk variasi dosis diketahui bahwa dosis koagulan optimum adalah dosis 3,5 g/l dengan rata – rata penurunan TSS sebesar 79,165%.

Nilai positif pada pearson correlation menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi untuk dosis koagulan sebesar 11,11. Artinya, setiap penambahan dosis sebesar 1 g/l akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 11,11%.

Koagulan biji asam berfungsi mengikat partikel TSS yang tidak bisa mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kemampuan biji asam dalam menurunkan TSS terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid.

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

Velioglu, 1989 dalam Enrico, 2008). Kandungan aktif dalam biji asam (*Tamarindus Indica L*) yang bersifat positif bersumber dari polimer yang dapat bereaksi dengan partikel bermuatan negatif dalam limbah melalui mekanisme jembatan partikel yang mengadsorpsi muatan negatif koloid selama proses flokulasi (Enrico, 2008).

Korelasi antara persentase penurunan TSS dan dosis koagulan lemah (-0,33). Tanda negatif menunjukkan hubungan bertolak belakang. Hal tersebut dikuatkan dengan nilai koefisien regresi sebesar -0,324. Artinya, setiap penambahan kecepatan putaran sebesar 1 rpm akan menurunkan persentase penurunan TSS sebesar 0,324%. Hasil dari analisis regresi yang tidak signifikan dan analisis ANOVA yang identik menunjukkan bahwa variasi kecepatan putaran tidak berpengaruh terhadap persentase penurunan TSS.

Kecepatan putaran flokulasi mempengaruhi proses pembentukan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada saat proses koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar. Kecepatan putaran flokulasi dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai. Nilai gradien kecepatan (G) untuk limbah adalah 10 – 75 /detik (Ali M dkk, 2002). Pada proses flokulasi, nilai gradien kecepatan diturunkan agar flok yang telah terbentuk tidak pecah kembali dan berkesempatan untuk bergabung dengan yang lain membentuk flok yang lebih besar lagi. Pada penelitian ini digunakan variasi kecepatan putaran flokulasi 20 dan 40 rpm. Berikut ini adalah perhitungan nilai gradien kecepatan (G).

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

Dimana: K_T = konstanta impeller untuk flat blades, 2 blades, tanpa baffle (0,86)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$P = 0,00029 \text{ Nm} / \text{dt}$$

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

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

Dari perhitungan diatas diketahui bahwa nilai gradien kecepatan (G) untuk kecepatan putaran flokulasi 20 rpm (10/dt) lebih kecil dibandingkan kecepatan putaran 40 rpm (27,12/dt). Nilai persentase penurunan TSS lebih tinggi pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm (tabel 4.4). Hal ini dapat disebabkan oleh pecahnya kembali flok yang telah terbentuk sehingga partikel-partikelnya kembali stabil dan gaya beratnya menurun yang pada akhirnya flok sulit mengendap.

Padahal, apabila ditinjau dari kriteria desain yang ada, kecepatan putaran 40 rpm memenuhi kriteria desain gradien putaran (G). Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni (2006) menggunakan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai biokoagulan dalam pengolahan limbah tempe menunjukkan hasil yang sama. Kecepatan putaran flokulasi 20 rpm mampu meremoval kekeruhan hingga 71,97% sedangkan pada kecepatan 40 rpm, persentase removal tertinggi hanya mencapai 61,10%. Beranjak dari hal tersebut, diperlukan peninjauan lebih lanjut mengenai range kriteria desain untuk proses koagulasi – flokulasi menggunakan biokoagulan karena gradien putaran 27,12/detik (40 rpm) sudah tidak optimum dalam menurunkan TSS.

Analisis regresi menunjukkan hubungan yang kuat antara variasi dalam persentase penurunan TSS dengan variabel prediktor dimana 96,4% variasi persentase penurunan TSS dipengaruhi oleh variabel prediktor. Sedangkan sisanya sebesar 5,6% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti pH, temperatur, waktu detensi flokulasi, waktu detensi sedimentasi, serta komposisi dan konsentrasi kation dan anion yang terkandung dalam air limbah.

Untuk memprediksi penurunan konsentrasi TSS selanjutnya dapat digunakan persamaan regresi (terdapat hubungan linier antara variabel respon dan prediktor). Dimana untuk memprediksi persentase penurunan TSS sebaiknya menitikberatkan pada dosis koagulan, karena variabel ini mempunyai pengaruh dan korelasi yang kuat dalam persentase penurunan TSS dibandingkan dengan variabel kecepatan flokulasi. Hal ini diperkuat dengan hasil perhitungan SS explained pada uji ANOVA yang menunjukkan bahwa besarnya pengaruh variasi dosis koagulan terhadap persentase penurunan TSS adalah sebesar 82,31%.

Menurut Davis and Cornwell (1991) dalam Enrico (2008) bahwa *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan zat padat tersuspensi bersifat organik dan anorganik yang pada proses penyisihannya dipengaruhi oleh terbentuknya flok-flok menjadi ukuran yang lebih besar (flokulasi) dan proses pengendapan (sedimentasi) serta desain bak sedimentasi reaktor. Hal lain yang berpengaruh pada terhadap penyisihan TSS adalah pengaruh waktu proses yaitu semakin lama waktu yang diterapkan semakin optimal pula penyisihannya.

Hasil penelitian Rambe (2009) menunjukkan bahwa penurunan kadar TSS limbah cuci jeans dapat mencapai 83,69% menggunakan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) pada kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit sedangkan Amdani (2004) menunjukkan bahwa penyisihan kadar TSS sebesar 92,21% diperoleh pada waktu 20 menit. Namun demikian, waktu pengadukan yang terlalu lama akan mengakibatkan menurunnya efisiensi penyisihan. Hal ini terjadi karena meningkatnya tingkat kejenuhan dalam proses koagulasi diakibatkan karena pengikatan antar partikel koagulan dengan partikel tersuspensi dalam flok-flok tidak

dapat berlangsung sempurna. Flok-flok yang telah terbentuk akan rusak (terpecah) kembali sehingga hasil pengendapan (sedimentasi) menjadi kurang optimal (Kuntiy, 2007 dalam Rosyidah, 2008).

Pengaruh sedimentasi terhadap optimumnya penurunan partikel koloid terlihat pada penelitian Amdani (2004) yang memvariasikan kedalaman bak sedimentasi (30, 90 dan 150 cm) dimana kedalaman optimum adalah 150 cm yang mampu menurunkan 92,21% kekeruhan. Rahayu (2011) memvarisikan waktu sedimentasi (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 menit) dengan waktu optimum 60 menit mampu menurunkan 99,1% kekeruhan.

Hasil penyisihan kadar TSS limbah penyamakan kulit dalam penelitian ini mencapai 200 mg/l atau sebesar 83,3% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 3,5 g/l pada kecepatan putaran 20 rpm sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 sebesar 200 mg/l.

Oleh karena kemampuan reaktor ini dalam menurunkan TSS hingga dapat memenuhi baku mutu limbah cair berarti pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi dapat dijadikan sebagai pengolahan utama.

4.7 Pembahasan Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Seperti halnya pada persentase penurunan TSS, kecepatan putaran optimum dalam menurunkan COD adalah 20 rpm. Persentase penurunan COD tertinggi terdapat pada perlakuan kecepatan putaran 20 rpm dengan dosis koagulan 3,5 g/l sebesar 92,62%. Sedangkan persentase penurunan COD terendah terdapat pada perlakuan kecepatan putaran 40 rpm dan dosis koagulan 1,5 g/l sebesar 53,02% (tabel 4.5 dan gambar 4.4).

Korelasi antara persentase penurunan COD dan dosis koagulan kuat (0,849). Nilai positif menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi

untuk dosis koagulan sebesar 13,425. Artinya, setiap penambahan dosis sebesar 1 g/l akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 13,425%.

Analisis korelasi dan regresi menunjukkan hasil yang signifikan, namun analisis ANOVA menunjukkan hasil yang identik. Hal itu menunjukkan bahwa dosis yang dipakai pada penelitian ini tidak mempunyai range yang cukup untuk membedakan persentase penurunan COD. Dari hasil uji Duncan untuk variasi dosis diketahui bahwa dosis koagulan optimum adalah dosis 3,5 g/l dengan rata – rata penurunan COD sebesar 89,935%.

