

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN BIJI KELOR (*Moringa Oleifera*) SEBAGAI KOAGULAN  
DALAM PROSES KOAGULASI FLOKULASI PADA PENGOLAHAN  
LIMBAH DOMESTIK MENJADI AIR BAKU**

*(Studi Kasus: Rumah Susun A, Kelurahan Kota Lama, Malang)*



Oleh :

**IVAN RAMADHANI**

**1026901**

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

**2014**



**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Dalam Proses  
Koagulasi Flokulasi Pada Pengolahan Limbah Domestik Menjadi Air Baku.**

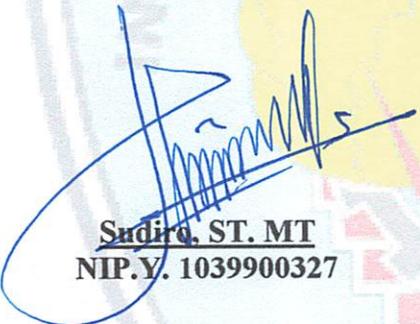
**Disusun Oleh :**

**Ivan Ramadhani  
10.26.901**

**Menyetujui :  
Tim Pembimbing**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

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

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

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan**



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



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
LEMBAGA PENGAJIAN 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 : IVAN RAMADHANI**  
**NIM : 10.26.901**  
**JURUSAN : TEKNIK LINGKUNGAN**  
**JUDUL : PEMANFAATAN BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) SEBAGAI KOAGULAN DALAM PROSES KOAGULASI FLOKULASI PADA PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK MENJADI AIR BAKU.**

**Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Program Sastra Satu (S-1)**

**Pada Hari : Senin**

**Tanggal : 21 Agustus 2014**

**Dengan Nilai : 68,11 (B)**

**PANITIA UJIAN SKRIPSI**

**Ketua**

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

**Sekretaris**

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

**ANGGOTA PENGUJI**

**Dosen Pembahas I**

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

**Dosen Pembahas II**

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

**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**

---

---

Ramadhani Ivan., Sudiro., Setyobudiarso Hery. 2014. **Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Dalam Proses Koagulasi Flokulasi Pada Pengolahan Limbah Domestik Menjadi Air Bersih.** Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

---

---

### ABSTRAKSI

Limbah dari aktivitas Rumah Susun yang berasal dari dapur dan kamar mandi (*Grey Water*) mengandung detergen, fosfat dan BOD yang pada umumnya langsung dialirkan ke badan air begitu saja. Hal ini menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif pengolahan yaitu Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi yang merupakan pengolahan secara fisik yaitu mengolah air limbah dengan kategori partikel-partikel padat. Unit koagulasi yang berfungsi untuk destabilisasi koloid agar partikel-partikel koloid bermuatan positif dan negatif sehingga bertumbukan dan membentuk flok-flok yang lebih besar. Unit flokulasi merupakan proses pengkondisian flok-flok kecil menjadi besar. Unit sedimentasi merupakan unit yang berfungsi mengendapkan flok yang telah menjadi besar tersebut secara gravitasi pada aliran laminar.

Koagulan yang digunakan dalam proses koagulasi adalah Biji Kelor (*Moringa Oleifera*). Variasi yang digunakan pada penelitian ini meliputi variasi dosis koagulan yaitu 1; 2; 3 gr/l dan variasi Gradient kecepatan pengadukan yaitu 150/detik dan 300/detik. Diharapkan pada penelitian ini dengan menggunakan koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) serta variasi dosis dan Gradient kecepatan dapat menghasilkan persen penyisihan parameter yang lebih besar dalam menurunkan konsentrasi Detergen, Fosfat, dan BOD pada proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi.

Hasil penelitian yang didapatkan bahwa persentase penyisihan Detergen paling optimal pada dosis koagulan 2gr/l dengan perlakuan Gradien kecepatan 150/detik sebesar 36,03%, penyisihan Fosfat paling optimal pada dosis koagulan 1 gr/l dengan perlakuan Gradien kecepatan 300/detik sebesar 68,67%, dan penyisihan BOD paling optimal pada dosis koagulan 2 gr/l dengan perlakuan Gradien kecepatan 150/detik sebesar 22,71%,

---

---

**Kata Kunci:** Biji Kelor (*Moringa Oleifera*), BOD, Detergen, Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi, Fosfat

---

---

---

---

Ramadhani Ivan., Sudiro., Setyobudiarso Hery., 2014. **Utilization of Murunggai seed (*Moringa Olifera*) As Coagulant in Coagulation, Flocculation, and Sedimentation Process On Domestic Wastewater Treatment Become Clean Water.** Mini Thesis Report, Department Environmental of Engineering, National Institute of Technology Malang.

---

---

### **Abstract**

Wastewater of mansion activity is coming from kitchen and toilet contains detergent, phosphate and BOD. Generally the wastewater is directly flow into the main water, can cause pollution in the water. One of alternative treatment is coagulation, flocculation, and sedimentation as physical treatment category of particles solid. Coagulation unit in function to destabilization the colloid, so that particles with positive charged and negative charged will collide and make a bigger flocks. Flocculation unit in function to maintain the bigger flocks and sedimentation unit in function to settle the bigger flocks with gravitation on laminar flow. Coagulant that used in coagulation process is Murunggai seed (*Moringa Olifera*). Variables that used in this research include variable doses coagulant is 1, 2, 3 mg/l and variable mixing velocity gradient are 150/second and 300/second. Expect in this research where using coagulant murunggai seed (*Moringa Olifera*) also doses variable and velocity gradient will get bigger value of concentration removal detergent, phosphate, and BOD on coagulation flocculation and sedimentation process. The result of this research showed that, the bigger concentration removal detergent on 2 mg/l doses coagulant with velocity gradient 150/second as big as 36,03 %, the bigger concentration removal phosphate on 1 mg/l doses coagulant with velocity gradient 300/second as big as 68,67 %, and the bigger concentration removal BOD on 2 mg/l doses coagulant with velocity gradient 150/second as big as 22,71 %.

---

---

**Key words:** BOD, Coagulation-Flocculation-Sedimentation, Detergent, Murunggai seed (*Moringa Olifera*), and Phosphate.

---

---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, penyusun dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Dalam Proses Koagulasi Flokulasi Pada Pengolahan Limbah Domestik Menjadi Air Baku”** ini tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun setelah melalui proses penelitian, analisis data, dan pembahasan. Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sudiro, ST.MT., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Si., selaku dosen pembimbing II dan Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran demi kesempurnaan laporan skripsi ini.
3. Ibu Candra Dwi Ratna, ST.MT., selaku Dosen Penguji I dan selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Anis Artiyani, ST.MT., selaku Dosen Penguji II dan Sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang yang telah memberikan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dosen-dosen pengajar dan staf Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2010 dan sahabat-sahabat mahasiswa yang telah membantu dalam penelitian hingga penyusunan laporan skripsi ini.

Kesadaran akan masih banyaknya kekurangan atas laporan ini, membuat penyusun berharap akan adanya masukan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, Agustus 2014

Penyusun

## **DAFTAR ISI**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ABSTRAK**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR GAMBAR**

<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Ruang Lingkup	6
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>7</b>
2.1. Limbah Cair	7
2.1.1. Pengertian Limbah Cair	7
2.1.2. Sumber –Sumber Limbah Cair	7
2.1.3. Karakteristik Air Limbah	8
2.1.4. Dampak Air Limbah	9
2.2. Air Limbah Domestik	10
2.2.1. Karakteristik Air Limbah	10
2.2.2. Kualitas Air Limbah Domestik	10
2.3. Pengolahan Limbah	12
2.3.1. Koagulasi-Flokulasi	13
2.3.1.1. Definisi Koagulasi-Flokulasi	13
2.3.1.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi	14

2.3.1.3. Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi dan Jenis Koagulan	16
2.3.2. Sedimentasi	18
2.3.3. Kriteria Desain	18
2.4. Biji Kelor ( <i>Moringa Oleifera</i> )	27
2.4.1. Taksonomi Biji Kelor	27
2.4.2. Morfologi <i>Moringa Oleifera</i>	27
2.4.3. Kandungan Biji Kelor	28
2.5. Metoda Pengolahan Data	29
2.5.1. Statistika Deskriptif dan Inferensi	29
2.5.2. Analisis Korelasi	29
2.5.3. Analisis Regresi	30
2.5.4. Pengantar Desain Eksperimen	31
2.5.4.1. Langkah-Langkah Dalam Desain Eksperimen	31
2.5.4.2. <i>Analysis of Variance</i>	31
<b>BAB III.    METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>33</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian	33
3.2.1. Sampel Limbah	33
3.2.2. Koagulan	33
3.2.3. Peralatan Pengolahan	33
3.3. Variabel Penelitian	35
3.4. Tahapan Penelitian	36
3.4.1. Penelitian Pendahuluan	36
3.4.2. Tahap Operasional	36
3.5. Analisis Parameter Uji	37
3.5.1. Analisis Detergen (MBAS)	38
3.5.2. Analisis BOD	38
3.5.3. Analisis Fosfat (PO <sub>4</sub> )	39
3.6. Analisis Data	39

<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>41</b>
4.1. Karakteristik Limbah Cair Domestik	41
4.2. Data-Data Setelah Proses Pengolahan	42
4.3. Analisis Deskriptif	43
4.3.1. Analisis Deskriptif Penyisihan Detergen	44
4.3.2. Analisis Deskriptif Penyisihan Fosfat	46
4.3.3. Analisis Deskriptif Penyisihan BOD	49
4.4. Analisis ANOVA Two Way	51
4.4.1. Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan Detergen	52
4.4.2. Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan Fosfat	54
4.4.3. Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan BOD	56
4.5. Analisis Korelasi	57
4.5.1. Analisis Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Detergen	58
4.5.2. Analisis Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Fosfat	59
4.5.3. Analisis Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan BOD	61
4.6. Analisis Regresi	62
4.6.1. Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Detergen Terhadap Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan	62
4.6.2. Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Fosfat Terhadap Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan	65
4.6.3. Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan BOD Terhadap Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan	68
4.7. Pembahasan	70
4.7.1. Pembahasan Penurunan Detergen (MBAS)	71
4.7.2. Pembahasan Penurunan Fosfat	72
4.7.3. Pembahasan Penurunan BOD	74

<b>BAB V. Kesimpulan dan Saran</b>	<b>77</b>
5.1. Kesimpulan	77
5.2. Saran	77

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Klarifikasi Tingkat Pencemaran Air Limbah Domestik	12
Tabel 2.2. Jenis Koagulan Kimia	17
Tabel 2.3. Jenis Koagulan Alami	17
Tabel 2.4. Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan	19
Tabel 2.5. Kriteria Impeller	21
Tabel 2.6. Kandungan Biji Kelor	28
Tabel 4.1. Karakteristik Awal Limbah Cair <i>Grey Water</i> Rumah Susun	42
Tabel 4.2. Kadar Detergen Hasil Pengolahan KFS	43
Tabel 4.3. Kadar Fosfat Hasil Pengolahan KFS	43
Tabel 4.4. Kadar BOD Hasil Pengolahan KFS	43
Tabel 4.5. Persentase Penyisihan Detergen	45
Tabel 4.6. Persentase Penyisihan Fosfat	48
Tabel 4.7. Persentase Penyisihan BOD	50
Tabel 4.8. Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap Persentase (%) Penyisihan Detergen	52
Tabel 4.9. Hasil Uji Tukey Variasi Dosis Koagulan Dengan Persentase Penyisihan Detergen Proses KFS	54
Tabel 4.10. Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap Persentase (%) Penyisihan Fosfat	54
Tabel 4.11. Hasil Uji Tukey Variasi Gradien Kecepatan Dengan Persentase Penyisihan Fosfat Proses KFS	55

<b>Tabel 4.12. Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap Persentase (%) Penyisihan BOD</b>	<b>56</b>
<b>Tabel 4.13. Hasil Uji Tukey Variasi Gradien Kecepatan Dengan Persentase Penyisihan BOD Proses KFS</b>	<b>57</b>
<b>Tabel 4.14. Hasil Uji Korelasi Antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Detergen</b>	<b>58</b>
<b>Tabel 4.15. Hasil Uji Korelasi Antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Fosfat</b>	<b>60</b>
<b>Tabel 4.16. Hasil Uji Korelasi Antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan BOD</b>	<b>61</b>
<b>Tabel 4.17. Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Detergen Terhadap Dosis Koagulan Biji Kelor</b>	<b>63</b>
<b>Tabel 4.18. Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Detergen Terhadap Gradien Kecepatan</b>	<b>64</b>
<b>Tabel 4.19. Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Fosfat Terhadap Dosis Koagulan Biji Kelor</b>	<b>65</b>
<b>Tabel 4.20. Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Fosfat Terhadap Gradien Kecepatan</b>	<b>67</b>
<b>Tabel 4.21. Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan BOD Terhadap Dosis Koagulan Biji Kelor</b>	<b>68</b>
<b>Tabel 4.22. Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan BOD Terhadap Gradien Kecepatan</b>	<b>69</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 2.1. Tipe Paddle</b>	<b>20</b>
<b>Gambar 2.2. Tipe Turbine dan Propeller</b>	<b>21</b>
<b>Gambar 2.3. Pengadukan Pneumatis</b>	<b>24</b>
<b>Gambar 3.1. Skema Pengolahan KFS</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 3.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian</b>	<b>40</b>
<b>Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi Akhir Detergen</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.2. Grafik Persentase Penyisihan Detergen</b>	<b>46</b>
<b>Gambar 4.3. Grafik Konsentrasi Akhir Fosfat</b>	<b>47</b>
<b>Gambar 4.4. Grafik Persentase Penyisihan Fosfat</b>	<b>48</b>
<b>Gambar 4.5. Grafik Konsentrasi Akhir BOD</b>	<b>49</b>
<b>Gambar 4.6. Grafik Persentase Penyisihan BOD</b>	<b>51</b>

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Limbah rumah tangga atau domestik adalah limbah yang dihasilkan dari suatu aktifitas rumah tangga yang dapat berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah dari sisa aktifitas rumah tangga dibagi menjadi dua jenis, yaitu dari kotoran manusia yang berupa tinja dan kemih (*Black Water*) dan limbah yang berasal dapur dan kamar mandi (*Grey Water*). Pada umumnya, limbah yang berasal dari aktifitas rumah tangga ataupun rumah susun tidak terdapat adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sehingga air sisa aktivitas rumah tangga khususnya limbah dapur dan kamar mandi (*Grey Water*) langsung dialirkan ke badan air begitu saja. Limbah domestik yang dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan yang dapat mengganggu kualitas air. Limbah yang dihasilkan oleh air buangan domestik atau rumah tangga mengandung bahan pencemar seperti Detergen, Fosfat, dan BOD.

Detergen adalah campuran berbagai bahan, untuk membantu pembersihan dan terbuat dari bahan-bahan turunan minyak bumi. Limbah yang dihasilkan detergen sangat merusak lingkungan karena detergen merupakan hasil penyulingan dari minyak bumi yang diberi berbagai tambahan bahan kimia.

Fosfat merupakan salah satu bahan kimia yang sangat penting bagi makhluk hidup. Fosfat organik biasanya terdapat dalam air buangan dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya (Alaerts, 1984). Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air rendah, maka akan menghambat pertumbuhan ganggang. Sebaliknya bila kadar fosfat dalam air tinggi, maka pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas, sehingga akan mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air. Hal ini tentu sangat berbahaya bagi kelestarian ekosistem perairan.

Proses pengolahan air limbah domestik (Rumah Susun) menjadi air baku perlu dilakukan pengolahan melalui beberapa tahap, dimana pada sistem *treatment* atau pengolahan ini terdiri dari beberapa perlakuan yaitu; fisik, biologi, dan kimia. Sistem pengolahan limbah domestik menjadi air bersih ini melewati tiap-tiap unit pengolahan yang meliputi Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dan Desinfeksi.

Tahap awal pada proses pengolahan yaitu pada unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Air limbah dialirkan ke dalam bak koagulasi dengan proses pengadukan cepat menggunakan metode mekanik dengan mencampurkan koagulan dan bak flokulasi melalui pengadukan lambat menggunakan metode hidrolis, setelah itu air didiamkan dalam bak sedimentasi. Air yang keluar dari bak sedimentasi akan langsung dialirkan menuju unit pengolahan desinfeksi dengan menggunakan larutan *chlor*. Air yang sudah terolah dari beberapa unit pengolahan akan menghasilkan air baku.

Rangkaian dalam pengolahan ini, peneliti lebih memfokuskan pada unit pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi. Langkah awal dalam unit ini, air baku akan masuk kedalam bak koagulasi. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan koagulan yang akan membentuk inti gumpalan melalui pengadukan cepat. Koagulan yang digunakan dalam proses koagulasi adalah biji kelor (*Moringa Oleifera*). Air dari bak koagulasi dialirkan kedalam bak flokulasi yang merupakan tahap lanjutan dari proses koagulasi. Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar melalui pengadukan lambat. Air yang telah melalui bak flokulasi akan masuk kedalam bak sedimentasi (pengendapan). Sedimentasi adalah pemisahan solid-liquid secara gravitasi dimana partikel yang diendapkan adalah partikel flokulan yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi.

Berdasarkan penelitian (Halomoan N. dan Handajayani M., 2013) dengan judul Penyisihan Fosfat dan Surfaktan Menggunakan Koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Pada Limbah Pencucian Pakaian, dapat menurunkan

kandungan surfaktan dan Fosfat meskipun kurang signifikan. Penyisihan optimum surfaktan 51,85% dan Total P 73,12% untuk dosis 0,6 gr/L.

Pada penelitian (Sutarto A., 2007) dengan judul Penurunan Kadar Detergen dan Minyak Lemak dengan Metode Koagulasi Flokulasi Pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel Motor, dapat menurunkan kadar detergen sebesar 93,07% dengan Ferri Chlorida sebagai koagulan sebesar 3 gr/L. Penurunan kadar minyak lemak sebesar 83,87% dengan Ferro Sulfat sebagai koagulan sebesar 2 gr/L.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wati I.F, 2012) dengan judul Pengolahan Limbah Cair Pencucian Mobil "*The Auto Bridal*" Malang Dengan Adsorpsi Zeolit Alam Melalui *Pretreatment* Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi, dapat menurunkan TSS dan Minyak Lemak pada limbah cair pencucian mobil. Persentase penurunan tertinggi terjadi pada proses Adsorpsi melalui pretreatment dengan konsentrasi koagulan 3,5 gr/L, yang dapat menurunkan TSS sebesar 100% dan Minyak Lemak sebesar 56,88%.

Air limbah domestik dari Rumah Susun memerlukan alternatif pengolahan limbah agar dapat memenuhi standar baku mutu sebelum dibuang ke badan air, salah satu alternatif untuk pengolahan limbah domestik adalah dengan proses fisik dan kimia dengan menggunakan pengolahan yang dapat dioperasikan dengan mudah yaitu proses koagulasi flokulasi.

Koagulasi adalah proses penggumpalan partikel koloid karena penambahan bahan kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena adanya gaya gravitasi. Flokulasi adalah proses pengadukan lambat agar campuran koagulan dan air baku yang telah merata membentuk gumpalan atau flok dan dapat mengendap dengan cepat. Proses koagulasi dan flokulasi ini memperbesar ukuran flok sehingga endapan flok yang didapatkan lebih besar jumlahnya agar mudah untuk mengendap.

Koagulan yang sering digunakan dalam proses pengolahan air adalah koagulan kimia yaitu PAC (*Poly Aluminium Chloride*), Alum, dan Tawas. Proses pengolahan air dengan menggunakan koagulan kimia dapat menghasilkan endapan yang dapat membahayakan lingkungan setelah dibuang. Biji kelor adalah

salah satu jenis koagulan alami yang berasal dari alam dengan efektifitas tinggi dan koagulan biji kelor ini tidak membahayakan lingkungan. Biji kelor sudah lama digunakan dalam pengolahan air minum sebagai penjernih air Sungai Nil di Afrika dengan presentase penurunan kekeruhan hingga mencapai 80%.

Umumnya partikel-partikel organik dan koloid dalam air buangan bersifat negatif. Jika ion-ion atau koloid bermuatan positif (kation) ditambahkan ke dalam koloid target koagulasi, maka kation tersebut akan masuk ke dalam lapisan difusi karena tertarik oleh muatan negatif yang ada pada permukaan partikel koloid. Biji kelor memiliki berat molekul yang rendah dan bermuatan positif. Biji kelor yang sudah dijadikan serbuk dapat mudah larut didalam air maupun larutan. Biji kelor memiliki kandungan Besi sebesar 0,086%, Mangan 0,008%, dan Seng 0,0015%. Jika dilihat dari kandungan dalam biji kelor, maka biji kelor tersebut memenuhi kriteria sebagai zat yang dapat membuat terjadinya proses tarik-menarik terhadap partikel lainnya.

