

# **SKRIPSI**

## **PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI DENGAN KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA**



**DISUSUN OLEH :**

**YASINTA ADELINA RAHAN**

**NIM : 10.26.025**

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

**2014**

REVISI

REVISI  
REVISI  
REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

REVISI

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN PROSES  
KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI DENGAN  
KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA

Disusun oleh :

YASINTA ADELINA RAHAN  
10.26.025

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

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



Dosen Pembimbing II

Anis Artiyani, ST. MT  
NIP . P. 1030300384

Mengetahui,

Malang, Agustus 2014

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



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



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
LEMBAGA PENKAJIAN PENGEMBANGAN DAN KERJASAMA

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 SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

NAMA : YASINTA ADELINA RAHAN  
NIM : 1026025  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
JUDUL : **PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN  
PROSES KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI DENGAN  
KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA**

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

Pada Hari : Sabtu  
Tanggal : 16 Agustus 2014  
Dengan Nilai : B+ (77,50)

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**KETUA**

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

**SEKRETARIS**

**Anis Artiyani, ST. MT**  
NIP. P. 1030300384

**PENGUJI I**

**Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M. Si**  
NIP. 196106201991031002

**PENGUJI II**

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

---

Adelina Rahan Y., Dwi Ratna Candra., Artiyani Anis. 2014. **Pengolahan Air Lindi TPA Supit Urang dengan Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dengan Koagulan Alami Biji Asam Jawa**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

### ABSTRAKSI

Di TPA proses dekomposisi sampah akan melepaskan gas dan lindi. Lindi merupakan cairan yang melewati sampah dan telah melarutkan mineral tersuspensi ataupun terlarut dari sampah. Di dalam air lindi terdapat berbagai senyawa kimia organik maupun anorganik serta sejumlah bakteri patogen. Selain itu juga mengandung amoniak, timbal, dan mikroba parasit. Pada TPA Supit Urang Kota Malang belum ada pengolahan air lindi, lindi hanya ditampung di dalam beberapa wadah penampungan sebelum di buang ke sungai. Hal ini tentu dapat mencemari air sungai dan sangat mengancam kelangsungan hidup biota air di dalam maupun di sekitar sungai, serta membahayakan kesehatan masyarakat yang bermukim di sepanjang sungai.

Salah satu alternatif pengolahan yang dibutuhkan untuk mengurangi atau menurunkan beban pencemar adalah dengan Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dengan aliran kontinyu. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan koagulan yaitu Biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Dilanjutkan dengan proses flokulasi yang merupakan proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar agar pada bak sedimentasi atau pengendapan dilakukan pemisahan *solid-liquid* secara gravitasi. Sampel air yang digunakan yaitu lindi dari bak penampungan air lindi di TPA Supit Urang Kota Malang. Adapun variasi yang digunakan pada penelitian ini meliputi variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa yaitu 2; 3; 4 g/l dan variasi gradien kecepatan yaitu pada bak koagulasi 100/dtk dan 300/dtk, pada bak flokulasi 30/dtk dan 40/dtk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) mampu menurunkan konsentrasi TSS, COD, dan Kekeruhan pada air lindi sebesar 65,54%, 38,84%, 47,73%. Penurunan tertinggi terjadi pada perlakuan dosis 4 g/l dan gradien kecepatan untuk bak koagulasi sebesar 300/dtk, untuk bak flokulasi 40/dtk.

---

**Kata Kunci** : Biji Asam Jawa, COD, Kekeruhan, koagulasi-flokulasi, TSS

---

---

---

Adelina Rahan Y., Dwi Ratna Candra., Artiyani Anis. 2014. **Supit Urang Landfill Leachate Treatment with Coagulation Flocculation and Sedimentation Processes Using Natural Coagulant Tamarind Seeds**. Mini Thesis Report, Department Environmental of Engineering, National Institute of Technology Malang.

---

---

### ABSTRACT

In landfill, decomposition process will release the gas and produce leachate. Leachate as liquid which through the waste and have dissolving suspended mineral or dissolved from waste. In leachate contain some organic and inorganic chemical substances although some bacterial pathogens. But it also contains ammoniac, lead, and parasite microbe. Supit Urang Landfill in Malang City do not have leachate treatment, leachate only accommodate in some containers shelter before disposal to the river. This is certainly can pollute the river water and also threaten the survival of aquatic biota in the water, also threaten community health that be residence along the watershed.

One of alternative treatment that needs to reduce the pollutant load is using Coagulation Flocculation and Sedimentation Processes with continuous flow. Coagulation is colloid and particle destabilization process in the water using bio coagulant substance that is tamarind seeds (*Tamarindus Indica L.*). Continued with flocculation process as unification of core flock, so that become a bigger flock and then in sedimentation tank did separation solid and liquid with gravitation. Water sample that used is leachate from container tank in Supit Urang Landfill Malang City. Variations that used in this research cover variation of tamarind seeds doses coagulant such as 2, 3, and 4 mg/l, and gradient velocity variation such as: in coagulation tank 100/second and 300/second; in flocculation tank 30/second and 40/second. Result of this research showed that, tamarind coagulant (*Tamarindus Indica L.*) able to reduce TSS, COD, and turbidity concentrations in leachate as big as 65,54 %, 38,84 %, and 47,73 %. Higher degradation occurs in doses 4 mg/l with gradient velocity as big as 300/second on coagulation tank and 40/second on flocculation tank.

---

---

**Key words:** Coagulation Flocculation, and Sedimentation, COD, Tamarind Seeds (*Tamarindus Indica L.*), TSS, and Turbidity.

---

---

## KATA PENGANTAR

Pertama-tama penulis ingin mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengolahan Air Lindi TPA Supit Urang dengan Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dengan Koagulan Alami Biji Asam Jawa”** ini tepat pada waktunya.

Terselesaikannya laporan skripsi ini tidak terlepas atas keikutsertaan pihak-pihak yang dengan ikhlas membantu berupa dorongan dan bimbingan dari semua pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Ibu Candra Dwi Ratna, ST.MT selaku Dosen Pembimbing I sekaligus ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, dan motivasi demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Ibu Anis Artiyani, ST.MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, dan motivasi demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Bapak Sudiro, ST.MT selaku Dosen Wali yang telah memberi banyak bimbingan, masukan, dan motivasi dari awal semester 1 sampai pada penyusunan laporan skripsi ini. Serta selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
5. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah banyak membantu.
6. Kedua orang tua penulis (Bapa Rafael dan Mama Maria) yang saya cintai atas segala dukungan, kekuatan, perhatian, doa, dan materi yang tak pernah berjedah.
7. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Lingkungan dan sahabat serta teman-teman atau semua pihak yang telah ikut membantu dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

Kesadaran akan laporan skripsi yang masih jauh dari kesempurnaan, membuat penulis berharap akan adanya masukan dan saran dari semua pihak agar menjadi tambahan pengalaman pada waktu yang akan datang. Akhir kata, semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Malang, Agustus 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>COVER.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>

### **BAB I. PENDAHULUAN**

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

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Penelitian Mengenai Biji Asam Jawa Sebagai Koagulan .....	6
2.2. Lindi .....	7
2.2.1. Definisi Lindi .....	7
2.2.2. Karakteristik Lindi .....	8
2.3. Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi .....	10
2.3.1. Definisi Koagulasi dan flokulasi.....	10
2.3.2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi-Flokulasi....	12
2.3.2.1. Mekanisme Proses Koagulasi Flokulasi .....	14

2.3.2.2 Proses Destabilisasi Koloid .....	15
2.3.2.3 Jenis Koagulan Kimia.....	16
2.3.3. Sedimentasi .....	18
2.3.3.1. Teori Sedimentasi .....	18
2.3.3.2. Aplikasi Sedimentasi .....	18
2.3.4. Reaktor .....	19
2.3.5. Kriteria Desain .....	20
2.4. Parameter-Parameter Pencemar Dalam Air Limbah.....	29
2.5. Asam Jawa ( <i>Tamarindus Indica L</i> ) .....	30
2.5.1. Taksonomi Asam Jawa ( <i>Tamarindus Indica L</i> ).....	30
2.5.2. Morfologi Asam Jawa.....	31
2.5.3. Kandungan Biji Asam Jawa.....	34
2.6. Metode Pengolahan Data .....	35
2.6.1. Statistik Deskriptif.....	36
2.6.2. Statistik Inferensi.....	36
2.6.2.1. Analisis Korelasi.....	36
2.6.2.2. Analisis Regresi .....	37
2.6.3. Analisis Varian (ANOVA) Desain Faktorial .....	38

## **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Lokasi Penelitian .....	40
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian .....	40
3.2.1. Bahan Penelitian .....	40
3.2.2. Peralatan.....	41
3.3. Variabel Penelitian .....	44
3.4. Tahap Penelitian .....	44
3.4.1. Penelitian Pendahuluan.....	44

3.4.2. Operasional Reaktor .....	44
3.5. Analisis Parameter Uji .....	45
3.5.1. Analisis TSS .....	45
3.5.2. Analisis COD.....	45
3.5.3. Analisis Kekerusuhan.....	46
3.6. Analisis Data .....	46

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

4.1. Hasil Penelitian .....	48
4.2. Pengolahan Data.....	49
4.2.1. Persentase Penyisihan TSS .....	49
4.2.2. Persentase Penyisihan COD .....	50
4.2.3. Persentase Penyisihan Kekerusuhan .....	51
4.3. Analisis Deskriptif.....	52
4.3.1. Pengamatan Fisik.....	52
4.3.2. Analisis Deskriptif TSS .....	54
4.3.3. Analisis Deskriptif COD.....	55
4.3.4. Analisis Deskriptif Kekerusuhan.....	56
4.4. Analisis ANOVA .....	57
4.4.1. Analisis ANOVA Untuk Persentase Penyisihan TSS .....	57
4.4.2. Analisis ANOVA Untuk Persentase Penyisihan COD .....	58
4.4.3. Analisis ANOVA Untuk Persentase Penyisihan Kekerusuhan .....	60
4.5. Analisis Korelasi .....	61
4.5.1. Analisis Korelasi Antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan Terhadap Persentase Penyisihan TSS .....	62
4.5.2. Analisis Korelasi Antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan Terhadap Persentase Penyisihan COD .....	63

4.5.3. Analisis Korelasi Antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan Terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan .....	64
4.6. Analisis Regresi.....	65
4.6.1. Analisis Regresi Antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan Terhadap Persentase Penyisihan TSS .....	66
4.6.2. Analisis Regresi Antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan Terhadap Persentase Penyisihan COD .....	68
4.6.3. Analisis Regresi Antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan Terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan .....	70
4.7. Pembahasan.....	72
4.7.1. Pembahasan Penyisihan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) .....	72
4.7.2. Pembahasan Penyisihan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	76
4.7.3. Pembahasan Penyisihan Kekeruhan .....	78

## **BAB V. PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	82
5.2. Saran .....	82

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Pengaduk Mekanis.....	22
Gambar 2.2 Pengadukan Pneumatis.....	25
Gambar 2.3 Daun Asam Jawa.....	32
Gambar 2.4 Batang Asam Jawa.....	32
Gambar 2.5 Bunga Asam Jawa.....	33
Gambar 2.6 Buah Asam Jawa.....	33
Gambar 2.7 Biji Asam Jawa.....	34
Gambar 3.1 Titik Pengambilan Air Lindi.....	40
Gambar 3.2 Sketsa Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi.....	43
Gambar 3.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	47
Gambar 4.1 Endapan Flok Pada Bak Sedimentasi.....	53
Gambar 4.2 Grafik Persentase Penyisihan TSS Setelah Pengolahan.....	54
Gambar 4.3 Grafik Persentase Penyisihan COD Setelah Pengolahan.....	55
Gambar 4.4 Grafik Persentase Penyisihan Kekeruhan Setelah Pengolahan.....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kisaran Kandungan Komposisi Kimia Lindi .....	8
Tabel 2.2 Jenis Koagulan Kimia .....	17
Tabel 2.3 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan .....	21
Tabel 2.4 Kriteria Impeller .....	23
Tabel 2.5 Komposisi Biji Asam Jawa .....	35
Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Air Lindi Sebelum Proses Pengolahan.....	48
Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi <i>Total Suspended Solid (TSS)</i> Akhir Air Lindi Setelah Proses Pengolahan .....	49
Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i> Akhir Air Lindi Setelah Proses Pengolahan.....	49
Tabel 4.4 Nilai Konsentrasi Kekeruhan Akhir Air Lindi Setelah Proses Pengolahan.....	49
Tabel 4.5 Nilai Persentasi Removal Kandungan TSS Setelah Pengolahan	50
Tabel 4.6 Nilai Persentasi Removal Kandungan COD Setelah Pengolahan	51
Tabel 4.7 Nilai Persentasi Removal Kandungan Kekeruhan Setelah Pengolahan.....	51
Tabel 4.8 Hasil Uji Korelasi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan TSS .....	56
Tabel 4.9 Hasil Uji Korelasi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan COD.....	57
Tabel 4.10 Hasil Uji Korelasi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan .....	58
Tabel 4.11 Hasil Uji Regresi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan TSS .....	60
Tabel 4.12 Hasil Uji Regresi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan COD.....	62
Tabel 4.13 Hasil Uji Regresi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan Kekeruhan .....	64

Tabel 4.14 Hasil Uji ANOVA antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan TSS .....	66
Tabel 4.15 Hasil Uji ANOVA antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan COD.....	68
Tabel 4.16 Hasil Uji ANOVA antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase Penyisihan Kekerusuhan .....	69

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh keberadaan TPA di suatu wilayah pada umumnya terjadi hampir di setiap daerah perkotaan di Indonesia terutama di kota-kota besar. Kurang seriusnya pemerintah kota dalam mengelola TPA diindikasikan pada kurang proporsionalnya sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh TPA. Seperti yang terjadi di TPA Supit Urang Kota Malang misalnya, tidak terdapat sarana pengolahan lindi. Sebuah fakta yang sangat bertolak belakang dengan citra Kota Malang sebagai kota yang bersih dan asri.

Di TPA Supit Urang Kota Malang limbah lindi hanya ditampung di dalam beberapa wadah penampungan sebelum di buang ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, bagi pengelola TPA bak-bak penampungan tersebut sudah dapat menyelesaikan permasalahan. Sedangkan dalam kenyataannya, jumlah lindi pada musim penghujan meningkat dibandingkan musim panas. Di dalam air lindi terdapat berbagai senyawa kimia organik maupun anorganik serta sejumlah bakteri pathogen. Selain itu juga mengandung amoniak, timbal, dan mikroba parasit (Susanto. J. P. dkk.2004). Pembuangan lindi tanpa pengolahan terlebih dahulu tentu dapat mencemari air sungai dan sangat mengancam kelangsungan hidup biota air di dalam maupun di sekitar sungai, serta membahayakan kesehatan masyarakat yang bermukim di sepanjang sungai. Hasil uji kualitas air lindi TPA Supit Urang menunjukkan kandungan TSS sebesar 11.800 mg/L, COD 3680 mg/L, Kekeruhan 338 NTU dan pH sebesar 8,23 (Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang). Dilihat dari hasil uji kualitas air lindi yang konsentrasinya besar serta karakteristik yang terdapat dalam air lindi maka perlu adanya pengolahan terlebih dahulu sebelum di buang ke sungai agar tidak mencemari air sungai maupun air tanah.

Menanggulangi permasalahan lindi yang ada di TPA, beberapa upaya dilakukan untuk menurunkan kadar pencemar hingga pada level yang tidak membahayakan lingkungan maupun kesehatan manusia. Pada penelitian sebelumnya Herison. A, 2009 hasil pengujian sampel dari hasil perlakuan model instalasi menunjukkan kadar tawas efektif yaitu 25 gram/liter ditambah 0,5 gram/liter kaporit. Kadar tersebut dapat menurunkan kadar pH, kekeruhan, TSS, BOD, COD masing-masing mencapai 29,44%, 50%, 79,80%, 72,62% dan 72,61%. Wulan Sari, 2007 hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi antara debit udara 900 l/jam dengan waktu aerasi 6 jam dengan *Pretreatment* menggunakan koagulan PAC dapat menurunkan COD sebesar 70% dan Warna sebesar 71,76%.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas pada metode pengolahan koagulasi-flokulasi. Penggunaan koagulan kimia telah banyak digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Kekurangan penggunaan koagulan kimia ini menghasilkan lumpur/endapan yang masih mempunyai unsur kimia yang dapat membahayakan lingkungan bila dibuang langsung. Disamping itu, juga bisa mempengaruhi pH air. Kekurangan koagulan kimia ini memunculkan alternatif penggunaan koagulan biologi yang berasal dari tanaman, salah satunya adalah Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Biji Asam Jawa mengandung senyawa tanin, minyak esensial, serta polimer alami seperti pati, getah, perekat, alginate, dan lain-lain. Tanin adalah senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Rosydah, 2008). Minyak esensial merupakan minyak aromatik yang dapat mengurangi bau yang tidak sedap (Rosydah, 2008), sedangkan polimer alami seperti albuminoid, pati, dan getah berfungsi sebagai koagulan yang berperan dalam pengumpulan partikel-partikel air (Rosydah, 2008). Penelitian yang dilakukan sebelumnya yang memanfaatkan Serbuk Biji Asam Jawa (Latifah dan Evy Hendriarianti, 2011) pada dosis optimum biokoagulan adalah 3,5 g/l dapat menurunkan TSS dan COD sebesar 83,3% dan 92,2%. Sedangkan penelitian yang dilakukan Listirahaeni.2012 dosis optimum sebesar 2,5 g/l dengan presentase penurunan kekeruhan sebesar 91,19% dan kesadahan sebesar 84,65%. Bertolak dari hal

tersebut, maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menentukan dosis optimum Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai biokoagulan dalam proses penurunan TSS, COD dan kekeruhan dalam limbah lindi TPA Supit Urang Kota Malang.

## **1.2. Permasalahan**

Tingginya bahan pencemar yang terkandung pada air lindi seperti COD, TSS, dan Kekeruhan akan menimbulkan suatu pencemaran karena lindi ini dapat bergerak dan merembes ke dalam tanah yang akhirnya mencemari air tanah maupun air permukaan. Pada TPA Supit Urang Kota Malang juga belum adanya pengolahan air lindi, air lindi hanya ditampung dalam bak-bak yang kemudian dialirkan ke sungai tanpa adanya pengolahan. Pada penelitian sebelumnya, pengolahan lindi dilakukan dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan kimia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka untuk mengurangi tingginya konsentrasi COD, TSS, dan Kekeruhan pada air lindi dilakukan suatu proses pengolahan menggunakan metode koagulasi-flokulasi-sedimentasi dengan koagulan alami yaitu Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Hal ini untuk mengetahui seberapa besar dosis optimum serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS, dan Kekeruhan serta pengaruh besarnya gradien kecepatan yang bervariasi dalam proses pengadukan.