Koagulan biji asam (*Tamarindus Indica L*) ditambahkan pada saat koagulasi, dimana tujuan dari koagulasi adalah untuk mengurangi stabilitas partikel-partikel penyebab COD dengan penambahan koagulan yang mempunyai muatan berlawanan melalui pengadukan cepat (*mixing*) (Masduqi dan Slamet, 2002). Kemampuan biji asam dalam menurunkan TSS terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid.

Korelasi antara persentase penurunan COD dan kecepatan putaran flokulasi lemah (-0,330). Tanda negatif menunjukkan hubungan bertolak belakang. Hal tersebut dikuatkan dengan nilai koefisien regresi sebesar -0,324. Artinya, setiap penambahan kecepatan putaran sebesar 1 rpm akan menurunkan persentase penurunan COD sebesar 0,324%.

Hasil dari analisis regresi yang tidak signifikan dan analisis ANOVA yang identik menunjukkan bahwa variasi kecepatan putaran tidak berpengaruh terhadap persentase penurunan COD.

Lemahnya hubungan antara persentase penurunan COD dengan kecepatan putaran flokulasi disebabkan karena kecepatan putaran flokulasi tidak berhubungan secara langsung dengan proses penurunan COD. Pengikatan partikel pencemar terjadi pada saat proses koagulasi, dimana koagulan mengikat partikel – partikel pencemar dengan membentuk partikel flok. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel berukuran besar (Masduqi dan Slamet, 2002). Berbeda

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

Hal tersebut didukung oleh Enrico (2008) yang menggunakan koagulan biji asam (*Tamarindus Indica L*) pada limbah tahu dengan dosis 3 g/l, kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit yang mampu menurunkan COD sebesar 22,40%, sedangkan penelitian serupa oleh Saefudin (2009) dengan waktu flokulasi 18 menit mampu menurunkan COD sebesar 46,39%. Wahyuni (2006) menggunakan variasi waktu flokulasi 20 dan 30 menit dalam menurunkan kandungan organik menunjukkan hasil yang lebih optimum pada waktu 30 menit. Hal tersebut berarti waktu flokulasi mempengaruhi efisiensi penyisihan, karena semakin lama waktu, suplai oksigen yang masuk akan semakin banyak.

Jika dibandingkan dengan penyisihan TSS, persentase COD menunjukkan angka yang lebih besar. Penyisihan COD yang tinggi menunjukkan optimumnya proses koagulasi pada penelitian ini, yaitu saat pencampuran koagulan, sehingga partikel organik dan anorganik penyebab COD mampu diikat secara optimum oleh koagulan dan selanjutnya diendapkan pada bak sedimentasi.

Besarnya nilai penurunan persentase COD dibandingkan dengan TSS juga disebabkan karena COD dan TSS sama-sama mengandung zat organik. Sama halnya dengan TSS, partikel organik penyebab COD diikat oleh koagulan berdasarkan sifat elektrostatis dimana muatan partikel organik yang bersifat negatif mampu diikat oleh polimer yang bersifat positif yang terkandung dalam Biji Asam Jawa.

Analisis regresi menunjukkan hubungan yang kuat antara persentase penurunan COD dengan variabel kecepatan putaran flokulasi dan dosis koagulan dimana 93,1% variasi penurunan COD dipengaruhi oleh kedua variabel prediktor tersebut. Sedangkan sisanya sebesar 6,9% persentase penurunan COD dipengaruhi oleh faktor-

faktor lain seperti pH, temperatur, waktu detensi flokulasi, waktu detensi sedimentasi, serta komposisi dan konsentrasi kation dan anion yang terkandung dalam air limbah.

Model regresi yang didapat dapat dipakai untuk memprediksi penurunan COD selanjutnya, namun demikian terdapat hubungan yang tidak linier antara variabel respon dan prediktor. Hal tersebut didukung oleh hasil analisis ANOVA yang menunjukkan hasil identik untuk kedua variabel prediktor. Oleh karena itu, untuk dapat memprediksikan penurunan COD dengan variabel prediktor yang sama, diperlukan penelitian dengan pemilihan variasi dosis pada range lebih besar dengan variasi dosis lebih banyak.

Hasil penyisihan kadar COD limbah penyamakan kulit dalam penelitian ini mencapai 73,33 mg/l atau sebesar 92,62% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 3,5 g/l pada kecepatan putaran 20 rpm sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002 sebesar 100 mg/l.

Oleh karena kemampuan reaktor ini dalam menurunkan COD hingga dapat memenuhi baku mutu limbah cair berarti pengolahan limbah cair penyamakan kulit dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi dapat dijadikan sebagai pengolahan utama.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah 3,5 g/l dimana pada kecepatan putaran flokulasi 20 rpm mampu menurunkan TSS dan COD limbah penyamakan kulit masing-masing sebesar 83,3% dan 92,2%. Sedangkan kecepatan putaran flokulasi (40 dan 20 rpm) mempunyai pengaruh yang kecil terhadap penyisihan TSS dan COD limbah penyamakan kulit.

Kadar akhir yang dihasilkan pada penelitian ini sudah memenuhi Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur No: 45 Tahun 2002.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor – faktor lain yang dapat mempengaruhi efektifitas koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dalam mengolah limbah cair seperti pH dan *mesh* untuk mendapatkan kondisi optimum dalam penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai biokoagulan dalam mengolah limbah cair penyamakan kulit maupun limbah cair lainnya mengingat sifat Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) yang ramah lingkungan dan mampu mengolah parameter kualitas air lain (bakteri, BOD, kekeruhan, dll).
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan masukan bagi sistem pengolahan limbah cair di PT. Kasin, Malang dimana proses pengolahan limbah dengan metode koagulasi-flokulasi yang dikombinasikan dengan sedimentasi menggunakan koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dapat dijadikan alternatif pengolahan utama, karena effluen yang dihasilkan berada di bawah baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S.S. 1984. **Metoda Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya.
- Amdani, Khairul. 2004. **Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi/Flokulasi dan Sedimentasi Limbah Cair Industri Pencucian Jeans**. Tesis Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Anonim, 2006. **Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit**. Badan Pengendali Dampak Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Atta, Agustina. 2006. **Penggunaan Tanah Halosit Sebagai Koagulan Pada Proses Penurunan Konsentrasi PO₄, COD dan Kekeruhan Pada Limbah Cair Rumah Tangga**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Christianus. 2010. **Belajar Kilat SPSS 17**. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Enrico, Bernard. 2008. **Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu**. Tesis Program Studi Teknik Kimia, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Handayani. 2007. **Asam Jawa (*Tamarindus Indica* L)**. <http://mylutfi.wordpress.com/tag/apotek.hidup>. Diakses 5 April 2011 pukul 20.00.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Andi. Yogyakarta.
- Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002, Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri Atau Kegiatan Usaha Lainnya Di Jawa Timur**. Bapedal Propinsi Jawa Timur.

- Khasanah, Uswatun. 2008. **Efektifitas Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, LAMK) sebagai Koagulan Fosfat dalam Limbah Cair Rumah Sakit (Studi Kasus di RSUD. Saiful Anwar Malang)**. Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang.
- Masduqi, A dan Agus, S. 2002. **Satuan Operasi**. Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP – ITS.
- Rahayu, Restu. 2011. **Kajian Potensi Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Koagulan**. Skripsi Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Rambe, Ahmad. 2009. **Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil**. Tesis Program Studi Teknik Kimia, Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Reynolds, T. D. 1982. **Unit Operations And Processes In Environmental Engineering**. Wadsworth, Inc., Belmont, California.
- Rosyidah, Cicik. 2008. **Uji Dosis Serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Biokoagulan terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Aspek Fisik, Kimia, dan Bakteriologi**. Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang
- Sandy, Angelina P. 2009. **Penurunan COD dan TSS Pada Limbah Cair Menggunakan Elektrokoagulasi Konfigurasi Monopolar Aliran Kontinyu**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Slamet, A dan Ali M. 2000. **Satuan Proses**. Jurusan Teknik Lingkungan – FTSP – ITS.
- Sugiharto. 1987. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Sujianto, Agus. 2009. **Aplikasi Statistik dengan SPSS 16.0**. Prestasi Pustaka Publisher. Jakarta.