Berdasarkan penelitian (Halomoan N. dan Handajayani M., 2013) dengan judul Penyisihan Fosfat dan Surfaktan Menggunakan Koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Pada Limbah Pencucian Pakaian, dimana dalam penggunaan dosis koagulan biji kelor 0,6 gr/L belum dapat menyisihkan kandungan Surfaktan dan Fosfat dengan signifikan.

Pada penelitian (Sutarto A., 2007) dengan judul Penurunan Kadar Detergen dan Minyak Lemak dengan Metode Koagulasi Flokulasi Pada Pengolahan Limbah Cair Bengkel Motor, dimana koagulan Ferri Chlorida mampu menurunkan kandungan detergen sebesar 93,07% dan koagulan Ferro Sulfat dapat menurunkan kadar minyak lemak sebesar 83,87%.

Melihat dari penelitian (Halomoan N. dan Handajayani M., 2013) yang menggunakan dosis koagulan biji kelor 0,6 gr/L belum menghasilkan penurunan yang signifikan dan penelitian (Sutarto A., 2007) yang mampu menurunkan detergen dan minyak lemak dengan persen penyisihan yang cukup besar, namun menggunakan koagulan kimia.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Wati I.F, 2012) yang juga menggunakan koagulan biji kelor dengan variasi dosis 1,5 gr/L, 2,5 gr/L, dan 3,5

gr/L dengan metode Hidrolis pada bak flokulasi yang mampu menurunkan hingga 100% TSS dan Minyak Lemak sebesar 56,88% dengan adsorpsi zeolit alam melalui pretreatment.

Maka muncul ide untuk memanfaatkan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dengan proses koagulasi flokulasi pada pengolahan lanjutan limbah domestik (*Grey Water*) menjadi air baku.

## **1.2 Rumusan Masalah**

- 1) Apakah pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dalam proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dapat mengolah limbah cair rumah susun menjadi air baku?
- 2) Manakah yang paling efisien untuk penyisihan Fosfat, Detergen, dan BOD dalam proses pengadukan cepat (koagulasi) dengan perbedaan gradient kecepatan?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

- 1) Untuk mengetahui kemampuan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dalam proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dapat mengolah limbah cair rumah susun menjadi air baku.
- 2) Untuk mengetahui efisiensi penyisihan Fosfat, Detergen, dan BOD dalam proses pengadukan cepat (koagulasi) dengan perbedaan gradient kecepatan?

## **1.4 Manfaat Penelitian**

- 1) Dapat menurunkan kandungan Detergen, Fosfat, dan BOD yang terdapat pada limbah domestik rumah susun.
- 2) Menjadikan pengolahan koagulasi flokulasi dan biji kelor sebagai koagulan dalam pengolahan limbah domestik rumah susun.
- 3) Menjadikan Biji Kelor sebagai langkah alternatif dalam pemilihan koagulan alami.
- 4) Dapat mengolah air limbah rumah susun menjadi air baku.

## **1.5 Ruang Lingkup**

- 1) Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium dengan alat pengolahan berupa bak Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi, serta aliran dalam proses pengolahan ini adalah aliran *continue*.
- 2) Metode yang digunakan dalam proses koagulasi adalah metode pengadukan mekanis.
- 3) Metode yang digunakan dalam proses flokulasi adalah metode hidrolis.
- 4) Alat pengaduk koagulasi yang digunakan adalah *Paddle 2 Blades*.
- 5) Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk biji kelor (*Moringa Oleifera*).
- 6) Waktu operasional pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi adalah 91 menit.
- 7) Sampel limbah yang digunakan adalah limbah domestik rumah susun yang baru keluar dari outlet setelah aktivitas warga.
- 8) Parameter yang diuji adalah Detergen, Fosfat, dan BOD dimana parameter ini diuji sebelum dan sesudah melalui proses pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi.
- 9) Air yang keluar dari proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi adalah air yang sudah terolah.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair**

Salah satu jenis limbah yang merusak lingkungan sekitar yaitu limbah cair. Limbah jenis ini berasal dari aktifitas rumah tangga dan industri.

##### **2.1.1 Pengertian Limbah Cair**

Limbah adalah sesuatu yang tidak berguna, tidak memiliki nilai ekonomi dan akan dibuang, apabila masih dapat digunakan maka tidak disebut limbah. Secara umum pengertian limbah cair (air limbah) adalah kotoran dari masyarakat dan rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini yang bersifat kotoran umum (Sugiharto, 2008).

##### **2.1.2 Sumber-Sumber Limbah Cair**

Jenis limbah cair pada dasarnya ada 2 (dua), yaitu limbah industri dan limbah rumah tangga. Limbah cair yang termasuk limbah rumah tangga pada dasarnya hanya mengandung zat-zat organik yang dengan pengolahan sederhana atau secara biologi dapat menghilangkan polutan yang terdapat didalamnya. Gosch (1998) dalam Kuniadie (2011) mendefinisikan limbah cair sebagai air yang mengandung bahan pencemar organik maupun anorganik yang berasal dari:

1. Kegiatan rumah tangga, seperti dari aktifitas mandi, mencuci pakaian, kamar mandi, dan memasak.
2. Kegiatan komersial, seperti hotel, resort, villa, rumah peristirahatan, perkantoran, dan supermarket yang menghasilkan limbah cair.
3. Kegiatan industri yang menghasilkan air limbah, seperti limbah cair dari industri pertanian, peternakan, industri tekstil, penyamakan kulit, dan industri lainnya yang menghasilkan air limbah.

### **2.1.3 Karakteristik Air Limbah**

Secara garis besar komposisi dari karakteristik limbah dapat dibedakan berdasarkan parameter fisik, kimia, dan biologis.

#### **1. Parameter Fisik**

- **Bahan Padat Total (*Total Dissolved Solid*)**

Merupakan bahan padat yang terdiri dari bahan padat tidak terlarut dan senyawa yang terlarut dalam air.

- **Warna**

Warna yang ada pada limbah cair merupakan sifat fisik kualitatif yang dapat dijadikan penilaian terhadap kandungan limbah cair.

- **Bau**

Air limbah baru biasanya menghasilkan bau yang tidak begitu menyengat, tetapi berbagai senyawa berbau dilepaskan pada saat air limbah terurai secara biologis pada kondisi anaerobik.

- **Temperatur**

Suhu limbah cair biasanya lebih tinggi daripada suhu air bersih. Suhu ini sangat berpengaruh terhadap aktifitas biologis, kelarutan gas, viskositas dalam proses sedimentasi secara reaksi kimia dan biokimia.

#### **2. Parameter Kimia**

Parameter sifat kimiawi limbah cair adalah sebagai berikut:

- **Bahan organik** : merupakan indikator umum yang dapat mengakibatkan berkurangnya oksigen yang terlarut.
- **Bahan anorganik** : merupakan komponen limbah cair yang sangat penting untuk peningkatan dan pengawasan kualitas air.
- **pH** : merupakan tingkat keasaman yang ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen sebagai ukuran kualitas limbah.
- **Kebasaan** : merupakan hasil dari adanya hidroksil karbon dan bikarbonat.

#### **3. Parameter Biologis**

Parameter biologis untuk air limbah merupakan hal yang penting karena adanya beribu-ribu per mililiter dalam air limbah yang belum diolah, maka perhitungan keseluruhan jarang dilakukan. Berbagai jenis bakteri yang

terdapat dalam air limbah sangat berbahaya karena dapat menyebabkan timbulnya penyakit atau sebagai sarang vektor pembawa bibit penyakit. Kebanyakan bakteri didalam air limbah merupakan bantuan yang sangat penting bagi proses pembusukan bahan organik. Proses pengolahan biologis bertumpu pada percepatan siklus perusakan alamiah. Tujuan dari pengolahan adalah untuk mempersiapkan lingkungan yang baik bagi kegiatan bakteri yang menstabilkan bahan organik air limbah. Bahan organik dalam air limbah yang sering digunakan sebagai parameter adalah BOD, COD, TOC, ThOD.

#### **2.1.4 Dampak Air Limbah**

Air limbah yang tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kegiatan yang ada:

##### **1. Gangguan Terhadap Kesehatan**

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia mengingat bahwa banyak penyakit yang ditularkan melalui air limbah. Air limbah ini ada yang hanya berfungsi sebagai media pembawa saja, seperti kolera, radang usus, hepatitis. Seperti didalam air limbah itu sendiri terdapat bakteri pathogen penyebab penyakit.

##### **2. Gangguan terhadap kehidupan biotik**

Dengan banyaknya zat pencemar yang ada didalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut didalam air limbah. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan didalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu karena kekurangan oksigen dan zat beracun lainnya. Sebagai akibat selanjutnya adalah air limbah sulit diuraikan.

##### **3. Gangguan terhadap keindahan**

Air limbah yang dibiarkan lama dan tidak diolah akan menimbulkan bau, warna air limbah menjadi kotor. Selain itu adanya industri yang menghasilkan minyak lemak juga menyebabkan tempat disekitarnya menjadi licin.

##### **4. Gangguan terhadap kerusakan benda**

Air limbah yang mengandung gas karbondioksida yang agresif dapat mempercepat terjadinya karat. Selain itu air limbah yang berkadar pH rendah

yang bersifat asam atau yang berkadar tinggi yang bersifat basa akan menimbulkan kerusakan pada benda-benda yang dilaluinya. Lemak yang merupakan sebagian dari komponen air limbah bersifat menggumpal pada suhu udara normal. Bila dibuang ke saluran, lemak ini akan menempel pada dinding dan akan menumpuk secara kumulatif sehingga mengakibatkan penyumbatan saluran dan lama-kelamaan akan rusak (Sugiharto, 2008).

## **2.2 Air Limbah Domestik**

Air limbah domestik tidak hanya terbatas pada limbah yang berasal dari perumahan saja, akan tetapi juga dari rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama, sedangkan yang termasuk ke dalam golongan air limbah domestik antara lain adalah air buangan dari toilet, dapur, dan laundry.

### **2.2.1 Karakteristik Limbah Domestik**

Air limbah domestik, menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 Ayat 1 bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Menurut Hammer (1986), berdasarkan sumbernya air limbah domestik dapat berasal dari area permukiman, motel dan hotel, sekolah, restaurant, rumah sakit, terminal, perkantoran maupun bioskop.

Secara prinsip air limbah domestik terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu air limbah yang terdiri dari air buangan tubuh manusia yaitu tinja dan urine (*black water*) dan air limbah yang berasal dari buangan dapur dan kamar mandi (*grey water*), yang sebagian besar merupakan bahan organik (Veenstra, 1995).

### **2.2.2 Kualitas Air Limbah Domestik**

Kualitas suatu air limbah akan dapat terindikasi dari kualitas parameter kunci, dimana konsentrasi parameter kunci tidak melebihi dari standar baku mutu yang ada sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Mengingat

air limbah domestik kandungan terbesar adalah bahan organik, maka parameter kunci yang umum digunakan adalah BOD, COD, dan lemak/minyak. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, maka parameter kunci untuk air limbah domestik adalah BOD, TSS, pH serta Lemak dan Minyak.

Menurut Hammer (1986), kualitas air limbah dari masing-masing kegiatan dapat bervariasi, namun rata-rata kualitas air limbah domestik adalah sebagai berikut:

- MLSS = 240 mg/L
- MLVSS = 180 mg/L
- BOD = 200 mg/L
- Total N = 35 mg/L
- Total P = 10 mg/L

Sedangkan air limbah domestik jenis *grey water* yang dibuang tanpa diolah, menurut Veenstra (1995), karakteristik sebagai berikut:

- BOD<sub>5</sub><sup>20</sup> = 110-400 mg/L
- COD = 150-600 mg/L
- TSS = 350-750 mg/L
- Tidak mengandung bahan berbahaya seperti logam berat dan bahan kimia toksik.

Menurut Rump dan Krist dalam Effendi, H. (2003), bahwa air limbah domestik dapat diklasifikasikan tingkat pencemarannya berdasarkan kualitas parameter air limbah dapat dilihat dalam tabel 2.1 berikut ini:

**Tabel 2.1 Klarifikasi Tingkat Pencemaran Air Limbah Domestik**

Parameter	Tingkat Pencemaran		
	Berat	Sedang	Ringan
Padatan Total (mg/l)	1000	500	200
Padatan Terendapkan (ml/l)	12	8	4
BOD (ml/l)	300	200	100
COD (ml/l)	800	600	400
N Total (ml/l)	85	50	25
Amonia-N (ml/l)	30	30	15
Klorida (ml/l)	175	100	15
Alkalinitas (ml/l CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Minyak dan Lemak	40	20	0

(Sumber: Rump dan Krist, 1992)

Adapun persyaratan yang telah ditetapkan Pemerintah Indonesia sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, adalah sebagai berikut:

- BOD = 100 mg/L
- TSS = 100 mg/L
- Lemak dan Minyak = 10 mg/L

### **2.3 Pengolahan Limbah**

Berdasarkan sifat limbah cair, proses pengolahan limbah cair dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

#### **1. Proses Fisika**

Proses ini dilakukan secara mekanik tanpa penambahan bahan-bahan kimia. Proses ini meliputi: penyaringan (filtrasi), pengendapan (sedimentasi), dan pengapungan (flotasi).

#### **2. Proses Kimia**

Proses ini menggunakan bahan kimia untuk menghilangkan bahan pencemar, misalnya: koagulasi, flokulasi, presifitasi, adsorpsi, gas transfer, desinfeksi.

### 3. Proses Biologi

Proses ini menghilangkan bahan polutan menggunakan kerja mikroorganisme. Pada kenyataannya, proses pengolahan ini tidak berjalan sendiri-sendiri, tapi sering harus dilaksanakan dengan cara kombinasi (Kurniadie, 2011).

Pengolahan limbah dibutuhkan untuk membunuh agen pathogen dalam limbah yang biasanya dilakukan dengan suatu kombinasi dari proses fisik, kimia, dan biologis.

#### 2.3.1 Koagulasi-Flokulasi

Pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah domestik menjadi air bersih.

##### 2.3.1.1 Definisi Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi dapat diartikan sebagai proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air atau air limbah dengan menggunakan bahan koagulan yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (presipitat). Dalam proses koagulasi, apabila koagulan ditambahkan kedalam air atau air limbah akan terjadi destabilisasi koloid dan terbentuk partikel flokulen (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 (Reynold, 1982).

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

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

Waktu pengadukan pada proses flokulasi pada limbah antara 20 sampai 30 menit. Dengan kecepatan putaran pengaduk kurang dari 100 rpm. Gradient kecepatan (G) proses flokulasi pada umumnya 10 sampai 75/ detik (Reynold, 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.

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

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

#### **1. pH**

pH merupakan besaran yang menyatakan sifat asam basa suatu larutan. Sifat kimia koagulan juga bergantung pada pH, karena pada proses koagulasi dan flokulasi batasan pH sangat penting mengingat pH air dapat mempengaruhi kelarutan bahan kimia. Batasan nilai pH akan terjadi karena pengaruh jenis koagulan dan komposisi zat kimia dalam air.

#### **2. Garam**

Garam mineral berpengaruh pada penentuan pH dan dosis koagulan. Adanya senyawa ini dalam sampel akan mengakibatkan perubahan range pH optimum koagulan, waktu yang diperlukan koagulasi, dosis koagulan yang optimum dan residu koagulan pada effluent.

#### **3. Kekeruhan**

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

#### **4. Jenis Koagulan**

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

#### 5. Temperature

Temperature erat hubungannya dengan viskositas air, pada saat temperature turun, maka viskositas air akan meningkat sehingga kecepatan pengendapan partikel flok akan menurun. Disamping itu penurunan temperature dapat menurunkan kemampuan reaksi kimia.

#### 6. Waktu Detensi

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

#### 7. Pengadukan

Proses pengadukan dilakukan dua tahap yaitu pengadukan cepat (koagulasi) untuk mendistribusikan koagulan secara merata kedalam air dengan waktu detensi 30-60 detik. Kemudian dilanjutkan dengan pengadukan lambat (flokulasi) adalah untuk memberikan kesempatan pertumbukan antar partikel sehingga menghasilkan bertambahnya ukuran flok.

#### 8. Dosis

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

#### 9. Kecepatan Pengadukan

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

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

#### 10. 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 (Hammer, 2007 dalam Uswatun, 2008)

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

##### 1. Mekanisme Proses Koagulasi-Flokulasi

Partikel koloid yang bermuatan listrik sejenis didalam air (sama negatifnya) saling tolak-menolak sehingga tidak bisa saling mendekat dan kondisi dimana partikel tetap berada ditempatnya ini disebut kondisi stabil. Kondisi yang stabil tidak memungkinkan terbentuknya flok. Jika kedalam air tersebut diberikan ion logam yang bermuatan positif, maka muatan positif ini dapat mengurangi daya tolak-menolak antara sesama koloid (gaya repulsion) sehingga akan terjadi kondisi destabilisasi dari partikel. Kondisi partikel koloid yang tidak stabil memungkinkan terbentuknya flok. Dengan adanya muatan positif yang cukup merata maka akan terbentuk flok-flok kecil kumpulan dari koloid. Untuk bisa diendapkan maka antara sesama flok-flok kecil harus terus bergabung sampai menjadi flok yang cukup besarnya untuk bisa mengendap.

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

##### 2. Jenis Koagulan

Koagulan dan biokoagulan yang digunakan untuk membentuk inti flok. Koagulan yang ditambahkan biasanya mempunyai muatan yang berlawanan dengan partikel yang ada dalam air. Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air limbah adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi dan juga

kapur. Beberapa jenis koagulan yang biasa digunakan baik pada pengolahan air minum maupun air limbah dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

**Tabel 2.2 Jenis Koagulan Kimia**

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

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

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

**Tabel 2.3 Jenis Koagulan Alami**

<b>Nama Koagulan Alami</b>
Biji Kelor
Biji Asam Jawa
Biji Kacang Babi
Biji Protein Kedelai

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

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.

### **3. Jenis Aliran**

Terdapat dua macam jenis aliran di dalam reaktor, diantaranya adalah jenis aliran kontinyu dan jenis aliran *batch*. Disebut aliran *batch* jika dilakukan satu kali proses, yakni bahan dimasukkan dalam peralatan, diproses kemudian diambil hasilnya. Disebut aliran kontinyu jika prosesnya berlangsung terus-menerus, ada aliran bahan masuk sekaligus aliran bahan keluar.

#### **2.3.2 Sedimentasi**

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

Sedimentasi pada pengolahan air limbah lanjutan ditujukan untuk penyisihan lumpur setelah koagulasi dan sebelum proses filtrasi. Selain itu, prinsip sedimentasi juga digunakan dalam pengendalian partikel di udara. Prinsip sedimentasi pada pengolahan air minum dan air limbah adalah sama, demikian juga untuk metode dan peralatannya (Masduqi dan Slamet, 2002).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses sedimentasi adalah:

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

#### **2.3.3 Kriteria Desain**

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

##### **1. Koagulasi**

Pada proses koagulasi terjadi proses pencampuran atau pengadukan cepat. Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersi bahan kimia yang akan dilarutkan

dalam air. Secara umum pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradient kecepatan berkisar antara 100 hingga 1000 per detik selama 5 hingga 60 detik. Sebagai patokan, Tabel 2.4 dapat digunakan dalam pemilihan nilai gradient dan td.

**Tabel 2.4 Nilai Gradient Kecepatan dan Waktu Pengadukan**

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

(Sumber : Masduqi dan Slamet, 2002)

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

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):

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

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

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

Untuk air limbah:

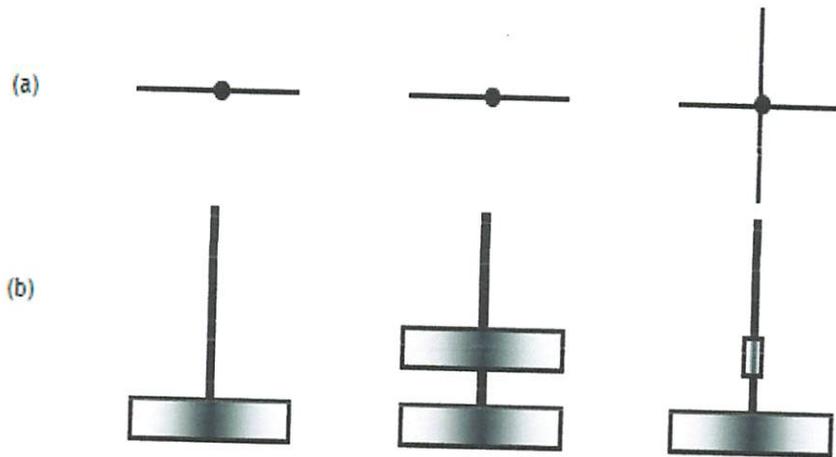
- Waktu detensi =  $\pm 1$  menit
- $G = 100 \text{ detik}^{-1}$

Ada tiga macam pengadukan dalam proses koagulasi, yaitu:

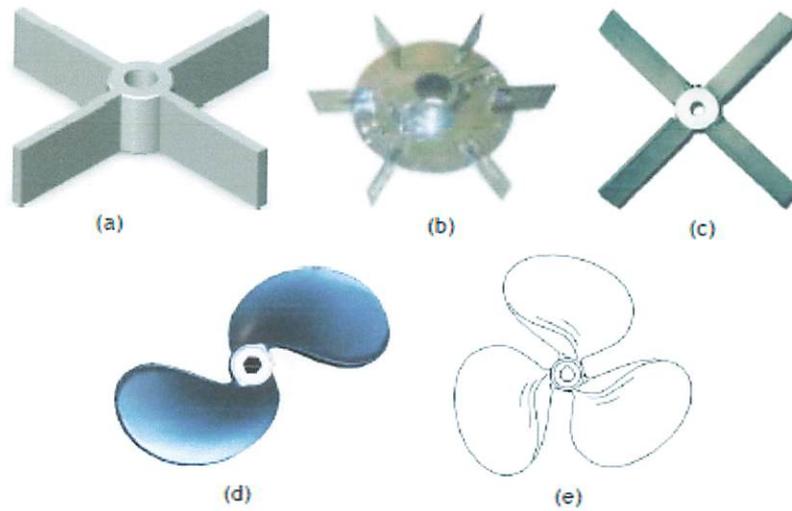
- a. Pengadukan Mekanis adalah metoda pengadukan menggunakan alat pengaduk berupa *impeller* yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Umumnya

pengadukan mekanis terdiri dari motor, poros pengaduk, dan gayung pengaduk (impeller).

