

**EFEKTIVITAS KOMBINASI SERBUK BIJI KELOR (*Moringa Oleifera L.*) DENGAN
SERBUK BIJI FLAMBOYAN (*Delonix Regia R.*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI
UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS DAN KEKERUHAN PADA LIMBAH
CAIR INDUSTRI TAHU**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

KHAFIDHA AYU RACHMANIA

H75216036

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Khafidha Ayu Rachmania

NIM : H75216036

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “EFEKTIVITAS KOMBINASI SERBUK BIJI KELOR (*Moringa Oleifera L.*) DENGAN SERBUK BIJI FLAMBOYAN (*Delonix Regia R.*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS DAN KEKERUHAN PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU”

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 27 Juli 2020

Yang menyatakan


(Khafidha Ayu Rachmania)
NIM. H75216036

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir oleh

NAMA : KHAFIDHA AYU RACHMANIA

NIM : H75216036

JUDUL : “EFEKTIVITAS KOMBINASI SERBUK BIJI KELOR (*Moringa Oleifera L.*) DENGAN SERBUK BIJI FLAMBOYAN (*Delonix Regia R.*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI UNTUK MENURUNKAN BOD, COD, TSS DAN KEKERUHAN PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU”.

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 20 Juli 2020

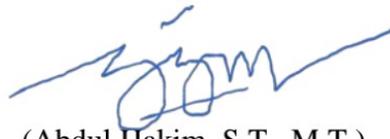
Dosen Pembimbing I



(Shinfi Wazna Auvaria, S.T., M.T.)

NIP. 198603282015032001

Dosen Pembimbing II



(Abdul Hakim, S.T., M.T.)

NIP. 198008062014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Khafidha Ayu Rachmania ini telah dipertahankan
Didepan tim penguji tugas akhir
di Surabaya 27 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I



(Shinfi Wazna Auvaria, S.T., M.T.)
NIP. 198603282015032001

Dosen Penguji II



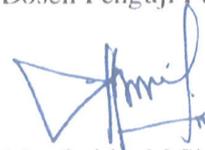
(Abdul Hakim, S.T., M.T.)
NIP. 198008062014031002

Dosen Penguji III



(Amrullah, S.Ag., M.Ag.)
NIP. 197309032006041001

Dosen Penguji IV



(Ida Munfarida, M.Si., M.T.)
NIP. 198411302015032001

Mengetahui

Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya



(Dr. Evi Fatmatur Rusydiyah, M.Ag.)
NIP. 197312272005012003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpustakaan@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Khafidha Ayu Rachmania
NIM : H75216036
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Lingkungan
E-mail address : khafidhaa@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Efektivitas Kombinasi Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera L.*) Dengan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix Regia R.*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS Dan Keekeruhan Pada Limbah Cair Industri Tahu.

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 2 - Agustus - 2020

Penulis

(Khafidha Ayu Rachmania)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan	5
1.6 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Cair	7
2.2 Limbah Cair Industri Tahu.....	7
2.2.1 Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.....	8
2.2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	9
2.2.3 Pengukuran Parameter COD, BOD dan TSS	9
2.3 Pengolahan Limbah	12
2.3.1 Pengolahan secara fisika	12
2.3.2 Pengolahan secara kimia.....	13
2.3.3 Pengolahan secara biologi.....	14

b. Penurunan Parameter TSS dengan Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dan Serbuk Biji Flamboyan pada Limbah Industri Tahu	58
c. Penurunan Parameter COD dengan Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dan Serbuk Biji Flamboyan pada Limbah Industri Tahu	59
d. Penurunan Parameter Kekeruhan dengan Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dan Serbuk Biji Flamboyan pada Limbah Industri Tahu ..	60
e. Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter BOD	61
f. Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter TSS	63
g. Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter COD	64
h. Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter Kekeruhan.....	66
i. Analisa Penurunan BOD, TSS, COD dan Kekeruhan dengan Variasi Dosis Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan pada Limbah Cair Industri Tahu	68
j. Analisa Variasi Dosis Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan untuk Penurunan Parameter BOD, TSS, COD dan Kekeruhan dengan Uji Statistik.....	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses pengikatan partikel koloid oleh koagulan	16
Gambar 2.2 Proses pengikatan partikel koloid oleh flokulan	19
Gambar 2.3 Proses koagulasi flokulasi tidak sempurna	20
Gambar 2.4 <i>Jartest</i>	22
Gambar 2.5 <i>Magnetic Stirrer</i>	23
Gambar 2.6 Tanaman Kelor (<i>Moringa oleifera</i>).....	24
Gambar 2.7 <i>Moringa Stenopetala</i>	25
Gambar 2.8 Tanaman Flamboyan (<i>Delonix regia</i>)	26
Gambar 3.1 Tahapan Pembuatan Koagulan Alami	40
Gambar 3.2 Tahapan Pengambilan Limbah Cair Tahu.....	40
Gambar 3.3 Kerangka Penelitian	42
Gambar 3.4 Cara Kerja	43
Gambar 4.1 A: Biji Kelor, B: Biji Kelor yang sudah dikupas dari cangkangya, C: Serbuk biji kelor.	48
Gambar 4.2 Gambar 4.1 A: Biji Flamboyan, B: Biji Flamboyan sudah dikupas dari cangkangya, C: Serbuk Biji Flamboyan.....	49
Gambar 4.3 Outlet buangan limbah tahu	50
Gambar 4.4 Limbah Industri Tahu.....	50
Gambar 4.6 Rata-rata presentase penurunan parameter BOD	61
Gambar 4.7 Rata-rata presentase penurunan parameter TSS.....	63
Gambar 4.8 Rata-rata presentase penurunan parameter COD	65
Gambar 4.9 Rata-rata presentase penurunan parameter Kekeruhan	66

Salah satu efek dari penggunaan koagulan kimia yaitu penyakit Alzheimer akibat aluminium sulfat (Prihatinningtyas, 2013). Oleh karena itu, saat ini dikembangkan koagulan dengan bahan alami sebagai koagulan yang lebih ramah lingkungan.