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

Sutrisno, C.Totok. (2002). **Teknologi Penyediaan Air Bersih**. Rineka Cipta. Jakarta.

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

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



LEMBAR ASISTENSI

Nama (NIM) : Humairoh Suhastri Latifah (07.26.020)

Pembimbing : Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si

No	Tanggal	Catatan / Keterangan	Tanda Tangan
1	8/7'01	Data Pakai Disin Rencana percobaan bila One way. Aova → Uti (Duan) BNT.	
2	13/7'11	Uti Statistik	
3	20/7'11	Layut Pembahasan.	
4	28/7'11	Pertkuat line pendeye dy. landan teori akup line pendite lei.	
	3/8'11	Perbaikan Pembahasan & kesimpulan. - Sipla Mahalah Seminar Ace	



LEMBAR ASISTENSI

Nama (NIM) : Humairoh Suhastri Latifah (07.26.020)

Pembimbing : Evy Hendriarianti, ST. MMT

No	Tanggal	Catatan / Keterangan	Tanda Tangan
1	7/5 '11	Revisi redaksional	
2	9/6 '11	Bab II al.	
3	7/7 '11	①. Cek. nitai perawakan TSS awal ②. Revisi redaksional analisa TSS	
4	12/7 '11	①. Analisa deskriptif & ukuran al. ②. Cek. pembahasan sesuai hasil analisa statistik.	
5	27/7 '11	①. revisi redaksional ②. revisi pembahasan, bedakan (TSS & CO) ③. Ditensi stabilisasi flot. koagulasi biologis	
6	1/8 '11	pori 2 & 3, kasi bentuk	
7	2/8 '11	Pembahasan al. lampir.	
8	8/8 '11	kesimpulan & sumber al.	

LAMPIRAN A
HASIL ANALISIS



**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

HASIL ANALISIS SAMPEL

a.n. : HUMAIROH SUHASTRI LATIFAH (NIM : 07.26.020)
 Alamat : Mahasiswa Teknik Lingkungan ITN Malang
 Lokasi : Limbah Cair Penyamakan Kulit PT. Kasin, Malang
 Sampling : Oleh konsumen
 Analisis : Oleh konsumen
 Tanggal Analisis Sampel : 23 Juni – 25 Juni 2011

1) Analisis Konsentrasi Awal Sampel

Parameter	Satuan	Nilai			
		1	2	3	r
pH	-	4,18	4	4,15	4,11
TSS	mg/l	800	1400	1200	1200
COD	mg/l	980	1020	980	993,33

2) Analisis Konsentrasi Akhir TSS

Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (g/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)			
		1	2	3	r
20	3,5	100	200	300	200
	2,5	300	400	400	366,67
	1,5	400	600	500	500
40	3,5	200	300	400	300
	2,5	300	500	600	466,67
	1,5	400	600	600	533,33

3) Analisis Konsentrasi Akhir COD

Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (g/l)	Konsentrasi COD (mg/l)			
		1	2	3	r
20	3,5	120	40	60	73,33
	2,5	180	120	160	153,33
	1,5	200	340	260	266,67
40	3,5	160	140	80	126,67



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

IK NIAGA MALANG

	2,5	200	260	300	253,33
	1,5	480	480	440	466,67

4) Analisis pH

Kecepatan Putaran Flokulasi (rpm)	Dosis Koagulan (g/l)	Menit ke -	pH			
			1	2	3	r
20	3,5	10	4,38	4,41	4,41	4,4
		20	4,46	4,46	4,45	4,46
		30	4,6	4,61	4,63	4,61
		40	4,73	4,75	4,71	4,73
		50	4,81	5,11	5,12	5,01
		60	5,28	5,32	5,35	5,32
		70	5,52	5,58	5,56	5,55
		80	5,63	5,62	5,65	5,63
		90	5,71	5,73	5,7	5,71
	2,5	10	4,42	4,45	4,42	4,43
		20	4,53	4,53	4,55	4,54
		30	4,76	4,78	4,75	4,76
		40	4,93	5,18	5,15	5,09
		50	5,26	5,28	5,23	5,26
		60	5,41	5,37	5,4	5,39
		70	5,58	5,58	5,61	5,59
		80	5,68	5,7	5,7	5,69
		90	5,78	5,82	5,85	5,82
	1,5	10	4,4	4,38	4,41	4,40
		20	4,46	4,46	4,45	4,46
		30	4,6	4,61	4,63	4,61
		40	4,73	4,75	4,71	4,73
		50	4,81	5,11	5,12	5,01
		60	5,28	5,32	5,35	5,32
70		5,52	5,58	5,56	5,55	
80		5,63	5,62	5,65	5,63	
90		5,71	5,73	5,7	5,71	
40	3,5	10	4,41	4,41	4,42	4,41
		20	4,55	4,55	4,53	4,54
		30	4,76	4,78	4,75	4,76
		40	4,93	5,18	5,15	5,09
		50	5,26	5,28	5,23	5,26
		60	5,41	5,37	5,4	5,39



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

IK NIAGA MALANG

	2,5	70	5,58	5,58	5,61	5,59
		80	5,68	5,7	5,7	5,69
		90	5,78	5,82	5,85	5,82
		10	4,38	4,4	4,41	4,40
		20	4,46	4,48	4,45	4,46
		30	4,61	4,61	4,63	4,62
		40	4,73	4,75	4,71	4,73
		50	4,81	5,11	5,11	5,01
		60	5,3	5,32	5,35	5,32
	1,5	70	5,54	5,58	5,56	5,56
		80	5,63	5,62	5,64	5,63
		90	5,72	5,73	5,7	5,72
		10	4,42	4,45	4,44	4,44
		20	4,53	4,51	4,55	4,53
		30	4,76	4,78	4,76	4,77
		40	5,12	5,18	5,15	5,15
		50	5,26	5,27	5,23	5,25
		60	5,41	5,37	5,41	5,40
70	5,6	5,58	5,61	5,60		
80	5,68	5,7	5,67	5,68		
90	5,81	5,82	5,85	5,83		

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

Asisten Laboratorium Pendamping

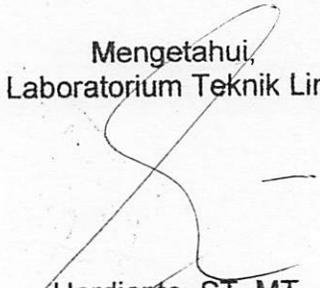

HUMAIROH SUHASTRI L
NIM: 0726020

Malang, 8 Agustus 2011

Mahasiswa


HUMAIROH SUHASTRI L
NIM: 0726020

Mengetahui,
Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan


Hardianto, ST, MT
NIP.Y : 1030000350

LAMPIRAN B

METODE ANALISIS

METODE ANALISIS *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD)

1. Metode

Closed Reflux titrimetric

2. Prinsip

Senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur 150°C selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan fero ammonium sulfat (FAS) memakai indikator feroin. Materi organik yang teroksidasi akan dikalkulasi dengan bentuk ekivalensi oksigen.

3. Pereaksi

3.1 Larutan Standar Kalium Dikromat 0,0167 M

Tambahkan 4,193 gr $K_2Cr_2O_7$ yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu 103°C selama 2 jam, pada 500 ml aquades. Lalu tambahkan 167 ml H_2SO_4 pekat dan 3,33 gr $HgSO_4$. Larutkan dan dinginkan sampai temperature kamar kemudian encerkan volumenya menjadi 1000 ml.

3.2 Pereaksi Asam Sulfat

Tambahkan $AgSO_4$ (bentuk Kristal atau bubuk) pada H_2SO_4 pekat dengan perbandingan 5,5 gr $AgSO_4$ per kg H_2SO_4 . Biarkan selama 1 atau 2 hari hingga seluruh $AgSO_4$ larut.

3.3 Larutan Indikator Feroin

Larutkan 1,485 gr 1,10-Phenantrolin monohidrat dan 695 mg $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dalam aquades dan encerkan hingga volumenya 100 ml, lalu larutan indikator feroin diencerkan dengan perbandingan 1 : 4 (1 ml larutan indikator feroin dan 4 ml aquades) sebelum digunakan.