Berdasar pada bentuknya, telah dikenal tiga macam impeller, yaitu *paddle* (*pedal*), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga impeller tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2. kriteria impeller dapat dilihat pada tabel 2.5.



Gambar 2.1 Tipe *paddle* (a) tampak atas, (b) tampak samping



Gambar 2.2 Tipe *turbine* dan *propeller*. (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade.

Tabel 2.5 Kriteria Impeller

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

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

Perhitungan tenaga pengadukan berbeda-beda bergantung pada jenis pengadukannya. Pada pengadukan mekanis, yang berperan dalam menghasilkan tenaga adalah bentuk dan ukuran alat pengaduk serta kecepatan alat pengaduk itu diputar (oleh motor). Hubungan antar variabel itu dinyatakan dengan persamaan 2.1 untuk nilai  $NRe$  lebih dari 10.000:

$$P = K_T \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

Dan persamaan 2.2 untuk nilai NRe kurang dari 20:

$$P = K_L \cdot n^2 \cdot D_i^3 \cdot \mu \quad (\text{Persamaan 2.2})$$

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

$$N_{Re} = \frac{D_i^2 \cdot n \cdot \rho}{\mu} \quad (\text{Persamaan 2.3})$$

Keterangan untuk persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3 adalah:

$P$  = tenaga, N-m/detik

$K_T$  = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

$N$  = kecepatan putaran, rps

$D_i$  = diameter pengaduk, m

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

$K_L$  = konstanta pengaduk untuk aliran laminar

$\mu$  = kekentalan absolute cairan, N-detik/m<sup>2</sup>

Kecepatan pengadukan dinyatakan dengan gradient kecepatan, yang merupakan fungsi dari tenaga yang disuplai ( $P$ ):

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu}} = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} \quad (\text{Persamaan 2.4})$$

Dalam hal ini:

$G$  = gradient kecepatan, /detik

$W$  = tenaga yang disuplai per satuan volume air, N-m/det.m<sup>3</sup>

$P$  = suplai tenaga ke air, N.m/detik

$V$  = volume air yang diaduk, m<sup>3</sup>

$\mu$  = viskositas absolute air, N.det/m<sup>2</sup>

(Sumber: Masduqi dan Slamet, 2002)

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

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

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

Dimana:

P = tenaga, N-m/det

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

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

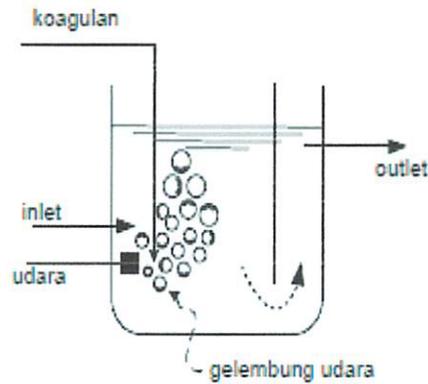
g = percepatan gaya gravitasi, 9,8 m/det<sup>2</sup>

h = tinggi jatuhan, m

= kehilangan energi akibat gesekan (head loss)

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 *upstream* dan tidak efektif untuk debit yang besar.

- c. Pengadukan pneumatic adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung yang dimasukkan kedalam air sehingga menimbulkan gerakan pengadukan dalam air (dapat dilihat pada gambar 2.3). semakin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang besar pula (Masduqi dan Slamet,2002).



Gambar 2.3 Pengadukan Pneumatis

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

$$P = 3904 \cdot Q_a \cdot \text{Log} \left( \frac{h+10,4}{10,4} \right) \quad (\text{Persamaan 2.6})$$

Dimana:

P = tenaga, N-m/s

Q<sub>a</sub> = debit udara, m<sup>3</sup>/menit

h = kedalaman diffuser, m

## 2. Flokulasi

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

Untuk proses koagulasi-flokulasi:

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

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

Adapun persamaan yang digunakan untuk pengadukan mekanis dan hidrolis adalah:

- Pengadukan Hidrolis

$$G = (g.H.Q/v.td)^{0,5} \quad (\text{Persamaan 2.7})$$

$$H = k \frac{v^2}{2g}, \quad k = 1,5-2,5 \quad (\text{Persamaan 2.8})$$

- Pengadukan Mekanis

$$G = \left( \frac{P}{\mu.v} \right)^{1/2} \quad (\text{Persamaan 2.9})$$

$$P = 0,5. C_D \rho . A . v^3 \quad (\text{Persamaan 2.10})$$

- Pengadukan Pneumatis

$$P = 8,15.Qa.Log \left[ \frac{h+34}{34} \right] \quad (\text{Persamaan 2.11})$$

Dimana:

$G$  = gradient kecepatan, /det

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

$h$  = headloss, m

= kedalaman air, m

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

$t$  = 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  
**Q<sub>a</sub>** = debit udara, m<sup>3</sup>/det  
**k** = konstanta empiris (1,5-2,5)  
**t** = waktu flokulasi, det  
**ρ** = berat jenis, kg/m<sup>3</sup>  
**W** = lebar bak, m

(Sumber: 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 horizontal. Waktu detensi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$t = \frac{V}{Q} \quad \text{(Persamaan 2.12)}$$

Dimana:

**t** = waktu detensi, jam  
**V** = volume bak, m<sup>3</sup>  
**Q** = debit rata-rata, m<sup>3</sup>/jam

Bangunan sedimentasi mempunyai bagian bangunan yang terdiri dari:

- Zona inlet
- Zona settling (pengendapan)

- Zona sludge (lumpur)
- Zona outlet

## 2.4 Biji Kelor (*Moringa Oleifera*)

Biji kelor merupakan alternatif koagulan organik. Biji kelor sebagai koagulan dapat digunakan dengan dua cara yaitu biji kering dengan kulitnya dan biji kering tanpa kulitnya.

### 2.4.1 Taksonomi Biji Kelor

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Ordo	: Brassicales
Family	: Moringaceae
Genus	: <i>Moringa</i>
Spesies	: <i>Moringa Oleifera</i>

### 2.4.2 Morfologi *Moringa Oleifera*

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

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

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

Bunga putih besar, terkumpul dalam pucuk lembaga dibagian ketiak. Kulit akar berasa, berbau tajam, dan pedas, dari dalam berwarna kuning pucat, bergaris halus, tetapi terang dan melintang. Tidak keras, bentuk tidak beraturan,

permukaan luar kulit agak licin, permukaan dalam agak berserabut, bagian kayu warna coklat muda, atau krem berserabut, sebagian besar terpisah.

### 2.4.3 Kandungan Biji Kelor

Biji kelor mempunyai berat molekul yang rendah dan bermuatan positif. Selain itu, biji kelor yang telah dibuat serbuk dapat mudah larut dalam air maupun larutan. Tabel 2.6 berikut ini menunjukkan kandungan dari biji kelor.

**Tabel 2.6 Kandungan Biji Kelor**

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

Pada tabel 2.6 diatas dapat dilihat adanya kandungan logam-logam alkali kuat, yaitu K dan Na yang mempunyai muatan positif, serta logam lainnya. Dilihat dari komponen yang dikandungnya maka biji kelor memenuhi kriteria

sebagai zat yang dapat mengadakan ikatan tarik-menarik secara elektrostatis terhadap partikel lainnya. Biji kelor juga mengandung zat yang bersifat bakterisida.

## **2.5 Metoda Pengolahan Data**

### **2.5.1 Statistika Deskriptif dan Inferensi**

Secara garis besar, statistik dibedakan menjadi 2 yaitu statistika deskriptif dan statistika inferensi. Metode statistika yang meringkas, menyajikan, dan mendeskripsikan data dalam bentuk yang mudah dibaca sehingga memberikan kemudahan dalam memberikan informasi disebut statistika deskriptif. Statistika deskriptif menyajikan data dalam tabel, grafik, ukuran pemusatan data, dan penyebaran data. Agar mendapatkan data lebih terperinci, kita memerlukan analisis data dengan metode statistika tertentu. Hasil analisis data akan memberikan informasi lebih rinci sehingga kita memperoleh suatu kesimpulan mengenai suatu fenomena berdasarkan sampel yang diambil. Analisis tersebut dinamakan statistika inferensi. Statistika inferensi sering disebut statistika induktif. Statistika inferensi memerlukan pengetahuan lebih mengenai konsep probabilitas yang biasa dikenal sebagai ilmu peluang. Ilmu peluang tidak lepas dari statistika karena membantu pengambilan keputusan statistik suatu data (Iriawan dan Astuti, 2006).

### **2.5.2 Analisis Korelasi**

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

analisis korelasi ini juga terdapat hipotesa ada tidaknya korelasi antar variabel, dimana:

- $H_0$  = Tidak ada korelasi antara variabel ( $\rho=0$ )
- $H_1$  = Ada korelasi antara variabel ( $\rho\neq 0$ )

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

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

### 2.5.3 Analisis Regresi

Analisis regresi sangat berguna dalam berbagai penelitian, antara lain:

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

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

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

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

## **2.5.4 Pengantar Desain Eksperimen**

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

### **2.5.4.1 Langkah-Langkah dalam Desain Eksperimen**

Desain eksperimen memerlukan tahap-tahap penting yang berguna agar desain mengarah pada hasil yang diinginkan.

Berikut adalah langkah-langkah melakukan desain eksperimen (Iriawan dan Astuti, 2006):

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

### **2.5.4.2 *Analysis of Variance***

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

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah, yaitu:

- $H_0 = 1 = 2 = 3 = 4 = 5 = 6$  (identik)
- $H_0 = 1 \neq 2 \neq 3 \neq 4 \neq 5 \neq 6$  (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  $\leq 0,05$  ,  $H_0$  ditolak

**b. Nilai F Hitung**

- F hitung output  $>$  F Tabel,  $H_0$  ditolak
- F hitung output  $<$  F Tabel,  $H_0$  diterima

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

#### **3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan dan peralatan yang akan digunakan selama kegiatan penelitian berlangsung.

##### **3.2.1 Sampel Limbah**

Sampel limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair domestik dari dapur dan kamar mandi (*Grey Water*) yang berasal dari Rumah Susun A, Kelurahan Kota Lama, Malang.

Metode pengambilan limbah:

Pengambilan sampel dilakukan pada *outlet drainase* Rumah Susun A. Sampel yang diambil adalah limbah yang belum tercampur dengan badan air dari *drainase* yang ada disekitar Rumah Susun tersebut.

##### **3.2.2 Koagulan**

Pada penelitian ini digunakan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai bahan koagulan alami. Bahan koagulan ini dibuat sendiri dengan mengupas kulit biji kelor dan menghaluskannya.

##### **3.2.3 Peralatan Pengolahan**

Peralatan yang digunakan untuk pengolahan koagulasi-flokulasi-sedimentasi sebagai berikut:

###### **a) Bak Penampung Limbah**

Bak dengan kapasitas  $\pm 54,6$  liter yang digunakan untuk menampung limbah cair domestik yang akan diolah. Limbah cair domestik dialirkan

secara gravitasi dengan menggunakan selang. Untuk mengatur debit aliran digunakan *Valve*.

**b) Bak Penampung Koagulan**

Bak dengan kapasitas  $\pm 11$  liter yang berfungsi sebagai penampung larutan koagulan. Koagulan dialirkan secara gravitasi dengan menggunakan selang plastik dilengkapi dengan *valve* untuk mengatur debit.

**c) Bak Koagulasi**

Terbuat dari kaca dengan kapasitas 0,6 liter yang mempunyai dimensi sebagai berikut:

- Panjang : 8,4 cm
- Lebar : 8,4 cm
- Tinggi : 8,4 cm

Bak ini dilengkapi dengan motor yang memiliki gradient kecepatan 150/detik dan 300/detik. Proses destabilisasi koloid dan partikel dalam air dengan menggunakan koagulan alami yang menyebabkan pembentukan inti gumpalan (*presipitat*). Adapun metode pengadukan yang digunakan adalah metode mekanik, dengan menggunakan pengaduk jenis *Paddle 2 Blades*.

**d) Bak Flokulasi**

Bak ini berkapasitas 18 liter, terbuat dari kaca yang dilengkapi dengan pengaduk dengan *baffle channel* aliran vertikal. Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok berukuran lebih besar. Proses koagulasi flokulasi sedimentasi ini memperbesar ukuran flok sehingga endapan flok yang didapatkan lebih besar jumlahnya agar mudah untuk mengendap. Pengadukan lambat menggunakan beda tinggi, adapun dimensinya adalah sebagai berikut:

- Panjang : 26 cm
- Lebar : 26 cm
- Tinggi : 26 cm

e) **Bak Sedimentasi**

Bak sedimentasi yang digunakan terbuat dari kaca yang mempunyai kapasitas 36 liter yang dilengkapi dengan ruang lumpur dengan volume 3,6 liter. Pada zona *outlet* diletakkan *valve* yang digunakan untuk mengambil sampel yang akan dianalisis.

**3.3 Variabel Penelitian**

1) Variabel Terikat : - Fosfat ( $PO_4$ )

- Detergen (MBAS)
- BOD

2) Variabel Tetap

- Waktu pengadukan cepat : 1 menit
- Waktu pengadukan lambat : 30 menit
- Waktu pengendapan : 60 menit

3) Variabel Bebas

- Dosis koagulan biji kelor: 1 gr/L; 2 gr/L; 3 gr/L
- Gradient kecepatan yang digunakan pada bak koagulasi: 150/detik dan 300/detik

Pemilihan variabel bebas berdasarkan :

1. Dosis koagulan : pada penelitian yang dilakukan oleh Halomoan N. dan Handajayani M., 2013 yang mendapatkan dosis koagulan optimum 0,6 gr/L untuk menurunkan kandungan Surfaktan dan Fosfat. Dosis tersebut kurang signifikan dalam menurunkan kandungan tersebut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini

mengambil range dosis yang lebih besar untuk dapat mengetahui apakah dosis 3 g/l dapat menyisihkan polutan lebih banyak.

2. Gradient kecepatan: dalam penelitian yang menggunakan koagulan biji kelor sebelumnya, tidak dilakukan variasi gradient kecepatan pada pengadukan cepat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan variasi gradient kecepatan pada bak koagulasi.

### **3.4 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini diperlukan untuk memberikan gambaran umum mengenai metode-metode dan langkah-langkah yang akan digunakan dalam penelitian, sehingga sesuai dengan tujuan. Adapun tujuan dari tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mempermudah dan memperlancar pelaksanaan penelitian.
- Mendapatkan gambaran mengenai tahapan penelitian yang sistematis untuk pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan akhir.
- Mengurangi atau memperkecil kesalahan-kesalahan selama dilakukan penelitian.

Penelitian yang dilakukan memiliki tahapan-tahapan dalam proses penelitian, yaitu Penelitian Pendahuluan dan Prosedur Operasional.

#### **3.4.1 Penelitian Pendahuluan**

Pada awal penelitian dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kondisi awal limbah cair domestik yang akan diolah. Parameter yang akan dianalisis adalah Fosfat ( $PO_4^-$ ), Detergen (MBAS), dan BOD.

#### **3.4.2 Tahap Operasional**

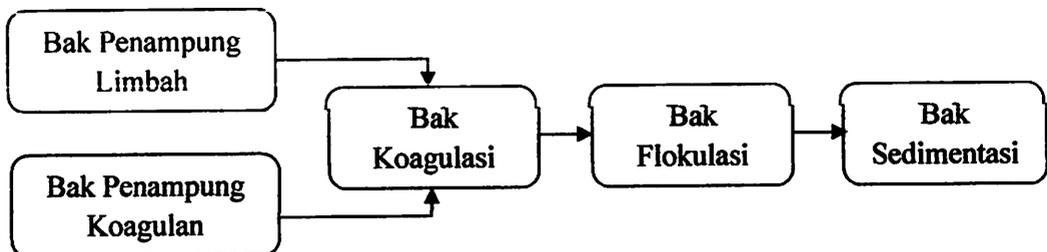
Pada proses ini dilakukan dengan menjalankan serangkaian alat koagulasi-flokulasi-sedimentasi. Berikut ini tahap-tahap operasional penelitian:

- 1) Dari hasil penelitian Wahyuni Ika, 2006 (dalam Rossi P.S.B., 2012), pH optimum untuk koagulan biji kelor adalah 7. Oleh karena itu, sebelumnya

sampel limbah cair harus dikondisikan agar berada pada suasana netral dengan pH 7 baru kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung limbah.

- 2) Menyiapkan larutan koagulan dengan konsentrasi sesuai dengan dosis optimum yang dihasilkan pada proses kontinyu. Kemudian memasukkannya ke dalam bak penampung koagulan.
- 3) Mengalirkan limbah cair dengan debit 0,6 liter/menit dan koagulan dengan debit 32 ml/menit ke dalam bak koagulasi secara gravitasi dengan Gradient kecepatan 150/detik selama 1 menit.
- 4) Pengadukan cepat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak pengadukan lambat dengan sistem hidrolis (air terjunan).
- 5) Bak pengaduk lambat, mengalir secara gravitasi ke dalam bak sedimentasi, dan mengendapkan selama 1 jam.
- 6) Mengambil sampel dari *valve outlet* sedimentasi.
- 7) Menganalisis parameter Fosfat, Detergen, dan BOD.
- 8) Mengulangi langkah ke-1 hingga ke-7, dengan variasi dosis koagulan dan gradient kecepatan 300/detik dalam bak koagulasi.

Adapun skema dari pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi pada gambar 3.1 berikut ini.



**Gambar 3.1 Skema Pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi**

### 3.5 Analisis Parameter Uji

Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini adalah Detergen, Fosfat, dan BOD.