## **1.3. Rumusan Masalah**

1. Seberapa besar dosis optimum serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS, dan Kekeruhan pada air lindi?
2. Seberapa besar penurunan konsentrasi COD, TSS, dan Kekeruhan pada pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi?
3. Apa pengaruh gradien kecepatan pada bak koagulasi dan flokulasi dalam proses pengadukan?

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui Seberapa besar dosis optimum serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dalam menurunkan konsentrasi COD, TSS, dan Kekeruhan pada air lindi.
2. Mengetahui seberapa besar penurunan konsentrasi COD, TSS, dan Kekeruhan pada pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi.
3. Mengetahui pengaruh gradien kecepatan dalam proses pengadukan.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi menggunakan biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah :

1. Mengurangi bahan pencemar COD, TSS dan Kekeruhan yang berlebihan pada air lindi.
2. Menjadikan Biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai langkah alternatif dalam pengolahan air lindi pada proses koagulasi flokulasi sedimentasi.
3. Mendapatkan gradien kecepatan yang efektif dalam membentuk inti flok.

#### **1.6. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan skala laboratorium (Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang).
2. Air lindi yang digunakan diambil dari bak penampung lindi di TPA Supit Urang Kota Malang.
3. Koagulan yang digunakan merupakan koagulan alami yaitu serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*).
4. Serbuk Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan dengan variasi dosis 2; 3; dan 4 g/l.

5. Gradien kecepatan yang merupakan parameter penting dalam proses pengadukan divariasikan :
  - Pada bak koagulasi sebesar 100/detik dan 300/detik
  - Pada bak flokulasi sebesar 30/detik dan 40/detik
6. Metode yang digunakan berupa pengadukan secara mekanis yaitu menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk yang berjenis *paddle 4 blade*.
7. Aliran yang digunakan dalam proses adalah aliran kontinyu.
8. Parameter yang diteliti meliputi : COD, TSS, dan Kekeruhan.

## BAB II

### TINJAUN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Mengenai Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) Sebagai Koagulan

Ekstrak Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) 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 di 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 (*Tamarindus Indica L*) dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan koagulan untuk membantu proses pengolahan air atau limbah (Rao, 2005 dalam Rosyidah, 2008).

Listirahaeni (2012) telah melakukan penelitian menggunakan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap air sungai. Berdasarkan uji coba yang dilakukan, kadar Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) yang sesuai untuk penjernihan air sungai adalah 2,5 g/65 ml. Hasil penelitian yang dilakukan Latifah dan Evy Hendriarianti (2011) pada limbah industri penyamakan kulit ternyata Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) mampu menurunkan TSS dan COD pada dosis 3,5 g/L. Penelitian lain yang dilakukan Rosyidah (2008) dosis optimum yakni 1,4 g/L, Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) mampu meremoval BOD, TSS, COD, dan bakteri hingga memenuhi baku mutu badan air kelas A.

Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai koagulan untuk mengolah limbah tahu pernah dilakukan oleh Enrico (2008) menunjukkan bahwa pada dosis optimum yakni 3 g/L dan pH optimum (4)

Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) mampu meremoval kekeruhan sebesar 87,88%, TSS sebesar 98,78%, dan BOD sebesar 22,40%.

## **2.2. Lindi**

Air Lindi timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis. Berikut ini akan dijelaskan mengenai definisi dan karakteristik air lindi.

### **2.2.1. Definisi Lindi**

Banyaknya jumlah sampah yang semakin menumpuk mengakibatkan terjadinya proses pembusukan sampah yang menghasilkan lindi dan gas. Lindi (*Leachate*) adalah cairan hasil proses dekomposisi timbunan sampah yang terkumpul di bagian dasar timbunan. Lindi umumnya merupakan hasil lapisan *prespitasi*, *run off* yang tidak terkontrol dan masuk ke dalam *landfill* dan dapat menginfiltrasi air tanah (*Tchobanoglous*, 1993).

Volume lindi tergantung pada jumlah air yang masuk ke lahan pembuangan. Air yang masuk ke lahan pembuangan antara lain berasal dari air hujan dan air embun yang melekat pada sampah padat. Air hujan merupakan faktor utama yang mempengaruhi debit lindi yang dihasilkan. Semakin kecil rembesan air hujan yang masuk ke timbunan sampah, akan semakin kecil pula debit lindi yang dihasilkan, yang pada gilirannya akan memperkecil kebutuhan unit pengolahannya.

Lindi dapat merembes ke dalam tanah dan mencemari air tanah. Perembesan ini sangat tergantung dari sifat tanah dasar dari TPA. Sifat tanah dasar TPA dibagi menjadi dua yaitu tanah yang dapat dirembesi oleh lindi secara perlahan, dan tanah kedap air. Jika lokasi TPA mempunyai struktur tanah yang dapat dirembesi air, secara bersamaan akan terjadi penyaringan sehingga kandungan zat pencemar menjadi berkurang. Pada lokasi TPA dengan struktur tanah kedap air, lindi tidak dapat merembes dan kemungkinan dapat melimpah keluar TPA yang pada akhirnya mencemari air di sekitar TPA, sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut.

### 2.2.2. Karakteristik Lindi

Lindi terjadi karena adanya proses dekomposisi dalam tanah. Yang dimaksud dengan lindi adalah cairan yang melewati sampah dan telah melarutkan material tersuspensi ataupun terlarut dari sampah. Cairan lindi bersumber dari air yang terjadi dari dekomposisi dan cairan yang masuk ke *landfill* dan sumber luar, seperti aliran permukaan, air hujan, air tanah maupun dari sumber lain.

Sesuai dengan proses terjadinya, maka lindi mengandung bahan-bahan yang dapat menimbulkan pencemaran terutama bila sampah mengandung bahan beracun dan berbahaya. Adapun kandungan komposisi kimia lindi adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.1. Kisaran Kandungan Komposisi Kimia Lindi**

Parameter	Kisaran
COD (mg/l)	150-100000
BOD (mg/l)	100-90000
pH	5,3-8,5
Alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	300-11500
Kesadahan (mg CaCO <sub>3</sub> /l)	500-8900
NH <sub>4</sub> (mg/l)	1-1500
N-organik (mg/l)	1-2000
N-tot (mg/l)	50-50000
NO <sub>3</sub> (mg/l)	0,1-50
NO <sub>2</sub> (mg/l)	0-25
P-total (mg/l)	0,1-30
PO <sub>4</sub> (mg/l)	0,3-25
Ca (mg/l)	10-2500
Mg (mg/l)	50-1150
Na (mg/l)	50-4000
K (mg/l)	10-2500
SO <sub>4</sub> (mg/l)	10-12003
Cl (mg/l)	0-4000

Fe (mg/l)	0,4-2200
Zn (mg/l)	0,05-170
Mn (mg/l)	0,4-50
CN (mg/l)	0,04-90
Phenol (mg/l)	0,04-14
AOX ( $\mu$ g/l)	320-3500
As ( $\mu$ g/l)	5-1600
Cd ( $\mu$ g/l)	0,5-140
Co ( $\mu$ g/l)	4-950
Ni ( $\mu$ g/l)	20-2050
Pb ( $\mu$ g/l)	8-1020
Cr ( $\mu$ g/l)	30-1600
Cu ( $\mu$ g/l)	4-1400
Hg ( $\mu$ g/l)	0,2-50

(Sumber : Haryuna. Y, 2005)

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik lindi yang terbentuk di tempat pembuangan akhir sampah, antara lain :

#### 1. Komposisi Sampah

Karena lindi berasal dari proses dekomposisi sampah, maka komposisi sampah yang berbeda akan menghasilkan karakteristik yang berbeda.

#### 2. pH

pH mempengaruhi proses kimia yang didasarkan pada transfer masa seperti presipitasi, pelarutan, reaksi redoks dan penyerapan (*adsorpsi*). Pada kondisi pH yang berbeda akan terjadi transfer masa yang berbeda pula sehingga akan dihasilkan karakteristik yang berbeda.

#### 3. Umur Landfill

Variasi karakteristik lindi yang dihubungkan dengan *landfill* adalah pada derajat/tingkat stabilitas sampah yang terjadi.

#### 4. Pengolahan Lindi

Lindi berasal dari pembusukan sampah, untuk menampung lindi harus dibuat lapisan dasar tanah yang kedap air dan saluran pengumpul lindi ke

dalam tanah. Debit lindi akan semakin besar manakala terjadi hujan lebat namun kualitas air lindi akan menurun. Untuk membuang lindi ke dasar lahan, lindi dialirkan ke suatu saluran yang direncanakan dan kemudian diolah terlebih dahulu dengan maksud menurunkan kadar pencemar yang terkandung di dalamnya. Salah satu usaha dalam pengelolaan lindi dalam *sanitary landfill* adalah mengusahakan pengurangan kuantitas yang lolos ke lapisan tanah di bawah timbunan, yaitu dengan:

- a. Menampung dan menyalurkan lindi yang keluar dari lahan efektif.
- b. Memperbaiki kuantitas dan kualitas lindi yaitu dengan pengelolaan lindi yang tertampung (Sumber: Haryuna. Y, 2005).

### **2.3. Proses Koagulasi – Flokulasi – Sedimentasi**

Partikel yang tersuspensi dalam air dapat berupa partikel bebas dan koloid dengan ukuran sangat kecil yaitu  $10^{-7}$  mm sampai  $10^{-1}$  mm. Karena dimensi ini maka partikel tidak dapat diendapkan secara langsung. Koloid merupakan partikel yang tidak dapat mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid.

#### **2.3.1. Definisi Koagulasi dan 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).

Menurut Masduqi dan Slamet (2002), koagulasi dapat diartikan sebagai proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan bahan koagulan yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (*presititat*). 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. Terbentuk flok presipita.

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar (Masduki 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.

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

### 2.3.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi-flokulasi

Proses koagulasi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, antara lain (Hammer, 2007 dalam Uswatun, 2008) :

#### 1. Dosis 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. Dosis koagulan yang tepat mampu mengendapkan dan mampu mengurangi partikel koloid penyebab kekeruhan dalam air secara maksimal. Penentuan dosis koagulan dengan metode *Jar Test* dapat digunakan untuk membantu menentukan dosis dari suatu bahan kimia (koagulan) tertentu yang dibutuhkan pada proses koagulasi.

#### 2. 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 pengadukan yang tepat sangatlah penting di dalam proses koagulasi. Kecepatan putaran pengadukan yang kurang akan menyebabkan koagulan untuk dapat terdispersi dengan baik sebaliknya apabila kecepatan pengadukan terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang sudah terbentuk akan terpecah kembali sehingga terjadi pengendapan tidak sempurna.

#### 3. Derajat keasaman

Derajat keasaman (*power of hydrogen* atau pH) adalah suatu besaran yang menyatakan sifat asam basa dari suatu larutan. Derajat keasaman (pH) mempengaruhi koagulasi air keruh. Derajat keasaman air keruh berkaitan dengan pemilihan jenis koagulan yang akan digunakan dalam koagulasi. Pemilihan jenis koagulan yang tepat dalam kondisi pH air keruh akan membantu koagulasi.

#### 4. Waktu pengendapan

Pengendapan dilakukan untuk memisahkan benda terlarut atau tersuspensi pada air keruh. Pengendapan juga merupakan suatu cara yang digunakan untuk memisahkan lumpur yang terbentuk akibat penambahan bahan kimia (koagulan). Waktu pengendapan adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk pada koagulasi.

#### 5. Pengaruh kekeruhan

Kekeruhan teramati sebagai sifat larutan yang mengandung zat yang tersuspensi di dalamnya. Semakin tinggi intensitas cahaya yang dihamburkan semakin tinggi kekeruhan dan begitu sebaliknya. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai kekeruhan dalam proses koagulasi flokulasi adalah sebagai berikut:

- (a) Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linear terhadap kekeruhan.
- (b) Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk dikoagulasi.

Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel yang kecil, sedangkan partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari dua partikel ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi.

#### 6. Pengaruh jenis koagulan

Pemilihan koagulan disesuaikan dengan jenis koloid yang terkandung di dalam air. Jenis koagulan biasanya memiliki tanda ion yang berlawanan dengan muatan ion yang terdapat pada air tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi daya tolak menolak antara sesama koloid sehingga terbentuk flok.

#### 7. Pengaruh temperatur

Temperatur erat hubungannya dengan viskositas air semakin tinggi suhu air maka semakin kecil viskositasnya. Viskositas ini akan

berpengaruh pada pengendapan flok. Hal ini terjadi karena bertambahnya suhu akan meningkatkan gradien kecepatan sehingga flok akan terlarut kembali. Di samping itu, peningkatan suhu menyebabkan peningkatan dosis koagulan seperti alum pada pH netral. Spesies muatan positif Al menurun dengan peningkatan temperatur.

#### 8. Pengaruh garam-garam di air

Garam mineral sangat dipengaruhi oleh senyawa pembentuk konsentrasinya yang terdapat di dalam air terlarut. Pengaruh yang disebabkan oleh garam mineral dalam air adalah kemampuan untuk menggantikan ion hidroksinya pada senyawa kompleks hidroksi. Selain itu, garam mineral juga berpengaruh dalam menentukan pH dan dosis koagulan.

#### 9. 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.

#### 2.3.2.1. Mekanisme proses koagulasi dan 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 ke dalam 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 di atas 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).

#### **2.3.2.2. Proses destabilisasi koloid**

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

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

##### **1. 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 dispensi koloid, maka konsentrasi ion berbeda muatan akan meningkat sehingga untuk menanggulangi rintangan energi, dengan cara ini partikel dapat bergabung. Semakin banyak ion yang berbeda muatan, maka koagulasi makin cepat terjadi.

## 2. Adsorpsi dan netralisasi muatan.

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

## 3. 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.

## 4. Adsorpsi dan jembatan partikel

Polimer organik sintesis 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.

### 2.3.2.3. Jenis koagulan kimia

Bahan yang digunakan untuk membentuk inti flok disebut koagulan. Koagulan adalah zat-zat yang mempunyai kemampuan untuk menetralkan muatan partikel koloid dan mempunyai kemampuan untuk mengikat partikel-partikel tersebut. 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 2.2. Jenis Koagulan Kimia**

<b>Nama</b>	<b>Formula</b>
Alum/Tawas	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$
Lime	$Ca(OH)_2$
Ferric Chloride	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$
Ferric Sulfate	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$
Copperas	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
Sodium Aluminate	$Na_3Al_2O_4$

1. Aluminium Sulfat atau Tawas ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ )

Koagulan tawas banyak digunakan karena sangat baik dalam pembentukan flok dan mudah dalam pengerjaan. Tawas bersifat asam sehingga untuk koagulasi yang terbaik pada pH 7,5-8,5.

2. Poly Aluminium Chlorida ( $(AlCl_3)_n \cdot 6H_2O$ )

Koagulan ini relatif lebih baik dibandingkan dengan tawas. Flok yang dihasilkan lebih besar, sehingga proses penjernihan lebih singkat.

3. Sodium Aluminat ( $NaAlO_2$ )

Koagulan ini lebih baik dipakai bersama-sama dengan tawas karena akan menurunkan pemakaian dan menghilangkan warna.

4. Ferro Sulfat ( $Fe_2SO_2 \cdot 7H_2O$ )

Koagulan ini membentuk flok lebih berat daripada flok yang dibentuk oleh tawas. Ferro sulfat lebih efektif pada range pH 4-9. Pemakaian koagulan ini tidak cocok untuk air berwarna yang mempunyai derajat kesadahan yang rendah.

5. Amonia Alum

Koagulan ini dipakai dengan cara dilarutkan terlebih dahulu di dalam suatu pot dengan memakai tekanan kemudian larutannya diinjeksikan ke dalam air (Wulandari T. Yekti, 2005).

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).

### 2.3.3. Sedimentasi

Proses pengolahan secara koagulasi-flokulasi tidak terlepas dari proses sedimentasi. Dimana inti gumpalan yang terbentuk pada proses flokulasi akan diendapkan secara gravitasi pada bak sedimentasi.

#### 2.3.3.1. Teori sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan solid 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 *trickling 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 pendataan (mudah berbau atau tidak)
- Waktu pengeluaran padatan
- Jumlah padatan

#### 2.3.3.2. Aplikasi sedimentasi

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

1. 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 presedimentasi 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*.

## 2. 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).

### 2.3.4. Reaktor

Reaktor kimia adalah suatu bejana tempat berlangsungnya reaksi kimia. Ada dua jenis utama reaktor kimia:

- Reaktor tangki atau bejana
- Reaktor pipa

Kedua jenis reaktor ini dapat dioperasikan secara kontinyu maupun partaian/*batch*.

Ada tiga tipe pendekatan utama yang digunakan dalam pengoperasian reaktor:

- Model reaktor *batch*
- Model Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) atau dikenal juga sebagai RTIK (Reaktor Tangki Ideal Kontinu)
- Model Reaktor Alir Pipa (RAP) atau dikenal juga sebagai RAS (Reaktor aliran Sumbat)

(sumber: <http://id.wikipedia.org>)

### 2.3.5. Kriteria Desain

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

#### 1. Koagulasi

Pada proses koagulasi terjadi proses pencampuran atau pengadukan cepat, maka dari itu diperlukan suatu alat pengaduk yang mampu mendistribusikan koagulan ke dalam air baku. Untuk mengontrol proses koagulasi, perlu diperhatikan intensitas dan lamanya pengadukan. Intensitas dinyatakan dalam gradient kecepatan ( $G$ ), sedangkan lama pengadukan dinyatakan dalam  $td=V/Q$ . Sebagai patokan, tabel 2.2. dapat digunakan dalam pemilihan nilai  $G$  dan  $td$ .