3.4 Larutan Fero Ammonium Sulfat (FAS)

Larutkan 39,2 gr $\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dalam aquades. Lalu tambahkan 20 ml H_2SO_4 pekat dan encerkan hingga volume 1000 ml. Larutan ini harus distandardisasi dengan cara sebagai berikut :

Masukkan 2,5 ml aquades, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam tabung COD. Dinginkan pada temperatur kamar, kemudian tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator feroin. Titrasi dengan FAS sampai berwarna awal merah kecoklatan. Molaritas FAS yang dipakai dihitung dengan rumus :

$$\text{Molaritas FAS} = (\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times 0,1) / \text{ml FAS}$$

4. Cara Kerja

- a. Masukkan 2,5 ml sampel, 1,5 ml kalium dikromat dan 3,5 ml pereaksi asam sulfat ke dalam labu destilasi.
- b. Panaskan pada suhu 105°C selama 2 jam.
- c. Dinginkan pada suhu kamar. Tuangkan isinya ke dalam Erlenmeyer. Tambahkan 1 sampai 2 tetes indikator feroin. Titrasi dengan FAS. Titik akhir titrasi adalah saat terjadi perubahan warna dari biru kehijauan sampai merah kecoklatan. Catat ml FAS yang digunakan untuk titrasi.
- d. Buat blanko dengan aquades sebagai pengganti sampel, ulangi langkah-langkah analisis. Catat ml FAS yang digunakan dalam titrasi blanko.

5. Perhitungan

$$\text{COD (mg/l)} = (A - B) \times M \times 8000 / \text{ml sampel}$$

Dimana : A = ml FAS yang dipakai untuk titrasi blanko

B = ml FAS yang dipakai untuk titrasi sampel

M = molaritas FAS

METODE ANALISIS *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS)

1. Metode

Gravimetri

2. Prinsip

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

3. Alat – alat

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

4. Cara Kerja

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

5. Perhitungan

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

Dimana : a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105 °C (mg)

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

c = volume sampel (l)

LAMPIRAN C

ANALISIS DATA SPSS 16.0

Regression

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	dosis, kec putaran ^a		. Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: %penurunan COD

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.965 ^a	.931	.885	4.79712	1.434

a. Predictors: (Constant), dosis, kec putaran

b. Dependent Variable: %penurunan COD

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	931.675	2	465.837	20.243	.018 ^a
	Residual	69.037	3	23.012		
	Total	1000.712	5			

a. Predictors: (Constant), dosis, kec putaran

b. Dependent Variable: %penurunan COD

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics
-------	-----------------------------	---------------------------	---	------	-------------------------

		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	61.734	8.620		7.161	.006		
	kec putaran	-.593	.196	-.459	-3.026	.056	1.000	1.000
	dosis	13.425	2.399	.849	5.597	.011	1.000	1.000

a. Dependent Variable: %penurunan COD

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimensi on	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions		
				(Constant)	kec putaran	dosis
1	1	2.868	1.000	.01	.01	.01
	2	.098	5.403	.00	.52	.48
	3	.034	9.154	.99	.47	.51

a. Dependent Variable: %penurunan COD

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	58.1650	96.8683	77.5167	13.65046	6
Residual	-5.14500	3.13167	.00000	3.71583	6
Std. Predicted Value	-1.418	1.418	.000	1.000	6
Std. Residual	-1.073	.653	.000	.775	6

a. Dependent Variable: %penurunan COD

Regression

Variables Entered/Removed^d

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	dosis, kec putaran ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: %penurunan TSS

Model Summary^d

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.982 ^a	.964	.940	2.62101	2.292

a. Predictors: (Constant), dosis, kec putaran

b. Dependent Variable: %penurunan TSS

ANOVA^d

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	556.649	2	278.325	40.515	.007 ^a
	Residual	20.609	3	6.870		
	Total	577.258	5			

a. Predictors: (Constant), dosis, kec putaran

b. Dependent Variable: %penurunan TSS

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics
-------	-----------------------------	---------------------------	---	------	-------------------------

		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	49.068	4.710		10.418	.002		
	kec putaran	-.324	.107	-.330	-3.026	.056	1.000	1.000
	dosis	11.110	1.311	.925	8.478	.003	1.000	1.000

a. Dependent Variable: %penurunan TSS

Collinearity Diagnostics^a

Model	Dimensi on	Eigenvalue	Condition Index	Variance Proportions		
				(Constant)	kec putaran	dosis
1	1	2.868	1.000	.01	.01	.01
	2	.098	5.403	.00	.52	.48
	3	.034	9.154	.99	.47	.51

a. Dependent Variable: %penurunan TSS

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	52.7800	81.4767	67.1283	10.55130	6
Residual	-2.78000	2.78000	.00000	2.03022	6
Std. Predicted Value	-1.360	1.360	.000	1.000	6
Std. Residual	-1.061	1.061	.000	.775	6

a. Dependent Variable: %penurunan TSS

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
kec putaran	20	3
	40	3
dosis	1.5	2
	2.5	2
	3.5	2

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: %penurunan COD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	943.835 ^a	3	314.612	11.063	.084
Intercept	36053.002	1	36053.002	1.268E3	.001
X1	210.752	1	210.752	7.411	.113
X2	733.083	2	366.542	12.889	.072
Error	56.876	2	28.438		
Total	37053.713	6			
Corrected Total	1000.712	5			

a. R Squared = .943 (Adjusted R Squared = .858)

Post Hoc Tests

Dosis

Estimated Marginal Means

1. kec putaran

Dependent Variable:%penurunan COD

kec putaran	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
20	83.443	3.079	70.196	96.691
40	71.590	3.079	58.343	84.837

2. dosis

Dependent Variable:%penurunan COD

dosis	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.5	63.085	3.771	46.860	79.310
2.5	79.530	3.771	63.305	95.755
3.5	89.935	3.771	73.710	106.160

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
kec putaran	20	3
	40	3
dosis	1.5	2

2.5	2
3.5	2

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:%penurunan TSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	566.954 ^a	3	188.985	36.680	.027
Intercept	27037.279	1	27037.279	5.248E3	.000
X1	62.921	1	62.921	12.212	.073
X2	504.033	2	252.016	48.914	.020
Error	10.305	2	5.152		
Total	27614.537	6			
Corrected Total	577.258	5			

a. R Squared = .982 (Adjusted R Squared = .955)

Post Hoc Tests

dosis

Estimated Marginal Means

1. kec putaran

Dependent Variable:%penurunan TSS

kec putaran	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
20	70.367	1.311	64.728	76.005
40	63.890	1.311	58.251	69.529

2. dosis

Dependent Variable:%penurunan TSS

dosis	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
1.5	56.945	1.605	50.039	63.851
2.5	65.275	1.605	58.369	72.181
3.5	79.165	1.605	72.259	86.071

LAMPIRAN D

BAKU MUTU

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



GUBERNUR JAWA TIMUR

KEPUTUSAN

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

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

GUBERNUR JAWA TIMUR

Menimbang : a. Bahwa air sebagai sumber daya alam harus dapat dimanfaatkan untuk memenuhi hajat hidup orang banyak, oleh karena itu perlu dipelihara kualitas, kuantitas dan kontinuitasnya agar tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.

b. Bahwa sehubungan dengan maksud tersebut pada huruf a, maka perlu ditetapkan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur, dengan Keputusan Gubernur Jawa Timur.

Mengingat :

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

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

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

Pasal 1

Dalam keputusan ini yang dimaksud dengan :

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

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

Pasal 2

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

Pasal 3

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

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

Ditetapkan sebagaimana tersebut Lampiran I Keputusan ini.