### **3.5.1 Analisis Detergen (MBAS)**

Metode yang digunakan adalah metode *Spektrofotometri*. Alat-alat yang digunakan dalam analisis adalah:

- Corong pisah (2 buah)
- Beaker glass 400 ml (2 buah)
- Gelas ukur 25 ml (1 buah)
- Erlenmeyer 200 ml (2 buah)
- Corong (2 buah)
- Statip (4 buah)
- Spatula (1 buah)
- Kurvet spektro (2 buah)
- Pipet tetes (3 buah)
- Labu semprot (1 buah)
- \botol sampel (2 buah)

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

Metode yang digunakan dalam analisis BOD adalah metode *Titrimetri*.  
Alat-alat yang digunakan dalam analisis adalah:

- Botol Winkler 500 ml
- Statif 1 buah
- Buret 10 ml
- Erlenmeyer 100 ml dan 500 ml
- Beaker Glass 100 ml
- Pipet Volume 10 ml dan 25 ml
- Pipet Tetes
- Spatula
- Neraca Analitik

### **3.5.3 Analisis Fosfat**

Metode yang digunakan adalah metode *Spektrofotometri*. Alat-alat yang digunakan dalam analisis adalah:

- Gelas ukur 25 ml
- Gelas ukur 50 ml
- Spatula
- Kurvet Spektro
- Pipet tetes
- Neraca analitik
- Spektrofotometer

### **3.6 Analisis Data**

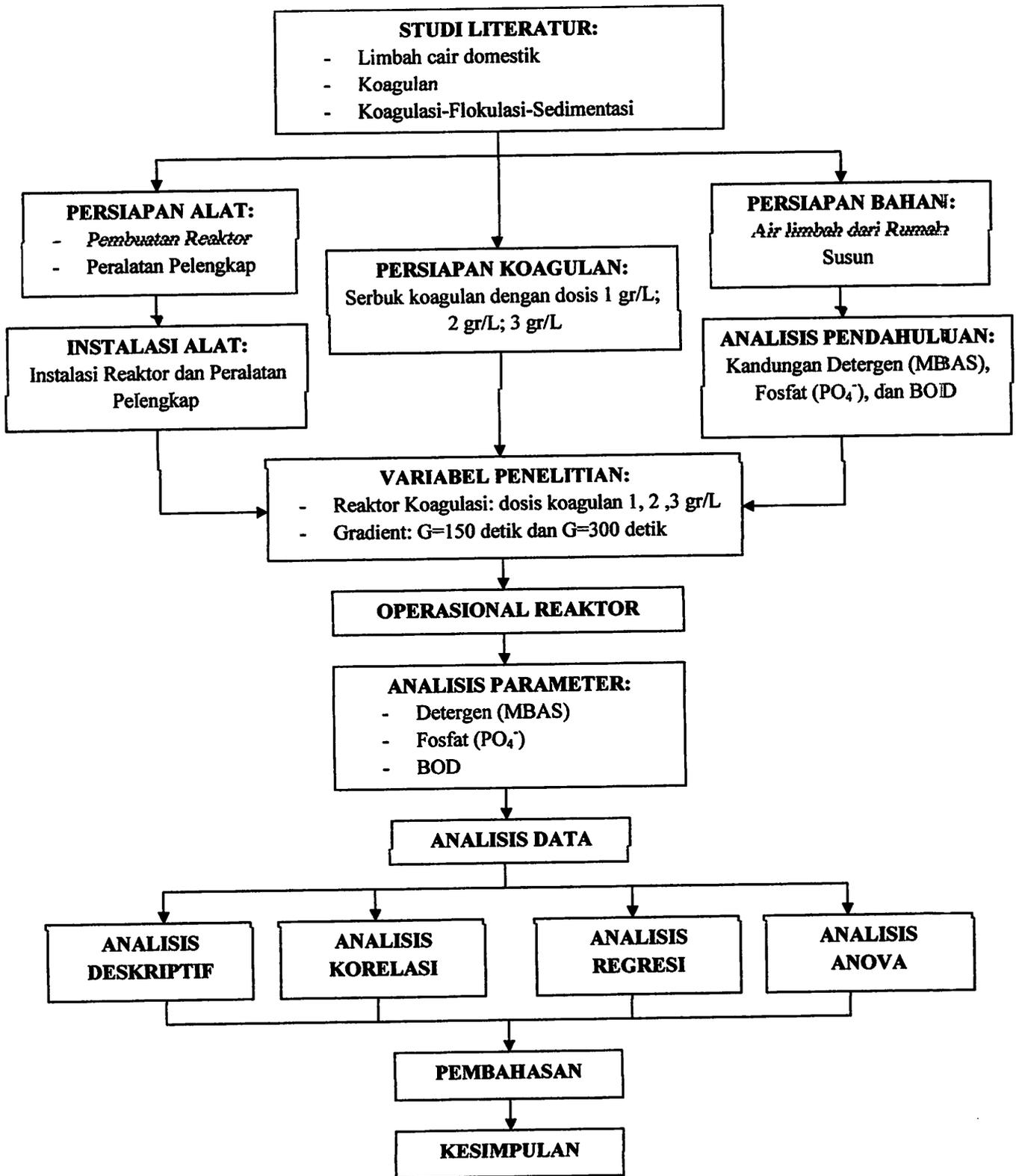
Data hasil percobaan yang didapat, kemudian dianalisis data dengan metode analisis deskriptif, korelasi, regresi, dan ANOVA.

Analisis deskriptif bertujuan untuk mendapatkan gambaran berdasarkan gejala dan fakta yang diperoleh dari sampel penelitian yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik.

Analisa korelasi bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya dan kuat lemahnya hubungan antara variabel terhadap penurunan jumlah kandungan Detergen, Fosfat, dan BOD.

Analisa regresi bertujuan untuk mengetahui apakah terhadap perbedaannya atau tidak secara statistik antara variasi variabel yang dilakukan terhadap penurunan jumlah kandungan Detergen, Fosfat, dan BOD pada sampel yang dibuat.

Analisa ANOVA bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh antara dosis koagulan dan beda tinggi pada bak flokulasi (metode hidrolis) terhadap presentase penyisihan Detergen, Fosfat, dan BOD.



Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik**

Penelitian ini merupakan proses pengolahan limbah cair domestik yang berupa air sisa buangan kamar mandi dan dapur (*Grey Water*) dari kawasan permukiman Rumah Susun. Air limbah yang diambil adalah air limbah segar yang baru keluar dari saluran limbah Rumah Susun tersebut dan belum tercampur oleh badan air dari saluran limbah umum yang ada disekitar Rumah Susun.

Pada penelitian ini, unit pengolahan yang digunakan adalah Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi (KFS). Air limbah yang akan diolah akan melalui tahap-tahap proses pengolahan yang dapat dilihat pada gambar 3.1, dimana air limbah akan mengalir kedalam bak koagulasi bersamaan dengan mengalirnya larutan koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dan dilakukan pengadukan cepat untuk mencampurkan larutan koagulan dengan air limbah. Selanjutnya, air limbah yang sudah tercampur dengan larutan koagulan akan mengalir kedalam bak flokulasi untuk memberi kesempatan kepada flok-flok yang terbentuk menjadi lebih besar melalui pengadukan lambat. Kemudian, air limbah akan mengalir menuju bak sedimentasi untuk mengendapkan flok yang terbentuk secara gravitasi.

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan analisis pendahuluan pada limbah cair *grey water* Rumah Susun tersebut. Kajian awal yang dilakukan untuk mengetahui kandungan awal sebelum dilakukan proses pengolahan. Secara visual, limbah cair dari kawasan Rumah Susun ini memiliki karakteristik seperti air berwarna keruh dan sedikit berbusa.

Berdasarkan analisis parameter yang dilakukan dilaboratorium, diperoleh data karakteristik limbah cair *grey water* Rumah Susun sebelum proses pengolahan yang dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

**Tabel 4.1. Karakteristik Awal Limbah Cair Grey Water Rumah Susun**

No.	Parameter	Konsentrasi Awal	Satuan	PP No.82 Tahun 2001 *
1	Detergen	21	mg/l	200
2	Fosfat	10	mg/l	0,2
3	BOD	207	mg/l	3
4	pH	8,2		6-9

Sumber : Hasil Penelitian, 2014.

Keterangan : (°) baku mutu kelas 2

Berdasarkan tabel 4.1 hasil analisis karakteristik awal limbah cair *Grey Water* rumah susun apabila dibandingkan dengan standar baku mutu yaitu PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyatakan bahwa untuk parameter fosfat dan BOD telah melewati baku mutu yang telah ditetapkan, sedangkan detergen masih memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

#### **4.2 Data-Data Setelah Proses Pengolahan**

Penelitian ini merupakan suatu pengkajian kinerja Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dengan variabel yang digunakan adalah dosis koagulan dan variasi gradient kecepatan.

Pada penelitian ini, proses pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi (KFS) memiliki waktu detensi (td) yang berbeda. Proses KFS ini memiliki waktu detensi pada tiap-tiap pengolahan adalah 1 menit untuk koagulasi, 30 menit untuk flokulasi, dan 60 menit untuk sedimentasi.

Pengolahan ini juga dilakukan pengambilan sampel untuk mengetahui konsentrasi akhir air limbah setelah pengolahan. Waktu pengambilan sampel adalah 91 menit pada tiap-tiap dosis koagulan. Hasil konsentrasi akhir air limbah setelah pengolahan dapat dilihat pada tabel 4.2, 4.3, dan 4.4 berikut.

**Tabel 4.2 Kadar Detergen Hasil Pengolahan KFS**

Gradien Kecepatan (/detik)	Dosis (gr/l)	Pengulangan			Rata-Rata
		I	II	III	
150	1	15,3	15	15	15,10
	2	13,6	13,5	13,2	13,43
	3	14,7	14,5	14,2	14,47
300	1	15,9	15,5	15,3	15,57
	2	14,5	14	14	14,17
	3	15,7	15,3	15,4	15,47

*Sumber : Hasil Penelitian, 2014*

**Tabel 4.3 Kadar Fosfat Hasil Pengolahan KFS**

Gradien Kecepatan (/detik)	Dosis (gr/l)	Pengulangan			Rata-Rata
		I	II	III	
150	1	3	3.5	3.3	3.27
	2	3.6	3.3	3.6	3.50
	3	4.1	4.5	4.3	4.30
300	1	3.3	3.1	3	3.13
	2	3.5	3.2	3	3.23
	3	3.9	3.5	3.7	3.70

*Sumber : Hasil Penelitian, 2014*

**Tabel 4.4 Kadar BOD Hasil Pengolahan KFS**

Gradien Kecepatan (/detik)	Dosis (gr/l)	Pengulangan			Rata-Rata
		I	II	III	
150	1	165	163	164	164,00
	2	160	160	160	160,00
	3	166	166	167	166,33
300	1	169	168	169	168,67
	2	167	165	166	166,00
	3	170	170	170	170,00

*Sumber : Hasil Penelitian, 2014*

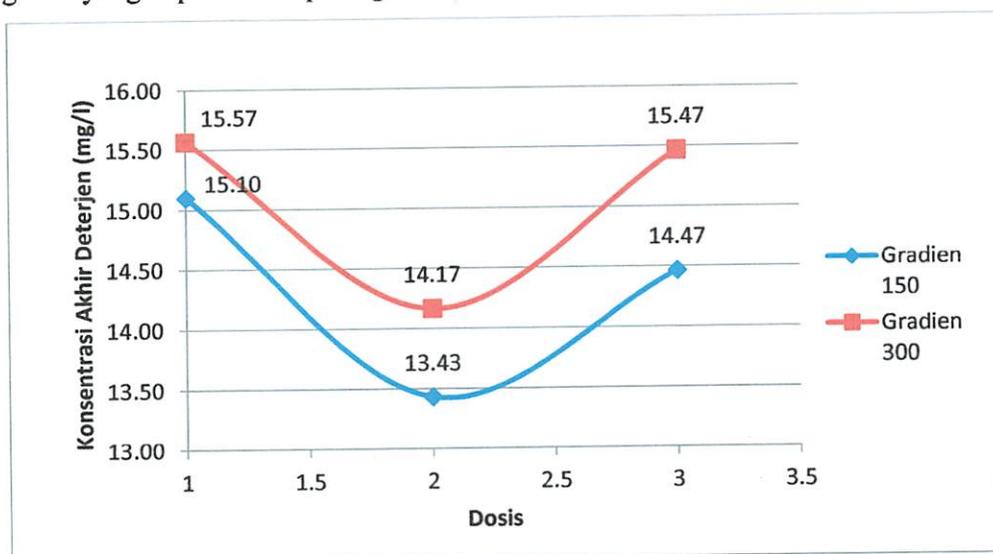
### 4.3 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk menganalisis data sehingga mendapat gambaran tentang suatu data tanpa bermaksud untuk membuat kesimpulan yang

berlaku umum ([www.http://elearning.gunadarma.ac.id](http://elearning.gunadarma.ac.id)). Analisis deskriptif pada penelitian ini menggunakan rata-rata data atau *mean* sebagai ukuran pemusatan data.

#### 4.3.1 Analisis Deskriptif Penyisihan Detergen

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel 4.2 diperoleh konsentrasi akhir detergen yang menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair *grey water* melalui pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi detergen dengan tingkat penyisihan yang bervariasi. Penurunan konsentrasi detergen dapat ditampilkan menjadi sebuah grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi Akhir Detergen

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa penyisihan detergen bervariasi dengan penambahan dosis koagulan pada masing-masing Gradient. Konsentrasi akhir detergen pada Gradient 150/detik menunjukkan bahwa pada dosis koagulan 1 gr/l didapatkan nilai akhir sebesar 15,10 mg/l, untuk dosis koagulan 2 gr/l didapatkan nilai akhir sebesar 13,43 mg/l yang lebih besar penurunannya dari dosis koagulan 1 gr/l, sedangkan untuk dosis

koagulan 3 gr/l didapatkan nilai akhir sebesar 14,47 mg/l dimana penurunannya lebih kecil dari dosis koagulan 2 gr/l.

Pada Gradient 300/detik menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi akhir pada dosis koagulan 1 gr/l sebesar 15,57 mg/l, untuk dosis koagulan 2 gr/l nilai penurunannya lebih besar dari dosis koagulan 1 gr/l yaitu 14,17 mg/l, sedangkan untuk dosis koagulan 3 gr/l sebesar 15,47 mg/l dimana nilai penurunan konsentrasinya lebih kecil dari dosis koagulan 2 gr/l. Untuk mengetahui persentase penyisihan detergen pada setiap variasi digunakan rumus:

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada Gradient 150/detik dengan dosis 1 g/l:

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan detergen} &= \frac{21 - 15,10}{21} \times 100\% \\ &= 28,10\% \end{aligned}$$

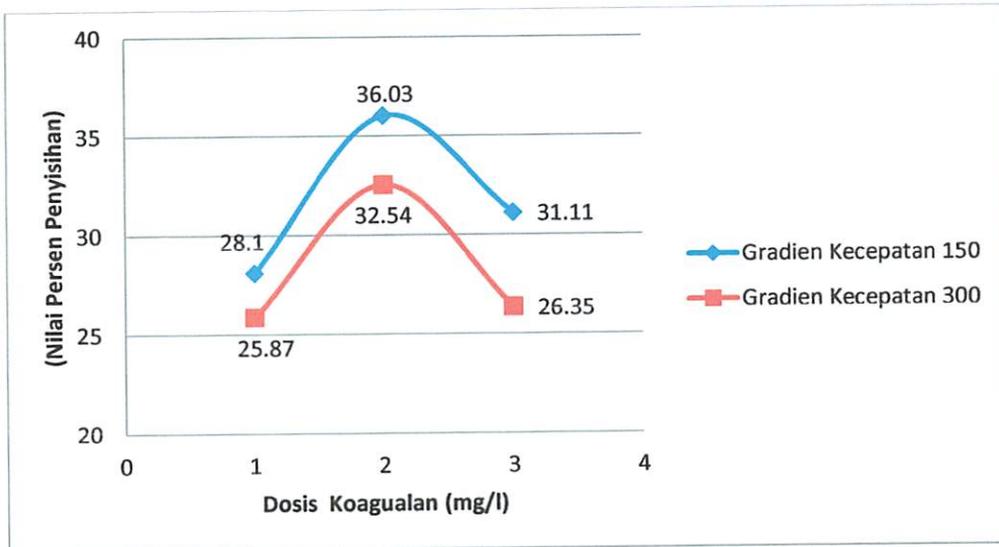
Perhitungan persentase penurunan detergen dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

**Tabel 4.5 Persentase Penyisihan Detergen**

No	Gradien Kecepatan (/detik)	Dosis (gr/l)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
1	150	1	21	15,10	28,10
		2	21	13,43	36,03
		3	21	14,47	31,11
2	300	1	21	15,57	25,87
		2	21	14,17	32,54
		3	21	15,47	26,35

*Sumber : Hasil Penelitian, 2014*

Berdasarkan data persentase penyisihan detergen pada tabel 4.5 maka dapat ditampilkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan detergen pada gambar 4.2 berikut.

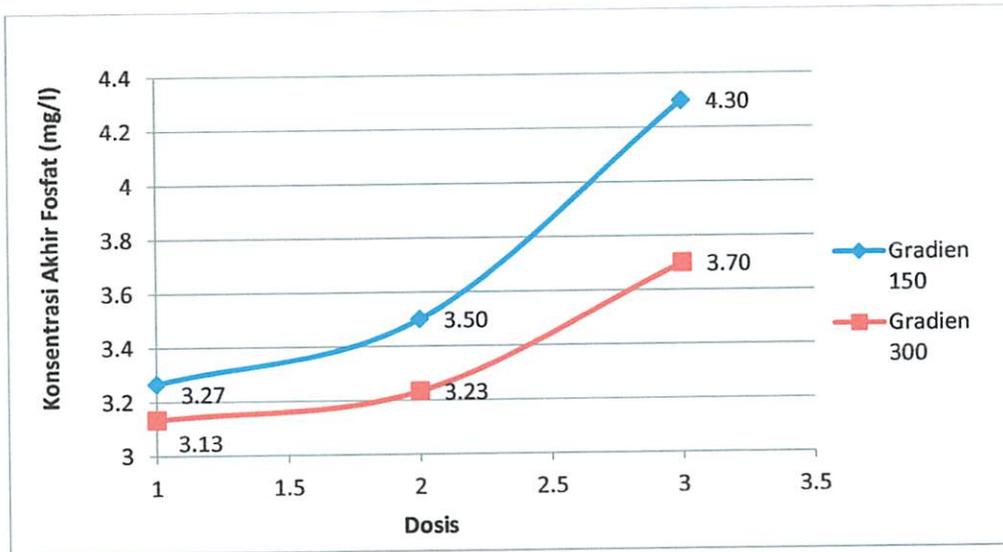


**Gambar 4.2 Grafik Persentase Penyisihan Detergen**

Pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa persen penyisihan detergen dari dosis koagulan 1 g/l - 3g/l mengalami kondisi naik turun pada masing-masing Gradient kecepatan. Persen penyisihan detergen terendah terjadi pada Gradient 300/detik pada dosis koagulan 1 g/l yaitu sebesar 25,87% dan untuk persen penyisihan detergen yang tertinggi terjadi pada Gradient 150/detik pada dosis 2 g/l yaitu sebesar 36,03%.

#### 4.3.2 Analisis Deskriptif Penyisihan Fosfat

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel 4.3 diperoleh konsentrasi akhir fosfat yang menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair *grey water* melalui pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi fosfat dengan tingkat penyisihan yang berbeda. Penurunan konsentrasi fosfat dapat ditampilkan menjadi sebuah grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.2



**Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi Akhir Fosfat**

Berdasarkan tabel 4.3 dan gambar 4.3 menunjukkan bahwa penyisihan fosfat bervariasi dengan penambahan dosis koagulan pada masing-masing Gradient. Konsentrasi akhir fosfat pada Gradient 150/detik menunjukkan bahwa pada dosis koagulan 1 gr/l didapatkan nilai penyisihan tertinggi sebesar 3,27 mg/l, untuk dosis koagulan 2 gr/l didapatkan nilai akhir sebesar 3,50 mg/l yang lebih rendah penyisihan konsentrasinya dari dosis koagulan 1 gr/l, sedangkan untuk dosis koagulan 3 gr/l didapatkan nilai akhir sebesar 4,30 mg/l dimana penyisihannya semakin rendah dari dosis koagulan 2 gr/l dan 3 gr/l.

Pada Gradient 300/detik menunjukkan bahwa penyisihan konsentrasi akhir pada dosis koagulan 1 gr/l adalah yang tertinggi yaitu sebesar 3,13 mg/l, untuk dosis koagulan 2 gr/l nilai penyisihannya lebih rendah dari dosis koagulan 1 gr/l yaitu 3,23 mg/l, sedangkan untuk dosis koagulan 3 gr/l sebesar 3,70 mg/l dimana nilai penyisihan konsentrasinya lebih kecil dari dosis koagulan 2 gr/l dan 3 gr/l. Untuk mengetahui persentase penyisihan fosfat pada setiap variasi digunakan rumus:

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada Gradient 150/detik dengan dosis 1 g/l:

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan fosfat} &= \frac{10-3,27}{10} \times 100\% \\ &= 67,33 \% \end{aligned}$$

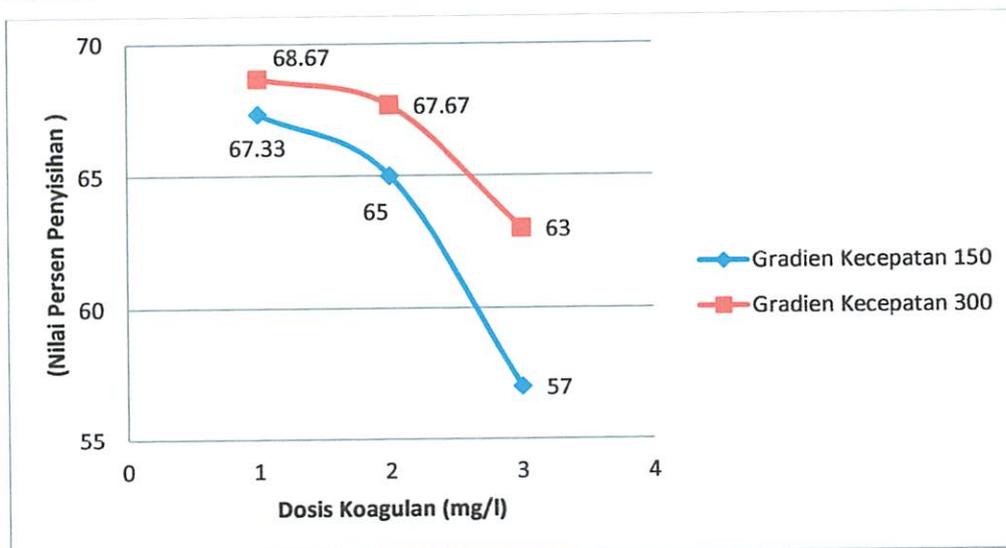
Perhitungan persentase penurunan fosfat dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

**Tabel 4.6 Persentase Penyisihan Fosfat**

No	Gradien Kecepatan (/detik)	Dosis (gr/l)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
1	150	1	10	3,27	67,33
		2	10	3,50	65,00
		3	10	4,30	57,00
2	300	1	10	3,13	68,67
		2	10	3,23	67,67
		3	10	3,70	63,00

Sumber : Hasil Penelitian, 2014

Berdasarkan data persentase penyisihan Fosfat pada tabel 4.6 maka dapat ditampilkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan Fosfat pada gambar 4.4 berikut.