**Tabel 2.3. Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan**

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

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (100

sampai  $1000 \text{ detik}^{-1}$ ) selama 5 hingga 60 detik atau nilai  $Gt_d$  (bilangan Champ) berkisar 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai  $G$  dan  $t_d$  bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

Untuk 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):

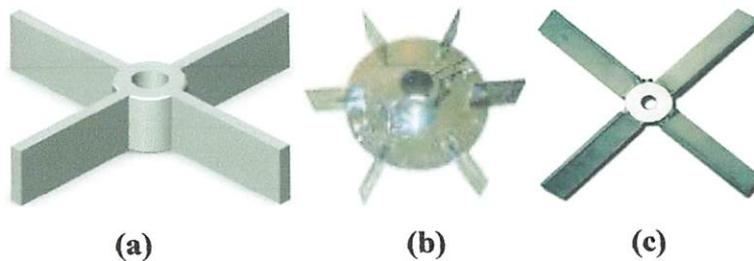
- Waktu detensi = 0,5 – 6 menit
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

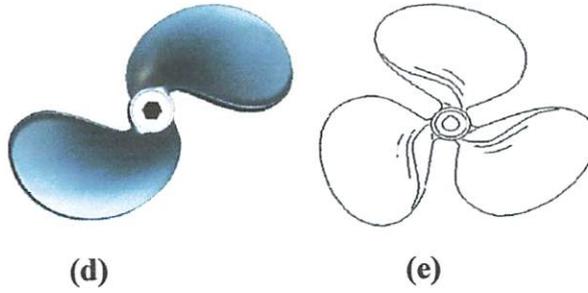
Untuk air limbah:

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

Ada tiga macam pengadukan dalam proses koagulasi, yaitu:

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





**Gambar 2.1. Tipe pengaduk mekanis**

(Sumber: Qasim, dkk., 2000)

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

**Tabel 2.4. Kriteria impeller**

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

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Perhitungan tenaga pengadukan berbeda-beda tergantung pada jenis pengadukannya. Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan putaran alat pengaduk (oleh motor). Hubungan antar variabel ini 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:

$$N_{Re} = \frac{D_1 \cdot n \cdot \rho}{\mu}$$

(Persamaan 2.3.)

Keterangan:

P : tenaga, N-m/det

$K_T$  : konstanta pengaduk untuk aliran turbuler

n : kecepatan putaran, rps

$D_i$  : diameter pengaduk, m

$\rho$  : massa jenis air,  $\text{kg/m}^3$

$K_L$  : konstanta pengaduk untuk aliran laminar

$\mu$  : kekentalan absolute cairan, N-det/ $\text{m}^2$

(Masduqi dan Slamet, 2002)

Kecepatan pengadukan 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 persatuan volume air, N-m/det. $\text{m}^3$

P : suplai tenaga ke air, N-m/det

V : volume air yang diaduk,  $\text{m}^3$

$\mu$  : viskositas absolute air, N-det/ $\text{m}^2$

(Masduqi dan Slamet, 2002)

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

- 2) 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 (baffel channel)*, *perforated wall*, *gravel bed*, dan sebagainya (Masduqi dan Slamet, 2002). Pada pengadukan ini turbelensi 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, m<sup>3</sup>/det

P : berat jenis, kg/m<sup>3</sup>

g : percepatan gaya gravitasi, 9,8 m/det<sup>2</sup>

h : tinggi jatuhan, m

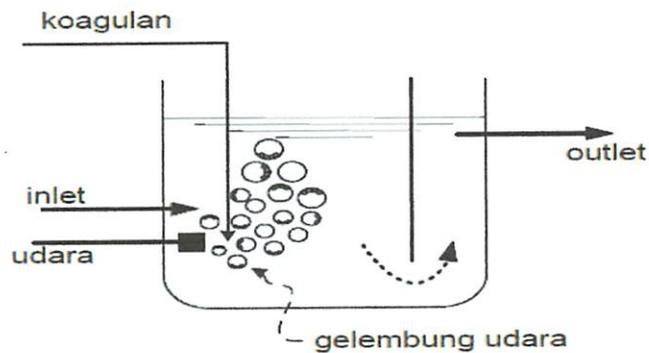
: kehilangan energi akibat gesekan (*head loss*)

(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.



- 3) 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 2.2. Pengadukan pneumatis**

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

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

(Persamaan 2.6.)

Dimana:

P : tenaga, N-m/s

Q<sub>a</sub> : debit udara, m<sup>3</sup>/mnt

h : kedalaman diffuser, m

## 2. Flokulasi

Flokulasi atau pengadukan lambat digunakan untuk pembesaran inti flok. Gradien kecepatan diturunkan secara perlahan-lahan agar kumpulan 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 tergantung pada maksud atau sasaran pengadukan lambat.

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

- Waktu detensi : 15 – 45 menit
- G : 10 – 75 detik<sup>-1</sup>
- GT : 48.000 – 210.000

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

- Waktu detensi : minimum 30 menit
- G : 10 – 50 detik<sup>-1</sup>

Untuk pretisipasi kimia (penurunan fosfat, logam berat dan lain-lain)

- Waktu detensi : 15 – 30 menit
- G : 20 – 75 detik<sup>-1</sup>
- GT : 10.000 – 100.000

Untuk air limbah:

- Waktu detensi : 20 – 30 menit
- G : 20 – 75 detik<sup>-1</sup>

Pada proses flokulasi juga terdapat tiga macam pengadukan yaitu flokulasi secara mekanis, hidrolis dan *pneumatis*. Pengadukan mekanis lebih mudah disesuaikan dengan variasi debit, suhu, dan kualitas air baku. Sedangkan pengadukan 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

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

(Persamaan 2.11.)

Dimana:

G = gradien kecepatan, /det

$\rho$  = massa jenis air, kg/m<sup>3</sup>

h = headloss, m

L = kedalaman air, m

$\mu$  = viskositas dinamis, kg/m.det

t = waktu detensi, det

Q = debit, m<sup>3</sup>/det

P = daya, watt/kg.m<sup>2</sup>/det<sup>3</sup>

V = volume unit, m<sup>3</sup>

g = konstanta gravitasi, 9,81 m/det<sup>2</sup>

C<sub>D</sub> = koefisien drag = 1,8 untuk blade datar

A = luas blade, m<sup>2</sup>

v = kecepatan relatif, m/det

Qa = debit udara, m<sup>3</sup>/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 2.11.)

- 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 2.11.)

Dimana:

- h = headloss, m
- v = kecepatan fluida, m/det
- g = konstanta gravitasi, (9,81 m/det<sup>2</sup>)
- 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, m<sup>3</sup>/det
- t = waktu flokulasi, det
- μ = viskositas dinamis, kg/m.det
- ρ = massa jenis air, kg/m<sup>3</sup>
- 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:

$$t = \frac{V}{Q} \quad \text{(Persamaan 2.11.)}$$

Dimana:  $t$  = waktu detensi, jam  
 $V$  = volume bak,  $m^3$   
 $Q$  = debit rata-rata,  $m^3/jam$

(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 (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 kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu  $\pm 150^{\circ}C$ .

### 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 biologis maupun yang sukar didegradasi menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Berdasarkan kemampuan oksidasi, penentuan nilai COD dianggap paling baik dalam menggambarkan keberadaan

bahan organik, baik yang dapat dikomposisi secara biologi 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  $105^{\circ}\text{C} \pm 2$  jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) kemudian dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) dengan indikator ferroin.

### 3. Kekeruhan atau *Turbidity*

*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 pathogen dapat berlindung di dalam atau di 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.

(Sugiharto, 1987)

## 2.5. Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)

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

### 2.5.1. 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 : *plantae* (tumbuhan)

Subkingdom : *tracheobionta* (tumbuhan berpembuluh)

Super divisi	: <i>spermatophyta</i> (menghasilkan biji)
Divisi	: <i>magnoliophyta</i> (tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>magnoliopsisida</i> (berkeping dua/dikotil)
Sub kelas	: <i>kosidae</i>
Ordo	: <i>fabales</i>
Family	: <i>fabaceae</i> (suku polong-polongan)
Genus	: <i>tamarindus</i>
Spesies	: <i>tamarindus indica l</i>

([www.plantomor.com](http://www.plantomor.com))

### 2.5.2. 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 x 1-3,5 cm, bertepi rata, pangkalnya miring dan membulat, ujung membulat sampai sedikit bertekuk. Berikut adalah gambar daun asam jawa:



**Gambar 2.3. Daun asam jawa**

([www.plantomor.com](http://www.plantomor.com))

## 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 lebar menyebar, dan cabangnya pendek. Bentuk percabangannya simpodial (batang pokok sukar untuk dibedakan, warnanya coklat muda).



**Gambar 2.4. Batang asam jawa**

([www.plantomor.com](http://www.plantomor.com))

## 3. Akar (*radix*)

Akar asam jawa tergolong akar tunggang (*radix primaria*) yang dapat menembus ke dalam 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, mahkota 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 hermaprodit.



**Gambar 2.5. Bunga asam jawa**

([www.plantomor.com](http://www.plantomor.com))

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 2.6. Buah asam jawa**

([www.plantomor.com](http://www.plantomor.com))

6. Biji (*semen*)

Biji asam jawa (*Tamarindus Indica L*) bentuknya tidak beraturan dengan 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 dalam. Inti Biji asam terdiri dari lembaga (*embrio*) dan pusat lembaga (*albumen*) yang berupa jaringan cadangan makanan untuk permulaan pertumbuhan.



**Gambar 2.7. Biji Asam Jawa**

([www.plantomor.com](http://www.plantomor.com))

### 2.5.3. Kandungan Biji Asam Jawa

Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) 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-lain. Menurut Sutresno, fenol yang ada pada senyawa tannin 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  $\pm 25\%$  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. Albuminoid adalah nama umum dari kelompok protein berupa larutan koloid yang berfungsi sebagai pengikat pada keracunan garam-garam merkuri dan dapat terkoagulasi atau terdenaturalisasi oleh panas.

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

**Tabel 2.5 Komposisi Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)**

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	0,1710,201 g/ml

(Duke's, 2007 dalam Rosyidah, 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).

### **2.6.1. Statistik Deskriptif**

Statistika deskriptif adalah metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data (Iriawan dan Astuti, 2006).

### **2.6.2. Statistik Inferensi**

Statistika inferensi adalah metode statistika yang dimana hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

#### **2.6.2.1. Analisis Korelasi**

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

Selanjutnya, terdapat uji signifikansi dalam analisis korelasi. Uji signifikansi bertujuan untuk menguji hubungan antar 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 berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol).

Hipotesis

Hipotesis untuk uji korelasi adalah:

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

Dimana  $\rho$  adalah korelasi antara 2 variabel

Daerah penolakan

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

Untuk membuat interpretasi analisis korelasi perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu:

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

#### **2.6.2.2. 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 satu atau beberapa variabel prediktor terhadap variabel respon.
- Model regresi berguna untuk memprediksikan pengaruh satu 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. Sering disebut variabel independen karena peneliti bebas mengendalikannya (Iriawan dan Astuti, 2006).

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

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon$$

### **2.6.3. Analisis Varians (ANOVA) Desain Faktorial**

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

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

Berbeda dengan desain (n) faktor pengaruh interaksi tidak bisa dideteksi (Iriawan dan Astuti, 2006).

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu:

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

(rata-rata sampai setiap 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. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

### 3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian

Berikut ini akan dijelaskan mengenai bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

#### 3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian terdiri dari:

##### 1. Sampel limbah

- Sampel limbah yang digunakan adalah air lindi dari TPA Supit Urang Kota Malang.
- Titik pengambilan sampel pada bak penampungan lindi seperti pada Gambar 3.1 berikut :



Titik Pengambilan Sampel

**Gambar 3.1 Titik Pengambilan Air Lindi**

(Dokumentasi 2014)

## 2. Koagulan

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

- Buah asam jawa yang digunakan untuk penelitian diambil yang masak dipohon, kering dan berwarna coklat tua.
- Buah asam jawa diambil bijinya yang berwarna coklat kehitaman.
- Biji Asam Jawa yang digunakan untuk penelitian dijemur selama  $\pm 1$  hari hingga Biji Asam Jawa bisa dikuliti. Penjemuran ini dilakukan untuk memudahkan ketika Biji Asam Jawa ditumbuk.
- Biji Asam Jawa dikuliti dan ditumbuk.
- Biji Asam Jawa yang hancur menjadi serbuk kasar diayak untuk mendapatkan serbuk biji asam yang halus dengan ukuran 140 mesh.
- Serbuk Biji Asam Jawa di oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit untuk menghomogenkan dan menurunkan kadar airnya.
- Membuat larutan Biji Asam Jawa dengan Konsentrasi sesuai dosis yang dipakai dalam penelitian (2; 3; 4 g/l) dengan penambahan aquadest.

### 3.2.2. Peralatan

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

#### 1. Bak Penampung Lindi

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

#### 2. Bak Penampung Koagulan

Terbuat dari bak plastik dengan kapasitas  $\pm 12$  liter yang berfungsi sebagai penampung larutan koagulan. Koagulan dialirkan secara gravitasi menggunakan selang plastik dilengkapi *valve* untuk mengatur debit.

### 3. 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 4 blade* dengan gradien kecepatan yang divariasikan berupa 100/detik dan 300/detik.

### 4. Bak Flokulasi

Bak ini berkapasitas 15 liter, terbuat dari kaca yang dilengkapi dengan pengaduk jenis *paddle 4 blade* dengan gradien kecepatan yang divariasikan yaitu 30/detik dan 40/detik. Adapun dimensinya adalah sebagai berikut:

- Panjang : 22 cm
- Lebar : 22 cm
- Tinggi : 31 cm

### 5. 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.

### 6. *Impeller* bentuk *paddle 4 blades*

#### a. Proses Koagulasi

Diameter *paddle* (d) = 6,4 cm

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

Tinggi *paddle* terhadap dasar (h) = 3,2 cm

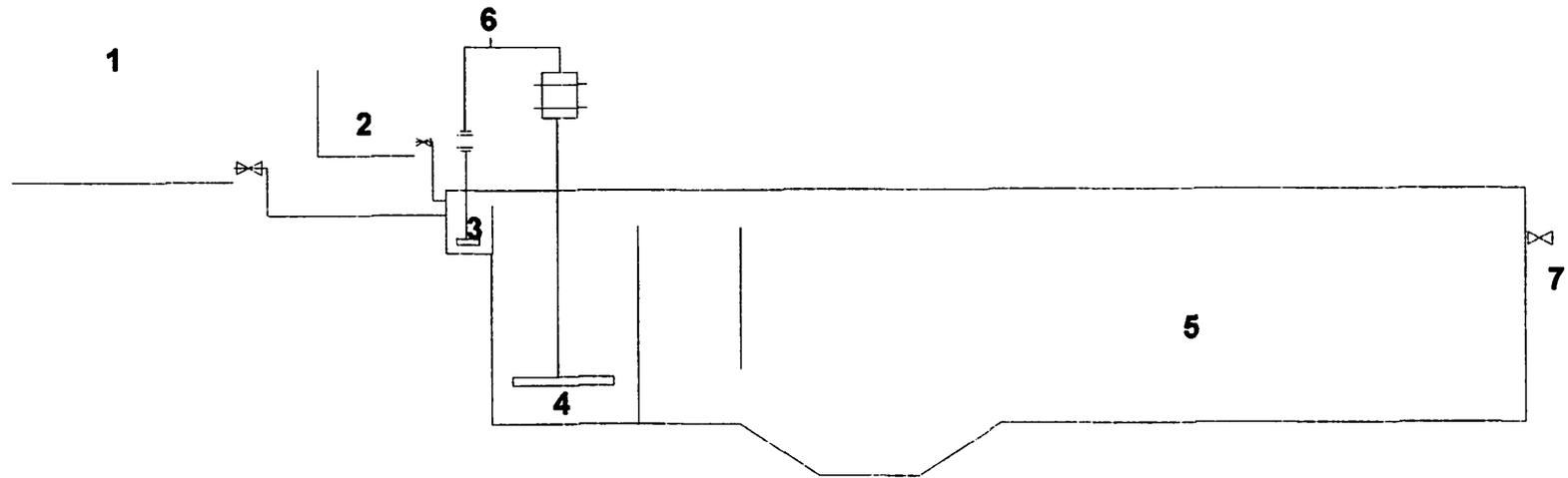
#### b. Proses Flokulasi

Diameter *paddle* (d) = 17,6 cm

Lebar *paddle* (w) = 3 cm

Tinggi *paddle* terhadap dasar (h) = 8,8 cm

Adapun sketsa alat dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



**Gambar 3.2 Sketsa Alat Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi**

**Keterangan:**

1. Bak penampung air lindi
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
  - Kekeruhan
- Variabel tetap :- Ukuran partikel Serbuk Biji Asam Jawa 140 mesh
  - Waktu pengadukan cepat: 1 menit
  - Waktu pengadukan lambat: 30 menit
  - Waktu pengendapan 60 menit
- Variabel bebas :- Dosis koagulan biji asam 2; 3; 4 g/l
  - Gradien kecepatan yang digunakan :
    - Untuk bak koagulasi 100/dtk dan bak flokulasi 30/detik (**variasi 1**)
    - Untuk bak koagulasi 300/detik dan flokulasi 40/detik (**variasi 2**)

### 3.4. Tahapan Penelitian

#### 3.4.1. Penelitian Pendahuluan

Pada awal penelitian dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal air lindi yang akan diolah. Parameter yang dianalisis adalah TSS, COD, dan kekeruhan.

#### 3.4.2. Operasional reaktor

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

1. Menyiapkan limbah yang akan diolah. Memasukkannya ke dalam bak penampung limbah, kemudian mengukur pH limbah
2. Menyiapkan larutan koagulan dengan konsentrasi dosis 2 g/l kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung koagulan
3. Mengalirkan lindi ( $Q = 0,5$  l/mnt) dan koagulan ( $Q = 0,024$  l/mnt) ke dalam bak koagulasi secara gravitasi
4. Dilakukan pengadukan cepat dengan gradien kecepatan 100/detik selama 1 menit

5. Mengalir secara gravitasi ke dalam bak flokulasi dilakukan pengadukan lambat dengan gradien kecepatan 30/detik selama 30 menit
6. Mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi, dan diendapkan selama 1 jam
7. Mengambil sampel dari *valve* outlet sedimentasi
8. Menganalisis kadar TSS, COD, dan Kekeruhan setelah pengolahan
9. Ulangi langkah ke 3 sampai ke 8 dengan gradien kecepatan bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik
10. Mengulangi langkah ke 3 sampai ke 9 dengan mengvariasikan dosis koagulan (3 g/l dan 4 g/l).

### **3.5. Analisis Parameter Uji**

Berikut ini akan dijelaskan metode yang akan digunakan dalam menganalisis parameter yang diteliti dalam penelitian ini.