Koagulan alami dapat dijumpai dengan mudah karena dapat diambil atau diekstrak dari bahan lokal tumbuhan dan hewan. Menurut Januardi dkk (2014) kombinasi koagulan perlu dilakukan agar mendapatkan hasil yang efektif dalam pengolahan limbah cair tahu, sehingga dapat meningkatkan kualitas limbah cair tahu sebelum dibuang ke badan air. Alternatif koagulan alami diantaranya Kelor (*Moringa olifera*), Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*), Jagung (*Zea mays*) dan Flamboyan (*Delonix regia*) karena bersifat *biodegradable*, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan mudah didapatkan. Pada penelitian ini alternatif koagulan yang digunakan yaitu mengkombinasikan Biji Kelor (*Moringa olifera*) dan Biji Flamboyan (*Delonix regia*).

Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai alternatif koagulan memiliki kandungan protein yang cukup tinggi pada bijinya sehingga mampu berperan sebagai koagulan yang efektif untuk memperbaiki sifat fisik-kimia pada air limbah. Konsentrasi protein dari biji (biji dalam kotiledon) sebesar 147.280 ppm/gram (Aminah dkk., 2015) Sedangkan Biji Flamboyan (*Delonix regia*) termasuk dalam suku polong-polongan (*Famili Fabaceae*) memiliki kadar protein tinggi, protein memiliki potensi yang dapat digunakan terutama biji-bijian yang kaya akan asam amino kationik, sehingga dapat berfungsi sebagai koagulan alami. Kadar protein pada biji flamboyan sebesar 8.75% dan asam amino kationik yang terdapat pada biji flamboyan yaitu lisin 32,78 mg/g, arginin 66,14 mg/g, dan histidin 32,83 mg/g (Ratnayani dkk., 2017).

Alternatif koagulan yang akan diteliti dalam penelitian ini, dilakukan melalui uji efektivitas kombinasi Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix regia*). Uji koagulan dari kombinasi tersebut digunakan untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian pada latar belakang maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Limbah cair tahu di pabrik Sumber Makmur Gresik memiliki konsentrasi TSS, COD, BOD yang tinggi dan PH asam.
2. Tingginya Konsentrasi BOD, COD, TSS dan PH asam sehingga perlu dilakukan pengolahan karena limbah cair tahu di pabrik Sumber Makmur Gresik diatas baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk menghindari pelebaran pokok masalah agar penelitian lebih terarah sehingga tujuan penelitian tercapai. Beberapa batasan masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan 6 variasi dosis (0 gr, 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, 5 gr) koagulan dengan perbandingan 1:1 :
Kontrol = Tanpa Koagulan
1gr (K1 : F1) = Serbuk Kelor 0.5 gr dan Serbuk Flamboyan 0.5 gr
2gr (K2 : F2) = Serbuk Kelor 1 gr dan Serbuk Flamboyan 1 gr
3gr (K3 : F3) = Serbuk Kelor 1.5 gr dan Serbuk Flamboyan 1.5 gr
4gr (K4 : F4) = Serbuk Kelor 2 gr dan Serbuk Flamboyan 2 gr
5gr (K5 : F5) = Serbuk Kelor 2.5 gr dan Serbuk Flamboyan 2.5 gr
2. Sampel limbah cair industri tahu sebanyak 500 ml, dengan pengadukan kecepatan tinggi 1500 rpm selama 3 menit, pengadukan kecepatan rendah 800 rpm selama 15 menit dan kemudian sampel di diamkan selama 60 menit.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah terdapat perbedaan yang signifikan dari pemberian variasi dosis kombinasi koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*)

dan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix regia*) terhadap penurunan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu ?

2. Berapakah dosis optimum untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada limbah cair industri tahu setelah menggunakan kombinasi koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix regia*)?

1.5 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perbedaan signifikan dari pemberian variasi dosis kombinasi koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix regia*) terhadap penurunan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu.
2. Mengetahui dosis optimum untuk menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu menggunakan koagulan Serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dan Serbuk biji flamboyan (*Delonix regia*).

1.6 Manfaat

Penelitian tentang pemanfaatan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) yang dikombinasikan dengan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix regia*) sebagai Koagulan alami dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan informasi berapa banyak dosis yang tepat dalam penggunaan koagulan alami Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dan Serbuk Biji Flamboyan (*Delonix regia*) untuk pengolahan limbah cair industri tahu.
2. Memperbaiki kualitas efluen dari pengolahan limbah cair industri tahu sebelum dibuang ke badan air dan mencemari lingkungan.
3. Memanfaatkan koagulan alami, mudah ditemukan dan aman bagi lingkungan dalam menurunkan konsentrasi BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada limbah cair industri tahu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah cair adalah bahan buangan yang berbentuk cair berbahaya dan memiliki kandungan bahan kimia yang sulit dihilangkan, sehingga limbah cair harus diolah agar tidak membahayakan dan mencemari lingkungan sekitar. Limbah cair yaitu air yang bersumber dari pemukiman, perkantoran, institusi dan industri yang telah digunakan untuk berbagai keperluan. Limbah cair sebelumnya harus dikumpulkan kemudian diolah sebelum dibuang untuk menjaga lingkungan agar tidak tercemar (Khaliq, 2015).