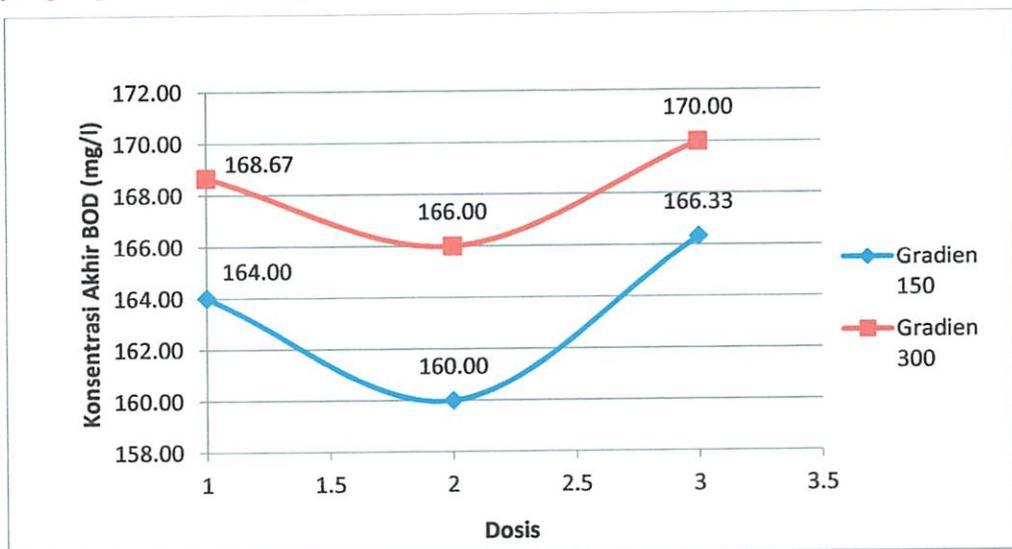


**Gambar 4.4 Grafik Persentase Penyisihan Fosfat**

Pada gambar 4.4 dapat dilihat bahwa persen penyisihan fosfat dari dosis koagulan 1 g/l - 3g/l mengalami kondisi yang terus menurun pada masing-masing Gradient kecepatan. Persen penyisihan fosfat terendah terjadi pada Gradient 150/detik pada dosis koagulan 3 g/l yaitu sebesar 57,00% dan untuk persen penyisihan fosfat yang tertinggi terjadi pada Gradient 300/detik pada dosis 1 g/l yaitu sebesar 68,67%.

#### 4.3.3 Analisis Deskriptif Penyisihan BOD

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel 4.4 diperoleh konsentrasi akhir BOD yang menunjukkan bahwa pengolahan limbah cair *grey water* melalui pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dapat menurunkan konsentrasi BOD walau tidak signifikan dengan tingkat penyisihan yang bervariasi. Penurunan konsentrasi BOD dapat ditampilkan menjadi sebuah grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Akhir BOD

Berdasarkan tabel 4.4 dan gambar 4.5 menunjukkan bahwa penyisihan BOD bervariasi dengan penambahan dosis koagulan pada masing-masing Gradient. Konsentrasi akhir BOD pada Gradient 150/detik menunjukkan bahwa pada dosis koagulan 1 gr/l didapatkan nilai akhir sebesar 164,00 mg/l, untuk dosis koagulan 2

gr/l didapatkan nilai penyisihan sebesar 160,00 mg/l yang lebih tinggi penyisihan konsentrasinya dari dosis koagulan 1 gr/l, sedangkan untuk dosis koagulan 3 gr/l didapatkan nilai penyisihan sebesar 166,33 mg/l dimana penyisihannya lebih rendah dari dosis koagulan 1 gr/l dan 2 gr/l.

Pada Gradient 300/detik menunjukkan bahwa penyisihan akhir pada dosis koagulan 1 gr/l sebesar 168,67 mg/l, untuk dosis koagulan 2 gr/l nilai penyisihannya lebih tinggi dari dosis koagulan 1 gr/l yaitu 166,00 mg/l, sedangkan untuk dosis koagulan 3 gr/l sebesar 170,00 mg/l dimana nilai penyisihan konsentrasinya lebih kecil dari dosis koagulan 1 gr/l dan 2 gr/l. Untuk mengetahui persentase penyisihan BOD pada setiap variasi digunakan rumus:

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada Gradient 150/detik dengan dosis 1 g/l:

$$\begin{aligned} \text{Penyisihan BOD} &= \frac{207 - 164,00}{207} \times 100\% \\ &= 20,77\% \end{aligned}$$

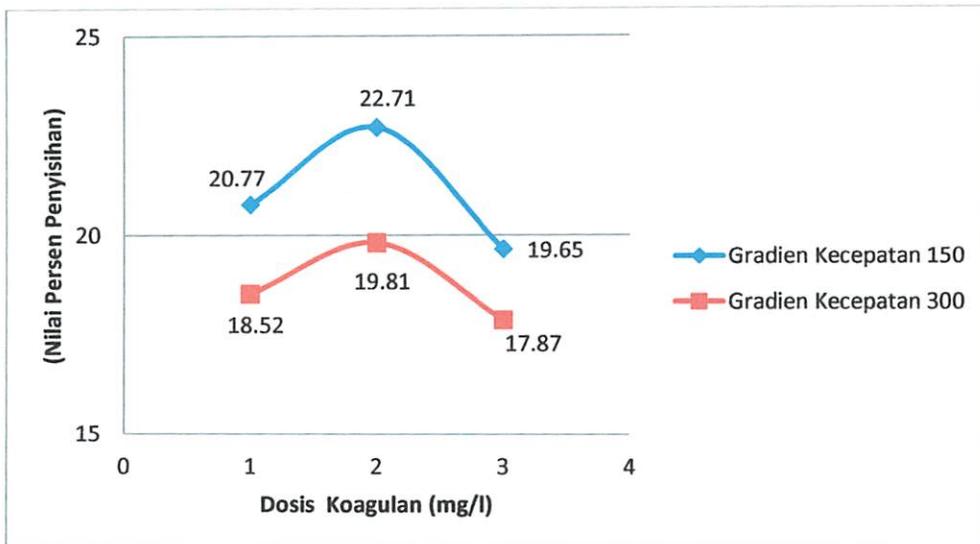
Perhitungan persentase penurunan BOD dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.7 Persentase Penyisihan BOD**

No	Gradien Kecepatan (/detik)	Dosis (gr/l)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Persentase Penyisihan (%)
1	150	1	207	164,00	20,77
		2	207	160,00	22,71
		3	207	166,33	19,65
2	300	1	207	168,67	18,52
		2	207	166,00	19,81
		3	207	170,00	17,87

*Sumber : Hasil Penelitian, 2014*

Berdasarkan data persentase penyisihan BOD pada tabel 4.7 maka dapat ditampilkan menjadi sebuah grafik persentase penurunan BOD pada gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 Grafik Persentase Penyisihan BOD

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa persen penyisihan BOD dari dosis koagulan 1 g/l - 3g/l mengalami kondisi yang naik turun pada masing-masing Gradient kecepatan. Persen penyisihan BOD terendah terjadi pada Gradient BOD terendah terjadi pada Gradient 300/detik pada dosis koagulan 3 g/l yaitu sebesar 17,87% dan untuk persen penyisihan BOD yang tertinggi terjadi pada Gradient 150/detik pada dosis 2 g/l yaitu sebesar 22,71%.

#### 4.4 Analisis ANOVA Two Way

Analisis ANOVA dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam persentase penyisihan Detergen, Fosfat, dan BOD, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA dua faktor atau desain faktorial. Analisis ANOVA ini akan menguji apakah semua perlakuan memiliki rata-rata (*mean*) yang sama.

Persentase penyisihan Detergen, Fosfat, dan BOD akan mewakili variabel terikat, sedangkan variasi dosis koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dan

variasi Gradient kecepatan akan mewakili variabel bebas. Pada hasil uji ANOVA yang dijadikan indikator adalah jika nilai semua perlakuan sama atau identik, maka dosis koagulan Biji Kelor dan Gradient kecepatan dikatakan tidak mempengaruhi nilai persentase penurunan Detergen, Fosfat, dan BOD.

Dalam analisis ANOVA terdapat hipotesis masalah yaitu:

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

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

1. Nilai Probabilitas
  - Jika probabilitas  $\geq 0,05$ ,  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas  $\leq 0,05$ ,  $H_0$  ditolak
2. 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 Detergen

Hasil analisis pengaruh dosis koagulan Biji Kelor dan Gradient kecepatan pada proses pengolahan Koagulasi-Flokulais-Sedimentasi terhadap persentase penyisihan detergen dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut ini.

**Tabel 4.8 Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Koagulan dan Gradient Kecepatan Terhadap Persentase (%) Penyisihan Detergen**

<b>Two-way ANOVA: % Penyisihan Deterjen versus Dosis Koagulan, Gradient Kecepatan</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis Koagulan	2	58.1287	29.0643	36.33	0.027
Gradient Kecepatan	1	18.3051	18.3051	22.88	0.041
Error	2	1.6002	0.8001		
Total	5	78.0340			

S = 0.8945    R-Sq = 97.95%    R-Sq(adj) = 94.87%

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

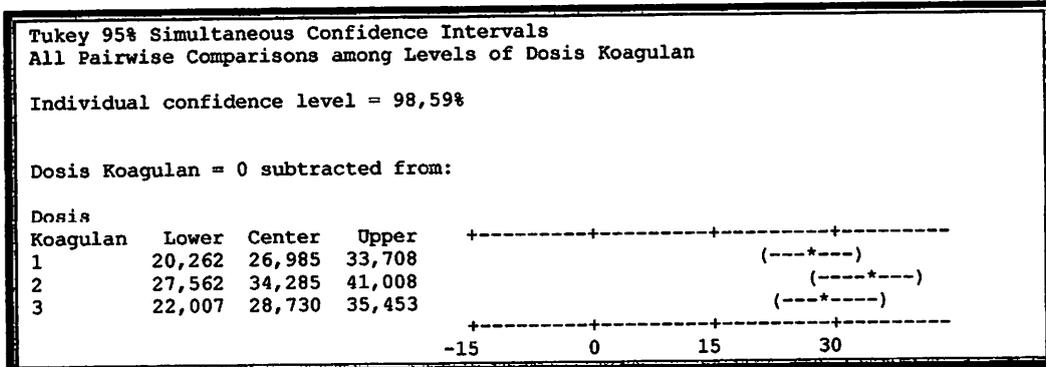
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F dosis koagulan didapat  $F_{(0,05.2.2)} = 19,0$  dan tabel distribusi F Gradient kecepatan didapat  $F_{(0,05.1.2)} = 18,51$ . Nilai F hitung output dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah 36,33 dan 22,88, nilai probabilitas dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah 0,027 dan 0,041.

Keputusan yang diambil untuk variasi dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung > F tabel untuk dosis koagulan dan Gradient kecepatan. Selain itu, untuk dosis koagulan dan Gradient kecepatan memiliki  $P < 0,05$ . Artinya bahwa persentase penyisihan detergen dalam perlakuan tersebut tidak identik dan terdapat perbedaan yang signifikan.

Mengetahui perbedaan signifikan dengan analisis ANOVA *Two-Way*, maka dilakukan uji lanjutan menggunakan *Tukey*. Metoda perbandingan berpasangan oleh *Tukey* diperoleh dengan mencari perbedaan yang signifikan (Elly Sarvia, 2012). Untuk pengambilan keputusan pada uji *Tukey*, maka bandingkan nilai mutlak selisih rata-rata pada perbedaan dosis koagulan.

Hasil uji beda nyata (*Honestly Significant Difference*) pada presentase penyisihan detergen dengan dosis koagulan, dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut ini.

**Tabel 4.9 Hasil Uji Tukey Variasi Dosis Koagulan Dengan Persentase Penyisihan Detergen Proses KFS**



Dari tabel 4.9 diatas menunjukkan bahwa nilai dosis koagulan yang terbesar terjadi pada dosis koagulan 2 sebesar 41,008. Artinya bahwa dosis koagulan 2 memiliki perbedaan yang signifikan (berbeda nyata) dibandingkan dengan dosis koagulan 1 dalam menurunkan konsentrasi detergen dan turun pada dosis 3.

#### 4.4.2 Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan Fosfat

Hasil analisis pengaruh dosis koagulan Biji Kelor dan Gradient kecepatan pada proses pengolahan Koagulasi-Flokulais-Sedimentasi terhadap persentase penyisihan fosfat dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini.

**Tabel 4.10 Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Koagulan dan Gradient Kecepatan Terhadap Persentase (%) Penyisihan Fosfat**

<b>Two-way ANOVA: % Penyisihan Fosfat versus Dosis Koagulan, Gradient Kecepatan</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis Koagulan	2	71.2696	35.6348	12.37	0.075
Gradient Kecepatan	1	16.7000	16.7000	5.80	0.138
Error	2	5.7622	2.8811		
Total	5	93.7319			

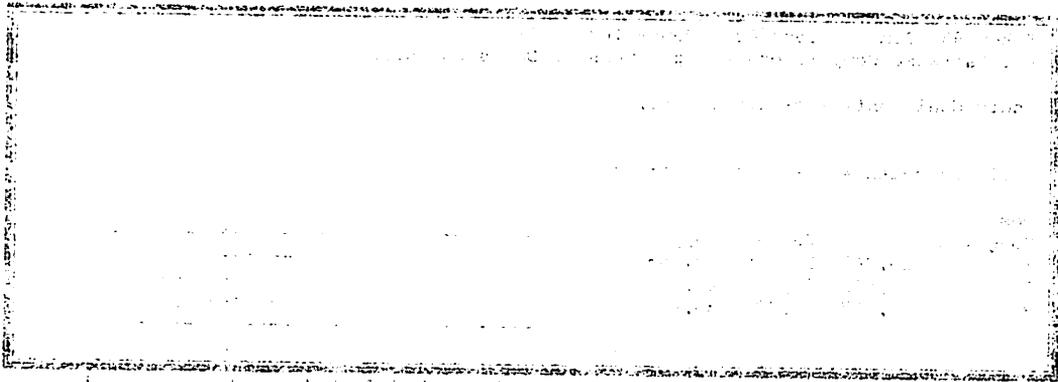
S = 1.697    R-Sq = 93.85%    R-Sq(adj) = 84.63%

Hasil tabel 4.10 memuat keterangan sebagai berikut:

- DF = Derajat Bebas
- SS = Variasi Residual
- MS = Mean Square

1. Analisis Regresi Linear Berganda

1.1. Analisis Regresi Linear Berganda



1.2. Analisis Regresi Linear Berganda

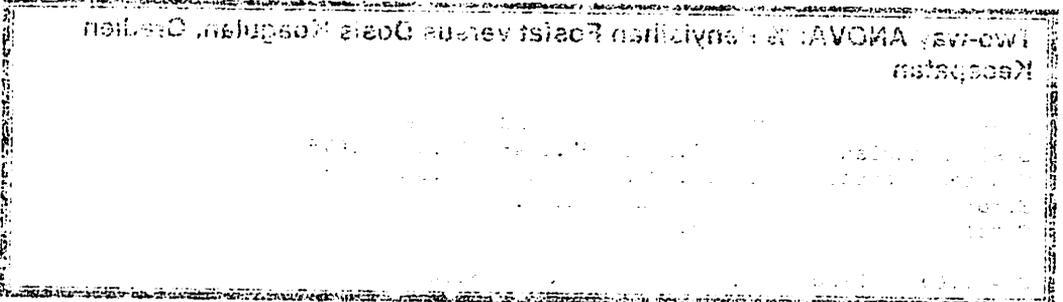
1.3. Analisis Regresi Linear Berganda

1.4. Analisis Regresi Linear Berganda

1.5. Analisis Regresi Linear Berganda

2. Analisis Regresi Linear Berganda

2.1. Analisis Regresi Linear Berganda



2.2. Analisis Regresi Linear Berganda

2.3. Analisis Regresi Linear Berganda

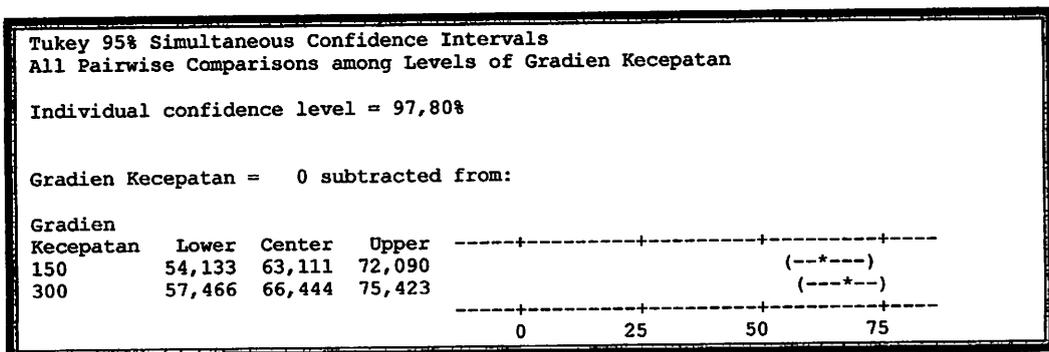
- F = Nilai Statistik Analisis
- P = Nilai Probabilitas (dengan  $\alpha=0,05$ )
- N = Number
- Mean = Nilai Rata-Rata

Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F dosis koagulan didapat  $F_{(0,05.2.2)} = 19,0$  dan tabel distribusi F Gradient kecepatan didapat  $F_{(0,05.1.2)} = 18,51$ . Nilai F hitung output dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah 12,37 dan 5,80, nilai probabilitas dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah 0,075 dan 0,138.

Keputusan yang diambil untuk variasi dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah menerima hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menolak hipotesis alternatif ( $H_1$ ) karena nilai F hitung  $<$  F tabel untuk dosis koagulan dan Gradient kecepatan. Selain itu, untuk dosis koagulan dan Gradient kecepatan memiliki  $P < 0,05$ . Artinya bahwa persentase penyisihan fosfat dalam perlakuan tersebut tidak identik dan terdapat perbedaan yang signifikan.

Hasil uji beda nyata (*Honestly Significant Difference*) pada presentase penyisihan fosfat dengan dosis koagulan, dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini.

**Tabel 4.11 Hasil Uji Tukey Variasi Gradien Kecepatan Dengan Persentase Penyisihan Fosfat Proses KFS**



Dari tabel 4.11 diatas menunjukkan bahwa nilai Gradient kecepatan yang terbesar terjadi pada dosis gradien 300 sebesar 75,423. Artinya bahwa Gradient

kecepatan 300 memiliki perbedaan yang signifikan (berbeda nyata) dibandingkan dengan Gradient 150 dalam menurunkan konsentrasi fosfat.

#### 4.4.3 Analisis ANOVA untuk Persentase Penyisihan BOD

Hasil analisis pengaruh dosis koagulan Biji Kelor dan Gradient kecepatan pada proses pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi terhadap persentase penyisihan BOD dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut ini.

**Tabel 4.12 Hasil Uji ANOVA Antara Dosis Koagulan dan Gradient Kecepatan Terhadap Persentase (%) Penyisihan BOD**

<b>Two-way ANOVA: % Penyisihan BOD versus Dosis Koagulan, Gradient Kecepatan</b>					
Source	DF	SS	MS	F	P
Dosis Koagulan	2	6.4276	3.21382	20.32	0.047
Gradient Kecepatan	1	8.0041	8.00415	50.61	0.019
Error	2	0.3163	0.15815		
Total	5	14.7481			

S = 0.3977    R-Sq = 97.86%    R-Sq(adj) = 94.64%

Hasil tabel 4.12 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

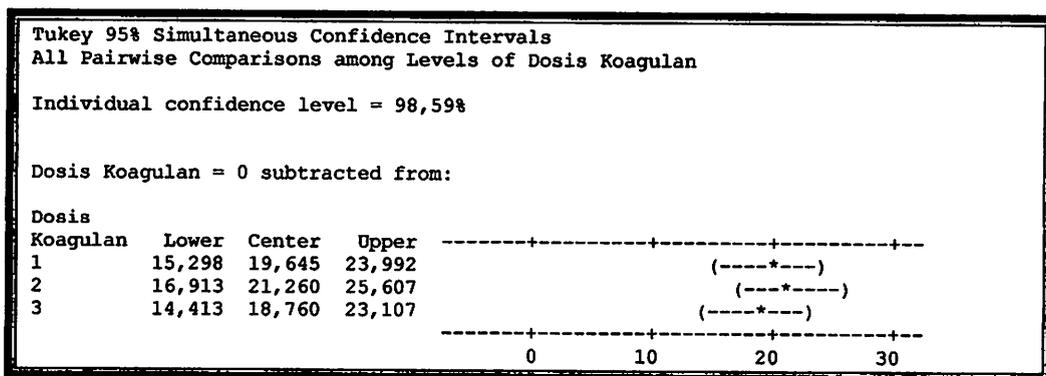
Untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka dari tabel distribusi F dosis koagulan didapat  $F_{(0,05,2,2)} = 19,0$  dan tabel distribusi F Gradient kecepatan didapat  $F_{(0,05,1,2)} = 18,51$ . Nilai F hitung output dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah 20,32 dan 50,61, nilai probabilitas dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah 0,047 dan 0,019.