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

Pasal 4

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

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

Pasal 5

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

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

Pasal 6

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

Pasal 7

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

Pasal 8

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

Pasal 9

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

Pasal 10

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

Pasal 11

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

Ditetapkan di Surabaya
Pada Tanggal : 17 Juni 2002



GUBERNUR JAWA TIMUR

Imam Utomo
IMAM UTOMO. S

LAMPIRAN II

BAKU MUTU LIMBAH CAIR (TERMASUK PENGOLAH LIMBAH TERPUSAT / KAWASAN INDUSTRI)						
No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Limbah Cair			
			I	II	III	IV
A	FISIKA					
1	Temperatur	°C	35	38	40	45
2	Zat Padat terlarut	mg/liter	1500	2000	4000	5000
3	Zat Padat tersuspensi	mg/liter	100	200	200	500
B	KIMIA					
1	PH	mg/liter	6-9	6-9	6-9	6-9
2	Besi (Fe)	mg/liter	5	10	15	20
3	Mangan (Mn)	mg/liter	0,5	2	5	10
4	Barium (Ba)	mg/liter	1	2	3	5
5	Tembaga (Cu)	mg/liter	1	2	3	5
6	Seng (Zn)	mg/liter	5	10	15	20
7	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/liter	0,05	0,1	0,5	2
8	Krom Total (Cr tot)	mg/liter	0,1	0,5	1	2
9	Cadmium (Cd)	mg/liter	0,01	0,05	0,1	1
10	Raksa (Hg)	mg/liter	0,001	0,002	0,005	0,01
11.	Timbal (Pb)	mg/liter	0,1	0,5	1	3
12.	Timah Putih (Sn)	mg/liter	2	3	4	5
13.	Arsen (As)	mg/liter	0,05	0,1	0,5	1
14.	Selenium (Se)	mg/liter	0,01	0,05	0,5	1
15.	Nikel (Ni)	mg/liter	0,1	0,2	0,5	1
16.	Kobalt (Co)	mg/liter	0,2	0,4	0,6	1
17.	Sianida (CN)	mg/liter	0,05	0,1	0,5	1
18.	Sulfida (H ₂ S)	mg/liter	0,01	0,08	0,1	1
19.	Fluorida (F)	mg/liter	1,5	15	20	30
20.	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/liter	0,02	0,03	0,04	0,05
21.	Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	mg/liter	0,5	1	5	20
22.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/liter	10	20	30	50
23.	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/liter	0,06	1	3	5
24.	BOD5	mg/liter	30	50	150	300
25.	COD	mg/liter	80	100	300	600
26.	Detergent an ionik	mg/liter	0,5	1	10	15
27.	Phenol	mg/liter	0,01	0,05	1	2
28.	Minyak dan Lemak	mg/liter	1	5	15	20
29.	PCB	mg/liter	NIHIL	NIHIL	NIHIL	NIHIL

LAMPIRAN E
DESAIN REAKTOR

DESAIN REAKTOR

KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI

I. DIMENSI BAK PENAMPUNG LIMBAH

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

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

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

Digunakan bak plastik dengan volume \pm 45 liter

II. DIMENSI BAK PENAMPUNG dan DEBIT ALIRAN KOAGULAN

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

$$\text{Dosis koagulan maksimum} = 3,5 \text{ gr/l}$$

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

$$\text{Volume reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi} = 45 \text{ liter}$$

$$\text{Jumlah koagulan yang digunakan} = 3,5 \times 45 \text{ liter} = 157,5 \text{ gr}$$

$$\text{Jumlah pengenceran} = 157,5 \text{ gr} \times 45 \text{ liter} = 10237,5 \text{ ml} \approx 10 \text{ liter}$$

Digunakan bak plastik dengan volume \pm 10 liter

$$\% \text{ larutan koagulan} = \frac{10 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} \times 100\% = 22,22\%$$

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

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

$$= \frac{0,4 \text{ l/menit} \times 77,78\% \times 22,22\% \times 1 \text{ gr}}{3,5 \text{ gr/l}}$$

$$= 0,025 \text{ l/menit}$$

III. DESAIN BAK KOAGULASI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IV. DESAIN BAK FLOKULASI

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

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

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

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

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

$$\text{Modifikasi desain, } p = l = 0,22 \text{ m} = \underline{22 \text{ cm}}, \text{ sedangkan } t = \underline{31 \text{ cm}}, \text{ sehingga volume} = 22 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} = 15004 \text{ cm}^3 = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

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

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

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

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

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

$$P = 1,275 \cdot (40/60)^3 \cdot (0,18)^5 \cdot 995,68 = 0,071 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,071}{0,8004 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 5913,7 \text{ /dt}^2$$

$$G = 75,9 \text{ /dt. (memenuhi kriteria desain } G = 20 - 75 \text{ /dt)}$$

$$n = \underline{20 \text{ rpm}}$$

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

$$P = 1,275 \cdot (20/60)^3 \cdot (0,18)^5 \cdot 995,68 = 0,0089 \text{ N.m/dt}$$

$$G^2 = \frac{0,0089}{0,8004 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = 739,25 \text{ /dt}^2$$

$$G = 27,19 \text{ /dt. (memenuhi kriteria desain } G = 20 - 75 \text{ /dt)}$$

V. DESAIN BAK SEDIMENTASI

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

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

$$V = Q \times t = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{menit} \times 60 \text{ menit} = 30.10^{-3} \text{ m}^3.$$

Zona Settling

Direncanakan dimensi;

$$p : l = 3 : 1$$

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

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

$$H = \frac{\text{Volume}}{(0,22 \text{ m} \times 0,66 \text{ m})} = \frac{30.10^{-3}}{0,1452} = 0,21 \text{ m} = 21 \text{ cm.}$$

Zona Inlet

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

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

Zona Lumpur

Vol. Lumpur diasumsikan 100 ml/1000 ml limbah, jadi volume lumpur = $30 \text{ l} \times 0,1 \text{ l}$
 $= 3 \text{ l} = 3.10^{-3} \text{ m}^3$ untuk t_d 1 jam.

Direncanakan dimensi :

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

A_1 = luas atas; A_2 = luas bawah.

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

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

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

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

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

$$A_2 = a' \times b' = 13,2 \times 7,33 = 96,756 \text{ cm}^2 = 9,6756.10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{3 \times \text{Vol.}}{(A_1 + A_2 + (A_1 \cdot A_2)^{0,5})} \\ &= \frac{3 \times (3.10^{-3} \text{ m}^3)}{(484.10^{-4} + 9,6756.10^{-3} + (484.10^{-4} \cdot 9,6756.10^{-3})^{0,5})} \\ &= 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm.} \end{aligned}$$