#### **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).

#### **3.5.2. Analisis COD**

Analisis COD digunakan metode *closed reflux turimetric* (metode dikromat). Prinsip pengukuran dengan cara ini adalah senyawa organik dalam air dioksidasi oleh larutan kalium dikromat dalam suasana asam sulfat pada temperatur  $150^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 2$  jam. Kelebihan kalium dikromat (yang tidak tereduksi) dititrasi dengan larutan fero amonium sulfat (FAS) memakai indikator ferroin. Materi organik yang teroksidasi akan dikalkulasi dalam bentuk ekivalensi oksigen.

### **3.5.3. Analisis Kekeruhan**

Analisis parameter Kekeruhan dilakukan dengan alat Orbecohellige Turbidimetri. Prinsip pengukuran dengan alat ini adalah dengan membandingkan standar kekeruhan, yaitu larutan standar dengan kekeruhan 25 NTU dengan air lindi yang akan dianalisis kekeruhannya.

### **3.6. Analisis Data**

Analisa data statistik hasil penelitian dilakukan dengan metode sebagai berikut :

1. Analisis deskriptif ditujukan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.
2. Analisis korelasi pearson berguna untuk mengukur tingkat keeratan hubungan antara 2 variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.
3. Model regresi berguna untuk mengetahui atau memprediksi pengaruh suatu variabel atau beberapa variabel prediktor (variabel bebas) terhadap variabel respon (variabel terikat).
4. Analisis of Variance atau ANOVA digunakan untuk menyelidiki hubungan antara variabel respon (variabel terikat) dengan satu atau beberapa variabel prediktor (variabel bebas).

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pengolahan air lindi dari TPA Supit Urang Kota Malang. Sebelum melakukan pengolahan, terlebih dahulu dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui beban pencemaran yang merupakan konsentrasi awal pencemar di dalam air lindi tersebut. Parameter ini kemudian dibandingkan dengan standar baku mutu yang ada agar dapat ditentukan tingkat pencemaran yang terjadi.

Karakteristik fisik awal air lindi sebelum proses pengolahan yaitu warna air lindi hitam dan terdapat banyak padatan-padatan halus yang melayang. Hasil dari analisis pendahuluan dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi Air Lindi Sebelum Proses Pengolahan**

Parameter	Nilai *	Standar Baku Mutu**
pH	8,23	6 sampai 9
<i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	11800 mg/l	400 mg/l
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	3680 mg/l	50 mg/l
Kekeruhan	338 NTU	5 NTU***

Sumber : \* Hasil Penelitian, 2014

\*\*Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 (Kelas III)

\*\*\*PER.MENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan TSS, COD, dan kekeruhan air lindi sangat tinggi melebihi standar baku mutu yang ada. Oleh karena itu maka perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Bentuk pengolahan yang dilakukan adalah dengan menerapkan reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS) guna menurunkan konsentrasi TSS, COD, dan Kekeruhan dalam air lindi. Pada penelitian ini menggunakan koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Adapun nilai konsentrasi akhir TSS, COD dan Kekeruhan dapat dilihat pada tabel 4.2; 4.3; dan 4.4

**Tabel 4.2 Nilai Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Akhir Air Lindi Setelah Proses Pengolahan**

Konsentrasi koagulan (gr/l)	Konsentrasi TSS (mg/l)		Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001
	Variasi 1	Variasi 2	
2	5466,67	5200	400 mg/l
3	5000	4400	
4	4200	4066,67	

**Tabel 4.3 Nilai Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) Akhir Air Lindi Setelah Proses Pengolahan**

Konsentrasi koagulan (gr/l)	Konsentrasi COD (mg/l)		Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001
	Variasi 1	Variasi 2	
2	3008	2794	50 mg/l
3	2752	2474	
4	2496	2250	

**Tabel 4.4 Nilai Konsentrasi Kekeruhan Akhir Air Lindi Setelah Proses Pengolahan**

Konsentrasi koagulan (gr/l)	Konsentrasi Kekeruhan (NTU)		PER.MENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010
	Variasi 1	Variasi 2	
2	244	219,67	5 NTU
3	199,33	191	
4	188,33	176,67	

## 4.2. Pengolahan Data

### 4.2.1. Persentase Penyisihan TSS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penyisihan yang bervariasi.

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

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$



Contoh Perhitungan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{11800 - 5466,67}{11800} \times 100\%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 53,67\%$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.5

**Tabel 4.5 Nilai Persentase Removal Kandungan TSS Setelah Pengolahan**

Variasi Gradien	Konsentrasi Koagulan (gr/l)	Konsentrasi awal TSS (mg/l)	Konsentrasi akhir TSS (mg/l)	Persentase Penyisihan TSS (%)
Variasi 1	2	11800	5466,67	53,67%
	3	11800	5000	57,63%
	4	11800	4200	64,41%
Variasi 2	2	11800	5200	55,93%
	3	11800	4400	62,71%
	4	11800	4066,67	65,54%

Berdasarkan tabel 4.5 didapatkan persentase removal konsentrasi TSS pada kecepatan gradien bak koagulasi 100/detik dan bak flokulasi 30/detik dengan konsentrasi koagulan 2 gr/l – 4 gr/l berada diantara 53,67% - 64,41% sedangkan pada kecepatan gradien bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik dengan konsentrasi koagulan 2 gr/l – 4 gr/l berada diantara 55,93% - 65,54%.

#### 4.2.2. Persentase Penyisihan COD

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penyisihan yang bervariasi.

Untuk mengetahui besarnya penyisihan COD pada setiap variasinya, digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Besarnya persentase penyisihan konsentrasi COD dapat dilihat pada tabel 4.6.



**Tabel 4.6 Persentase Removal Kandungan COD Setelah Pengolahan**

Variasi Gradien	Konsentrasi Koagulan (gr/l)	Konsentrasi awal COD (mg/l)	Konsentrasi akhir COD (mg/l)	Persentase Penyisihan COD (%)
Variasi 1	2	3680	3008	18,26%
	3	3680	2752	25,22%
	4	3680	2496	32,17%
Variasi 2	2	3680	2794	24,06%
	3	3680	2474	32,75%
	4	3680	2250	38,84%

Berdasarkan tabel 4.6 didapatkan persentase removal konsentrasi COD pada kecepatan gradien bak koagulasi 100/detik dan bak flokulasi 30/detik dengan konsentrasi koagulan 2 gr/l – 4 gr/l berada diantara 18,26% - 32,17% sedangkan pada kecepatan gradien bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik dengan konsentrasi koagulan 2 gr/l – 4 gr/l berada diantara 24,06% - 38,84%.

#### 4.2.3. Persentase Penyisihan Kekeruhan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi Kekeruhan dengan tingkat penyisihan yang bervariasi.

Untuk mengetahui besarnya penyisihan Kekeruhan pada setiap variasinya, digunakan rumus :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Besarnya persentase penyisihan konsentrasi Kekeruhan dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4.7 Persentase Removal Kandungan Kekeruhan Setelah Pengolahan**

Variasi Gradien	Konsentrasi Koagulan (gr/l)	Konsentrasi awal Kekeruhan (mg/l)	Konsentrasi akhir Kekeruhan (mg/l)	Persentase Penyisihan Kekeruhan (%)
Variasi 1	2	338	244	27,81
	3	338	199,33	41,03
	4	338	188,33	44,28

Variasi 2	2	338	219,67	35,01
	3	338	191	43,49
	4	338	176,67	47,73

Berdasarkan tabel 4.7 didapatkan persentase removal konsentrasi Kekeruhan pada kecepatan gradien bak koagulasi 100/detik dan bak flokulasi 30/detik dengan konsentrasi koagulan 2 gr/l – 4 gr/l berada diantara 27,81% - 44,28% sedangkan pada kecepatan gradien bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik dengan konsentrasi koagulan 2 gr/l – 4 gr/l berada diantara 35,01% - 47,73%.

#### 4.3. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif merupakan metode statistik yang mendeskripsikan data secara visual sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi. Dalam penelitian ini digunakan bentuk pengamatan fisik dan grafik dalam menyajikan data.

##### 4.3.1. Pengamatan Fisik

Pengamatan fisik dilakukan dengan mengamati proses yang terjadi pada bak koagulasi flokulasi sedimentasi secara visual. Untuk lebih menjelaskan perubahan yang terjadi selama proses yang berlangsung terhadap air lindi serta hasil akhir air lindi setelah proses pengolahan.

1. Pada bak koagulasi terjadi pengadukan cepat dimana terjadi proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air agar terbentuk inti flok dengan gradien kecepatan 100/detik (73 rpm) dan 300/detik (152 rpm). Secara visual terdapat gelembung-gelembung pada permukaan air, terbentuk atau tidaknya flok tidak bisa terlihat secara kasat mata karena kondisi air limbah yang berwarna hitam menjadi susah untuk diamati.
2. Pada bak flokulasi terjadi pengadukan lambat dimana proses ini bertujuan untuk penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar dengan gradien kecepatan 30/detik (20 rpm) dan 40/detik (24 rpm). Secara visual sama pada bak koagulasi flok yang

terbentuk tidak bisa terlihat secara kasat mata karena kondisi air limbah yang berwarna hitam menjadi susah untuk diamati.

3. Pada bak sedimentasi dimana terjadi proses pengendapan, yaitu proses pemisahan solid-liquid dengan lama pengendapan 60 menit. Secara visual yang bisa diamati pada bak sedimentasi yaitu warna air lindi berubah menjadi kecoklatan, adanya gumpalan-gumpalan flok yang mengendap pada dasar bak. Gumpalan-gumpalan flok yang terbentuk dan mengendap pada dasar bak sedimentasi menjelaskan bahwa meskipun secara kasat mata pada bak koagulasi dan flokulasi tidak terlihat flok-flok yang terbentuk karena kondisi air lindi yang berwarna hitam tetapi sebenarnya pada bak koagulasi sudah terbentuk inti flok dan pada bak flokulasi terjadinya penggabungan inti flok.

Dari hasil pengamatan pada bak sedimentasi dimana terdapat gumpalan flok-flok yang mengendap membuktikan bahwa semakin besar gradien kecepatan yang digunakan pada bak koagulasi dan bak flokulasi maka jumlah gumpalan flok yang mengendap semakin banyak pula. Hal ini menyatakan bahwa gradien kecepatan berpengaruh pada proses pengumpulan flok-flok.

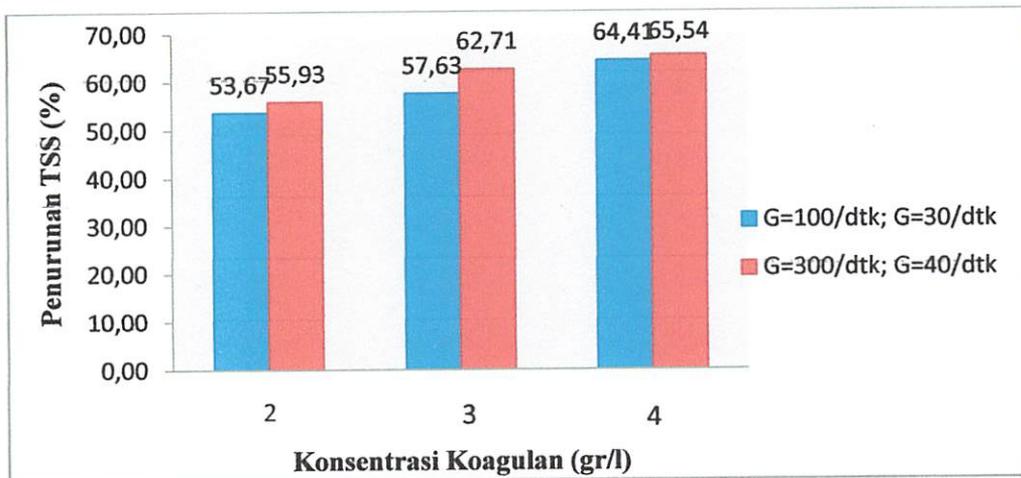
Flok yang mengendap pada bak sedimentasi akan ditunjukkan pada gambar 4. 1 berikut ini.



**Gambar 4.1 Endapan Flok Pada Bak Sedimentasi**

### 4.3.2. Analisis Deskriptif *Total Suspended Solid* (TSS)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi TSS dengan tingkat penyisihan yang bervariasi. Berdasarkan data persentase penyisihan konsentrasi TSS setelah pengolahan pada tabel 4.5 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan TSS pada gambar 4.2

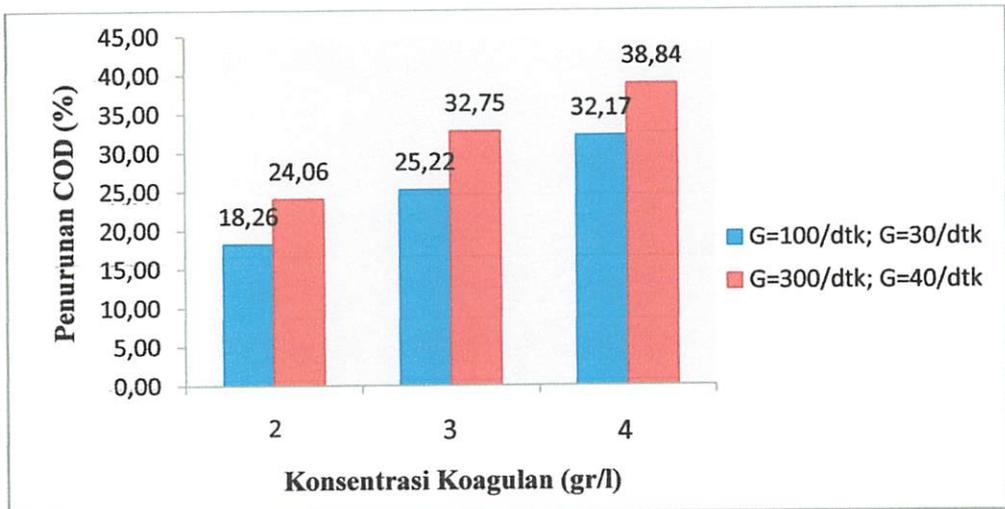


**Gambar 4.2 Grafik Persentase Penyisihan TSS Setelah Pengolahan**

Berdasarkan tabel 4.5 dan gambar 4.2 menunjukkan bahwa persentase penyisihan TSS terus bertambah seiring dengan penambahan konsentrasi koagulan baik pada gradien kecepatan  $G=100/\text{detik}$  dan  $G=30/\text{detik}$  maupun  $G=300/\text{dtk}$  dan  $G=40/\text{detik}$  dimana pada gradien kecepatan bak koagulasi  $100/\text{detik}$  dan bak flokulasi  $30/\text{detik}$  didapatkan presentase penyisihan kandungan TSS berkisar antara  $53,67\% - 64,41\%$  sedangkan pada gradien kecepatan bak koagulasi  $300/\text{detik}$  dan bak flokulasi  $40/\text{detik}$  didapatkan presentase penyisihan kandungan TSS berkisar antara  $55,93\% - 65,54\%$ . Persentase penyisihan kandungan TSS tertinggi terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan  $4 \text{ gr/l}$  dengan gradien kecepatan bak koagulasi  $G=300/\text{dtk}$  dan bak flokulasi  $G=40/\text{dtk}$  sebesar  $65,54\%$  dan Persentase penyisihan kandungan TSS terendah terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan  $2 \text{ gr/l}$  dengan gradien kecepatan bak koagulasi  $G=100/\text{dtk}$  dan bak flokulasi  $G=30/\text{dtk}$  sebesar  $53,67\%$ .

### 4.3.3. Analisis Deskriptif *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi COD dengan tingkat penyisihan yang bervariasi. Berdasarkan data persentase penyisihan konsentrasi COD setelah pengolahan pada tabel 4.6 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan COD pada gambar 4.3

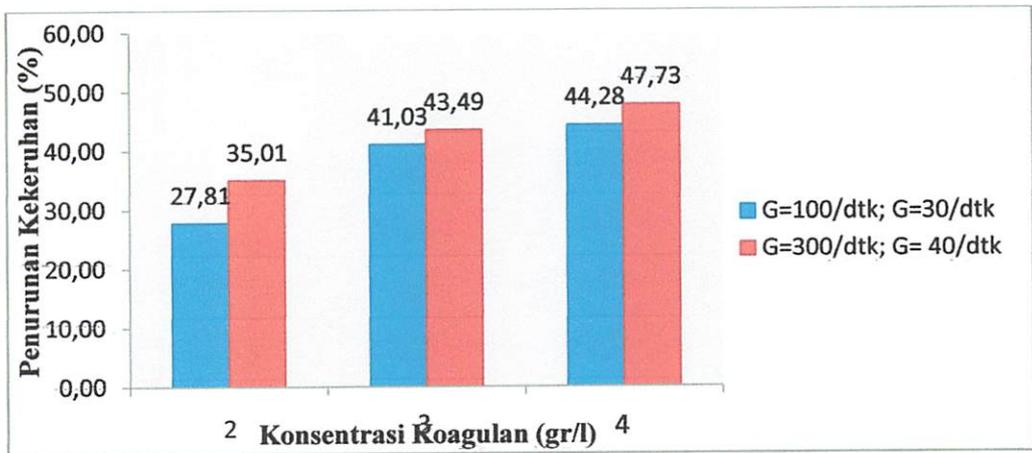


**Gambar 4.3 Grafik Persentase Penyisihan COD Setelah Pengolahan**

Berdasarkan tabel 4.6 dan gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase penyisihan COD terus bertambah seiring dengan penambahan konsentrasi koagulan baik pada gradien kecepatan  $G=100/\text{detik}$  dan  $G=30/\text{detik}$  maupun  $G=300/\text{dtk}$  dan  $G=40/\text{detik}$  dimana pada gradien kecepatan bak koagulasi  $100/\text{detik}$  dan bak flokulasi  $30/\text{detik}$  didapatkan presentase penyisihan kandungan COD berkisar antara  $18,26\% - 32,17\%$  sedangkan pada gradien kecepatan bak koagulasi  $300/\text{detik}$  dan bak flokulasi  $40/\text{detik}$  didapatkan presentase penyisihan kandungan COD berkisar antara  $24,06\% - 38,84\%$ . Persentase penyisihan kandungan COD tertinggi terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan  $4 \text{ gr/l}$  dengan gradien kecepatan bak koagulasi  $G=300/\text{dtk}$  dan bak flokulasi  $G=40/\text{dtk}$  sebesar  $38,84\%$  dan Persentase penyisihan kandungan COD terendah terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan  $2 \text{ gr/l}$  dengan gradien kecepatan bak koagulasi  $G=100/\text{dtk}$  dan bak flokulasi  $G=30/\text{dtk}$  sebesar  $18,26\%$ .