Keputusan yang diambil untuk variasi dosis koagulan dan Gradient kecepatan adalah menolak hipotesis awal ( $H_0$ ) dan menerima hipotesis alternatif

(H<sub>1</sub>) karena nilai F hitung > F tabel untuk dosis koagulan dan Gradient kecepatan. Selain itu, untuk dosis koagulan dan Gradient kecepatan memiliki P<0,05. Artinya bahwa persentase penyisihan BOD dalam perlakuan tersebut tidak identik dan terdapat perbedaan yang signifikan.

Hasil uji beda nyata (*Honestly Significant Difference*) pada presentase penyisihan BOD dengan dosis koagulan, dapat dilihat pada tabel 4.13 berikut ini.

**Tabel 4.13 Hasil Uji Tukey Variasi Dosis Koagulan Dengan Persentase Penyisihan BOD Proses KFS**



Dari tabel 4.13 diatas menunjukkan bahwa nilai dosis koagulan yang terbesar terjadi pada dosis koagulan 2 sebesar 25,607. Artinya bahwa dosis koagulan 2 memiliki perbedaan yang signifikan (berbeda nyata) dibandingkan dengan dosis koagulan 1 dalam menurunkan konsentrasi BOD dan turun pada dosis 3.

#### 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<sub>0</sub> : Korelasi tidak signifikan
  - H<sub>1</sub> : Korelasi signifikan

- **Pengambilan Keputusan**
  - Jika nilai signifikansi > 0,05, H<sub>0</sub> diterima
  - Jika nilai signifikansi < 0,05, H<sub>0</sub> ditolak
- **Untuk mengetahui kuat lemahnya korelasi**

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

#### **4.5.1 Analisis Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Detergen**

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan detergen terhadap dosis koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dan Gradient kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.14 berikut ini.

**Tabel 4.14 Hasil Uji Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Detergen**

<b>Correlations: % Penyisihan Deterjen, Dosis Koagulan, Gradien Kecepatan</b>		
	<b>% Penyisihan Det</b>	<b>Dosis Koagulan</b>
<b>Dosis Koagulan</b>	0.198 0.708	
<b>Gradien Kecepatana</b>	-0.484 0.330	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan tabel 4.14, korelasi antara persen penyisihan detergen dengan perbandingan dosis koagulan adalah 0,198. Artinya hubungan antara dosis koagulan biji kelor terhadap persentase penyisihan detergen lemah, dimana



koefisiennya menjauhi 1. Untuk nilai probabilitas antara dosis koagulan biji kelor terhadap persentase penyisihan detergen sebesar 0,708 ( $>0,05$ ), maka hipotesis  $H_0$  diterima, artinya korelasi antara dosis koagulan biji kelor terhadap persentase penyisihan detergen tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien korelasi yang positif, yang berarti jika semakin banyak dosis koagulan biji kelor maka semakin besar persentase penyisihan detergen.

Korelasi antara penyisihan detergen dengan perbandingan Gradient kecepatan adalah -0,484. Artinya hubungan antara Gradient kecepatan terhadap persentase penyisihan detergen lemah, dimana koefisiennya menjauhi -1. Untuk nilai probabilitasnya antara Gradient kecepatan terhadap penyisihan detergen sebesar 0,330 ( $>0,05$ ), maka hipotesis awal ( $H_0$ ) diterima. Artinya, korelasi antara Gradient kecepatan terhadap detergen tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang negatif. Artinya, jika semakin besar Gradient kecepatan maka persentase penyisihan detergen semakin menurun.

#### **4.5.2 Analisis Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Fosfat**

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan fosfat terhadap dosis koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dan Gradient kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.15 berikut ini.

**Tabel 4.15 Hasil Uji Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan Fosfat**

<b>Correlations: % Penyisihan Fosfat, Dosis Koagulan, Gradien Kecepatan</b>		
	% Penyisihan Fos	Dosis Koagulan
Dosis Koagulan	-0.826 0.043	
Gradien Kecepatan	0.422 0.404	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan tabel 4.15, korelasi antara dosis koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) terhadap penyisihan fosfat sebesar -0,826. Artinya hubungan antara dosis koagulan Biji Kelor terhadap persentase penyisihan fosfat kuat, karena nilai koefisiennya mendekati -1. Untuk nilai probabilitas antara dosis koagulan biji kelor terhadap persentase penyisihan fosfat sebesar 0,043 ( $<0,05$ ), maka hipotesis  $H_0$  ditolak. Artinya, korelasi antara dosis koagulan biji kelor terhadap penyisihan fosfat signifikan. Hubungan antara kedua variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang negatif yang berarti jika semakin banyak dosis koagulan maka nilai persentase penyisihan fosfat akan menurun.

Korelasi antara penyisihan fosfat dengan perbandingan Gradient kecepatan adalah 0,422. Artinya hubungan antara Gradient kecepatan terhadap persentase penyisihan fosfat lemah, dimana koefisiennya menjauhi 1. Untuk nilai probabilitasnya antara Gradient kecepatan terhadap penyisihan fosfat sebesar 0,404 ( $>0,05$ ), maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Artinya, korelasi antara Gradient kecepatan terhadap penyisihan fosfat tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang positif yang berarti jika semakin besar Gradient kecepatan maka nilai persentase penyisihan fosfat akan meningkat.

#### 4.5.3 Analisis Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan BOD

Hasil analisis korelasi untuk persentase penyisihan BOD terhadap dosis koagulan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dan Gradient kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.16 berikut ini.

**Tabel 4.16 Hasil Uji Korelasi antara Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan Terhadap % Penyisihan BOD**

Correlations: % Penyisihan BOD, Dosis Koagulan, Gradien Kecepatan		
	% Penyisihan BOD	Dosis Koagulan
Dosis Koagulan	-0.230 0.660	
Gradien Kecepatan	-0.737 0.095	0.000 1.000
Cell Contents: Pearson correlation P-Value		

Berdasarkan tabel 4.16, korelasi antara dosis koagulan Biji Kelor terhadap penyisihan BOD sebesar -0,230. Artinya hubungan antara dosis koagulan Biji Kelor terhadap persentase penyisihan BOD lemah, karena nilai koefisiennya menjauhi -1. Untuk nilai probabilitas antara dosis koagulan biji kelor terhadap persentase penyisihan BOD sebesar 0,660 ( $>0,05$ ), maka hipotesis  $H_1$  ditolak dan  $H_0$  diterima. Artinya korelasi antara dosis koagulan biji kelor terhadap penyisihan BOD tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang negatif yang berarti jika semakin banyak dosis koagulan maka nilai persentase penyisihan BOD akan menurun.

Korelasi antara persentase penyisihan BOD dengan perbandingan Gradient kecepatan adalah -0,737. Artinya hubungan antara Gradient kecepatan terhadap persentase penyisihan BOD kuat, dimana koefisiennya mendekati -1. Untuk nilai probabilitasnya antara Gradient kecepatan terhadap penyisihan BOD sebesar 0,095 ( $>0,05$ ), maka hipotesis awal ( $H_0$ ) diterima. Artinya, korelasi antara Gradient kecepatan terhadap BOD tidak signifikan. Hubungan antara kedua variabel tidak searah, hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi yang

negatif, berarti jika semakin besar Gradient kecepatan maka nilai persentase penyisihan BOD akan menurun.

#### 4.6 Analisis Regresi

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

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

- Hipotesis
  - $H_0$  : Korelasi tidak signifikan
  - $H_1$  : Korelasi signifikan
- Pengambilan Keputusan
  - Jika statistik hitung (angka *output*) > statistik table (t tabel),  $H_0$  ditolak
  - Jika statistik hitung (angka *output*) < statistik table (t tabel),  $H_0$  diterima
- Untuk nilai probabilitas
  - Jika probabilitas > 0,05,  $H_0$  diterima
  - Jika probabilitas < 0,05,  $H_0$  ditolak

(Iriawan dan Astuti, 2006)

##### 4.6.1 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Detergen Terhadap Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan

Hasil uji regresi persentase penyisihan detergen terhadap dosis koagulan biji kelor dan hasil uji regresi persentase penyisihan detergen terhadap Gradient kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.17 dan tabel 4.18.

**Tabel 4.17 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Deterjen Terhadap Dosis Koagulan Biji Kelor**

Regression Analysis: % Penyisihan Deterjen versus Dosis Koagulan					
The regression equation is					
% Penyisihan Deterjen = 28.3 + 0.87 Dosis Koagulan					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	28.255	4.677	6.04	0.004	
Dosis Koagulan	0.872	2.165	0.40	0.708	
S = 4.32981    R-Sq = 3.9%    R-Sq(adj) = 0.0%					

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

Persamaan regresi pada tabel 4.17 adalah  $Y = 28,3 + 0,87 X_1$  dimana Y adalah persentase penyisihan deterjen (%),  $X_1$  adalah variasi dosis koagulan (gr/l). Konstanta sebesar 28,255 menyatakan bahwa jika variasi dosis koagulan konstan, maka persentase penurunan kandungan deterjen sebesar 28,255%. Koefisien regresi untuk variabel  $X_1$  (dosis koagulan) sebesar 0,87 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan dosis koagulan, maka persentase penyisihan deterjen akan meningkat sebesar 0,87% dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $r^2$ ) sebesar 0,0. Hal ini berarti persentase penyisihan deterjen dipengaruhi oleh dosis koagulan sebesar 0,0%, sedangkan sisanya sebesar 100% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi ( $t_{0,025,5}$ ) didapat

2,571. Nilai t variasi dosis koagulan (gr/l) pada tabel 4.17 adalah sebesar 0,40. Untuk variasi dosis koagulan t hitung < statistik t tabel yang berarti  $H_0$  diterima, dengan kesimpulan bahwa dosis koagulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan detergen.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.17 nilai probabilitas untuk variasi dosis koagulan sebesar 0,708. Untuk variasi dosis koagulan nilai probabilitasnya > 0,05, maka  $H_0$  diterima dan menolak  $H_1$  yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

**Tabel 4.18 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Detergen Terhadap Gradien Kecepatan**

Regression Analysis: % Penyisihan Deterjen versus Gradien Kecepatan				
The regression equation is				
% Penyisihan Deterjen = 35.2 - 0.0233 Gradien Kecepatan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	35.240	4.989	7.06	0.002
Gradien Kecepatan	-0.02329	0.02103	-1.11	0.330
S = 3.86422    R-Sq = 23.5%    R-Sq(adj) = 4.3%				

Persamaan regresi pada tabel 4.18 adalah  $Y = 35,2 - 0,0233 X_1$  dimana Y adalah persentase penyisihan detergen (%),  $X_1$  adalah variasi Gradient kecepatan (/detik). Konstanta sebesar 35,240 menyatakan bahwa jika variasi Gradient kecepatan konstan, maka persentase penurunan kandungan detergen sebesar 35,240%. Koefisien regresi untuk variabel  $X_1$  (Gradient kecepatan) sebesar (-0,02329) menyatakan bahwa untuk setiap penambahan Gradient kecepatan, maka akan menurunkan persentase penyisihan detergen.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 4,3. Hal ini berarti persentase penyisihan detergen dipengaruhi oleh Gradient kecepatan sebesar 4,3%, sedangkan sisanya sebesar 95,7% dipengaruhi oleh faktor lain.

menunjukkan bahwa variabel yang paling berpengaruh terhadap keputusan pembelian adalah variabel harga (beta koefisien 0,417) dan variabel kualitas pelayanan (beta koefisien 0,352). Hal ini menunjukkan bahwa harga dan kualitas pelayanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pembelian.

• Berdasarkan penelitian

terhadap variabel-variabel tersebut menunjukkan bahwa variabel harga memiliki pengaruh yang paling signifikan terhadap keputusan pembelian (beta koefisien 0,417) dan variabel kualitas pelayanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pembelian (beta koefisien 0,352). Hal ini menunjukkan bahwa harga dan kualitas pelayanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pembelian.

Tabel 4.13 Hasil Uji Regresi Berganda Terhadap Keputusan Pembelian

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	1,100	2	,550	10,000	,000
2	,000	1	,000	,000	,999
3	,000	1	,000	,000	,999
4	,000	1	,000	,000	,999
5	,000	1	,000	,000	,999
6	,000	1	,000	,000	,999
7	,000	1	,000	,000	,999
8	,000	1	,000	,000	,999
9	,000	1	,000	,000	,999
10	,000	1	,000	,000	,999
11	,000	1	,000	,000	,999
12	,000	1	,000	,000	,999
13	,000	1	,000	,000	,999
14	,000	1	,000	,000	,999
15	,000	1	,000	,000	,999
16	,000	1	,000	,000	,999
17	,000	1	,000	,000	,999
18	,000	1	,000	,000	,999
19	,000	1	,000	,000	,999
20	,000	1	,000	,000	,999
21	,000	1	,000	,000	,999
22	,000	1	,000	,000	,999
23	,000	1	,000	,000	,999
24	,000	1	,000	,000	,999
25	,000	1	,000	,000	,999
26	,000	1	,000	,000	,999
27	,000	1	,000	,000	,999
28	,000	1	,000	,000	,999
29	,000	1	,000	,000	,999
30	,000	1	,000	,000	,999
31	,000	1	,000	,000	,999
32	,000	1	,000	,000	,999
33	,000	1	,000	,000	,999
34	,000	1	,000	,000	,999
35	,000	1	,000	,000	,999
36	,000	1	,000	,000	,999
37	,000	1	,000	,000	,999
38	,000	1	,000	,000	,999
39	,000	1	,000	,000	,999
40	,000	1	,000	,000	,999
41	,000	1	,000	,000	,999
42	,000	1	,000	,000	,999
43	,000	1	,000	,000	,999
44	,000	1	,000	,000	,999
45	,000	1	,000	,000	,999
46	,000	1	,000	,000	,999
47	,000	1	,000	,000	,999
48	,000	1	,000	,000	,999
49	,000	1	,000	,000	,999
50	,000	1	,000	,000	,999

Peraturan regresi pada tabel 4.13 adalah  $Y = 35,2 + 0,417X_1 + 0,352X_2$  dimana  $Y$  adalah keputusan pembelian dengan  $X_1$  adalah variabel Harga dan  $X_2$  adalah variabel Kualitas Pelayanan. Hal ini menunjukkan bahwa harga dan kualitas pelayanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pembelian.

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa variabel harga (beta koefisien 0,417) dan variabel kualitas pelayanan (beta koefisien 0,352) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pembelian. Hal ini menunjukkan bahwa harga dan kualitas pelayanan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keputusan pembelian.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi ( $t_{0,025,5}$ ) didapat 2,571. Nilai t variasi Gradient kecepatan (/detik) pada tabel 4.18 adalah sebesar -1,11. Untuk variasi Gradient kecepatan t hitung < statistik t tabel yang berarti  $H_0$  diterima, dengan kesimpulan bahwa koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.18 nilai probabilitas untuk variasi Gradient kecepatan sebesar 0,330. Untuk variasi Gradient kecepatan nilai probabilitasnya > 0,05, maka  $H_0$  diterima dan menolak  $H_1$  yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

#### 4.6.2 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan Fosfat Terhadap Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan

Hasil uji regresi persentase penyisihan fosfat terhadap dosis koagulan biji kelor dan hasil uji regresi persentase penyisihan fosfat terhadap Gradient kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.19 dan table 4.20 berikut ini.

**Tabel 4.19 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Fosfat Terhadap Dosis Koagulan Biji Kelor**

<b>Regression Analysis: % Penyisihan Fosfat versus Dosis Koagulan</b>				
The regression equation is				
% Penyisihan Fosfat = 72.8 - 4.00 Dosis Koagulan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	72.778	2.945	24.71	0.000
Dosis Koagulan	-4.000	1.363	-2.93	0.043
S = 2.72635    R-Sq = 68.3%    R-Sq(adj) = 60.3%				

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

Persamaan regresi pada tabel 4.19 adalah  $Y = 72,8 - 4,00 X_1$  dimana Y adalah persentase penyisihan fosfat (%),  $X_1$  adalah variasi dosis koagulan (gr/l). Konstanta sebesar 72,778 menyatakan bahwa jika variasi dosis koagulan konstan, maka persentase penurunan kandungan fosfat sebesar 72,8%. Koefisien regresi untuk variabel  $X_1$  (dosis koagulan) sebesar -4,000 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan dosis koagulan, maka persentase penyisihan fosfat akan menurun sebesar -4,00% dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $r^2$ ) sebesar 60,3. Hal ini berarti persentase penyisihan fosfat dipengaruhi oleh dosis koagulan sebesar 60,3%, sedangkan sisanya sebesar 39,7% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji 't' dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi ( $t_{0,025,5}$ ) didapat 2,571. Nilai t variasi dosis koagulan (gr/l) pada tabel 4.19 adalah sebesar (-2,93). Untuk variasi dosis koagulan t hitung < statistik t tabel yang berarti  $H_0$  diterima, dengan kesimpulan bahwa dosis koagulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentasi penyisihan fosfat.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.19 nilai probabilitas untuk variasi dosis koagulan sebesar 0,043. Untuk variasi dosis koagulan nilai probabilitasnya < 0,05, maka  $H_0$  ditolak dan menerima  $H_1$  yang berarti koefisien regresi signifikan.

**Tabel 4.20 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan Fosfat Terhadap Gradien Kecepatan**

<b>Regression Analysis: % Penyisihan Fosfat versus Gradien Kecepatan</b>				
The regression equation is				
% Penyisihan Fosfat = 59.8 + 0.0222 Gradien Kecepatan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	59.773	5.665	10.55	0.000
Gradien Kecepatan	0.02224	0.02389	0.93	0.404
S = 4.38839    R-Sq = 17.8%    R-Sq(adj) = 0.0%				

Persamaan regresi pada tabel 4.20 adalah  $Y = 59,8 + 0,0222 X_1$  dimana Y adalah persentase penyisihan fosfat (%),  $X_1$  adalah variasi Gradient kecepatan (/detik). Konstanta sebesar 59,773 menyatakan bahwa jika variasi Gradient kecepatan konstan, maka persentase penurunan kandungan fosfat sebesar 59,8%. Koefisien regresi untuk variabel  $X_1$  (Gradien kecepatan) sebesar 0,02224 menyatakan bahwa untuk setiap penambahan Gradient kecepatan, maka akan meningkatkan persentase penyisihan fosfat.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $r^2$ ) sebesar 0,0. Hal ini berarti persentase penyisihan Fosfat dipengaruhi oleh Gradient kecepatan sebesar 0,0%, sedangkan sisanya sebesar 100% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi ( $t_{0,025,5}$ ) didapat 2,571. Nilai t variasi Gradient kecepatan (/detik) pada tabel 4.20 adalah sebesar 0,93. Untuk variasi Gradient kecepatan t hitung < statistik t tabel yang berarti  $H_0$  diterima, dengan kesimpulan bahwa koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.20 nilai probabilitas untuk variasi Gradient kecepatan sebesar 0,404. Untuk variasi Gradient kecepatan nilai probabilitasnya  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima dan menolak  $H_1$  yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

#### 4.6.3 Analisis Regresi Untuk Persentase Penyisihan BOD Terhadap Dosis Koagulan dan Gradien Kecepatan

Hasil uji regresi persentase penyisihan BOD terhadap dosis koagulan biji kelor dan hasil uji regresi persentase penyisihan BOD terhadap Gradient kecepatan dapat dilihat pada tabel 4.21 dan table 4.22 berikut ini.