LAMPIRAN F

DOKUMENTASI PENELITIAN

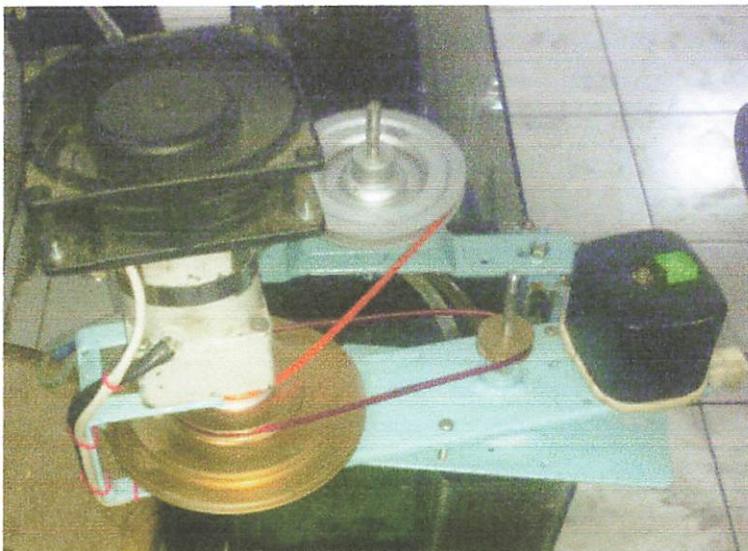
DOKUMENTASI PENELITIAN



Limbah Penyamakan Kulit

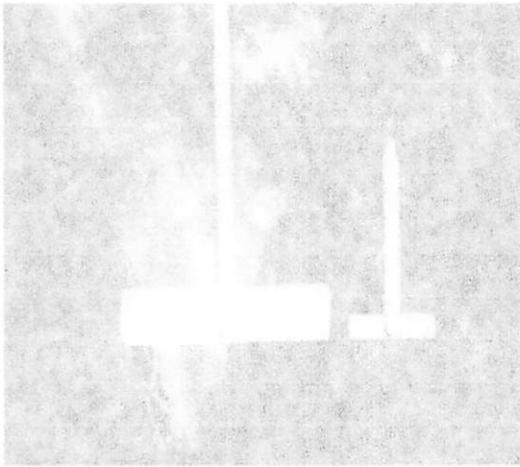


Paddle/Pengaduk

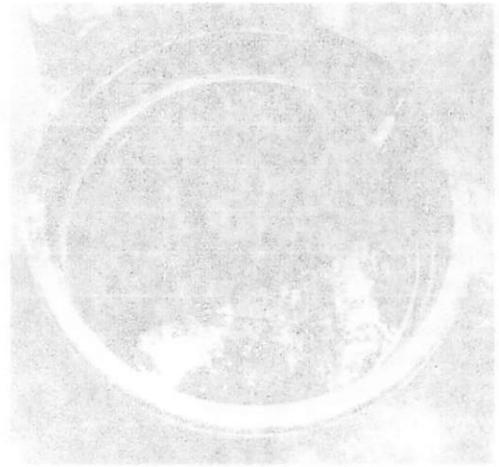


Motor Pengaduk Koagulasi-Flokulasi

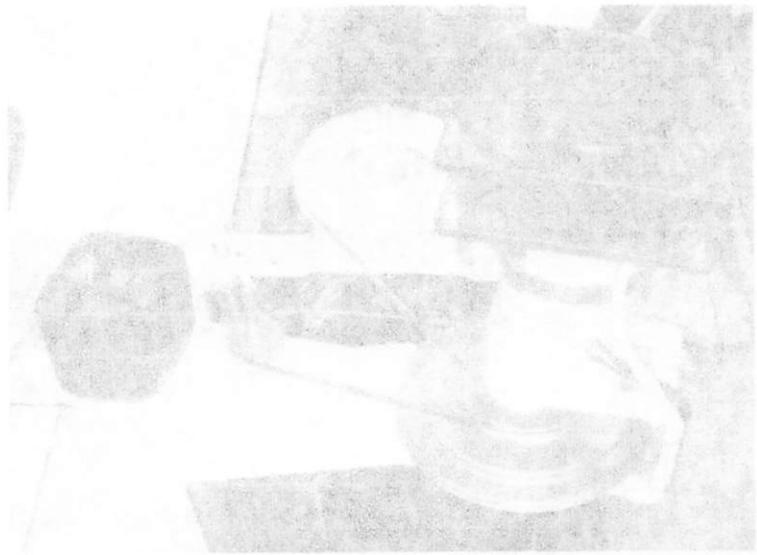
DOKUMENTASI PENELITIAN



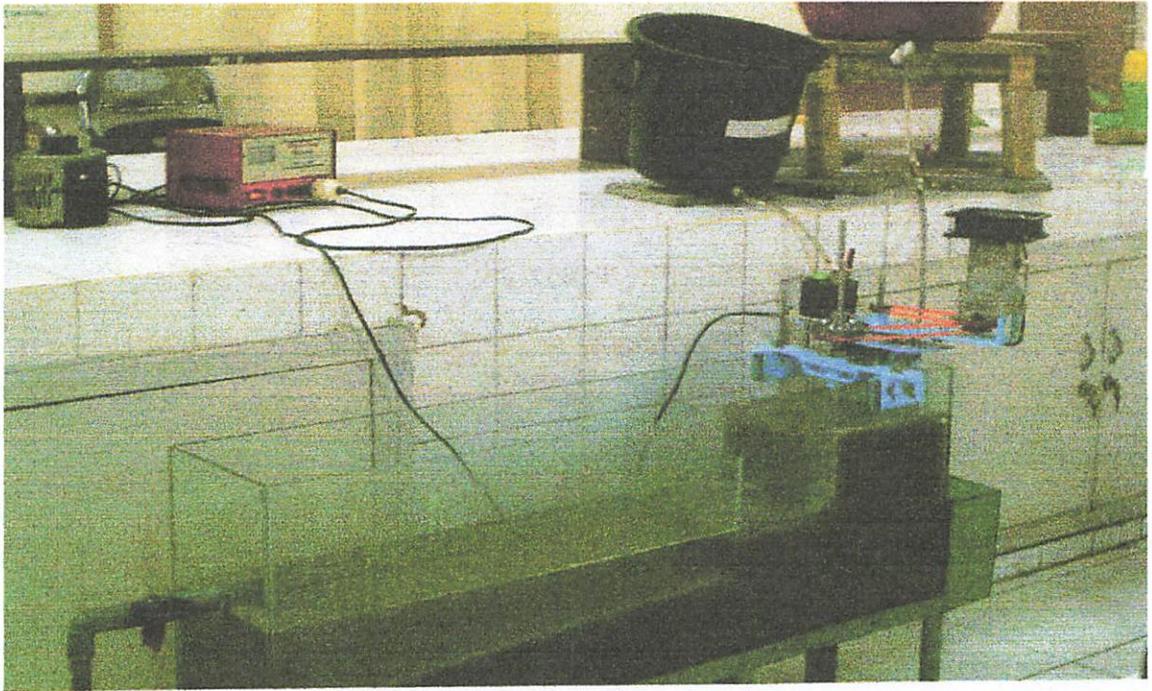
Pendulum Sederhana



Uji Simulasi Pergerakan Kulit



Motor Sederhana Konstruksi-Fisik



Reaktor Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi aliran kontinyu



Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi Aliran Kontinyu



Alhamdulillah,
22th menghirup
udara dunia,
akhirnya ngerasain
wisuda
juga..Sebuah hasil
dr perjuangan dan

RUANG BERSYUKUR

plajaran yg takkan terlupa..
Satu persembahan lagi utk
semua p'dukung kehidupan
achie..Dan tntux bwt achie
sndiri, smoga bsa jd batu
loncatan utk mlompat sgt jauh
dan tinggi nantix.. Amiin..
Ucapan syukur terhatur
kepada ALLAH SWT untuk
segala karunia dan berkah-
Nya, utk skenario t'indah-Nya,
achie bisa ngerasain indahnya
hidup sampai sekarang..
Untuk itu, haturan rasa syukur
yang sangat, terucap bersama
dengan nama-nama luar biasa
pengiring hidup achie, yg udah
buat achie bisa berdiri dan
berjalan dengan tegap dan
indah... Mereka adalah..



Keluarga Besar...

Mama, Papa.. Duo orang terhebat yang
bisa mewujudkan dua inti sel jadi sesosok
achie yang sekarang,,yang bukan cuma
wujud dari 2 inti sel itu, tapi jg dr cucuran
airmata dan kucuran doa yang tak pernah
usai.. Seperti halnya doa dan airmata itu,
terimakasih achie tak akan pernah putus..

PT Adis, kakek terhebat yg pernah achie
miliki.. Untuk bintang, untuk malam dan
langit.. Untuk smua..
Untuk achie yg sekarang.. Sangat bangga
ad darah orang hebat mengalir disini..

Adek-adek, sebuah 'buku hidup'
achie, yg harus slalu achie pelajari
buat lulus jd seorang kakak yg
baik.. Maaf sekarang belum bisa,
suatu saat nanti pasti..Mari smaz jd
ank yg bae n m'banggakan mama
papa..

PT, Mbah, Sepupuz, tante, Bu de,
Om, keponakan, makasi doa dan
dukungannya,harapan semua slalu
besar utk achie..smoga bisa tercapai,
amiin..



Կոմիտասի ընտանիքը

Վրաստանի Կոմիտասի ընտանիքը 1919 թվականին Երևանում հաստատվելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։ Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։

Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։ Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։

Վրաստանի Կոմիտասի ընտանիքը 1919 թվականին Երևանում հաստատվելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։



Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։ Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատելուց հետո Կոմիտասը և իր ընտանիքը Երևանում բնակություն հաստատեցին։



Alhamdulillah, 22th menghirup udara dunia, akhirnya ngerasain wisuda juga..Sebuah hasil dr perjuangan dan plajaran yg takkan terlupa.. Satu persembahan lagi utk semua p'dukung kehidupan achie..Dan tntux bwt achie sndiri, smoga bsa jd batu loncatan utk mlompat sgt jauh dan tinggi nantix.. Amiin.. Ucapan syukur terhatur kepada ALLAH SWT untuk segala karunia dan berkah-Nya, utk skenario t'indah-Nya, achie bisa ngerasain indahnya hidup sampai sekarang.. Untuk itu, haturan rasa syukur yang sangat, terucap bersama dengan nama-nama luar biasa pengiring hidup achie, yg udah buat achie bisa berdiri dan berjalan dengan tegap dan indah... Mereka adalah..