Pengolahan air limbah bertujuan untuk memelihara lingkungan. Beberapa macam teknik dari pengolahan air limbah yang bertujuan untuk menyisahkan bahan polutannya telah dicoba serta dikembangkan. Berikut teknik-teknik pengolahan pada air limbah yang telah dikembangkan secara umum dibagi menjadi 3 metode pengolahan yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi (Rahmah dan Indrayani, 2018).

2.2 Limbah Cair Industri Tahu

Limbah industri tahu dibagi menjadi 2 jenis yang dihasilkan yaitu limbah padat dan cair. Limbah padat yang berupa ampas tahu yang berasal dari proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan (Bara Yudhistira, 2016). Limbah padat dari industri tahu banyak dimanfaatkan kembali menjadi ampas tahu, tempe gembus, tepung ampas tahu dan pakan ternak.

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses pencucian, perendaman kedelai, penyaringan dan pengepresan/pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan yaitu berupa cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair tahu mengandung kadar protein yang tinggi sehingga cepat terurai, apabila limbah tahu dibiarkan akan berubah menjadi keruh berwarna kuning muda keabu-abuan apabila dibiarkan akan berbau busuk dan berwarna hitam sehingga apabila dibuang langsung tanpa pengolahan akan mencemari lingkungan.

2.2.1 Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu air limbah yaitu ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas kedalam media air dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Nilai baku mutu limbah industri tahu di wilayah Jawa Timur diatur berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya, dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 yang mengacu untuk Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

No.	Parameter	Baku Mutu (mg/L)
1.	BOD	150
2.	COD	300
3.	TSS	100
4.	pH	10

Sumber: Pemerintah Provinsi Jawa Timur (2013)

2.2.2 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Karakteristik pada limbah cair industri tahu ada 2 hal yaitu, karakteristik limbah cair tahu secara fisika dan secara kimia. Karakteristik limbah cair tahu secara fisika yaitu berupa padatan tersuspensi, suhu, padatan total, warna, dan bau. Karakteristik limbah cair tahu secara kimia meliputi gas, bahan organik dan anorganik (Susanto, 2012). Limbah cair pada industri tahu mengandung beberapa bahan-bahan organik yang kompleks terutama kandungan protein dan asam amino yang berupa padatan tersuspensi maupun terlarut, dengan terdapat senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair pada industri tahu mengandung *Biochemical oxygen demand*, *Chemical Oxygen Demand* dan *Total Suspended Solid* yang tinggi (Enrico, 2008).

Suhu pada limbah cair industri tahu berasal dari pemasakan kedelai. Pada umumnya suhu limbah cair tahu yaitu 40°C - 46°C yang memiliki suhu lebih tinggi daripada air bakunya sehingga di lingkungan perairan memiliki suhu tinggi yang mempengaruhi pada kehidupan biologis, kelarutan oksigen, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan. Limbah tahu mengandung senyawa organik yang sangat tinggi, dikarenakan bahan baku pembuatan tahu (kedelai) mengandung protein hingga 40 – 60%, karbohidrat 25 - 50% dan lemak 10%. Menurut Idrus (2017) Bila air limbah tahu langsung dibuang ke sungai akan menyebabkan pencemaran, merusak habitat biota serta mengurangi estetika.

2.2.3 Pengukuran Parameter BOD, COD dan TSS

Chemical Oxygen Demand (COD) yaitu proses yang membutuhkan jumlah oksigen agar bahan organik yang terdapat di dalam air dapat teroksidasi. Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* merupakan acuan bagi lingkungan yang tercemar oleh bahan organik.

Biochemical oxygen demand (BOD) adalah suatu jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh bakteri untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai.

Total Suspended Solid (TSS) adalah material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0.042 mm (Hariyanto, 2017).

Perhitungan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan parameter COD, BOD dan TSS. Berikut rumus untuk menghitung parameter COD, BOD dan TSS pada limbah cair.

A. Pengukuran COD

COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

a. Rumus Perhitungan COD (*Chemical Oxygen Demand*)

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(a-b) \times N \text{ FAS} \times 8000}{\text{Volume sampel}}$$

Keterangan :

a = Volume FAS yang digunakan (pada blanko)

b = Volume FAS yang digunakan (pada sample)

N FAS = Molaritas larutan FAS

b. Perhitungan Molaritas larutan FAS

$$N \text{ FAS} = \frac{\text{Volume } 0,1 \text{ N larutan } K_2Cr_2O_7 \text{ (ml)} \times \text{Normalitas larutan } K_2Cr_2O_7}{\text{Volume larutan FAS yang digunakan (ml)}}$$

B. Pengukuran BOD

BOD (*Biochemical oxygen demand*) yaitu suatu jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan bahan organik.

$$\text{BOD} = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B}\right) V_C}{P}$$

Keterangan :

A_1 = Uji Sebelum Inkubasi 0 Hari

A_2 = Uji Setelah Inkubasi 5 Hari

B_1 = Blanko Sebelum Inkubasi 0 Hari

B_2 = Blanko Setelah Inkubasi 5 Hari

V_B = volume suspensi mikroba dalam botol DO blanko

V_C = volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji

P = perbandingan volume contoh uji per volume total

Catatan : Bila contoh uji tidak ditambah bibit mikroba $V_B = 0$

C. Pengukuran TSS

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan hasil dari penyaringan padatan terlarut dengan pengendapan secara gravitasi.

Rumus TSS :

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

Keterangan :

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

C = Volume Sampel (ml)

2.3 Pengolahan Limbah

Berikut beberapa pengolahan air limbah yaitu pengolahan fisika, pengolahan kimia dan pengolahan biologi.

2.3.1 Pengolahan secara fisika

Pada proses pengolahan air limbah tahap awal yang dilakukan yaitu *screening*. *Screening* adalah proses yang efisien dilakukan untuk menyisihkan zat padat kasar dan berukuran relative besar dalam air limbah. Zat tersuspensi disisihkan dengan proses pengendapan (Rahardjo, 2010).