#### 4.3.4. Analisis Deskriptif Kekeruhan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan air lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi Kekeruhan dengan tingkat penyisihan yang bervariasi. Berdasarkan data persentase penyisihan konsentrasi Kekeruhan setelah pengolahan pada tabel 4.7 maka dapat diplotkan menjadi sebuah grafik persentase penyisihan Kekeruhan pada gambar 4.4



**Gambar 4.4 Grafik Persentase Penyisihan Kekeruhan Setelah Pengolahan**

Berdasarkan tabel 4.7 dan gambar 4.4 menunjukkan bahwa persentase penyisihan Kekeruhan terus bertambah seiring dengan penambahan konsentrasi koagulan baik pada gradien kecepatan  $G=100/\text{detik}$  dan  $G=30/\text{detik}$  maupun  $G=300/\text{dtk}$  dan  $G=40/\text{detik}$  dimana pada gradien kecepatan bak koagulasi  $100/\text{detik}$  dan bak flokulasi  $30/\text{detik}$  didapatkan presentase penyisihan Kekeruhan berkisar antara  $27,81\% - 44,28\%$  sedangkan pada gradien kecepatan bak koagulasi  $300/\text{detik}$  dan bak flokulasi  $40/\text{detik}$  didapatkan presentase penyisihan Kekeruhan berkisar antara  $35,01\% - 47,73\%$ . Persentase penyisihan Kekeruhan tertinggi terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan  $4 \text{ gr/l}$  dengan gradien kecepatan bak koagulasi  $G=300/\text{dtk}$  dan bak flokulasi  $G=40/\text{dtk}$  sebesar  $47,73\%$  dan Persentase penyisihan Kekeruhan terendah terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan  $2 \text{ gr/l}$  dengan gradien kecepatan bak koagulasi  $G=100/\text{dtk}$  dan bak flokulasi  $G=30/\text{dtk}$  sebesar  $27,81\%$ .

#### 4.4. Analisis Anova

Analisis ANOVA ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi dosis dan gradien kecepatan terhadap persentase penyisihan TSS, COD, dan Kekeruhan.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu :

- $H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$  (identik)
- $H_1 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$  (tidak identik)

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

- a. Nilai probabilitas,
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak
- b. Nilai F hitung
  - F hitung output  $>$  F Tabel,  $H_0$  ditolak
  - F hitung output  $<$  F Tabel,  $H_0$  diterima

##### 4.4.1. Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan TSS

Hasil analisis varian pengaruh dosis koagulan dan gradien kecepatan dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS) terhadap persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut ini :

**Tabel 4.8 Hasil Uji ANOVA antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan TSS**

Two-way ANOVA: % penyisihan TSS versus Dosis, Gradien					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	2	103.637	51.8185	25.04	0.038
Gradien	1	11.957	11.9568	5.78	0.138
Error	2	4.139	2.0693		
Total	5	119.732			

S = 1.439    R-Sq = 96.54%    R-Sq(adj) = 91.36%

Hasil Tabel 4.8 memuat keterangan sebagai berikut :

- DF = Derajat bebas
- SS = Variasi residual
- MS = Mean square
- F = Nilai statistik analisis

P = Nilai probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )

N = Number

Mean = Nilai rata-rata

StDev = Standar deviasi

Untuk taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka dari tabel distribusi F dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) didapat  $F_{(0,05,2,2)} = 19,0$  dan tabel distribusi F gradien kecepatan didapat  $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$ . Nilai F hitung output dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan secara berturut-turut 25,04 dan 5,78. Nilai probabilitas dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan adalah 0,038 dan 0,138.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai P  $<$  0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan TSS dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi gradien kecepatan adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $<$  F tabel dan nilai P  $>$  0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan TSS dalam perlakuan tersebut memang identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

#### **4.4.2. Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan COD**

Hasil analisis varian pengaruh dosis koagulan dan gradien kecepatan dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS) terhadap persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini :

**Tabel 4.9 Hasil Uji ANOVA antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan COD**

<b>Two-way ANOVA: % penyisihan COD versus Dosis, Gradien</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	2	206.347	103.173	275.78	0.004
Gradien	1	66.667	66.667	178.20	0.006
Error	2	0.748	0.374		
Total	5	273.762			

S = 0.6117    R-Sq = 99.73%    R-Sq(adj) = 99.32%

Hasil Tabel 4.9 memuat keterangan sebagai berikut :

- DF = Derajat bebas
- SS = Variasi residual
- MS = Mean square
- F = Nilai statistik analisis
- P = Nilai probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )
- N = Number
- Mean = Nilai rata-rata
- StDev = Standar deviasi

Untuk taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka dari tabel distribusi F dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) didapat  $F_{(0,05,2,2)} = 19,0$  dan tabel distribusi F gradien kecepatan didapat  $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$ . Nilai F hitung output dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan secara berturut-turut 275,78 dan 178,20. Nilai probabilitas dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan adalah 0,004 dan 0,006.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai P  $<$  0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan COD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi gradien kecepatan adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai P  $<$  0,05. Artinya bahwa persentase

penyisihan COD dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan. Perbedaan yang signifikan didukung pula adanya kondisi yang beda nyata terjadi peningkatan persentase penyisihan COD pada dosis koagulan dan gradien kecepatan yang cukup besar.

#### 4.4.3. Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan Kekeruhan

Hasil analisis varian pengaruh dosis koagulan dan gradien kecepatan dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi (KFS) terhadap persentase penyisihan Kekeruhan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut ini :

**Tabel 4.10 Hasil Uji ANOVA antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan Kekeruhan**

<b>Two-way ANOVA: % penyisihan Kekeruhan versus Dosis, Gradien</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis	2	229.841	114.921	36.76	0.026
Gradien	1	28.645	28.645	9.16	0.094
Error	2	6.252	3.126		
Total	5	264.738			

S = 1.768    R-Sq = 97.64%    R-Sq(adj) = 94.10%

Hasil Tabel 4.10 memuat keterangan sebagai berikut :

- DF = Derajat bebas
- SS = Variasi residual
- MS = Mean square
- F = Nilai statistik analisis
- P = Nilai probabilitas (dengan  $\alpha = 0,05$ )
- N = Number
- Mean = Nilai rata-rata
- StDev = Standar deviasi

Untuk taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5 %, maka dari tabel distribusi F dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) didapat  $F_{(0,05,2,2)} = 19,0$  dan tabel distribusi F gradien kecepatan didapat  $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$ . Nilai F hitung output dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan secara berturut-turut 36,76 dan 9,16. Nilai probabilitas

dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan adalah 0,026 dan 0,094.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $>$  F tabel dan nilai P  $<$  0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan Kekerusuhan dalam perlakuan tersebut memang tidak identik atau terdapat perbedaan yang signifikan.

Keputusan yang dapat diambil untuk variasi gradien kecepatan adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $<$  F tabel dan nilai P  $>$  0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan Kekerusuhan dalam perlakuan tersebut memang identik atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

#### 4.5. Analisis Korelasi

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

##### Hipotesis

- $H_0$  : korelasi tidak signifikan
- $H_1$  : korelasi signifikan

##### Pengambilan Keputusan

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

##### Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi

Nilai korelasi berkisaran antara -1 sampai +1. Nilai korelasi negatif berarti hubungan antara 2 variabel adalah negatif. Artinya, apabila salah satu variabel menurun, maka variabel lainnya akan meningkat. Sebaliknya, nilai korelasi positif berarti hubungan antara kedua variabel adalah positif. Artinya, apabila salah satu variabel meningkat maka variabel berkorelasi kuat apabila makin mendekati 1 atau -1. Hubungan antara 2 variabel dikatakan lemah apabila semakin mendekati 0 (nol) (Iriawan dan Astuti, 2006).

#### 4.5.1. Analisa Korelasi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase (%) Penyisihan TSS

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan TSS terhadap konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini

**Tabel 4.11 Hasil Uji Korelasi antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan TSS**

Correlations: % penyisihan TSS, Dosis, Gradien		
	% penyisihan TSS	Dosis
Dosis	0.930	
	0.007	
Gradien	0.316	0.000
	0.542	1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan Tabel 4.11 dengan proses KFS diketahui bahwa nilai korelasi antara konsentrasi Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan TSS sebesar 0,930. Artinya hubungan antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan TSS kuat, dimana koefisiennya mendekati 1. Untuk nilai probabilitas antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan TSS sebesar 0,007 ( $<0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) ditolak. Artinya korelasi antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan TSS signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin banyak konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan TSS.

Koefisien korelasi pada Tabel 4.11 untuk gradien kecepatan dengan persentase penyisihan TSS sebesar 0,316. Artinya hubungan antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan TSS lemah, dimana koefisiennya mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara gradien kecepatan dengan

persentase penyisihan TSS sebesar 0,542 ( $>0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima. Artinya korelasi antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan TSS tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar nilai gradien kecepatan maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan TSS.

#### 4.5.2. Analisa Korelasi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase (%) Penyisihan COD

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan COD terhadap konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut ini

**Tabel 4.12 Hasil Uji Korelasi antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan COD**

Correlations: % penyisihan COD, Dosis, Gradien		
	% penyisihan COD	Dosis
Dosis	0.867 0.025	
Gradien	0.493 0.320	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan Tabel 4.12 dengan proses KFS diketahui bahwa nilai korelasi antara konsentrasi Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan COD sebesar 0,867. Artinya hubungan antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan COD kuat, dimana koefisiennya mendekati 1. Untuk nilai probabilitas antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan COD sebesar 0,025 ( $<0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) ditolak. Artinya korelasi antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan COD signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan

dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin banyak konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan COD.

Berdasarkan Tabel 4.12 untuk gradien kecepatan dengan persentase penyisihan COD sebesar 0,493. Artinya hubungan antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan COD lemah, dimana koefisiennya mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan COD sebesar 0,320 ( $>0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima. Artinya korelasi antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan COD tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar nilai gradien kecepatan maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan COD.

#### 4.5.3. Analisa Korelasi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase (%) Penyisihan Kekeruhan

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan Kekeruhan terhadap konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut ini

**Tabel 4.13 Hasil Uji Korelasi antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan Kekeruhan**

Correlations: % penyisihan Kekeruhan, Dosis, Gradien		
	% penyisihan Kek	Dosis
Dosis	0.897 0.015	
Gradien	0.329 0.524	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan Tabel 4.13 dengan proses KFS diketahui bahwa nilai korelasi antara konsentrasi Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan Kekeruhan sebesar 0,897. Artinya hubungan antara

konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan Kekeruhan kuat, dimana koefisiennya mendekati 1. Untuk nilai probabilitas antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan Kekeruhan sebesar 0,015 ( $<0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) ditolak. Artinya korelasi antara konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) terhadap persentase penyisihan Kekeruhan signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin banyak konsentrasi koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan Kekeruhan.

Berdasarkan Tabel 4.13 untuk gradien kecepatan dengan persentase penyisihan Kekeruhan sebesar 0,329. Artinya hubungan antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan Kekeruhan lemah, dimana koefisiennya mendekati 0. Untuk nilai probabilitas antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan Kekeruhan sebesar 0,524 ( $>0,05$ ) maka hipotesis ( $H_0$ ) diterima. Artinya korelasi antara gradien kecepatan dengan persentase penyisihan Kekeruhan tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin besar nilai gradien kecepatan maka semakin besar peningkatan persentase penyisihan Kekeruhan.

#### **4.6. Analisis Regresi**

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel respon dan variabel prediktor, sehingga diketahui ketetapan atau signifikansi prediksi dari hubungan atau korelasi data. Variabel respon adalah variabel yang dipengaruhi suatu variabel prediktor. Sedangkan variabel prediktor digunakan untuk memprediksi nilai variabel respon. Kedua variabel dihubungkan dengan bentuk persamaan aritmatika dimana variabel respon dan variabel prediktor dalam model regresi harus berskala kontinu. Artinya bahwa skala data untuk kedua variabel harus ratio atau interval (Iriawan dan Astuti, 2006).

Pada analisis regresi juga diperlukan beberapa pengujian, yaitu :

- Uji T yang digunakan untuk mengetahui signifikansi koefisien dari variabel prediktor

Uji T mempunyai hipotesis bahwa :

$H_0$  = koefisien regresi tidak signifikan

$H_1$  = koefisien regresi signifikan

Dalam pengambilan keputusan, uji T membandingkan statistik T hitung dengan statistik T tabel. Jika statistik T hitung < statistik T tabel, maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Jika statistik T hitung > statistik T tabel, maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

Sementara dasar pengambilan keputusan dapat dilihat dari arah penolakan berdasarkan nilai probabilitas, yaitu :

- Jika probabilitas  $\geq 0,05$ , maka  $H_0$  diterima
- Jika probabilitas < 0,05, maka  $H_0$  ditolak

#### 4.6.1. Analisis Regresi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase (%) Penyisihan TSS

Hasil uji regresi persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.14 sebagai berikut :

**Tabel 4.14 Hasil Uji Regresi antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan TSS**

<b>Regression Analysis: % penyisihan TSS versus Dosis, Gradien</b>				
The regression equation is				
% penyisihan TSS = 40.0 + 5.09 Dosis + 0.0257 Gradien				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	39.971	2.467	16.20	0.001
Dosis	5.0875	0.5948	8.55	0.003
Gradien	0.025667	0.008830	2.91	0.062
S = 1.18954    R-Sq = 96.5%    R-Sq(adj) = 94.1%				

**Keterangan** :- S = Standar deviasi model

- R-Sq ( $R^2$ ) = Koefisien determinasi

- R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan

- T = Nilai statistik

- P = Nilai probabilitas

Berdasarkan tabel 4.14 melalui analisis regresi yang dilakukan, didapat suatu model regresi yaitu  $Y = 40.0 + 5.09 X_1 + 0.0275 X_2$ .

Hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan TSS (%),  $X_1$  adalah variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 5.09 dan  $X_2$  adalah variasi gradien kecepatan (detik<sup>-1</sup>) sebesar 0.0275. Artinya bahwa setiap penambahan dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) akan meningkatkan nilai persentase penyisihan TSS sebesar 5,09 dan setiap peningkatan nilai gradien kecepatan akan meningkatkan persentase penyisihan TSS sebesar 0,0275. Angka 40,0 menunjukkan bahwa jika variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan bernilai konstan (0), maka persentase penyisihan TSS adalah 40 %.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $R^2$ ) sebesar 96,5 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi TSS dipengaruhi oleh variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan sedangkan sisanya 3,5 % penurunan penyisihan TSS dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Uji t untuk menguji signifikan koefisien dari variabel bebas (variabel prediktor). Berdasarkan nilai t dimana dilakukan untuk menguji signifikan dari variabel bebas, untuk taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Pada tabel 4.14 statistik t hitung output untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 8,55, untuk gradien kecepatan sebesar 2,91, dan konstanta 16,20. Dari tabel diketahui nilai  $t_{(0,05,2)}$  sebesar 2,920. Untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya menerima  $H_1$  dan menolak  $H_0$  berarti koefisien regresi signifikan. Untuk gradien kecepatan t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya menerima  $H_0$  dan menolak  $H_1$  berarti koefisien regresi tidak signifikan. Untuk konstanta t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi signifikan.

Berdasarkan nilai probabilitas pada tabel 4.14 nilai probabilitas untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 0,003. Sedangkan untuk variasi gradien kecepatan sebesar 0,062 dan untuk konstanta sebesar 0,001. Untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) probabilitasnya < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima berarti koefisien regresi signifikan. Untuk gradien kecepatan probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak berarti koefisien regresi tidak signifikan. Untuk konstanta probabilitasnya < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima berarti koefisien regresi signifikan.

#### 4.6.2. Analisis Regresi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase (%) Penyisihan COD

Hasil uji regresi persentase penyisihan COD dapat dilihat pada Tabel 4.15 sebagai berikut :

**Tabel 4.15 Hasil Uji Regresi antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan COD**

Regression Analysis: % penyisihan COD versus Dosis, Gradien				
The regression equation is				
% penyisihan COD = - 4.18 + 7.17 Dosis + 0.0606 Gradien				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-4.180	1.374	-3.04	0.056
Dosis	7.1725	0.3311	21.66	0.000
Gradien	0.060606	0.004916	12.33	0.001
S = 0.662296    R-Sq = 99.5%    R-Sq(adj) = 99.2%				

- Keterangan :- S = Standar deviasi model  
 - R-Sq ( $R^2$ ) = Koefisien determinasi  
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan  
 - T = Nilai statistik  
 - P = Nilai probabilitas

Berdasarkan tabel 4.15 melalui analisis regresi yang dilakukan, didapat suatu model regresi yaitu  $Y = - 4.18 + 7.17 X_1 + 0.0606 X_2$ .

Hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan COD (%),  $X_1$  adalah variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*)

sebesar 7.17 dan  $X_2$  adalah variasi gradien kecepatan ( $\text{detik}^{-1}$ ) sebesar 0.0606. Artinya bahwa setiap penambahan dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) akan meningkatkan nilai persentase penyisihan COD sebesar 7,17 dan setiap peningkatan nilai gradien kecepatan akan meningkatkan persentase penyisihan COD sebesar 0,0606. Angka - 4,18 menunjukkan bahwa jika variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan bernilai konstan (0), maka persentase penyisihan COD adalah - 4,18 %.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $R^2$ ) sebesar 99,5 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi COD dipengaruhi oleh variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan sedangkan sisanya 0,5 % penurunan penyisihan COD dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Uji t untuk menguji signifikan koefisien dari variabel bebas (variabel prediktor). Berdasarkan nilai t dimana dilakukan untuk menguji signifikan dari variabel bebas, untuk taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Pada tabel 4.15 statistik t hitung output untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 21,66, untuk gradien kecepatan sebesar 12,33, dan konstanta - 3,04. Dari tabel diketahui nilai  $t_{(0,05,2)}$  sebesar 2,920. Untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya menerima  $H_1$  dan menolak  $H_0$  berarti koefisien regresi signifikan. Untuk gradien kecepatan t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya menerima  $H_1$  dan menolak  $H_0$  berarti koefisien regresi signifikan. Untuk konstanta t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan.