RUANG BERSYUKUR

KeluargaQ 2007..

Ody, makasi utk slalu jd motor terkuat.. Adem 'kukang', mkasi ud tramat sgt sabar jd tmen dan t4 curhat achie, yaa walaupun akhrz ini curhatanx srg bocor, semangat ya Kang! kmu yg punya tantangan terbesar dAntara Qt, doa achie slalu ad buatmu.. Angga, Yanuar, Dimas, Ady, mkasi banyak, ud buka mata achie bahwa tak semua bisa achie jinjing atau taruh dPundak, bahwa tak semua bisa achie liat bahkan ktika achie buka mata hati lebarz, berharap bs lebih lama dket kalian, pgn lbih bnyak blajar 'seni melihat dan membaca'.. Uci, Ledy, teman 1 atap yg slalu bawel ngingetin achie, ngRawat achie klo sakit, tmen ngGosip, tmen yg pling rajin ninggalin achie sndirian di kos.. Harry, hiburan terbesar, kegilaan tergila dari 2007 yg sdh gila, mkasii ry.. Yoland, mkasi slalu siap nemenin jalan kMana sja, hihhi.. PB, partner skrpsiQ, mkasi ud bntu byk bgt! jgn tll mikir nah, nti kurus g imut Lg! Jen, mkasi utk sll ada, bhkan dTengah malam ataupun pagi buta.. Ajeng, mkasi nduut, tmen sperjuanganQ, inget sll Qt jatoh dr motor bedua!!

YOU WERE THE BEST PLACE I CAN CALLED "HOME"..

Erwin, mkasi bwt plajaran optimisme dan nahan emosinya, haha.. Nana, mkasi byk Naa, terharu kmu nangis Qt wisuda, ayo ndang balik kuliah!!

Keluargaku, sahabat terbaikku, rumah keduaku, sll terucap doa, b'hrap smp nnti hati Qt t'paut..Berharap tak ad prasangka mmpu meruntuhkan ikatan hati yg sdh b'taut..

Makasi byk, bwt persahabatan, perjuangan, dukungan, canda, smua warna,, Mkasi ud ngerti achie sBerapapun bawel dan keras kpalax achie, jga achie sBerapapun mrepotkanx achie.. Pasti kangen kaliaann..Tak bsa terlukiskan syukurnya achie punya kalian..

Makasi ud ngasi rumah terindah untuk achie.. Makasi utk slalu ngasi t4 dari manapun achie pergi, apapun yg achie bawa.. Maafin achie g bisa jd sahabat yg baik, padahal kalian sahabat terbaik.. A Huge Love Hug Kiss n Pray always for you all.. Maaf achie atas ketidaksempurnaan achie dlm kesempurnaan kekeluargaan Qta..





Alhamdulillah,
22th menghirup
udara dunia,
akhirnya ngerasain
wisuda
juga..Sebuah hasil
dr perjuangan dan

plajaran yg takkan terlupa..
Satu persembahan lagi utk
semua p'dukung kehidupan
achie..Dan tntux bwt achie
sndiri, smoga bsa jd batu
loncatan utk mlompat sgt jauh
dan tinggi nantix.. Amiin..

Ucapan syukur terhatur
kepada ALLAH SWT untuk
segala karunia dan berkah-
Nya, utk skenario t'indah-Nya,
achie bisa ngerasain indahnya
hidup sampai sekarang..

Untuk itu, haturan rasa syukur
yang sangat, terucap bersama
dengan nama-nama luar biasa
pengiring hidup achie, yg udah
buat achie bisa berdiri dan
berjalan dengan tegap dan
indah... Mereka adalah..

RUANG BERSYUKUR

Arek2 BB 49..

Mamat, DD, Rika, makasi ud jd t4 berbagi
dan rajin ngomeli.. Tari dan Bunga, mkasi sll
ngramain hari dg p'soalan rumah tangga, syg
kok hoby ngototzn.. Molly, Fitri, Waty, Nana,
Etha, mkasi dukungannya.. Makasi byk uda
bantuin penelitian (ribut2 mlem2 mecahin
biji asem yg akhirx kena marah murni),skripsi
dan persiapan wisuda..Mkasi bwt kebisingan
yg sangat! Trimakasih dan maaf ud byk
ngRepotin.. Sampe kapanpun jg kalian ttp
kluarga achie..

KeluargaQ yg (katax) Sesat..

Inga, Mkasi byk Nga, trll byk yg sdh achie
dpet dr kmu.. pdhal achie blum bsa ngasi
ap2..Bunda mala, Gober, Mpit, Qk, kan-
geenn..Keluarga besar BB1 dan research..Inez,
Umi, Dina, Pele, Jambronk dan sGenap klurga
ZIM, matur suwun sangeett!! kangen kum-
pulz!reunian yok!!Umiz, Abiz dZaytun yg sdh
ky ayah dan ibu sndiri, mkasi byk ud nyekoki
achie sm pemikiran2 hebat, mkasi ud bntu
bentuk achie yg skarang...

Keluarga Besar TL ITN..

Tim 18, mb Candra, k'Indra, k'Rizal, k'Agus,
k'Zamrud, k'Mery, k'Richard, k'Okky, k'Debby,
k'Amank, k'Iva, k'Sukma buat smaz berjuang

ngejer deadline, terus saling semangat,
tmen sperjuangan semPro, semHas, Kom-
pre.. Mkasi ud ngasi smangat wktu achie
terpuruk dSemHas dan buat achie bangun
Lagi.. Tmen lulus bareng terbaik deh
pkoknyaa..

o8, special to anak autisme yg suka ngayal
(Uchil, Pateng, Bornez, Endra, Irul, special
lg buat RIZA (minta dGedein namanya, ud
bantu mecahin biji asem katanya)), mkasi
ud sudi jd 'buku pelajaran' achie.. Mkasi ud
ngasi smangat walau dlm bentuk ejekan yg
Alhamdulillah g nyakitin hati..

o9, semangat yaa adek2.. (Yoan, tak ad ru-
ang bg seorg manusia bwt sendirian dek!
meski dg amoeba, kmu tak pernah sndiri..
Yudi, kahim baru, smngat yaa adekQ..mg
sukses mengemban amanah..) Jaga kekom-
pakan, jgn pecah, kan mau lulus 4 taon,
doa n dukungan achie ad terus..

KK2 tngkat laen yg blum dSbut, mkasi ud
byk bantu achie sm tmen2 ngrjain tugas
besar, ud bantu bentuk achie yg skarang..
Semua yg uda bantuin achie penelitian,
terutama praktikan yg wktu asistensi achie
paksa mecahin biji asem.. Mkasi buanyak..
Maaf menyusahkan, smoga pnelitian dan
skripsi kalian ad yg bantu, dan sukses
tentunyaa.. amiin..



Alhamdulillah,
22th menghirup
udara dunia,
akhirnya ngerasain
wisuda
juga..Sebuah hasil
dr perjuangan dan

plajaran yg takkan terlupa..
Satu persembahan lagi utk
semua p'dukung kehidupan
achie..Dan tntux bwt achie
sndiri, smoga bsa jd batu
loncatan utk mlompat sgt jauh
dan tinggi nantix.. Amiin..
Ucapan syukur terhatur
kepada ALLAH SWT untuk
segala karunia dan berkah-
Nya, utk skenario t'indah-Nya,
achie bisa ngerasain indahnya
hidup sampai sekarang..
Untuk itu, haturan rasa syukur
yang sangat, terucap bersama
dengan nama-nama luar biasa
pengiring hidup achie, yg udah
buat achie bisa berdiri dan
berjalan dengan tegap dan
indah... Mereka adalah..