Menurut Sugiharto (1987) Pemisahan zat padat tersuspensi yang berukuran besar pada air limbah merupakan tahapan yang sangat utama pada proses pengolahan air limbah, karena bertujuan untuk mengurangi beban serta resiko rusaknya peralatan pada proses selanjutnya yang diakibatkan karena adanya kebuntuan pipa, valve dan pompa. Proses fisika juga berfungsi mengurangi abrasivitas terhadap pompa dan alat ukur yang berpengaruh dengan biaya operasional dan perawatan peralatan. Berikut tahapan dalam pengolahan secara fisika, yaitu :

1. Mengayak

Memisahkan zat padat yang memiliki ukuran besar di dalam air limbah dengan ayakan. Ayakan yang dapat digunakan berupa kisi-kisi, kawat atau kawat kasar dan plat berlubang.

2. Sedimentasi

Memisahkan zat-zat tersuspensi didalam air limbah dengan cara diendapkan. cara ini digunakan untuk memisahkan pasir dan kotoran-kotoran didalam tangki pengendapan yang berupa flok-flok dari proses koagulasi.

3. Pengapungan

Proses memisahkan partikel zat padat atau cairan yang memiliki fase lebih ringan dari fase cairnya.

Pemisahan dapat terjadi karena terdapat gelembung gas yang masuk didalam fase cair, gelembung melekat pada zat tersuspensi dan mendorong naiknya zat tersuspensi ke permukaan. Bahan yang dipisahkan contohnya berupa suspensi minyak yang terdapat didalam air limbah.

2.3.2 Pengolahan secara kimia

Pengolahan secara kimia pada limbah cair merupakan bagian yang utama didalam proses pengolahan air limbah. Menurut Tchobanoglous George (2003) Pada proses pengolahan secara fisika dan biologi memiliki keterkaitan dengan proses pengolahan secara kimia yang dapat terjadi secara bersamaan. Pada limbah cair yang mengandung COD yang tinggi biasanya dilakukan proses pengolahan yaitu secara kimia. Proses pengolahan secara kimia pada IPAL dapat digunakan pada limbah dengan kandungan asam ataupun basa, memisahkan partikel yang tidak dapat terlarut, meningkatkan instalasi flotasi dan filtrasi, mengoksidasi warna dan racun didalam air limbah serta mengurangi kandungan minyak dan lemak pada air limbah.

a. Netralisasi

Proses yang dilakukan untuk menghilangkan *aciditas* atau *alkalinitas* yang terdapat didalam air limbah dengan kandungan PH asam ataupun basa sehingga membutuhkan proses netralisasi sebelum limbah dibuang ke lingkungan.

b. Presipitasi

Proses untuk mengurangi zat-zat terlarut dengan menambahkan bahan kimia sehingga menyebabkan terbentuknya padatan atau flok. Pada proses pengolahan air limbah presipitasi juga dapat digunakan untuk menghilangkan sulfat, garam-garam besi, fluorida dan logam berat.

c. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang memiliki peranan penting pada pengolahan air limbah. Faktor-faktor yang menunjang pada proses koagulasi flokulasi yaitu pemilihan zat koagulan. Jenis koagulan yang dapat digunakan yaitu koagulan alami dan koagulan sintetis atau kimia. Contoh koagulan kimia (Aluminium Sulfat), Ferro Sulfat, Poly Aluminium Chlorida (PAC) sedangkan contoh koagulan alami yaitu dari biji-bijian seperti kelor, flamboyan, asam jawa dll.

2.3.3 Pengolahan secara biologi

Pengolahan limbah secara biologi bertujuan untuk menghilangkan partikel-partikel koloid yang tidak dapat mengendap, serta untuk menyetabilkan senyawa organik yang dilakukan oleh aktivitas jasad renik. Jasad renik dapat berupa protozoa, bakteri, algae, metazoa dan lain-lain. Cara pengolahan secara biologi yang dapat dipisahkan antara lain :

- Senyawa N dan P
- Zat-zat terlarut dan koloid

Proses pemecahan zat organik menjadi senyawa organik dapat dilakukan oleh mikroorganisme secara sederhana dengan cara anaerob (tanpa udara), aerob (dengan bantuan udara) dan proses gabungan dari aerob dan anaerob.

Proses aerob dilakukan untuk pemecahan zat organik melalui mikroorganisme yang hidup dengan udara dan mikroorganisme fakultatif sedangkan anaerob bekerja apabila tidak terdapat udara dan fakultatif dengan bantuan bakteri. Proses pengolahan air limbah secara biologi aerob digunakan agar beban senyawa organik tidak teralalu besar sedangkan biologi anaerob dilakukan agar air limbah tidak mengandung senyawa organik yang tinggi.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada pertumbuhan udara dimikroorganisme melalui proses oksidasi secara biologi yaitu :

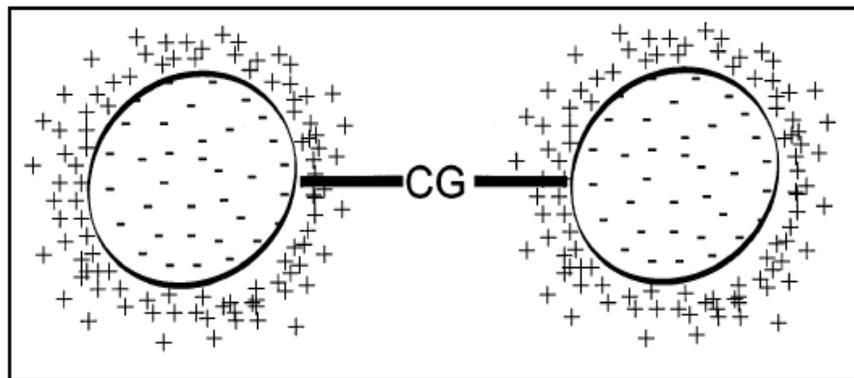
- a. PH
- b. Nutrien sebagai makanan air limbah harus cukup mengandung N dan P supaya lumpur biologi dapat tumbuh dengan baik.
- c. Oksigen dalam air limbah
- d. Suhu