**Tabel 4.21 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan BOD Terhadap Dosis Koagulan Biji Kelor**

Regression Analysis: % Penyisihan BOD versus Dosis Koagulan				
The regression equation is				
% Penyisihan BOD = 20.8 - 0.442 Dosis Koagulan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	20.773	2.018	10.29	0.001
Dosis Koagulan	-0.4425	0.9342	-0.47	0.660
S = 1.86848    R-Sq = 5.3%    R-Sq(adj) = 0.0%				

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

Persamaan regresi pada tabel 4.21 adalah  $Y = 20,8 - 0,442 X_1$  dimana Y adalah persentase penyisihan BOD (%),  $X_1$  adalah variasi dosis koagulan (gr/l). Konstanta sebesar 20,773 menyatakan bahwa jika variasi dosis koagulan konstan, maka persentase penurunan kandungan BOD sebesar 20,8%. Koefisien regresi untuk variabel  $X_1$  (dosis koagulan) sebesar -0,4425 menyatakan bahwa untuk

setiap penambahan dosis koagulan, maka persentase penyisihan BOD akan menurun sebesar -0,4425% dengan anggapan variabel lainnya konstan.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0. Hal ini berarti persentase penyisihan BOD dipengaruhi oleh dosis koagulan sebesar 0,0%, sedangkan sisanya sebesar 100% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi ( $t_{0,025,5}$ ) didapat 2,571. Nilai t variasi dosis koagulan (gr/l) pada tabel 4.21 adalah sebesar (-0,47). Untuk variasi dosis koagulan t hitung < statistik t tabel yang berarti  $H_0$  diterima, dengan kesimpulan bahwa dosis koagulan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap persentase penyisihan BOD.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.21 nilai probabilitas untuk variasi dosis koagulan sebesar 0,330. Untuk variasi dosis koagulan nilai probabilitasnya > 0,05, maka  $H_0$  diterima dan menolak  $H_1$  yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

**Tabel 4.22 Hasil Uji Regresi Persentase Penyisihan BOD Terhadap Gradien Kecepatan**

<b>Regression Analysis: % Penyisihan BOD versus Gradien Kecepatan</b>				
The regression equation is				
% Penyisihan BOD = 23.4 - 0.0154 Gradien Kecepatan				
Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	23.353	1.676	13.93	0.000
Gradien Kecepatan	-0.015400	0.007068	-2.18	0.095
S = 1.29845    R-Sq = 54.3%    R-Sq(adj) = 42.8%				

untuk menunjukkan bahwa koefisien pada persamaan regresi adalah signifikan secara statistik. Nilai p-value yang lebih kecil menunjukkan bahwa koefisien tersebut berbeda secara signifikan dari nol.

Hasil analisis regresi juga dapat dilihat dari tabel koefisien regresi (tabel 4.3). Nilai koefisien regresi menunjukkan bahwa koefisien pada persamaan regresi adalah signifikan secara statistik. Nilai p-value yang lebih kecil menunjukkan bahwa koefisien tersebut berbeda secara signifikan dari nol.

uji t untuk menguji signifikansi koefisien dan variabel bebas.

• **Interpretasi hasil:**

uji t dilakukan untuk menguji signifikansi koefisien dan variabel bebas. Untuk menginterpretasikan hasil uji t, kita perlu melihat nilai p-value yang dihasilkan. Jika nilai p-value lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditetapkan (misalnya 0,05), maka koefisien tersebut dianggap signifikan secara statistik. Sebaliknya, jika nilai p-value lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditetapkan, maka koefisien tersebut dianggap tidak signifikan secara statistik.

• **Interpretasi koefisien:**

koefisien pada tabel 4.31 menunjukkan bahwa koefisien pada persamaan regresi adalah signifikan secara statistik. Nilai p-value yang lebih kecil menunjukkan bahwa koefisien tersebut berbeda secara signifikan dari nol.

Tabel 4.31 Hasil Uji Regresi Persentase Respon (R<sup>2</sup>) Terhadap Gradien Regresi

**Regresi**

Regression Analysis: M Penjualan BOD versus Gradien Regresi					
The regression equation is: M Penjualan BOD = 1.23 + 0.05 (Gradien Regresi)					
Source	SS	DF	MS	F	P
Regression	1.23	1	1.23	1.23	0.27
Error	3.77	19	0.20		
Total	5.00	20			
Adjusted R-Squared	0.06				
Standard Error	0.44721				
Standard Deviation	0.44721				
Mean	1.23				
Stdev	0.44721				
Minimum	0.00				
Maximum	2.00				

Persamaan regresi pada tabel 4.22 adalah  $Y = 23,4 - 0,0154 X_1$  dimana Y adalah persentase penyisihan BOD (%),  $X_1$  adalah variasi Gradient kecepatan (/detik). Konstanta sebesar 23,353 menyatakan bahwa jika variasi Gradient kecepatan konstan, maka persentase penurunan kandungan BOD sebesar 23,4%. Koefisien regresi untuk variabel  $X_1$  (Gradient kecepatan) sebesar (-0,015400) menyatakan bahwa untuk setiap penambahan Gradient kecepatan, maka akan menurunkan persentase penyisihan BOD.

Hasil analisis regresi juga didapatkan koefisien determinasi (R Square =  $r^2$ ) sebesar 42,8. Hal ini berarti persentase penyisihan BOD dipengaruhi oleh Gradient kecepatan sebesar 42,8%, sedangkan sisanya sebesar 57,2% dipengaruhi oleh faktor lain.

Uji untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas.

- Berdasarkan nilai t

Uji T dilakukan untuk menguji signifikan koefisien dan variabel bebas, untuk taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 5%, maka  $t_{\alpha/2, n-1}$  tabel distribusi ( $t_{0,025,5}$ ) didapat 2,571. Nilai t variasi Gradient kecepatan (/detik) pada tabel 4.22 adalah sebesar -2,18. Untuk variasi Gradient kecepatan t hitung < statistik t tabel yang berarti  $H_0$  diterima, dengan kesimpulan bahwa koefisien regresi tidak signifikan.

- Berdasarkan probabilitas

Terlihat pada tabel 4.22 nilai probabilitas untuk variasi Gradient kecepatan sebesar 0,095. Untuk variasi Gradient kecepatan nilai probabilitasnya > 0,05, maka  $H_0$  diterima dan menolak  $H_1$  yang berarti koefisien regresi tidak signifikan.

#### 4.7 Pembahasan

Pengolahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi (KFS). Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan konsentrasi Detergen, Fosfat, dan BOD yang terdapat dalam air limbah sisa buangan kamar mandi dan dapur (*Grey Water*). Berikut ini adalah pembahasan proses removal bahan pencemar yang terjadi.

#### 4.7.1 Pembahasan Penurunan Detergen (MBAS)

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis deskriptif diperoleh persentase penurunan detergen tertinggi terdapat pada perlakuan gradient kecepatan koagulasi 150/detik dengan dosis koagulan 2 gr/L sebesar 36,03%, sedangkan persentase penurunan detergen terendah terdapat pada perlakuan gradient kecepatan koagulasi 300/detik dengan dosis koagulan 3 gr/L sebesar 26,35%.

Berdasarkan hasil dari analisis korelasi antara persentase penurunan detergen dan dosis koagulan adalah lemah, serta nilai probabilitas hasil dari analisis korelasi, regresi, dan ANOVA menyatakan tidak signifikan. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis koagulan mempunyai *range* yang kecil untuk membedakan persentase penurunan detergen.

Penurunan kadar detergen setelah penambahan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) disebabkan sifat PAC yang akan melepaskan kation  $Al^{3+}$  yang akan menurunkan *zeta potential* partikel dalam air sehingga kation tersebut yang bermuatan negatif mengikat partikel air limbah rumah susun (*Grey Water*) yang bermuatan negatif yang akan mempercepat penggabungan partikel-partikel yang akan membentuk flok menjadi berukuran menjadi lebih besar (Rachmah F, 2013). Koagulan PAC memiliki sifat yang sama dengan koagulan biji kelor karena koagulan biji kelor akan melepaskan ion-ion logam yang bermuatan positif yaitu  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , sama dengan PAC yang melepaskan kation  $Al^{3+}$ . Ion yang bermuatan positif tersebut akan bereaksi dengan ion  $OH^-$  yang berasal dari ionisasi air atau alkalinitas air sehingga akan membentuk flok dan akan mengendap karena adanya gaya gravitasi.

Penurunan kadar detergen pada penelitian ini tergolong kurang efektif, karena sebagian besar pada permukaan air limbah mempunyai muatan ion sejenis dengan koagulan yang menyebabkan keadaan stabil dimana muatan diantara partikelnya saling tolak-menolak, sehingga tidak dapat membentuk partikel yang lebih besar. Molekul-molekul air yang tertarik oleh permukaan partikel zat padat (koloid) dan berfungsi sebagai penghalang untuk terjadinya kontak dengan partikel koloid lainnya (Jeplin M, 2009).

Berdasarkan hasil dari analisis korelasi antara persentase penurunan detergen dan gradient kecepatan adalah lemah, serta nilai probabilitas hasil dari analisis korelasi, regresi, dan ANOVA menyatakan tidak signifikan. Hal tersebut menyatakan bahwa gradient kecepatan mempunyai *range* yang kecil untuk membedakan persentase penurunan detergen.

Sesuai penelitian yang dilakukan bahwa gradient kecepatan yang optimum dalam menurunkan kandungan detergen pada limbah cair domestik rumah susun berupa sisa buangan kamar mandi dan dapur adalah gradient 150/detik atau 113 rpm. Penelitian yang sama dilakukan oleh Bambang Iswanto, dkk (2009) bahwa pengadukan yang paling optimum adalah 150 rpm (dari 150 rpm, 180 rpm, dan 200 rpm) menurut Reynold (1982) dalam Capriandry (2007), pada proses koagulasi kecepatan lebih dari 150 rpm menjadi kurang efektif dikarenakan koloid dari ion logam yang positif

Penambahan gaya mekanis seperti pengadukan menyebabkan gaya tolak-menolak antar partikel menjadi kurang sehingga mempermudah terjadinya tumbukan yang akan dilanjutkan dengan penggabungan partikel-partikel yang akan membentuk flok menjadi berukuran menjadi lebih besar. Hal ini berdasarkan hasil penelitian Rachmah F (2013).

Hasil uji annova dan uji tukey dari penelitian ini persentase penurunan detergen dipengaruhi oleh dosis koagulan, hal ini sesuai dengan penelitian (Amal. N, 2011) bahwa efesiensi penurunan detergen terlihat naik dengan bertambahnya dosis koagulan sehingga disimpulkan adanya korelasi yang besar antara penambahan dosis koagulan dengan efesiensi pengolahan.

#### **4.7.2 Pembahasan Penurunan Fosfat**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis deskriptif diperoleh persentase penurunan fosfat tertinggi terdapat pada perlakuan gradient kecepatan koagulasi 300/detik dengan dosis koagulan 1 gr/L sebesar 68,67%, sedangkan persentase penurunan fosfat terendah terdapat pada perlakuan gradient kecepatan koagulasi 150/detik dengan dosis koagulan 3 gr/L sebesar 57,00%.

Berdasarkan hasil dari analisis korelasi antara persentase penurunan fosfat dan dosis koagulan adalah lemah, serta nilai probabilitas hasil dari analisis korelasi, regresi, dan ANOVA menyatakan tidak signifikan. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis koagulan mempunyai *range* yang kecil untuk membedakan persentase penurunan fosfat.

Penelitian ini menggunakan koagulan alami yaitu Biji Kelor (*Moringa Oleifera*). Penggunaan koagulan ini berfungsi mengikat partikel fosfat yang tidak bisa mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Kandungan aktif dalam biji kelor yang bersifat positif bersumber dari polimer yang dapat bereaksi dengan partikel bermuatan negatif dalam air limbah *Grey Water*.

Variasi dosis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 gr/l, 2 gr/l, dan 3 gr/l. Hasil penelitian menunjukkan persentase penyisihan fosfat optimum terjadi pada perlakuan dosis koagulan 1 gr/l yaitu sebesar 68,67%. Penelitian yang sama dilakukan oleh *Utami, S.D.R (2012)* yang menggunakan koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dalam proses penurunan kadar fosfat pada limbah cair industri pupuk dengan variasi dosis koagulan 5 gr/l, 50 gr/l, 500 gr/l, dan 5000 gr/l diperoleh dosis optimum 50 gr/l yang mampu menurunkan fosfat sebesar 73,33%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil dosis koagulan yang digunakan maka akan meningkatkan persentase penyisihan fosfat.

Penambahan dosis koagulan akan mempengaruhi tingkat penyisihan konsentrasi fosfat pada air limbah domestik *Grey Water*. Semakin kecil penambahan dosis koagulan, maka semakin besar penyisihan fosfat. Hal ini disebabkan oleh jumlah koloid yang bermuatan negatif pada air limbah lebih sedikit daripada muatan positif pada koagulan yang dibubuhkan, maka proses destabilisasi koloid terjadi sehingga ion-ion fosfat dan koloid lainnya dapat didegradasi. Pernyataan ini merupakan hasil penelitian dari *Utami, S.D.R (2012)*.

Penurunan kadar fosfat pada penelitian ini tergolong kurang efektif, karena proses pengolahan air limbah ketika direaksikan dengan koagulan biji kelor pada suasana netral (pH 7,2). Sehingga konsentrasi fosfat tidak dapat diturunkan. Penurunan kadar fosfat paling optimal pada suasana asam yaitu pH 2 karena protein biji kelor akan membentuk senyawa kationik ( $\text{NH}^{3+}$ ) dan fosfat akan

membentuk senyawa anionik ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), sehingga akibat muatan yang berlawanan terjadi gaya tarik-menarik *Van der Waals* maka konsentrasi fosfat dapat diturunkan.

Berdasarkan hasil dari analisis korelasi antara persentase penurunan fosfat dan gradient kecepatan adalah lemah, serta nilai probabilitas hasil dari analisis korelasi, regresi, dan ANOVA menyatakan tidak signifikan. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi gradient kecepatan mempunyai *range* yang kecil untuk membedakan persentase penurunan fosfat.

Berdasarkan uji anova dan tukey maka dari penelitian ini persentase penurunan fosfat dipengaruhi oleh kecepatan putaran. Pengadukan ditujukan untuk mempercepat kontak antara kandungan suspensi (koloid) dalam air baku olahan dengan koagulan yang ditambahkan. Jika pengadukan lambat pengikatan akan rendah, sehingga flok yang terbentuk juga sedikit dan akibatnya proses penjernihan tidak tepat sasaran. Demikian halnya jika pengadukan dikerjakan terlalu cepat karena bisa jadi flok yang terbentuk akan terurai lagi (Suhenny dan Rahadiningrum, 2000)

#### **4.7.3 Pembahasan Penurunan BOD**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis deskriptif diperoleh persentase penurunan BOD tertinggi terdapat pada perlakuan gradient kecepatan koagulasi 150/detik dengan dosis koagulan 2 gr/L sebesar 22,71%, sedangkan persentase penurunan BOD terendah terdapat pada perlakuan gradient kecepatan koagulasi 300/detik dengan dosis koagulan 3 gr/L sebesar 17,87%.

Berdasarkan hasil dari analisis korelasi antara persentase penurunan BOD dan dosis koagulan adalah lemah, serta nilai probabilitas hasil dari analisis korelasi, regresi, dan ANOVA menyatakan tidak signifikan. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi dosis koagulan mempunyai *range* yang kecil untuk membedakan persentase penurunan BOD.

Variasi dosis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 gr/l, 2 gr/l, dan 3 gr/l. Hasil penelitian menunjukkan persentase penyisihan BOD optimum terjadi pada perlakuan dosis koagulan 2 gr/l yaitu sebesar 22,71%.

Penelitian yang sama dilakukan oleh *Purnomo (2012)* yang menggunakan koagulan biji kelor (*Moringa Oleifera*) dalam pengolahan air limbah penggilingan kedelai industri tempe dengan variasi dosis koagulan 0,5 gr/l, 1 gr/l, 1,5 gr/l, 2 gr/l dan 2,5 gr/l diperoleh dosis optimum 2 gr/l yang mampu menurunkan BOD sebesar 81,44%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan BOD yang terjadi juga dikarenakan oleh sifat antimikroba yang dimiliki oleh *Moringa Oleifera*. Sesuai dengan yang dikatakan (*Ghebremichael, 2004*) bahwa bakteri gram positif dan negatif dapat terflokulasi oleh protein yang terdapat dalam *Moringa Oleifera*, dengan kata lain koagulan biji kelor dapat secara langsung membunuh dan juga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Koagulan biji kelor akan mengurangi nilai BOD dalam limbah dikarenakan penambahan dosis koagulan biji kelor yang optimum, karena pada keadaan larutan biji kelor yang ditambahkan dalam limbah sebanding dengan banyaknya bahan organik dalam limbah. Sedangkan penambahan dosis koagulan biji kelor yang tertinggi terjadi penurunan nilai BOD yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena pada penambahan dosis koagulan biji kelor yang tertinggi, larutan koagulan biji kelor partikel koloid mengalami restabilisasi kembali. Restabilisasi partikel koloid ini terjadi karena satu partikel koloid berikatan dengan lebih dari satu polimer kationik dari koagulan biji kelor. Sehingga yang terjadi adalah polimer kationik tersebut membungkus partikel koloid dan tidak mempunyai massa yang cukup untuk mengendap (*Purnomo, 2012*) sehingga terjadi kenaikan nilai BOD.

Pada penambahan konsentrasi elektrolit berupa penambahan koagulan, gaya lapisan rangkap akan berkurang sehingga gaya tarik-menarik yang disebabkan oleh gaya *Van der Waals* akan menyebabkan muatan partikel menjadi stabil dan terbentuk gumpalan dari partikel yang merupakan hasil dari proses koagulasi dari hasil proses koagulasi. Melalui proses ini bahan-bahan pencemar kimia organik dan anorganik dapat diturunkan. Menurunnya bahan-bahan ini menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan tersebut, sehingga nilai BOD akan turun (*Jeplin M, 2009*).

Penurunan kadar BOD pada penelitian ini tergolong kurang efektif, karena proses pengolahan air limbah ketika direaksikan dengan koagulan biji kelor pada

suasana netral (pH 7,2). Sehingga konsentrasi fosfat tidak dapat diturunkan. Penurunan kadar fosfat paling optimal pada suasana asam yaitu pH 2 karena muatan yang berlawanan terjadi gaya tarik-menarik *Van der Waals* maka konsentrasi fosfat dapat diturunkan. Penurunan konsentrasi fosfat yang kurang optimal maka bahan – bahan pencemar kimia organik dan organik tidak dapat didegradasi secara efektif yang akan mengakibatkan penurunan konsentrasi BOD kurang efektif.

Berdasarkan hasil dari analisis korelasi antara persentase penurunan BOD dan gradient kecepatan adalah lemah, serta nilai probabilitas hasil dari analisis korelasi, regresi, dan ANOVA menyatakan tidak signifikan. Hal tersebut menyatakan bahwa variasi gradient kecepatan mempunyai *range* yang kecil untuk membedakan persentase penurunan BOD.

Proses koagulasi akan menyebabkan bahan organik yang terkandung dalam air limbah memiliki muatan negatif sehingga dapat berikatan dengan ion-ion positif yang terkandung dalam koagulan. Ikatan-ikatan tersebut membentuk flok-flok yang lebih besar setelah mengalami proses pengadukan lambat, dimana partikel saling bertubrukan dan tetap bersatu untuk kemudian mengendap sebagai endapan.

Kecepatan putaran pengaduk yang rendah akan menyebabkan koagulan 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 (Gary I.R dan Atiek M, 2013).

Hasil dari uji annova dan tukey, penelitian ini didapatkan bahwa dosis koagulan mempengaruhi penurunan BOD pada air olahan. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Jeplin M, 2009), diperoleh bahwa dosis koagulan yang digunakan memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan nilai BOD setelah proses koagulasi. Hasil perhitungan juga diperoleh data bahwa semakin banyak koagulan yang ditambahkan, maka akan semakin besar pula penurunan nilai BOD.

## **BAB V**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dalam mengolah limbah cair rumah susun dengan proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi mampu menurunkan konsentrasi Detergen, Fosfat, dan BOD.
2. Proses pengadukan cepat dalam mengolah limbah cair rumah susun dengan Gradient kecepatan yang berbeda dapat menyisihkan konsentrasi Detergen dengan Gradient 150/detik pada dosis koagulan 2 gr/l sebesar 36,03%, Fosfat dengan Gradient 300/detik pada dosis koagulan 1 gr/l sebesar 68,67%, dan BOD dengan Gradient 150/detik pada dosis koagulan 2 gr/l sebesar 22,71%.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan interval peningkatan variasi dosis koagulan dan Gradient kecepatan yang tidak terlalu besar untuk menurunkan konsentrasi Detergen, Fosfat, dan BOD.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan bahan koagulan alami selain Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) untuk menurunkan konsentrasi Detergen, Fosfat, dan BOD.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G dan Santika, S. S. 1984. **Metoda Penelitian Air**. Usaha Nasional. Surabaya.
- Amal, N, 2011. **Usaha Peningkatan Kualitas Air Dengan Variasi Penambahan Tawas-Lempung Kering “Ampo” Pada Limbah Domestik Yang Mengandung Detergen**. Info Teknik. Volume 12 No.2.
- Gary, IR dan Atiek, M, 2013. **Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindusindica*) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Menurunkan Kadar COD Dan BOD Dengan Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Tempe**. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Iriawan, N dan Astuti, S.P. 2006. **Mengolah Data Statistik Dengan Mudah Menggunakan Minitab 14**. Andi. Yogyakarta.
- Iswanto. Bambang, 2009. **Pengolahan Air Limbah Emulsi Minyak-Detergen Dengan Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium**. Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Arsitektur Lansekap. Kembangan Jakarta Barat.
- Kuniadie, Denny. 2011. **Teknologi Pengolahan Limbah Cair Secara Biologis**. Bandung: Widya Padjadjaran.
- Masduqi, A dan Agus, S. 2002. **Satuan Operasi**. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS.
- Manurung. Jeplin, 2009. **Studi Efek Jenis Dan Berat Koagulan Terhadap Penurunan Nilai COD Dan BOD Pada Pengolahan Air Limbah Dengan Cara Koagulasi**. Departemen Kimia Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Purnomo, 2012. **Pengaruh Penambahan Tepung Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Bebas Minyak Sebagai Koagulan Alami Pada Pengolahan Limbah Air Penggilingan Kedelai Industri Tempe**. Jurusan Fakultas Matematika Dan Ilmu PA Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.