RUANG BERSYUKUR

Ayah dan Ibu di Malang..

Segenap Dosen2 TL, ayah dan ibu achie di
malang.. Trimakasih byk ayah,ibu, bwt
bimbingan, tempaan dan terpaan utk achie..
Smoga masih terus bsa mengingat anak anda
yg malas ini..

Dosen wali 07, Bu Evy, makasi ibu, terharu
klo igt mata ibu berkacaz wktu ngasitau IPK
achie,jg bwt hrapan dan perjuangan ibu bwt
kami..Mkasi ud dmpingin kami..Sangat
beruntung bertemu ibu, sosok wonder
woman yg sll pgn achie tiru..

Bu Candra, Kajur tersabar, mkasi byk atas
smua ksempatannya ibu, mkasi ud mau
dngerin curhatan kami..Mkasi ud bersedia
pusing demi kami..

Pak Hery, bapak pembimbing achie,,mkasi
byk pak..Maaf achie malas atau pernah
ngecewain bapak..Bpak pembimbing the best
Lah pkokx!!plus dosen t'keren,,hehe..

Pak Diro, bapak motivator dan pejuang,
trimakasih smua motivasi dan plajaran
berharganya, pgn bgt sungkeman sm bapak,
achie byk salah pak...

Bu Tuani, mkasi ud byk b'bgci crita dan
pngalaman

Pak Har, Bu Anis, trimakasih atas ilmu dan
dukungannya..

Untuk semua org penyandang titel
'sahabat'.. Anda org2 hebat yg menyan-
dang titel hebat.. slalu ada di saat terburuk,
mampu mendukung di saat terpuruk.. Tak
ada seorang hebat tanpa orang2 hebat di
skelilingnya..Andalah yg mmpu m'jdikan
seseorg jadi hebat..

Teman Malam..

Senja, Bintang, Bulan appun bentukmu,
mkasi utk sll ngasi achie smangat, mkasi sll
nmenin achie..

Buat seorang tman penikmat malam yg tak
pernah tersebut, mkasi udah byk b'bagi
cerita dan malam..Mkasi ud byk b'bagi crita
ttg malam..Tpatnya dengerin achie ngoceh
malam2, hehe.. Maaf belum bsa b'bagi
tulisan, smoga suatu saat nti bsa, tp barter
yaa..!!haha..Makasi utk slalu ada, walau tnp
wujud..Mungkin kamu g tw,kmu diary
terjujur yg achie tulis..Maaf ud byk
menyusahkan dan nambah
pikiran..Berharap adx achie tak jd smacam
kutukan,haha.. Ad yg sdh dTuliskan,ntah
kabut atau cahaya, utk Qt berjalan di atas-
nya..

Tak Lupa bwt Hujan, yg sll sukses
m'gelontorkan duka achie.. Sll sukses bawa
kehangatan..



Alhamdulillah,
22th menghirup
udara dunia,
akhirnya ngerasain
wisuda
juga..Sebuah hasil
dr perjuangan dan

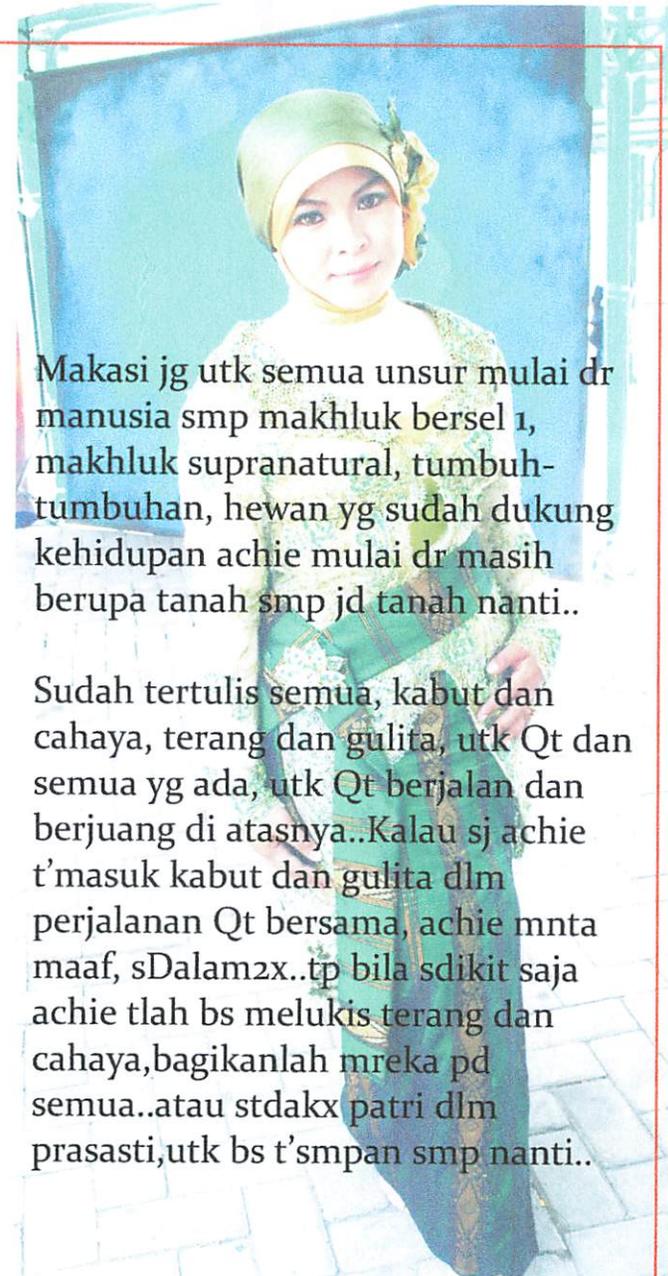
plajaran yg takkan terlupa..
Satu persembahan lagi utk
semua p'dukung kehidupan
achie..Dan tntux bwt achie
sndiri, smoga bsa jd batu
loncatan utk mlompat sgt jauh
dan tinggi nantix.. Amiin..
Ucapan syukur terhatur
kepada ALLAH SWT untuk
segala karunia dan berkah-
Nya, utk skenario t'indah-Nya,
achie bisa ngerasain indahnya
hidup sampai sekarang..
Untuk itu, haturan rasa syukur
yang sangat, terucap bersama
dengan nama-nama luar biasa
pengiring hidup achie, yg udah
buat achie bisa berdiri dan
berjalan dengan tegap dan
indah... Mereka adalah..

RUANG BERSYUKUR

Achie bukan apaz tnp anda semua,
pendukung, pengiring dan penggiring
hidup achie.. achie bukan org hebat,
hanya berada di antara anda smua yg
sangat hebat, terinspirasi untuk jd
hebat, berharap perlahan bisa
menghebat..

Tulisan ini tak cukup mewakili rasa
terimakasih dan syukur achie atas
kehadiran anda, namun setidaknya
mampu membantu ingatan dan hati
achie menggoreskan namaz hebat
kalian, lebih dalam.. Terimakasih, juga
syukur tak terhingga.. Makasi utk jadi
'buku hidup' utk mencatat perjalanan
hidup achie, jg jd t4 achie blajar ttg
hidup..

Smoga adanya achie bisa memberikan
sesuatu utk membalasnya, walaupun cm
seujung kuku, tp achie sll berusaha
ada..Walau hanya sKelebat, tp achie sll
ingin melukis arti yg nyata..



Makasi jg utk semua unsur mulai dr
manusia smp makhluk bersel 1,
makhluk supranatural, tumbuh-
tumbuhan, hewan yg sudah dukung
kehidupan achie mulai dr masih
berupa tanah smp jd tanah nanti..

Sudah tertulis semua, kabut dan
cahaya, terang dan gulita, utk Qt dan
semua yg ada, utk Qt berjalan dan
berjuang di atasnya..Kalau sj achie
t'masuk kabut dan gulita dlm
perjalanan Qt bersama, achie mnta
maaf, sDalam2x..tp bila sedikit saja
achie tlah bs melukis terang dan
cahaya, bagikanlah mreka pd
semua..atau stdakx patri dlm
prasasti, utk bs t'smpan smp nanti..