2.4 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi-flokulasi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menghilangkan material limbah berbentuk koloid. Koloid merupakan suatu partikel yang tidak dapat mengendap dalam kurun waktu tertentu dan tidak bisa dihilangkan hanya melalui proses perlakuan secara fisika. Berikut faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pada proses pengolahan koagulasi-flokulasi yaitu pH, Kecepatan pengadukan, Waktu pengadukan, Suhu, Jenis koagulan, Komposisi koagulan, Komposisi air limbah, Turbulensi, Massa Koagulan.

2.4.1 Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi, seperti bakteri dan virus dengan bantuan koagulan sehingga akan terbentuk mikroflok yang dapat diendapkan. Proses pengikatan partikel koloid dapat dilihat pada gambar 2.1 Prinsip dasar proses koagulasi adalah terjadinya gaya tarik menarik antara ion-ion negatif disuatu pihak dengan ion-ion positif di pihak lain. Koagulasi merupakan proses pengolahan air dimana zat padat melayang dengan ukuran sangat kecil dan koloid digabungkan dan membentuk flok-flok dengan cara menambahkan zat-zat kimia. Dari proses ini diharapkan flok-flok yang dihasilkan dapat diendapkan.



Gambar 2.1 Proses pengikatan partikel koloid oleh koagulan
 Sumber (Risdianto, 2007)

Flok sendiri merupakan endapan yang dihasilkan dari pembubuhan koagulan sedangkan mikro merupakan sesuatu yang berukuran kecil, jadi mikro flok merupakan endapan yang berukuran kecil yang dihasilkan dari penambahan koagulan. Koagulasi dilakukan untuk menurunkan atau menetralkan muatan listrik pada koloid dan partikel tersuspensi. Muatan listrik yang sama pada partikel tersuspensi dalam air yang menyebabkan partikel-partikel tersebut saling tolak menolak sehingga membuat partikel-partikel atau koloid kecil tersebut terpisah satu sama lain.

Pada proses koagulasi terdapat proses pengadukan cepat (*flash mixing*) yang bertujuan untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat kimia (koagulan) melalui air yang diolah sehingga terjadi gaya tarik menarik antar partikel koloid dengan koagulan yang disebut *gaya van der waals* yang mengakibatkan koloid tersebut bergabung karena gaya tolak menolak antar koagulan dengan koloid telah dinetralisasi. Hal ini dapat berpengaruh apabila partikel bisa saling mendekati dengan jarak cukup dekat, sedangkan gaya tolak menolak disebabkan karena terdapat gaya coulomb antar partikel yang memiliki muatan sejenis (Risdianto, 2007).

Ada tiga faktor yang menentukan keberhasilan suatu proses koagulasi yaitu:

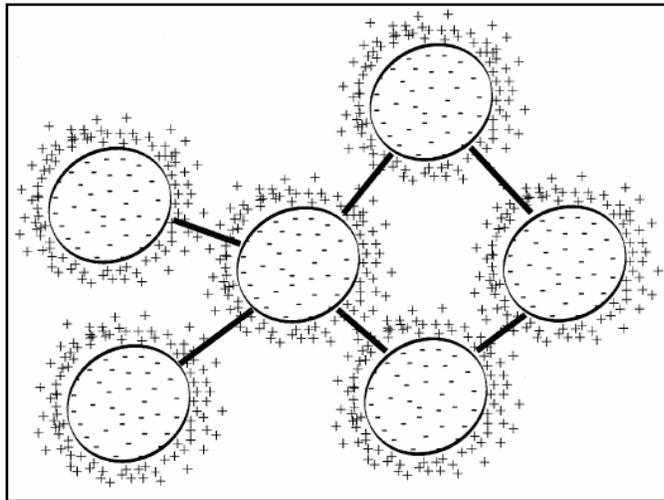
- a) Jenis bahan koagulan yang dipakai
- b) Dosis pembubuhan koagulan
- c) Pengadukan dari koagulan

Koagulan merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk mendestabilisasi dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain yang menyebabkan terjadinya pembentukan flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah untuk diendapkan.

Terdapat dua jenis koagulan yaitu sintetis dan alami. Koagulan sintetis adalah koagulan yang berasal dari senyawa organik yang disintetis dan disusun panjang antar molekul-molekul yang lebih kecil. Berikut jenis koagulan sintetis pada pengolahan air limbah diantaranya yaitu, *Auminium sulphate* (alum), *polyaluminium chloride* (PAC), *ferric chloride*, *ferric sulphate*, *polyelectrolyte*, dan *polyelectrolyte* (Prihatinningtyas, 2013).