Berdasarkan nilai probabilitas pada tabel 4.15 nilai probabilitas untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 0,000. Sedangkan untuk variasi gradien kecepatan sebesar 0,001 dan untuk konstanta sebesar 0,056. Untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) probabilitasnya < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$

diterima berarti koefisien regresi signifikan. Untuk gradien kecepatan probabilitasnya  $< 0,05$  sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima berarti koefisien regresi signifikan. Untuk konstanta probabilitasnya  $> 0,05$  sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak berarti koefisien regresi tidak signifikan.

#### 4.6.3. Analisis Regresi antara Konsentrasi Koagulan, Gradien Kecepatan terhadap Persentase (%) Penyisihan Kekeruhan

Hasil uji regresi persentase penyisihan Kekeruhan dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut :

**Tabel 4.16 Hasil Uji Regresi antara Konsentrasi Koagulan dan Gradien Kecepatan terhadap % Penyisihan Kekeruhan**

Regression Analysis: % penyisihan Kekeruhan versus Dosis, Gradien				
The regression equation is				
% penyisihan Kekeruhan = 10.6 + 7.30 Dosis + 0.0397 Gradien				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	10.650	5.753	1.85	0.161
Dosis	7.297	1.387	5.26	0.013
Gradien	0.03973	0.02059	1.93	0.149
S = 2.77361    R-Sq = 91.3%    R-Sq(adj) = 85.5%				

- Keterangan :- S = Standar deviasi model  
 - R-Sq ( $R^2$ ) = Koefisien determinasi  
 - R-Sq (adj) = Koefisien determinasi yang disesuaikan  
 - T = Nilai statistik  
 - P = Nilai probabilitas

Berdasarkan tabel 4.16 melalui analisis regresi yang dilakukan, didapat suatu model regresi yaitu  $Y = 10.6 + 7.30 X_1 + 0.0397 X_2$ .

Hasil persamaan regresi diatas Y adalah persentase penyisihan Kekeruhan (%),  $X_1$  adalah variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 7.30 dan  $X_2$  adalah variasi gradien kecepatan (detik<sup>-1</sup>) sebesar 0.0397. Artinya bahwa setiap penambahan dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) akan meningkatkan nilai persentase penyisihan Kekeruhan sebesar 7,30 dan setiap peningkatan nilai gradien kecepatan akan meningkatkan persentase penyisihan Kekeruhan sebesar 0,0397. Angka 10,6

menunjukkan bahwa jika variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan bernilai konstan (0), maka persentase penyisihan Kekeruhan adalah 10,6 %.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $R^2$ ) sebesar 91,3 %. Hal ini berarti persentase penyisihan konsentrasi Kekeruhan dipengaruhi oleh variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) dan gradien kecepatan sedangkan sisanya 8,7 % penurunan penyisihan Kekeruhan dipengaruhi oleh faktor lainnya.

Uji t untuk menguji signifikan koefisien dari variabel bebas (variabel prediktor). Berdasarkan nilai t dimana dilakukan untuk menguji signifikan dari variabel bebas, untuk taraf signifikan ( $\alpha$ ) sebesar 5%. Pada tabel 4.16 statistik t hitung output untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 5,26, untuk gradien kecepatan sebesar 1,93, dan konstanta 1,85. Dari tabel diketahui nilai  $t_{(0,05,2)}$  sebesar 2,920. Untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) t hitung output > statistik t tabel maka kesimpulannya menerima  $H_1$  dan menolak  $H_0$  berarti koefisien regresi signifikan. Untuk gradien kecepatan t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya menerima  $H_0$  dan menolak  $H_1$  berarti koefisien regresi tidak signifikan. Untuk konstanta t hitung output < statistik t tabel maka kesimpulannya koefisien regresi tidak signifikan.

Berdasarkan nilai probabilitas pada tabel 4.16 nilai probabilitas untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebesar 0,013. Sedangkan untuk variasi gradien kecepatan sebesar 0,149 dan untuk konstanta sebesar 0,161. Untuk variasi dosis koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) probabilitasnya < 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima berarti koefisien regresi signifikan. Untuk gradien kecepatan probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak berarti koefisien regresi tidak signifikan. Untuk konstanta probabilitasnya > 0,05 sehingga  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak berarti koefisien regresi tidak signifikan.

#### **4.7. Pembahasan**

Pada penelitian ini menggunakan proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi (KFS). Tujuan penelitian ini adalah meremoval konsentrasi TSS, COD, dan Kekeruhan yang terdapat dalam air lindi. Berikut ini adalah pembahasan proses removal bahan pencemar yang terjadi.

##### **4.7.1. Pembahasan Penyisihan *Total Suspended Solid (TSS)***

Hasil penelitian dan analisis deskriptif, didapatkan persentase penurunan TSS tertinggi terdapat pada perlakuan gradien kecepatan koagulasi 300/detik dan flokulasi 40/detik dengan dosis koagulan 4 g/l sebesar 65,64 %, sedangkan persentase penurunan TSS terendah terdapat pada perlakuan gradien kecepatan koagulasi 100/detik dan flokulasi 30/detik dengan dosis koagulan 2 g/l sebesar 53,67 % (Tabel 4.5 dan Gambar 4.1).

Korelasi antara persentase penurunan TSS dan dosis koagulan sangat kuat (0,930) dimana nilainya mendekati 1. Berdasarkan nilai probabilitasnya hasil analisis korelasi dan analisis regresi signifikan didukung analisis ANOVA yang tidak identik. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis mempunyai range yang cukup besar untuk membedakan persentase penurunan TSS. Nilai positif pada pearson correlation menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi untuk dosis koagulan sebesar 5,09. Artinya setiap penambahan dosis 1 g/l akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 5,09%.

Umumnya partikel-partikel tersuspensi/koloid dalam air lindi bermuatan listrik negatif. Adanya muatan-muatan pada permukaan partikel koloid menyebabkan pembentukan medan elektrostatik di sekitar 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).

Penelitian ini menggunakan koagulan alami yaitu Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*). Penggunaan koagulan ini berfungsi mengikat partikel TSS yang tidak bisa mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kandungan aktif dalam biji asam yang bersifat positif bersumber dari polimer yang dapat bereaksi dengan partikel bermuatan negatif dalam air lindi.

Variasi konsentrasi koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 g/l, 3 g/l, 4 g/l. Hasil penelitian menunjukkan persentase penyisihan TSS optimum terjadi pada perlakuan konsentrasi koagulan 4 g/l yaitu 65,64%. Penelitian sejenis dilakukan oleh Rambe A.M. (2009) yang menggunakan koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) pada limbah industri tekstil dengan variasi konsentrasi 7,5 g/l, 8,75 g/l, 10 g/l, 12,5 g/l diperoleh konsentrasi optimum pada konsentrasi 12,5 g/l yang mampu menurunkan TSS sebesar 83,68%. Hal ini menunjukkan bahwa, semakin besar konsentrasi koagulan semakin besar pula persentase penyisihan TSS, penggunaan dosis disesuaikan juga dengan jenis air limbah yang digunakan untuk pengolahan.

Korelasi antara penurunan TSS dan gradien kecepatan lemah (0,316) dimana nilainya mendekati 0. Berdasarkan nilai probabilitasnya hasil analisis korelasi dan analisis regresi tidak signifikan didukung analisis ANOVA yang identik. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi gradien kecepatan tidak berpengaruh terhadap persentase penurunan TSS. Nilai positif pada pearson correlation menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi untuk gradien kecepatan sebesar 0,0257. Artinya setiap penambahan gradien sebesar 1/detik akan meningkatkan persentase penurunan TSS sebesar 0,0257%.

Kecepatan pengadukan pada bak koagulasi bertujuan untuk mengurangi stabilitas koloid dengan penambahan koagulan dengan muatan berlawanan. Sedangkan kecepatan putaran pada bak flokulasi

mempengaruhi proses pembentukan flok-flok kecil yang telah terbentuk pada proses koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar. Kecepatan pengadukan dinyatakan dengan gradien kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai ( $P$ ). Pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan berkisar antara 100 hingga 1000 per detik selama 5 hingga 60 detik. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan kurang dari 100 per detik selama 10 hingga 60 menit (Masduqi dan Slamet, 2002). Pada penelitian ini digunakan variasi gradien kecepatan pada bak koagulasi 100/detik dan 300/detik, sedangkan pada bak flokulasi 30/detik dan 40/detik. Dari nilai gradien kecepatan ( $G$ ) dapat ditentukan nilai kecepatan putaran (rpm) pada bak koagulasi dan flokulasi, perhitungan nilai kecepatan putaran (rpm) dapat dilihat pada *lampiran perhitungan*. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai kecepatan putaran pada bak koagulasi untuk  $G = 100$ /detik sebesar 73 rpm dan  $G = 300$ /detik sebesar 152 rpm sedangkan pada bak flokulasi untuk  $G = 30$ /detik sebesar 20 rpm dan  $G = 40$ /detik sebesar 24 rpm. Nilai persentase penurunan TSS lebih tinggi pada gradien kecepatan 300/detik dan 40/detik (tabel 4.5).

Penelitian ini menyatakan bahwa variasi gradien kecepatan berpengaruh terhadap persentase penyisihan TSS tetapi pengaruhnya lemah. Hal ini dapat disebabkan pada pengadukan cepat besarnya kecepatan putaran 152 rpm kurang efektif dalam mendestabiliskan partikel koloid. Dilihat dari penelitian yang dilakukan oleh Latifah dan Hendriarianti (2011) kecepatan putaran yang digunakan pada bak koagulasi sebesar 200 rpm mampu menyisihkan TSS sebesar 83,33%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani dan Moesriati (2013) kecepatan putaran yang digunakan pada bak koagulasi sebesar 180 rpm mampu menyisihkan TSS sebesar 76,47%. Pada pengadukan lambat besarnya kecepatan putaran 24 rpm dengan lama pengadukan 30 menit. 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 Rosyadah, 2008). Pada penelitian yang dilakukan oleh Karamah dan Lubis (2013) memvariasikan waktu pengadukan pelan yaitu selama 5, 10, 15, 20, 25 menit. waktu pengadukan optimum yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu selama 10 menit.

Berdasarkan analisis regresi didapatkan koefisien determinasi ( $R$  Square =  $r^2$ ) sebesar 96,5%. Koefisien tersebut menunjukkan hubungan yang kuat pengaruh konsentrasi dosis dan gradien kecepatan (variabel prediktor) terhadap persentase penyisihan TSS (variabel respon) dimana besarnya persentase penyisihan TSS dipengaruhi oleh konsentrasi dosis koagulan dan gradien kecepatan. Sedangkan sisanya sebesar 3,5% 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 lindi.

Waktu detensi koagulasi dan flokulasi pada penelitian ini adalah 1 menit dan 30 menit seperti yang ditetapkan pada *Tom D. Reynolds*, 1982, waktu koagulasi 1 menit dan flokulasi 30 menit. 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 dan partikel tersuspensi dalam flok-flok tidak dapat berlangsung sempurna.

Persentase penyisihan TSS dipengaruhi juga oleh waktu sedimentasi. Pada penelitian ini menggunakan waktu sedimentasi 60 menit. Waktu sedimentasi yang lama menyebabkan partikel koloid yang mengendap semakin besar. Pada penelitian Rosariawari dan Mirwan (2012) yang memvariasikan waktu tinggal 20 menit hingga 120 menit pada bak sedimentasi. Hasil yang didapat penyisihan TSS 57,5 % untuk Tawas dan 52,5 % untuk koagulan PAC, untuk penyisihan TDS didapat bahwa Tawas

mampu menyisihkan sebesar 72,15 % dan untuk PAC sebesar 67 %, hasil tersebut diperoleh untuk waktu tinggal 120 menit.

Hasil penyisihan kadar TSS air lindi dalam penelitian ini mencapai 7734 mg/l atau sebesar 65,54% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 4 g/l pada gradien kecepatan bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik tetapi hal ini belum memenuhi Baku Mutu Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 (kelas III) sebesar 400 mg/l. Hal ini dikarenakan kondisi air lindi yang memiliki kandungan TSS tinggi.

#### **4.7.2. Pembahasan Penyisihan *Chemical Oxygen Demand (COD)***

Seperti halnya pada persentase penurunan TSS, hasil penelitian dan analisis deskriptif persentase penurunan COD tertinggi terdapat pada perlakuan gradien kecepatan koagulasi 300/detik dan flokulasi 40/detik dengan dosis koagulan 4 g/l sebesar 38,84%, sedangkan persentase penurunan TSS terendah terdapat pada perlakuan gradien kecepatan koagulasi 100/detik dan flokulasi 30/detik dengan dosis koagulan 2 g/l sebesar 18,26% (Tabel 4.6 dan Gambar 4.2).

Korelasi antara persentase penurunan COD dan dosis koagulan kuat (0,867) dimana nilainya mendekati 1. Berdasarkan nilai probabilitasnya hasil analisis korelasi dan analisis regresi signifikan didukung analisis ANOVA yang tidak identik. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis mempunyai range yang cukup besar untuk membedakan persentase penurunan COD. Nilai positif menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi untuk dosis koagulan sebesar 7,17. Artinya, setiap penambahan dosis sebesar 1 g/l akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 7,17%.

Koagulan Biji Asam Jawa (*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 COD terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid.

Dilihat dari penelitian yang dilakukan oleh Latifah dan Hendriarianti (2011) yang menggunakan koagulan biji asam jawa (*Tamarindus Indica L*) pada limbah industri penyamakan kulit diperoleh dosis optimum pada konsentrasi 3,5 g/l yang mampu menurunkan COD sebesar 92,62%.

Korelasi antara persentase penurunan COD dan gradien kecepatan lemah (0,493) dimana nilainya mendekati 0. Berdasarkan nilai probabilitasnya analisis korelasi menunjukkan hasil yang tidak signifikan, sedangkan analisis regresi dan ANOVA menunjukkan hasil yang signifikan dan tidak identik. Hal tersebut berarti bahwa gradien kecepatan yang dipakai pada penelitian ini berpengaruh untuk membedakan persentase penurunan COD tetapi tidak begitu kuat. Nilai positif menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat dengan nilai koefisien regresi untuk gradien kecepatan sebesar 0,0606. Artinya, setiap penambahan gradien kecepatan sebesar 1/detik akan meningkatkan persentase penurunan COD sebesar 0,0606%.

Lemahnya hubungan antara persentase penurunan COD dengan gradien kecepatan disebabkan karena kecepatan putaran pada koagulasi 152 rpm kurang mampu mengikat COD yang jumlahnya begitu banyak secara efektif selain itu pada putaran flokulasi tidak berhubungan secara langsung dengan penurunan COD. Pengikatan partikel pencemar terjadi pada saat proses koagulasi. Beda 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 Jawa pada limbah tahu dengan dosis koagulan 3 g/l, kecepatan putaran flokulasi 40 rpm selama 12 menit yang mampu menurunkan COD sebesar 22,40%, sedangkan penelitian serupa oleh 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 kecil. Penyisihan COD yang kecil menunjukkan kurang optimumnya proses koagulasi pada penelitian ini yaitu saat pencampuran koagulan partikel organik dan anorganik penyebab COD kurang diikat secara optimum oleh koagulan yang selanjutnya diendapkan pada bak sedimentasi.

Berdasarkan analisis regresi didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 99,5%. Koefisien tersebut menunjukkan hubungan yang kuat pengaruh konsentrasi dosis dan gradien kecepatan (variabel prediktor) terhadap persentase penyisihan COD (variabel respon) dimana besarnya persentase penyisihan COD dipengaruhi oleh konsentrasi dosis koagulan dan gradien kecepatan. Sedangkan sisanya sebesar 0,5% 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 lindi.

Hasil penyisihan kadar COD air lindi dalam penelitian ini mencapai 1430 mg/l atau sebesar 38,84% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 4 g/l pada gradien kecepatan bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik tetapi hal ini belum memenuhi Baku Mutu Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 (kelas III) sebesar 50 mg/l. Hal ini dikarenakan kondisi air lindi yang memiliki kandungan COD tinggi.

#### **4.7.3. Pembahasan Penyisihan Kekeruhan**

Seperti halnya pada persentase penurunan TSS dan COD, hasil penelitian dan analisis deskriptif persentase penurunan kekeruhan tertinggi terdapat pada perlakuan gradien kecepatan koagulasi 300/detik dan flokulasi 40/detik dengan dosis koagulan 4 g/l sebesar 47,73%, sedangkan persentase penurunan TSS terendah terdapat pada perlakuan gradien

kecepatan koagulasi 100/detik dan flokulasi 30/detik dengan dosis koagulan 2 g/l sebesar 27,81% (Tabel 4.7 dan Gambar 4.3).

Pada umumnya air limbah mempunyai tingkat kekeruhan yang tinggi. Kekeruhan air limbah sangat bergantung pada kandungan zat padat (Djajadiningrat, 1993 dalam Yuliastri 2010). Total zat padat air limbah terdiri dari Total Suspended Solid (TSS) dan Total Dissolved Solid (TDS). Kandungan senyawa organik yang tinggi pada air limbah dapat menyebabkan terjadinya peningkatan angka TSS dan TDS. Adanya total zat padat yang terlalu tinggi pada air limbah akan menyebabkan kualitas air menjadi buruk, menimbulkan terjadinya berbagai reaksi, dan mengganggu estetika.

Korelasi antara persentase penurunan kekeruhan dan dosis koagulan sangat kuat (0,897) dimana nilainya mendekati 1. Berdasarkan nilai probabilitasnya hasil analisis korelasi dan analisis regresi signifikan didukung analisis ANOVA yang tidak identik. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis mempunyai range yang cukup besar untuk membedakan persentase penurunan Kekeruhan. Nilai positif pada pearson correlation menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi untuk dosis koagulan sebesar 7,30. Artinya setiap penambahan dosis 1 g/l akan meningkatkan persentase penurunan kekeruhan sebesar 7,30%.

Penurunan kekeruhan air lindi dengan menggunakan koagulan biji asam jawa memungkinkan karena kemampuannya dalam mengikat partikel kekeruhan yang tidak mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kemampuan biji asam jawa dalam menurunkan kekeruhan terdapat pada kemampuan adsorpsi dan netralisasi muatan koloid (Masduqi dan Slamet, 2002).

Hasil penelitian Listirahaeni (2012) yang menggunakan biokoagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) pada air sungai, menunjukkan bahwa konsentrasi biokoagulan Biji Asam Jawa sebanyak 3 g/l mampu menurunkan kekeruhan air sungai hingga 87,88%. Hal ini menunjukkan bahwa efektifitas penurunan kekeruhan yang dihasilkan baik karena

penambahan konsentrasi elektrolit akan mengakibatkan berkurangnya kestabilan koloid dan akan mengurangi gaya tolak menolak antar partikel sehingga menunjang proses pengendapan (Masduqi dan Slamet, 2002).