- Reynolds, T. D. 1982. *Unit Operations and Processes In Environmental Engineering*. Wadsworth, Inc., Belmont, California.
- Rossi, P. S. B. 2012. **Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan COD dan TSS Pada Limbah Industri Penyamakan Kulit (Studi Kasus: PT. Usaha Loka Kulit, Malang)**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Rachmah, F, 2013. **Pengolahan Air Limbah Industri Laundry Dengan Metode Koagulasi Kimia Dan Elektrokimia**. Departemen Teknologi Industry Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sugiharto. 2008. **Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah**. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Utami. SDR, 2012. **Uji Kemampuan Koagulan Alami Dari Biji Trembesi (*Samanea Saman*), Biji Kelor (*Moringa Oleifera*), Dan Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris*) Dalam Proses Penurunan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Industri Pupuk**. Jurusan Teknik Lingkungan. ITS Surabaya.
- Wahyuni, Ika. 2006. **Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Koagulan Dalam Proses Penurunan Kekeruhan Dan Kandungan Organik Limbah Cair Industri Tempe**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Wati, I. F. 2012. **Pengolahan Limbah Cair Pencucian Mobil “*The Auto Bridal*” Malang Dengan Adsorpsi Zeolit Alam Melalui Pretreatment Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi**. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional, Malang.

L  
A  
M  
P  
I  
R  
A  
N

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Asalammualaikum Wr. Wb.

Dalam kesempatan ini saya ingin mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT yang sampai saat ini masih memberikan karunia-Nya kepada saya. Terima kasih juga tidak lupa diucapkan kepada kedua orang tuaku, keluarga, saudara-saudaraku, dan juga seseorang yang dekat denganku sudah lumayan lama yang tidak lupa memberikan dukungannya untuk mendorong aku lebih semangat lagi.

Untuk saudara-saudariku yang juga lagi menempuh pendidikannya di Perguruan Tinggi Borneo Tarakan, cepat selesai juga kuliahnya dan bisa mendapat gelar dari masing-masing jurusannya dan mendapat nilai yang memuaskan, Amin..

Terima kasih juga buat dosen-dosen saya yang ada di Jurusan Teknik Lingkungan yang selama ini sudah memberikan ilmu mulai awal masuk kuliah hingga selesai kuliah. Terima kasih banyak Pak Sudiro, Pak Hery, Pak Hardianto, Bu Candra, Bu Anis, dan Bu Evy. Mohon maaf juga kepada semua dosen-dosen saya jika selama ini saya sudah membuat kalian marah dari perilaku saya, saya mohon maaf lahir batin..

Sahabat-sahabatku di Teknik Lingkungan khususnya angkatan 2010, gak terasa sudah 4 tahun kita bersama untuk ngerasain manis pahit asam asinnya kuliah (kaya kecap aja).. bahagia bisa kenal dengan kalian yang dari segala penjuru wilayah Indonesia dan juga luar negeri yaitu Timor Leste, macam-macam bahasa dan suku ngumpul di ITN Malang khususnya lagi Jurusan Teknik Lingkungan. Terima kasih buat kalian semua yang sudah membantu saya jika saya mengalami kesulitan selama dikampus ataupun luar kampus.

Menyadari kalau saya memiliki emosi yang lumayan tinggi dan mungkin sering dikeluarkan sengaja ataupun gak sengaja, saya mohon maaf dan itu mungkin kekhilafan dari saya saja, tapi kalian tetap jadi sahabat yang baik.

Untuk sahabat-sahabatku yang belum selesai, jom semangat.. tak payah risau, maret  
ada dihadapan untuk mendapat gelar sarjana tau?  
Dijalani aja pelan-pelan yang tapi pasti, jangan pelan telampau pelan juga ya..

Mungkin ini saja yang bisa saya sampaikan, sebenarnya masih banyak lagi kata-kata  
yang tersirat untuk disiratkan didalam kertas ini. Intinya kalian semua adalah yang  
terbaik..

Ada pantun nih..

Dua tiga makan papaya

Kalau ada salah, maafkan saya..

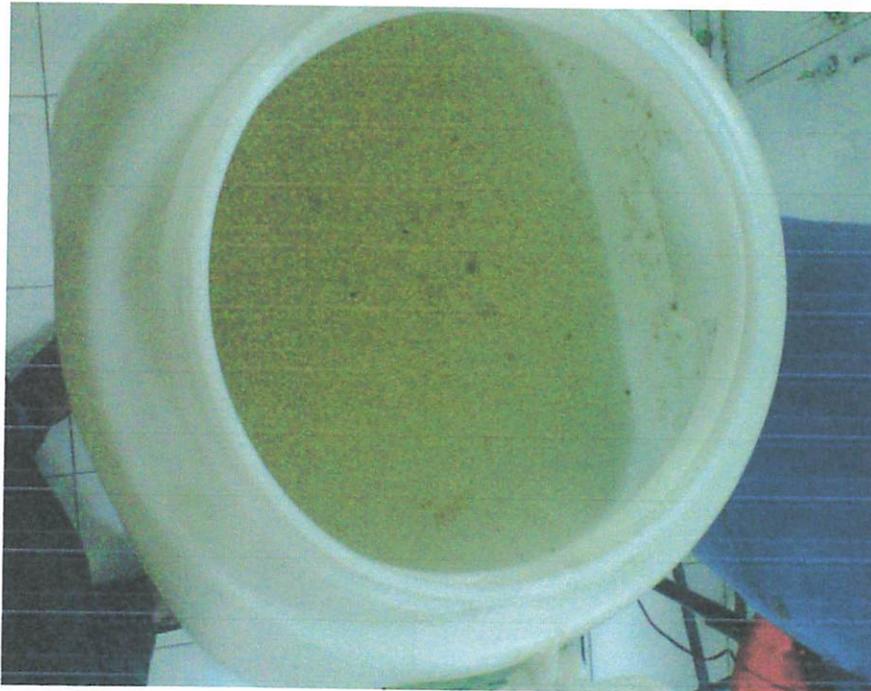
Dua tiga makan selasih

Cukup sekian terima kasih...

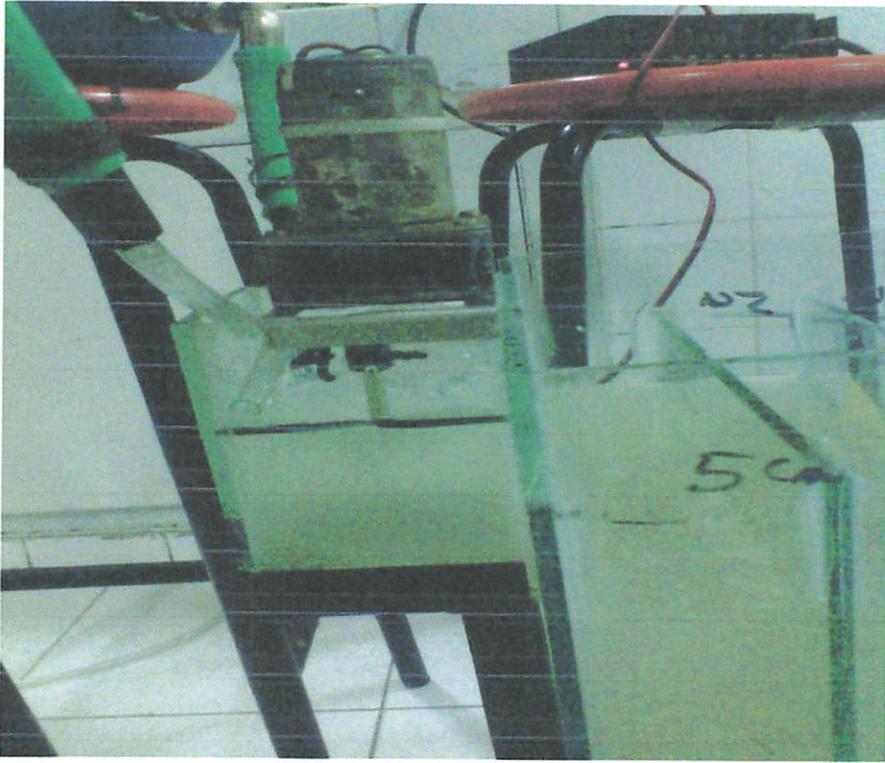
Wa'alaikumsalam Wr. Wb..



(Gambar : Proses Pembutan Koagulan Biji Kelor)



(Gambar : Persiapan Reaktor dan Air Limbah)



(Gambar : Proses Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi)

**DESAIN REAKTOR**  
**KOAGULASI-FLOKULASI-SEDIMENTASI**

**1. Dimensi Bak Penampung Limbah**

$$Q_{\text{out}} = 0,6 \text{ L/menit}$$

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

$$V = Q \times t = 0,6 \text{ L/menit} \times 91 \text{ menit} = 54,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Digunakan bak penampung limbah dengan volume  $\pm 54,6 \text{ L}$

**2. Dimensi Bak Penampung dan Debit Aliran Koagulan**

$$Q_{\text{in}} = 0,6 \text{ L/menit}$$

Dosis koagulan maksimum = 3 gr/L

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

Volume reaktor koagulasi-flokulasi-sedimentasi = 54,6 L

Jumlah koagulan yang digunakan = 3 x 54,6 = 163,8 gr

Jumlah pengenceran = 163,8 gr x 65 L = 10647 ml = 10,647 L  $\approx 11 \text{ L}$

Digunakan bak penampung koagulan dengan volume  $\pm 11 \text{ L}$

$$\% \text{ larutan koagulan} = \frac{11 \text{ L}}{54,6 \text{ L}} \times 100\% = 20,15 \%$$

$$\% \text{ volume limbah} = \frac{43,6 \text{ L}}{54,6 \text{ L}} \times 100\% = 79,85 \%$$

$$\begin{aligned} Q \text{ koagulan} &= \frac{Q_{\text{in}} \times \% \text{ vol limbah} \times \% \text{ lar koagulan} \times 1 \text{ gr}}{\text{dosis koagulan}} \\ &= \frac{0,6 \text{ L/menit} \times 79,85 \% \times 20,15 \% \times 1 \text{ gr}}{3 \text{ gr/L}} \\ &= 0,032 \text{ L/menit} = 32 \text{ ml/menit} \end{aligned}$$

### 3. Desain Bak Koagulasi

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

$$Q_{in} = 0,6 \text{ L/menit}$$

$$V = Q \times t = 0,6 \text{ L/menit} \times 1 \text{ menit} = 0,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

$$p^3 = 0,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,084 \text{ m} = 8,4 \text{ cm}$$

$$p = l = t = 8,4 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang paddle (} d_{\text{paddle}} \text{)} = 80\% \times p = 80\% \times 8,4 \text{ cm} = 6,7 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar paddle (} w_{\text{paddle}} \text{)} = 1/6 \times 5,99 \text{ cm} = 1,1 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi paddle terhadap dasar (} h_{\text{paddle}} \text{)} = 1/2 \times 5,99 = 3,4 \text{ cm}$$

➤ Untuk  $G=150/\text{detik}$

$$G^2 = \frac{P}{\mu \cdot v}$$

$$150/\text{detik}^2 = \frac{P}{(0,0008004 \text{ N} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2}) \cdot (0,6 \times 10^{-3}) \text{ m}^3}$$

$$P = 22500/\text{detik}^2 (0,0008004 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2)(0,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$P = 0,0108054 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{detik}$$

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

$$K_T = 0,75 \times 1,7 = 1,275$$

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

$$0,0108054 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{detik} = 1,275 \cdot n^3 \cdot (0,06 \text{ m})^5 \cdot 995,68 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$n^3 = \frac{0,0108054 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{detik}}{1,275 \cdot (0,06 \text{ m})^5 \cdot 995,68 \text{ kg}/\text{m}^3}$$

$$= 10,946 \text{ N} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}/\text{detik}$$

$$n = 2,220 \text{ rps}$$

$$= 133 \text{ rpm}$$

➤ Untuk  $G=300/\text{detik}$

$$G^2 = \frac{P}{\mu \cdot v}$$

$$300/\text{detik}^2 = \frac{P}{(0,0008004 \text{ N} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2}) \cdot (0,6 \times 10^{-3}) \text{ m}^3}$$

$$P = 90000/\text{detik}^2 (0,0008004 \text{ N} \cdot \text{s}/\text{m}^2)(0,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3)$$

$$P = 0,0432216 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{detik}$$

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

$$K_T = 0,75 \times 1,7 = 1,275$$

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

$$0,0432216 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{detik} = 1,275 \cdot n^3 \cdot (0,06 \text{ m})^5 \cdot 995,68 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$n^3 = \frac{0,0432216 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{detik}}{1,275 \cdot (0,06 \text{ m})^5 \cdot 995,68 \text{ kg}/\text{m}^3}$$

$$= 43,784 \text{ N} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}/\text{detik}$$

$$n = 3,52 \text{ rps}$$

$$= 211 \text{ rpm}$$

#### 4. Desain Bak Flokulasi

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

$$Q_{in} = 0,6 \text{ L}/\text{menit}$$

$$V = Q \times t = 0,6 \text{ L}/\text{menit} \times 30 \text{ menit} = 18 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

$$p^3 = 18 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,2620 \text{ m} = 26 \text{ cm}$$

Modifikasi desain,  $p = l = t = 26 \text{ cm}$

Suhu operasi  $25^\circ\text{C}$ , densitas  $\rho = 0,99707 \text{ gr}/\text{cm}^3$ ,  $\mu = 0,8949 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{det}/\text{m}^2$ ,  $v = 0,8975 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$

Kecepatan aliran 0,3 – 0,1 m/detik

$$G = (g.H.Q/v.td)^{0,5}$$

$$HL = k \cdot \frac{v^2}{2.g}, (k = 1,5 - 2,5)$$

$$= 1,5 \cdot \frac{0,3 \cdot 0,3}{2 \cdot 9,8}$$

$$= 0,0069$$

$$G = (9,8 \text{ m}^2/\text{detik} \cdot 0,0069 \cdot 0,5 \text{ l/detik} / 0,8975 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik} \cdot 30 \text{ menit})^{0,5}$$

$$= 14,45/\text{detik} \text{ (memenuhi kriteria desain } G= 10-75/\text{detik)}$$

## 5. Desain Bak Sedimentasi

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

$$Q = 0,6 \text{ L/menit}$$

$$V = Q \times t = 0,6 \text{ L/menit} \times 60 \text{ menit} = 36 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

### *Zona Settling*

Direncanakan dimensi:

$$p : l = 3 : 1$$

$$\text{Untuk } l = 26 \text{ cm}$$

$$p = 26 \times 3 = 78 \text{ cm}$$

$$H = \frac{\text{Volume}}{(0,26 \text{ m} \times 0,78 \text{ m})} = \frac{0,036}{(0,26 \text{ m} \times 0,78 \text{ m})} = 0,18 \text{ m} = 18 \text{ cm}$$

### *Zona Inlet*

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

$$= 25\% \times 78 \text{ cm} = 19,5 \text{ cm}$$

### *Zona Lumpur*

Volume lumpur diasumsikan 100 ml/1000 ml limbah, jadi volume lumpur:

$$36 \text{ l} \times 0,1 \text{ l} = 3,6 \text{ l} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ (untuk } t_d \text{ 1 jam)}$$

Direncanakan dimensi:

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

$A_1$  = luas atas;  $A_2$  = luas bawah

$$a = 1/3 \times l = 1/3 \times 78 \text{ cm} = 26 \text{ cm}$$

$$a' = 1/5 \times l = 1/5 \times 78 \text{ cm} = 15,6 \text{ cm}$$

$$b = w = 26 \text{ cm}$$

$$b' = 1/3 \times w = 1/3 \times 26 \text{ cm} = 8,67 \text{ cm}$$

$$A_1 = a \times b = 26 \times 26 = 676 \text{ cm}^2 = 0,0676 \text{ m}^2$$

$$A_2 = a' \times b' = 15,6 \times 8,67 = 135,2 \text{ cm}^2 = 0,01352 \text{ m}^2$$

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

$$H = \frac{3 \times (3,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3)}{(0,0676 + 0,01352 + (0,0676 \times 0,01352)^{0,5})}$$

$$= 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$





## HASIL ANALISIS SAMPEL

1. **Data Konsumen**
  - Nama Konsumen : Ivan Ramadhani
  - NIM : 1026901
  - Instansi : -
  - Alamat : Jln. Raya Tlogomas, Perumahan BCT. Blok BB 10
  - Telepon : 085 246 420 724
  - Status : Mahasiswa
  - Keperluan Analisis : Uji Kualitas
2. **Proses Sampling** : Dilakukan Oleh Konsumen
3. **Lokasi Sampling** : Limbah Cair Rumah Susun A Kelurahan Kota Lama, Malang
4. **Identifikasi Sampel**
  - Nama Sampel : limbah Cair
  - Wujud : Cair
  - Warna : Putih keruh
  - Bentuk : Cair
5. **Prosedur Analisis** : Dari Lab. Teknik Lingkungan  
Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP – ITN Malang
6. **Proses Analisis** : Dilakukan Oleh Konsumen
7. **Hasil Pengolahan** : Proses Koagulasi-flokulasi
8. **Penyampaian Laporan** : Diambil Konsumen
9. **Tanggal Terima Sampel** : 5 Juli 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 Parameter Fosfat pada Pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Gradien Kecepatan	Dosis	Penggulangan			Konsentrasi Akhir (mg/l)	Nilai Persen Penyisihan (%)
				I	II	III		
1	10	150	1	3	3.5	3.3	3.27	67,33
			2	3.6	3.3	3.6	3.50	65,00
			3	4.1	4.5	4.3	4.30	57,00
2		300	1	3.3	3.1	3	3.13	68,67
			2	3.5	3.2	3	3.23	67,67
			3	3.9	3.5	3.7	3.70	63,00

**Analisis Parameter Deterjen pada Pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Gradien Kecepatan	Dosis	Penggulangan			Konsentrasi Akhir (mg/l)	Nilai Persen Penyisihan (%)
				I	II	III		
1	21	150	1	15,3	15	15	15,10	28,10
			2	13,6	13,5	13,2	13,43	36,03
			3	14,7	14,5	14,2	14,47	31,11
2		300	1	15,9	15,5	15,3	15,57	25,87
			2	14,5	14	14	14,17	32,54
			3	15,7	15,3	15,4	15,47	26,35

**Analisis Parameter BOD pada Pengolahan Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi**

No	Konsentrasi Awal (mg/l)	Gradien Kecepatan	Dosis	Penggulangan			Konsentrasi Akhir (mg/l)	Nilai Persen Penyisihan (%)
				I	II	III		
1	207	150	1	165	163	164	164,00	20,77
			2	160	160	160	160,00	22,71
			3	166	166	167	166,33	19,65
2		300	1	169	168	169	168,67	18,52
			2	167	165	166	166,00	19,81
			3	170	170	170	170,00	17,87

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



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 gura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Malang, 27 Agustus 2014

**Asisten Laboratorium Pendamping**

**Konsumen**

**Khusnul Khatimah**  
 NIM. 1126015

**Ivan Ramadhani**  
 NIM. 10260901

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

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



LEMBAR ASISTENSI  
SKRIPSI

Nama : Ivan Ramadhani (1026901)

Jurusan : Teknik Lingkungan S-1

Pembimbing : Dr. Ir. Hery Setyobudiarso. Msi

No	Tanggal	Catatan / keterangan	Tanda Tangan
1.	17/07 '14.	-> Tabulasi data jarakan satu - Ceramah Gaspir - Anova two ways	
2	18/08 '14.	Hsl. uji Anova signifik Carut uji Duncan / Tukey	
3	18/08 '14.	see sig ye —	



LEMBAR ASISTENSI  
SKRIPSI

Nama : Ivan Ramadhani (1026901)

Jurusan : Teknik Lingkungan S-1

Pembimbing : Sudiro, ST. MT

No	Tanggal	Catatan / keterangan	Tanda Tangan
	12 Juli 2014	: (Mula deskripsi ft. di perbaiki. - logutka pe pembacaan	
	17 Juli 2014	- jika bisa akan pembacaan anda deskripsi - dijelaskan	
	15 Ag - 2014	- Pembacaan anda merepresentasikan kajian ilmiah	
	12 Ag - 2014	Diskusikan ke	