Koagulan alami merupakan koagulan yang berasal dari bahan-bahan alami. Koagulan alami yang berasal dari biji-bijian yang telah dimanfaatkan, yaitu *Moringa olifera*, *Zea Mays*, *Tamarindus indica*, *Delonix regia*, *Strychnos Potatorum*, *Cassia Angustifolia*, *Aesculus Hippocastanum*, biji trembesi dan kacang merah (Poerwanto dkk., 2015). Sedangkan koagulan alami yang berasal dari tumbuhan yang telah dimanfaatkan untuk menjernihkan air karena adanya zat aktif koagulan yaitu *mucilago* adalah *kaktus*, *Coccinia indica* dan *Okara*, *Batang buah naga*, *Lidah Buaya* (Mujariah dkk., 2016) *Cactus Latifaria*, *Prosopis Juliflora*. Koagulan alami seharusnya tidak berbahaya untuk kesehatan manusia, sehingga potensi koagulan alami perlu dikembangkan lagi. Contoh beberapa penelitian penggunaan koagulam alami pada proses pengolahan air dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Pengadukan lambat ini harus dilakukan secara hati-hati karena flok-flok yang besar akan mudah pecah apabila dilakukan dengan pengadukan dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2.2 Pengikatan partikel koloid oleh flokulan

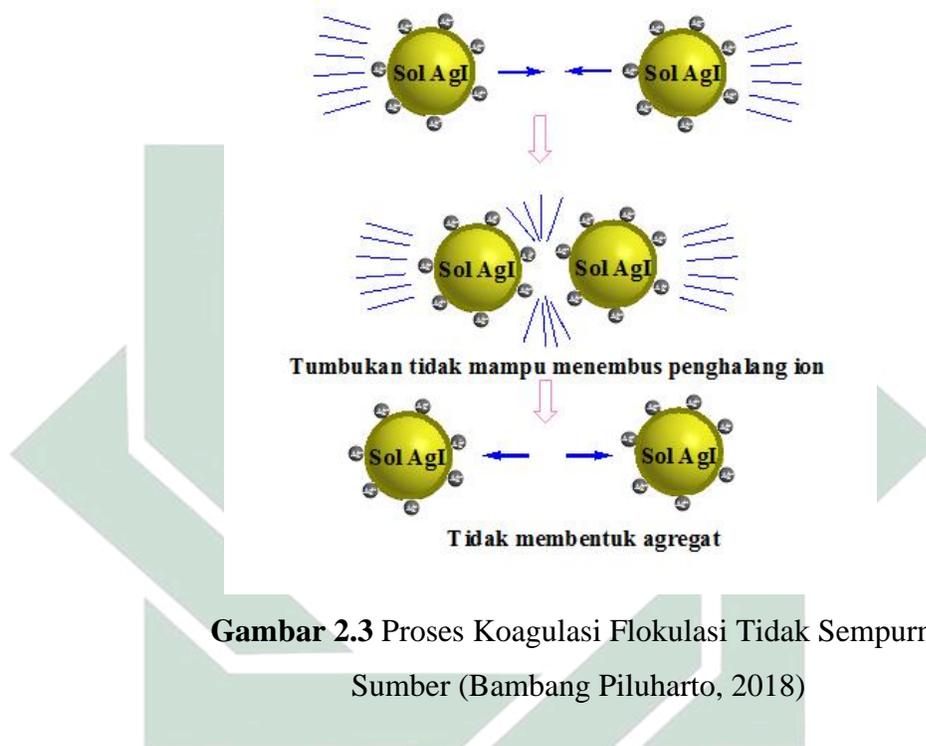
Sumber (Risdianto, 2007)

Tujuan flokulasi adalah pembentukan partikel melalui pengumpulan dari partikel mikro yang dapat disisihkan dengan pemisahan partikel yang efisien. Flokulasi air limbah dapat digunakan untuk meningkatkan penyisihan BOD dan partikel tersuspensi pada unit pengendapan primer, serta dapat memperbaiki kinerja unit pengendapan sekunder setelah proses lumpur aktif yang merupakan salah satu pengolahan pendahuluan untuk proses penyaringan effluen sekunder (Wirandani, 2017).

2.4.3 Koagulasi Flokulasi Tidak Sempurna

Koagulasi flokulasi merupakan proses keterkaitan dimana proses koagulasi dibantu dengan pengadukan cepat (*flash mixing*) dan flokulasi merupakan proses lanjutan dari koagulasi dengan pengadukan lambat (*slow mixing*). Proses koagulasi flokulasi merupakan alternatif pengolahan dengan bantuan koagulan, pada proses koagulasi flokulasi dapat terjadi proses secara sempurna dan tidak sempurna.

Dimana proses secara sempurna terjadi karena pengikatan partikel koloid dengan partikel koagulan yang optimal sehingga terdapat penurunan pada zat pencemar sedangkan proses koagulasi flokulasi secara tidak sempurna akibat pengikatan koloid dengan koagulan tidak optimal karena tumbukan antar partikel tidak terjadi dengan baik akibat muatan yang sama. Sesuai pada gambar 2.3 berikut.



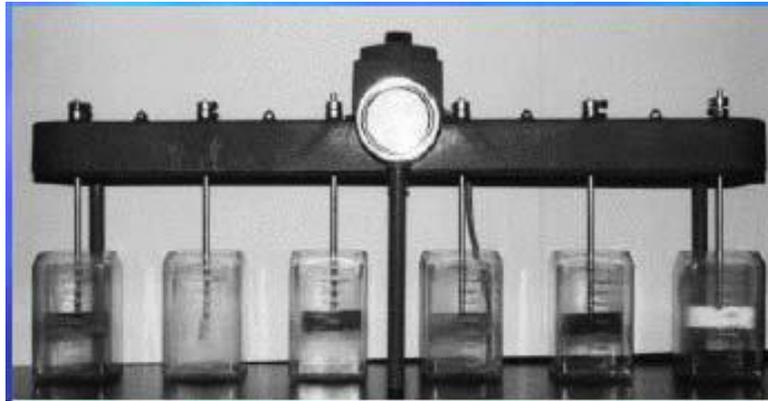
Sesuai pada gambar 2.3 dalam proses koagulasi flokulasi tidak sempurna. Proses koagulasi secara tidak sempurna terjadi karena partikel-partikel koagulan dengan partikel koloid tidak berinteraksi atau bertumbukan dengan baik yang menyebabkan tidak terjadinya gaya tarik menarik antara ion positif dengan ion negatif dan terjadi restabilisasi koloid dimana pada proses ini terjadi pembalikan muatan partikel koloid yang awalnya bermuatan negatif kemudian berubah menjadi positif karena penyerapan dosis berlebih sehingga dengan muatan yang sama akan terjadi gaya tolak menolak antar partikel koloid dengan koagulan yang menyebabkan tidak terbentuk mikrofloka secara sempurna.