Korelasi antara persentase penurunan kekeruhan dan gradien kecepatan lemah (0,329) dimana nilainya mendekati 0. Berdasarkan nilai probabilitasnya hasil analisis korelasi dan analisis regresi tidak signifikan didukung analisis ANOVA yang identik. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi gradien kecepatan berpengaruh terhadap persentase penurunan Kekeruhantetapi lemah. Nilai positif pada pearson correlation menunjukkan hubungan searah. Hal ini diperkuat oleh koefisien regresi untuk gradien kecepatan sebesar 0,0397. Artinya setiap penambahan gradien sebesar 1/detik akan meningkatkan persentase penurunan kekeruhan sebesar 0,0397%.

Dalam penelitian ini didapatkan gradien kecepatan 300/detik (152 rpm) dan 40/detik (24 rpm) yang paling optimum dalam menurunkan kandungan kekeruhan dibandingkan gradien kecepatan 100/detik (72 rpm) dan 30/detik (20 rpm). Sama dengan penyisihan TSS hal ini dapat disebabkan karena pada pengadukan cepat besarnya kecepatan putaran 152 rpm kurang efektif dalam mendestabilaskan partikel koloid. Pada pengadukan lambat besarnya kecepatan putaran 24 rpm dengan lama pengadukan 30 menit. 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 Rosyadah, 2008). Kekeruhan air limbah sangat bergantung pada kandungan zat padat (Djajadiningrat, 1993 dalam Yuliasri, 2010).

Berdasarkan analisis regresi didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 91,3%. Koefisien tersebut menunjukkan hubungan

yang kuat pengaruh konsentrasi dosis dan gradien kecepatan (variabel prediktor) terhadap persentase penyisihan kekeruhan (variabel respon) dimana besarnya persentase penyisihan kekeruhan dipengaruhi oleh konsentrasi dosis koagulan dan gradien kecepatan. Sedangkan sisanya sebesar 8,7% 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 lindi.

Hasil penyisihan kadar kekeruhan air lindi dalam penelitian ini mencapai 162 NTU atau sebesar 47,73% dengan dosis optimum biokoagulan Biji Asam Jawa sebesar 4 g/l pada gradien kecepatan bak koagulasi 300/detik dan bak flokulasi 40/detik tetapi hal ini belum memenuhi Baku Mutu PER.MENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 sebesar 5 NTU. Hal ini dikarenakan kondisi air lindi yang memiliki kandungan kekeruhan tinggi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penellitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Dosis optimum koagulan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi TSS, COD, dan Kekeruhan pada air lindi sebesar 4 g/l.
2. Dengan proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi mampu menurunkan konsentrasi TSS sebesar 65,54%, konsentrsi COD sebesar 38,84%, dan konsentrasi Kekeruhan sebesar 47,73% pada air lindi.
3. Gradien kecepatan yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi TSS, COD, dan Kekeruhan berpengaruh terhadap penyisihan konsentrasi bahan pencemar. Gradien kecepatan yang optimum yaitu pada bak koagulasi sebesar 300/detik (152 rpm) dan pada bak flokulasi sebesar 40/detik (24 rpm).

#### **5.2. Saran**

1. Berdasarkan karakteristik air lindi yang mengandung bahan pencemar yang tinggi, maka sebelum dilakukan pengolahan menggunakan reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi perlu adanya pengolahan terdahulu untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemar agar didapat hasil yang lebih efektif dan memenuhi standar baku mutu menurut PP N0.82 tahun 2001 dan PER.MENKES RI No.416/MEN.KES/PER/IX/1990.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi gradien kecepatan yang dapat berpengaruh dalam menurunkan konsentrasi bahan pencemar pada air lindi.
3. 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.

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) sebagai biokoagulan dalam mengolah air lindi maupun limbah cair lainnya mengingat sifat Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica L*) yang ramah lingkungan dan mampu mengolah parameter kualitas air yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Sri Santika S. 1987. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya.
- 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.
- Haryuna yetti. 2005. *Uji Efektifitas Proses Aerasi Pada Pengolahan Air Lindi Di TPA Supit Urang*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITN Malang.
- Herison, Ahmad. 2009. *Desain Prototipe Instalasi Koagulasi Dan Kolam Fakultatif Untuk Pengolahan Air Lindi*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P.2006. *Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14*. Andi. Yogyakarta.
- Karamah, E. Fathul dan Andrie Lubis. *Perlakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Khasanah Uswatun. 2008. *Efektifitas Biji Kelor (Moringa Oleifera, Lamk) Sebagai Koagulan Fosfat Dalam Limbah Cair Rumah Sakit*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Kima Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang.
- Latifah, H. Suhastri dan Evy Hendriarianti. *Nomor 17 Volume IX Januari 2011, ISSN 1693-0134*. Jurnal Spectra, FTSP-ITN Malang.
- Listirahaeni. 2012. *Pemanfaatan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica L) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan dan Kesadahan Pada Air Sungai*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITN Malang.
- Masduqi Ali, Slamet Agus. 2002. *Satuan Operasi Untuk Pengolahan Air*. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS. Surabaya.

- Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- PER.MENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010. *Tentang Persyaratan Kualitas Air Bersih*.
- Ramadhani, G. Intan dan Atiek Moesriati. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)*. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITS.
- Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A., *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, 2nd edition, PWS Publishing Company, Boston, 1982.
- Rosariawari, F dan M. Mirwan. 2012. *Jurnal Firra-Mirwan Env Vol 5.1*. FTSP Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- 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.
- Sugiarto. 1987. *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Sujianto, Agus. 2009. *Aplikasi statistik dengan SPSS 16.0*. Prestasi Pustaka Publisher. Jakarta.
- Susanto J. P. (2001) dan Ganefati S.P. "*Pengolahan Lindi (Leachate) TPA Piyungan Dengan Tawas dan Kapur Sebagai Upaya Pencegahan Pencemaran Sungai Opak Yogyakarta*", Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, BPPT, Jakarta.
- Tchobanoglous, 1993. *Solid Waste: Engineering Principles And Management Issues*. Penerbit Macgraw-Hill Kogakusha. Ltd.
- 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, ITN Malang.

Wulan S. Redhy. 2007. *Penurunan COD dan Warna Pada Air Lindi Di TPA Supit Urang Menggunakan Metode Aerasi Dengan Pretreatment Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP-ITN Malang.

Wulandari, T. Yekti. 2005. Uji Kemampuan Clarifier Thickener Dalam Menurunkan Kadar BOD dan PO<sub>4</sub> Pada Limbah Tahu. Skripsi Teknik Lingkungan ITN. Malang.

Yuliastri, I. Rani. 2010. *Penggunaan Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera) Sebagai Koagulan dan Flokulan Dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah*. . Jurusan Kima Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

<http://id.wikipedia.org>. Diakses tanggal 26 April 2014. Pukul : 17.20.

[www.Plantamor.com](http://www.Plantamor.com). Diakses tanggal 25 April 2014. Pukul 21.00.



NAMA : YASINTA ADELINA RAHAN  
NIM : 10.26.025  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
PEMBIMBING : CANDRA DWIRATNA, ST. MT.

### LEMBAR ASISTENSI

PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI  
DENGAN KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA

No.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Tanda Tangan
1.	3-7-2014	Bab I - o) cek redaksional o) manfaat penelitian  Bab II o) cek yang digunakan o) cek tata letak o) cek redaksional  Bab III o) perbaiki diagram alir penelitian	
2.	4-7-2014	Bab I dan III - acc  Bab IV → lanjutkan di analisis	



NAMA : YASINTA ADELINA RAHAN  
NIM : 10.26.025  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
PEMBIMBING : CANDRA DWIRATNA, ST. MT.

### LEMBAR ASISTENSI

PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI  
DENGAN KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA

No.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Tanda Tangan
3.	14.7.2014	Bab IV -- analisis statistik - ocl. lanjutan pembahasan <del>Bab III.</del> - Bab II. cek literatur Gauldar	
4.	23.7.2014	Bab II - acc Bab IV - tambah g jurnal	
5	4.8.2014	Bab IV - Cek penulisan • nama • Kehidupan cek point 2. • buku laporan	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
Jl. Bend. Sigura-gura No.2  
Malang

NAMA : YASINTA ADELINA RAHAN  
NIM : 10.26.025  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
PEMBIMBING : CANDRA DWIRATNA, ST. MT.

### LEMBAR ASISTENSI

PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI  
DENGAN KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA

No.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Tanda Tangan
6.	5-8-2014	Acc Lembar	



NAMA : YASINTA ADELINA RAHAN  
NIM : 10.26.025  
JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN  
PEMBIMBING : ANIS ARTIYANI, ST. MT.

### LEMBAR ASISTENSI

PENGOLAHAN AIR LINDI TPA SUPIT URANG DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI  
DENGAN KOAGULAN ALAMI BIJI ASAM JAWA

No.	Tanggal	Catatan/Keterangan	Tanda Tangan
1.	14. 7. 14	BAB I 1 tema 1 paragraf. Revisional - penulisan  BAB III 1. Singkat / poin hindari materi bab II 2. Cek di coretan	
2	15. 7. 14.	BAB I ACC. BAB III Perbaiki isi x materi	
3	22 . 7. 14	BAB III ACC. BAB IV dilanjutkan BAB II dilengkapi disesuaikan. bab iv	
4	24. 7. 14	BAB II ACC. → BAB IV ACC → lengkapi	
5.	27-8-14	ACC laporan siap kemas	

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



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

BANK NIAGA MALANG

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

### HASIL ANALISIS SAMPEL

1. Data Konsumen
  - Nama Konsumen : Yasinta Adelina Rahan
  - NIM : 1026025
  - Instansi : -
  - Alamat : Jl. Bendungan Sigura-gura V No. 9
  - Telepon : -
  - Status : Mahasiswa
  - Keperluan Analisis : Uji Kualitas
2. Proses Sampling : Dilakukan Oleh Konsumen
3. Lokasi Sampling : TPA Supit Urang Kota Malang
4. Identifikasi Sampel
  - Nama Sampel : Air Lindi
  - Wujud : Cair
  - Warna : Hitam
  - Bentuk : Cair
5. Prosedur Analisis : Dari Lab. Teknik Lingkungan  
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITN Malang
6. Proses Analisis : Dilakukan Oleh Konsumen
7. Hasil Pengolahan : Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi
8. Penyampaian Laporan : Diambil Konsumen
9. Tanggal Terima Sampel : 26 Juni 2014
10. Data Hasil Analisa :



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

BANK NIAGA MALANG Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

**Analisis Konsentrasi Awal Limbah**

Parameter	satuan	Nilai	Metode Analisis
TSS	mg/l	11800	Gravimetri
COD	mg/l	3680	Closed reflux turimetric

**Parameter TSS**

Kode sampel	Konsentrasi TSS (mg/l)				Metode Analisis
	1	2	3	R	
G 2	5400	5400	5500	5466.67	Gravimetri
G 3	4800	5000	5200	5000.00	
G 4	4200	4200	4200	4200.00	
K 2	5200	5000	5400	5200.00	
K 3	4400	4600	4200	4400.00	
K 4	4000	4200	4000	4066.67	

**Parameter COD**

Kode sampel	Konsentrasi COD (mg/l)				Metode Analisis
	1	2	3	R	
G 2	3040	3072	2912	3008,00	Closed Reflux Titrimetric
G 3	2816	2752	2688	2752,00	
G 4	2560	2496	2432	2496,00	
K 2	2880	2720	2784	2794,67	
K 3	2400	2528	2496	2474,67	
K 4	2240	2336	2176	2250,67	

**Keterangan:**

G = Gradien koagulasi 100/detik dan gradien flokulasi 30/detik

K = Gradien koagulasi 300/detik dan gradien flokulasi 40/detik



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
LABORATORIUM TEKNIK LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

BANK NIAGA MALANG Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Catatan : Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

**Asisten Laboratorium Pendamping**

**Noval Darma Risdian Hambajawa**  
NIM. 1026028

**Konsumen**

**Yasinta Adelina Rahan**  
NIM. 1026025

**Mengetahui**  
**Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan**

**Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si**  
NIP. 196106201991031002

## SERTIFIKAT CERTIFICATE

Nomor : 2758 S/LKA MLG/VII/2014

### IDENTITAS PEMILIK

Owner Identity

Nama : *Yasinta Adelinda Rahan*  
Name  
Alamat : *Jl. Sigura-gura V No. 9 Malang*  
Address

### IDENTITAS CONTOH UJI

Sample Identity

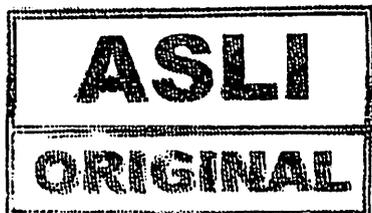
Kode Contoh Uji : *Ext. 609 - 615 /PC/VI/2014/ 662 - 668*  
Sample Code  
Jenis Contoh Uji : *Air Lindi*  
Type Sample  
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : *Malang*  
Sampling Location  
Petugas Pengambilan Contoh Uji : -  
Sampling Done By  
Tgl/Jam Pengambilan Contoh Uji : -  
Date Time of Sampling  
Tgl/Jam Penerimaan Contoh Uji : *30 Juni 2014 Jam 15:30 WIB*  
Date Time of Sample Received in Laboratory  
Kondisi Contoh uji : *Belum dilakukan pengawetan*  
Sample Condition (s)

### HASIL ANALISA

Result of Analysis

Terlampir  
Enclosed

Diterbitkan Di/Tanggal : *Malang, 11 Juli 2014*  
Place / Date of Issue



Contoh uji diambil oleh Yasinta  
AR. Tanggal, 30 Juni 2014

Laboratorium Kualitas Air  
Perum Jasa Tirta I

*Imam Buchori*  
**Imam Buchori, ST, M.Sc**  
Manajer Laboratorium  
Manager of Laboratory

No : 2758 S/LKA MLG/VII/2014

Halaman 2 dari 2  
 Page 2 of 2

Kode Contoh Uji / Sample Code : Ext. 609 – 615 /PCVI/2014/ 662 – 668  
 Metode Pengambilan Contoh Uji / Sampling Method : -  
 Tempat Analisa / Place of Analysis : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang  
 Tanggal Analisa / Testing Date : 30 Juni – 10 Juli 2014

## HASIL ANALISA

### Result of Analysis

Jumlah	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
<b>Sample Asli</b>					
1	Kekeruhan	NTU	338	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium
<b>180 gr G40</b>					
3	Kekeruhan	NTU	177 175 178	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium
<b>180 gr G30</b>					
3	Kekeruhan	NTU	187 190 188	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium
<b>135 gr G40</b>					
3	Kekeruhan	NTU	189 191 193	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium
<b>135 gr G30</b>					
3	Kekeruhan	NTU	198 200 200	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium
<b>10 gr G40</b>					
3	Kekeruhan	NTU	219 222 218	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium
<b>10 gr G30</b>					
3	Kekeruhan	NTU	244 245 243	Q/LKA/11 (Turbidimetri)	Analisa di laboratorium



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

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

This certificate or report is valid just for sample mentioned above and shall not be reproduced and or published without any approval from Water Quality Laboratory of Jasa Tirta 1 Public Corporation

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



**LAMPIRAN**

**DESAIN REAKTOR KOAGULASI –  
FLOKULASI – SEDIMENTASI  
DAN UKURAN *IMPELLER***

## DESAIN REAKTOR

### KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI

#### I. DIMENSI BAK PENAMPUNG LIMBAH

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

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

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

Digunakan bak plastik dengan volume  $\pm 45$  liter

#### II. DIMENSI BAK PENAMPUNG dan DEBIT ALIRAN KOAGULAN

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

Volume reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi = 45 liter

Jumlah koagulan yang digunakan = 4 x 45 liter = 180 gr

Jumlah pengenceran 180 x 65 ml = 11700 ml  $\approx$  12 liter

Digunakan bak plastik dengan volume  $\pm 12$  liter

$$\% \text{ larutan koagulan} = \frac{12 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} \times 100\% = 26,67\%$$

$$\% \text{ volume limbah} = \frac{33 \text{ liter}}{45 \text{ liter}} + 100\% = 73,33\%$$

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

$$Q_{\text{koagulan}} = \frac{0,5 \frac{\text{l}}{\text{menit}} \times 73,33\% \times 26,67\% \times 1 \text{ gr}}{4 \text{ gr/l}}$$
$$= 0,024 \text{ l/menit}$$

#### III. DIMENSI BAK KOAGULASI

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

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

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

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

$$P^3 = 0,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,079 \text{ m} \approx 8 \text{ cm}$$

$$P = l = t = 8 \text{ cm}$$

#### IV. DIMENSI BAK FLOKULASI

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

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, Volume} &= 22 \text{ cm} \times 22 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} \\ &= 15004 \text{ cm}^3 = 15 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \end{aligned}$$

#### V. DESAIN BAK SEDIMENTASI

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

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

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

##### Zona Settling

Direncanakan dimensi:

$$p : l = 3 : 1$$

$$\text{untuk } l = 22 \text{ cm}$$

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

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

##### Zona Inlet

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

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

##### Zona Lumpur

Vol. lumpur diasumsikan 100 ml/1000 ml limbah, jadi volume lumpur = 30

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

Direncanakan dimensi:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## DESAIN UKURAN IMPELLER

### *Paddle 4 Blades*

a. Untuk Bak Koagulasi

$$\text{diameter paddle } (d_{\text{paddle}}) = 80\% \times l = 80\% \times 8 \text{ cm} = 6,4 \text{ cm}$$