Proses flokulasi merupakan proses lanjutan dari proses koagulasi dimana pada proses flokulasi mikroflokk yang seharusnya mengalami proses *aglomerasi* untuk membentuk agregat besar (flok) tidak terjadi sehingga tidak mengalami pengendapan dan menyebabkan penurunan parameter tidak optimal (Novita dkk., 2014). Proses pengadukan merupakan proses yang keterkaitan dengan proses koagulasi flokulasi dimana pada proses flokulasi dibantu dengan pengadukan cepat sedangkan pada proses flokulasi dibantu dengan pengadukan lambat apabila kecepatan pengadukan tidak tepat akan menyebabkan koagulan yang tidak terdispersi dengan baik. Apabila pengadukan dilakukan dengan kecepatan terlalu tinggi akan menyebabkan flokk-flokk yang sudah terbentuk terpecah kembali sehingga tidak terjadi pengendapan secara sempurna (Husaini dkk, 2018).

2.5 Alat pengadukan untuk Uji Koagulasi-Flokulasi

1) *Jar test*

Jar test adalah rangkaian test untuk mengevaluasi proses-proses koagulasi dan flokulasi. *Jar test* dilakukan dengan menambahkan jumlah koagulan ke sampel air yang disimpan dalam gelas beaker, sampel kemudian diaduk sehingga pembentukan, pengembangan dan pengendapan flokk dapat diamati perubahannya. Flokk terbentuk ketika koagulan bereaksi dengan bahan tersuspensi dan koloid dalam air limbah sehingga membentuk gumpalan (Mashuri, 2016).



Gambar 2.4 Jar test

Sumber (Risdianto, 2007)

Kelebihan dengan uji jar test :

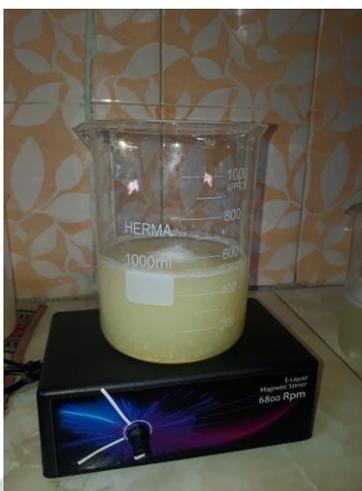
- a. Pengadukan stabil.
- b. Terdapat pengatur waktu dan kecepatan rpm saat proses pengadukan.
- c. Dapat melakukan pengadukan dalam 1 waktu pada 6 sampel.

Kekurangan dengan uji jar test :

- a) Pelaksaaannya bersifat manual.

2. *Magnetic Stirrer*

Magnetic stirrer merupakan alat yang digunakan untuk menghomogenkan suatu larutan dengan cara pengadukan. Putaran pengadukan dibantu oleh medan magnet yang dipasang pada motor untuk memutar *stir bar* yang direndam ddalam larutan. Pengaduk magnetik ini bertujuan untuk mengatur kestabilan kecepatan pengadukan serta suhu (Patria Irsyad dkk., 2016). Pada proses koagulasi flokulasi *Magnetic stirrer* dilakukan dengan menambahkan koagulan ke sampel air yang disimpan dalam gelas beaker untuk proses pengadukan cepat dan pengadukan lambat agar koagulan dapat mengikat koloid pada air limbah.



Gambar 2.5 *Magnetic Stirrer*

Kelebihan dengan uji *Magnetic Stirrer* :

- a. Lebih efisien di bawah saat penelitian lapangan.
- b. Tidak memiliki bagian yang bergerak eksternal untuk istirahat atau aus.

Kekurangan *Magnetic Stirrer* :

- a. Tidak dilengkapi pengatur waktu dan kecepatan pengadukan.
- b. Tidak dapat digunakan pengadukan dalam beberapa sampel.
- c. Pelaksanaanya bersifat manual.

2.6 Kelor (*Moringa oleifera*.)

Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*) salah satu jenis tanaman yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia dan merupakan tanaman perdu yang memiliki ketinggian 7-11 meter berbatang lunak dan rapuh. Tanaman Kelor dapat tumbuh subur mulai dari dataran rendah sampai ketinggian mencapai 700 m di atas permukaan laut (Aminah dkk., 2015).

Pohon kelor adalah salah satu tanaman yang memiliki banyak manfaat. Terdapat 2 jenis yaitu *Moringa oleifera* dan *Moringa Stenopetala*. Perbedaan dari kedua jenis tersebut adalah tanaman *Moringa Stenopetala* lebih tahan terhadap kekeringan daripada *Moringa oleifera*.

Moringa Stenopetala memiliki daun, batang yang lebih besar dan biji berbentuk seperti almond saat sudah keluar dari cangkangnya dan berwarna kuning namun *Moringa Stenopetala* pertumbuhannya lebih lambat dibandingkan *Moringa oleifera* (Kumssa dkk., 2017).