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

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

$$G = 100/\text{detik}$$

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

$$- p = G^2 \times \mu \times V$$

$$- p = 100^2 \times 0,0008004 \times (0,5 \times 10^{-3})$$

$$- p = 0,004002$$

$$- p = KT \times n^3 \times D_i^5 \times \rho$$

$$- 0,004002 = 2,0625 \times n^3 \times (0,064)^5 \times 995,68$$

$$- n^3 = \frac{0,004002}{2,205 \times 10^{-3}}$$

$$- n = 1,219 \text{ rps} = 73 \text{ rpm}$$

$$G = 300/\text{detik}$$

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

$$- p = G^2 \times \mu \times V$$

$$- p = 300^2 \times 0,0008004 \times (0,5 \times 10^{-3})$$

$$- p = 0,036018$$

$$- p = KT \times n^3 \times D_i^5 \times \rho$$

$$- 0,036018 = 2,0625 \times n^3 \times (0,064)^5 \times 995,68$$

$$- n^3 = \frac{0,036018}{2,205 \times 10^{-3}}$$

$$- n = 2,537 \text{ rps} = 152 \text{ rpm}$$

b. Untuk bak flokulasi

Td = 30 menit

diameter paddle ( $d_{\text{paddle}}$ ) = 80% x l = 80% x 22 cm = 17,6 cm

Lebar paddle ( $w_{\text{paddle}}$ ) = 1/6 x 17,6 cm = 3 cm

Tinggi paddle terhadap dasar ( $h_{\text{paddle}}$ ) = 1/2 x 17,6 = 8,8 cm

G = 30/detik

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

$$- p = G^2 \times \mu \times V$$

$$- p = 30^2 \times 0,0008949 \times (15 \times 10^{-3})$$

$$- p = 0,01208115$$

$$- p = KT \times n^3 \times D_i^5 \times \rho$$

$$- 0,01208115 = 2,0625 \times n^3 \times (0,015)^5 \times 997,07$$

$$- n^3 = 0,034787669$$

$$- n = 0,326 \text{ rps} = 20 \text{ rpm}$$

G = 40/detik

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

$$- p = G^2 \times \mu \times V$$

$$- p = 40^2 \times 0,0008949 \times (15 \times 10^{-3})$$

$$- p = 0,0214776$$

$$- p = KT \times n^3 \times D_i^5 \times \rho$$

$$- 0,0214776 = 2,0625 \times n^3 \times (0,015)^5 \times 997,07$$

$$- n^3 = 0,061844745$$

$$- n = 0,395 \text{ rps} = 24 \text{ rpm}$$

## KRITERIA DESAIN

### 1. Keterangan Kriteria Desain Bak Koagulasi:

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

### 2. Keterangan Kriteria Desain Bak flokulasi:

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

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

<b>Tipe <i>Impeller</i></b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>
<i>Paddle</i>	20-150 rpm	Diameter: 50-80% lebar bak, Lebar: 1/6-1/10 diameter <i>paddle</i> , Kedalaman (h) = 1/2d
<i>Turbine</i>	10-200 rpm	Diameter: 30-50% lebar bak, Lebar: 1/6-1/10 diameter <i>turbine</i> , Kedalaman (h) = d

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

### 4. Keterangan Kriteria Desain Bak Sedimentasi:

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

**LAMPIRAN**  
**PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN**

**LAMPIRAN**

**PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001  
TANGGAL 14 DESEMBER 2001**

**TENTANG**

**PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR**

**Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas**

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
<b>FISIKA</b>						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Tempertur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L

<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
ph		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu $\leq 1$ mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe $\leq 5$ mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn $\leq 5$ mg/L
Klorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	

Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO <sub>2</sub> -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
<b>MIKROBIOLOGI</b>						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
<b>RADIOAKTIVITAS</b>						
Gross - A	bg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/L	1	1	1	1	
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	ug/L					
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
	ug/L					
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyctor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

**Keterangan :**

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

**Logam berat merupakan logam terlarut**

Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.

Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.

Nilai DO merupakan batas minimum.

Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan

Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan

Tanda < adalah lebih kecil

**PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA**

ttd.

**MEGAWATI SOEKARNO PUTRI**



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

Lampiran  
Peraturan Menteri Kesehatan  
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010  
Tanggal : 19 April 2010

### PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

#### I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Klorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

## II. PARAMETER TAMBAHAN

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	KIMIAWI		
a.	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethenes		
	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/l	0,0006



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2- Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2-Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4-D dan MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,090
	Dichlorprop	mg/l	0,10
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan Hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6 -Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitrilies		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
2.	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	Gross beta activity	Bq/l	1

MENTERI KESEHATAN,

ttd

dr. Endang Rahayu Sedyaningsih, MPH, Dr. PH

**LAMPIRAN**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**

## DOKUMENTASI PENELITIAN



**Pengambilan Air Lindi di TPA Supit Urang**



**Reaktor Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi Aliran Kontinyu**



**Motor Pengaduk Koagulasi Flokulasi**



**Paddle atau pengaduk 4 blade**



**Biji Asam Yang Sudah Dikuliti Dan Serbuk Biji Asam**

# LEMBAR PERSEMBAHAN

# LEMBAR PERSEMBAHAN

"Mintalah, Maka akan diberikan kepadamu..."



(Matius 7:7)



Puji Syukur dan Terimakasih berlimpah untukMu Tuhan Yesus dan Bunda Maria, atas Berkat dan Perlindungan sehingga Hamba bisa menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya...

Hamba percaya selesai dan suksesnya skripsi ini tidak terlepas dari campur tanganMu yang begitu ajaib sehingga hamba dapat melewati setiap tahap dengan baik dan tanpa menemui hambatan yang berarti...

## Untuk keluarga tercinta "Raber's"

Karya ini Saya persembahkan untuk Bapa-Mama dan semua kaka-kaka tersayang Terima kasih karena selalu menjadi motivator terbaik untuk Saya, selalu menjadi tempat curhat, selalu mendukung saya menjadi yang terbaik dalam segala..



♥ Terimakasih banyak Bapa Sayang (Ema Momang) untuk dukungan, semangat, motivasi, dan doa yang Bapa kasih selama ini buat Ine.. saya janji akan balas setiap tetes keringat yang bapa kasih buat saya..

Bapa,...

Pinjami aku hatimu..

Agar aku belajar bagaimana engkau menghadapi masalah tanpa mengeluh sedikit pun..

Pinjami aku hatimu..

Agar aku ikut merasakan atas resah yang sering engkau ceritakan dalam diam..

Pinjami aku hatimu..

Agar aku paham bagaimana rasanya, berteduhkan panas, bermandikan hujan..

Pinjami aku hatimu Bapa..

Agar aku belajar tentang pengorbanan, air mata, dan doa..

♥ Terimakasih banyak Mama Sayang (Ende Momang) untuk semua dukungan, semangat, motivasi, dan doa yang Mama sudah kasih buat Ine selama ini..

Mama suka marah-marah kalo saya salah, mama selalu kuatir apa-apa semua yang saya buat di sini.. Saya sudah besar Mama sudah tau mana yang baik dan mana yg buruk Ine janji tidak akan buat Mama kecewa.. terimakasih juga untuk doa yang tulus yang selalu Mama sebut untuk saya, saya sadar saya jadi seperti sekarang ini karena Tuhan dengar Bapa dan Mama punya Doa..

Tanpa Mama, aku tak ada di dunia..

Tanpa Mama, aku bukan siapa-siapa..

Tanpa Mama, aku bukan orang yang berguna..

Tanpa Mama, hidupku terasa hampa..

Bersama Mama, aku selalu didampingi..

Bersama Mama, aku tak pernah merasa sendiri..

Bersama Mama, hidupku lebih berarti..

Mama selalu dihati

Terimakasih Mama, telah membesarkanku..

Terimakasih Mama, telah memperhatikanku..

Terimakasih Mama, atas segalanya yang diberikan kepadaku..

Terimakasih Mamaku tersayang..

## ***I Love U So Much Bapa dan Mama***

Terimakasih pula yang sebanyak-banyaknya buat kakakku berlima kak Yanti (worot), kak Nesta (mpelak), kak Yovi (ngemeng), kak Ino, dan kak Den (right) untuk segalanya dari yg sebagai motivator, penasehat, penyumbang materil, teman curhat, penyemangat, dan lain-lain.. Pokoknya kalian berlima ***is the best di hati..***

Sekarang si Bungsu sudah sarjana, berarti sudah besar tapi jangan berhenti kirim uang dulu ee sebelum Bungsu dapat kerja..hehehe janji nanti kalo sudah dapat kerja tidak buat beban kaka2 lagi...

Buat kaka Ipar saya kak Sebas, kak Yanto, Kak Beni, kak Helni, dan Kak Paul terimakasih banyak untuk semuanya, terimakasih sudah jadi kaka-kaka yang baik buat saya.. semoga kita akan tetap selalu rukun dan damai...

Buat semua ponaan tersayang Oyan, Tio, Koko, Grace, Arjun, Azis, Aditya, Aisa, Cello, Vito, Cahya, Rayen, Zanik.. terimakasih sayang-sayang yg selalu hibur mama sinn dan selalu buat mama sinn semangat...

## Sayang kalian semua...

Pasangan terbaik itu pasangan sepatu :

1. Bentuknya tak persis sama namun serasi
2. Saat berjalan tak pernah kompak tapi tujuannya sama
3. Tak pernah ganti posisi, namun saling melengkapi
4. Selalu seimbang tak ada yang lebih rendah atau tinggi
5. Bila yang satu hilang yang lain tak memiliki arti

## Thanks to My Special One

Makasih banyak kaka abe untuk selalu ada buat ade dalam senang maupun sedih, sudah mau jadi ade punya tempat curhat,

sudah jadi ade punya pelindung di tempat ini (Kota Malang), sudah berusaha jadi yang terbaik dan selalu jadi yang seperti ade mau...

maaf jika selama ini saya banyak dogenya (marah2), banyak marah2, dan kaka selalu dengan ikhlas terima itu semua...ade marah2 juga karena sayang to...hehe

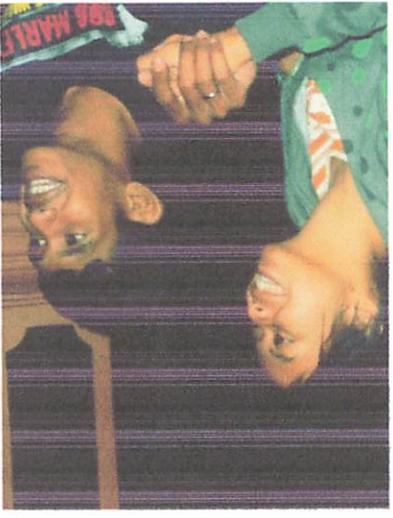
terimakasih banyak sudah bantu ade kasih selesai ini skripsi.. sebentar lagi ade sudah wisuda terus pergi dari kota ini kaka kuliannya jangan main-main lagi yang serius ade yakin kaka pasti bisa...Semangatt sayang... Ingat jangan lama-lama Oooo...heheheheeee

## Thanks to Environmental Engineering

Terima kasih untuk semua dosen-dosen Lingkungan yang telah berbagi ilmu dan membimbing saya selama ini .. Terima kasih untuk Ibu Candra dan Ibu Anis yang lewat diskusi-diskusi bersama telah membantu dan membimbing saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini .. Puji! TUHAN,

semuanya dapat terselesaikan dengan baik ..  
Terima kasih untuk dosen-dosen penguji yang sudah memberikan saran dan menguji hasil yang saya kerjakan sejak Seminar Proposal, Seminar Hasil hingga Sidang Komprehensif, terima kasih Pak Diro dan Pak Hery ..

Terima kasih untuk semua dosen pengajar Pak Har, Bu Ely, Pak nyoman, Pak Arif, Pak wayan, Pak Sumanto, Bu Erni, Bu Ester, Bu Lyia, Pak Eding dan yang lainnya yang saya tidak dapat sebutkan satu per satu .. Terima kasih untuk ilmu yang sudah diberikan, semoga saya dapat memanfaatkan dan mengamalkannya sebaik mungkin ..



Terima kasih juga untuk Bu Sus dan Pak Sigit yang telah membantu saya dalam urusan administrasi, pengurusan surat bimbingan dan survey dan sebagainya ..

Terima kasih juga untuk asisten laboratorium Teknik Lingkungan Noval dan Khusnul yang selalu membantu dalam penelitian skripsi ini..

# 10 Enviroanya ITN

Untuk pasukan 10 Environmental Engineering, terimakasih banyak cinte-cinte untuk kisah persahabatan yang sudah kita ukir selama ini..

Beda pulau, beda bahasa, beda keyakinan, beda suku, beda warna kulit, bahkan beda pemikiran tapi tidak jadi penghalang buat kita bersatu di tempat orang..

Kita sama-sama berjuang memulai segala sesuatu dari awal dan kita bisa sampai dititik ini Puji Tuhan..

Terimakasih banyak buat bantuannya selama ini, sampai pada penyusunan skripsi ini..tanpa kalian saya bukan apa-apa, kalian saya punya saudara/sodari di tempat ini... walaupun kita akan berpisah tapi jangan lupa untuk semua kenangan yang kita sudah ukir di tempat ini.. saya sayang kalian semua.....



Terimakasih teristimewah buat Bapak Sudiro sebagai Dosen wali yang selalu membimbing dari awal 2010 dan memperjuangkan serta menyemangati kami untuk lulus..

# "Orang-orang terdekat"

- ♥ Buat anak Man yang selalu membantu walaupun harus dibayar dengan traktiran..hehe terima kasih oo sudah bantu tumbuk biji asam sampe menyerah, sudah bantu angkat air lindi yg super duper bau, sudah mau diminta tolong buat antar kesana-kesini..kulia yang semangat ee biar cepat-cepat lulus seperti saya pacaran tu rem2 dolo..hehe
- ♥ Buat kimrius teman seperjuangan yang selalu ada saat sudah menemui jalan buntu..terimakasih banyak kim, kau memang saya punya sahabat paling baik sudah tidak tau harus balas kau punya kebaikan dengan cara apa..saya hanya berdoa semoga kau selalu bahagia ee sahabat... terimakasih untuk mesin pengaduknya, Puji Tuhan saya punya penelitian berjalan lancar.. jangan lupa dengan saya oo... ☺
- ♥ Buat kak Noy Belen yang sudah banyak membantu dalam segala hal dari awal sekripsi ini sampai akhir.. Epan gawang du'a Noy sudah bantu saya buat power point, bantu saya tumbuk biji asam sampe rela-rela nginap di tempat orang dan sampe beler dan bosan tumbuk yang namanya biji asam..hehe, sudah mau temani ambil air lindi yang baunya paling khas sudah. Yang sudah mau rawat saya waktu saya sakit. Sekali lagi makasih banyak saya tidak tau harus bilang trimakasih yang bagaimana lagi dan tidak tau mau balas dengan cara apa..tenang nanti kalo ke Manggarai tinggal telpon saja saya siap buat antar kemana2..hehe  
Iya lupa, cari pacar sudah biar tidak single lagi tu..hehe ☺ atau nanti saya cari nana-nana Manggarai saja ee, biar kita jadi tetangga...hehe
- ♥ Buat semua kaka-kaka yang sudah lulus kak Nely, kak Viny, Kak Wati, kak Nana, kak Sofi, kak Jupe, kak Benjy, kak Indra, kak Lusi, kak Thalia..makasih kaka-kaka buat bantuannya..
- ♥ Untuk semua anak2 KMK (Keluarga Mahasiswa Katolik) ITN Malang yang tidak bisa saya sebut 1 per 1..trimakasih kaka-kaka, teman-teman, dan adik-adik semua buat dukungan dan bantuannya..banyak pelajaran yang saya dapat dari kalian dan saya tidak akan lupa itu..saya rasa seperti punya keluarga baru di kota ini. Semua kenangan yang sudah terukir akan saya simpan baik-baik dalam memori otak ini yang akan saya ceritakan buat anak cucu saya..hehe pasti akan kangen kalian semua dan gedung UKM lantai 4 paling pojok tempat berbagai cerita... VIVA KMK ☺

- ♥ Buat Tian dan Romy yang sudah rela bau-bau ambil lindi..trimakasih teman saya tidak akan lupa...
- ♥ Buat semua teman-teman yang dengan ikhlas membantu sampai selesainya skripsi saya ini, trimakasih banyak saya tidak akan seperti ini tanpa kalian..

# Arek arek Bensi 5/9

Thank so much buat nona-nona rempong yang selalu memberikan dukungan, selalu ngajak jalan-jalan kalo lagi sumpek, selalu ngajak gossip dan curhat .. kos yang punya banyak cerita. 6 bulan di sini sudah cukup buat saya untuk jadi bagian dari kalian..

Buat kak emmy, kak aurel, kak mita, kak noy, illy, ima, ade grace, ade ipar herta, indah, della, tika dan ria.. Terimakasih atas Kebersamaan dan bantuan selama di Kosan... kalian adalah Kluarga bagi saya..semua kenangan takan pernah di lupakan...



## "Sahabat"



Sahabat tak selalu membantumu  
 Tapi dia rela mendengarkan keluh kesamu  
 Sahabat bisa jadi tak hebat  
 Tapi dia membuatmu kuat  
 Sahabat mungkin tak satu jalan  
 Tapi dia memberi ruang untuk toleran  
 Sahabat bisa saja hadirkan perih  
 Tapi dia adalah simfoni hati  
 Sahabat tak selalu ada di dekatmu  
 Tapi adanya dia melengkapi hidupmu

Terima kasih Nona Irr dan Nona Inang kak Emy untuk kebersamaan selama 4 tahun ini. Banyak hal yang kita lalui bersama ada suka ada duka. Dari yang kita tidak tau apa yang orang bilang kangaranga sampe yang tau segalanya..hehe

♥ Kak emy trima kasih sudah jadi sahabat sekaligus kaka buat saya di sini, maaf kalo selama ini saya ada salah sikap atau tutur kata saya minta maaf ee..tidak maksud buat kak emy sakit hati ☺

Semangat ee kerja skripsinya biar bisa lulus maret, terus seperti yang dibayangkan langsung dilamar sama kaka B...hehe Aminn...

♥ Buat Nona kriting Irr terima kasih sudah jadi sahabat yang baik, saya rasa diperlakukan sebagai adik yang paling disayang sama kakanya...hehe

La\_u saya minta maaf ee kalo saya punya sikap dan kata2 sudah buat sakit kau punya hati, tidak maksud la buat begitu seperti yg Nona Irr bilang mungkin saya khilaf, maaf ee ☺

Terimakasih untuk selalu peduli dengan saya, walau pun saya kadang cuek dan suka merajuk..hehe makasi la..

Semangatt ee kerja skripsinya biar bisa lulus maret... Aminn...

Kangen kamu 2 ☺ kalo kita sudah tinggal jauh2 jangan lupa saya ee... mungkin kita tidak bisa buat cerita lagi di ini kota tapi semua yg kita sudah lewati selama ini saya tidak akan lupa.. saya berharap kelak kita 3 bisa ketemu lagi dan saat itu kita 3 sudah jadi orang sukses... Aminnn...

# Terima Kasih KOTA MALANG

**Terima kasih Bumi Arema untuk Banyak Cerita Indah Yang Telah Terukir Di sini**