Gambar 2.6 *Moringa oleifera*

Klasifikasi	
Regnum	: Plantae (Tumbuhan)
Division	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Classis	: Dicotyledone
Subclassis	: Dialypetalae
Ordo	: Rhoeadales (Brassicales)
Famili	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>



Gambar 2.7 *Moringa Stenopetala*

Sumber (Kumssa dkk., 2017)

Klasifikasi	
Regnum	: Plantae (Tumbuhan)
Division	: Tracheophytes
Subdivisio	: Angiospermae
Classis	: Eudicots
Subclassis	: Rosids
Ordo	: Brassicales
Famili	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Spesies	: <i>Moringa oleifera</i>

Pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan memanfaatkan biji kelor yang berfungsi sebagai koagulan atau bahan penggumpal. Biji kelor dapat digunakan sebagai koagulan alami karena mengandung zat aktif *rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate*, yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah tersuspensi, dengan partikel kotoran melayang di dalam air.

Serbuk biji kelor dapat menurunkan dan mengendapkan kandungan unsur logam berat yang cukup tinggi dalam air limbah (Helen. K dkk., 2012). Selain itu biji kelor mempunyai kandungan protein yang tinggi. Protein yang terkandung pada biji kelor berperan sebagai koagulan yang bersifat polielektrolit kationik dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid sehingga dapat menimbulkan terjadinya flok yang membesar dan mengendap (Yudita prihatini, 2014). Kelebihan biji kelor sebagai koagulan dibanding koagulan kimia yang biasa digunakan seperti tawas adalah kemampuannya untuk mengendapkan berbagai ion logam terlarut dan bakteri-bakteri berbahaya. Selain itu biji kelor mudah diperoleh di lingkungan sekitar (Sutanto Teja dkk., 2007).

2.7 Flamboyan (*Delonix regia*)

Delonix regia adalah tanaman berbunga yang memiliki ketinggian mencapai 28 m dan diameter batang pohon flamboyan mencapai 80 cm (Bramasto dkk., 2015). Biji melintang diantara sekat, satu polong menghasilkan 10-15 biji dengan bentuk telur, pipih dan berwarna coklat kehitaman (Qomah, 2015).



Gambar 2.8 Tanaman Flamboyan (*Delonix regia*)

Sumber (El-Gizawy dkk., 2018)

Agama Islam sudah membahas dalam Al-Qur'an dengan sangat jelas tentang hubungan manusia dan alam. Islam merupakan agama yang memandang lingkungan sebagai bagian tak terpisahkan dari keimanan.

Allah SWT berfirman Q.S. Ar-Rum (30) : 41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya:

“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”

Surat Ar Ruum (30) ayat 41 dijelaskan oleh Al-Maraghi (1989:102), bahwasanya sesudah Allah menjelaskan timbulnya kerusakan sebagai akibat dari perbuatan tangan manusia sendiri, lalu dia memberikan petunjuk kepada mereka bahwa orang-orang sebelum mereka pernah melakukan hal yang sama seperti apa yang telah dilakukan oleh mereka. Pencemaran merupakan salah satu dari dampak yang dihasilkan dari aktivitas manusia baik di skala domestik maupun di skala industri dan pertambangan yang juga menjadi salah satu penyebab kerusakan lingkungan. Seharusnya manusia sebagai *khilafah* di muka bumi mempunyai tanggung jawab dalam pengelolaan lingkungan.

Allah SWT berfirman Q.S. al-Baqarah ayat 30:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ
الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

No.	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
	<p>A.Mohammed Rafiuddin, T.Mohammed Siddique</p> <p>“Extraction of Natural Coagulant from Royal Poinciana (<i>Delonix regia</i>) Seed to Treat Turbid Water”</p>	<p><i>Regia</i> sebagai koagulan pada proses koagulasi flokulasi untuk menurunkan Kekeruhan.</p>	<p>untuk menurunkan kekeruhan pada air, kekeruhan awal didapatkan 520 NTU setelah proses koagulasi flokulasi dengan koagulan <i>Delonix Regia</i> didapatkan penurunan hingga 92% pada dosis optimum 160 mg/L dengan hasil akhir penurunan kekeruhan yaitu 31 NTU.</p>
2.	<p>Vikashni Nand</p> <p>“Water Purification using <i>Moringa oleifera</i> and Other Locally Available Seeds in Fiji for Heavy Metal Removal”</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk perbandinagn biji lokal <i>Moringa oleifera</i>, dengan biji lokal lainnya seperti <i>Arachis hypogaea</i> (kacang tanah), <i>Vigna unguiculata</i> (kacang tunggak), <i>Vigna mungo</i> (urad) dan <i>Zea mays</i> (Jagung) untuk penjernihan air. Apakah memiliki efektivitas yang sama seperti biji kelor dalam penjernihan air.</p>	<p>Dilakukan uji analisis logam berat kadmium, tembaga, kromium, timbal dan seng dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan air dengan biji lokal <i>Moringa oleifera</i>, <i>Arachis hypogaea</i> (kacang tanah), <i>Vigna unguiculata</i> (kacang tunggak), <i>Vigna mungo</i> (urad) dan <i>Zea mays</i> (Jagung). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji kelor mampu menyerap logam berat yang diuji dibandingkan dengan biji lain dalam beberapa sampel air. Persentase penurunan oleh biji kelor adalah 90% untuk tembaga, 80% untuk timbal, 60% untuk kadmium dan 50% untuk seng dan kromium. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa biji kelor masih jauh lebih</p>

No.	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
			efektif dalam pemurnian air dalam hal adsorpsi logam.
3.	Dr. Anila George, Jency Roshan. F, Dr. Jude Emmanuel “ <i>Moringa oleifera</i> - A Herbal Coagulant for Wastewater Treatment”	Tujuannya adalah untuk mengetahui dan mengeksplorasi efektivitas <i>Moringa Oleifera</i> untuk mengurangi karakteristik pada air limbah yang dapat mencemari lingkungan.	Proses koagulasi flokulasi dengan Koagulan <i>moringa oleifera</i> efektif untuk menurunkan parameter COD, Kekeruhan dan salinitas pada air limbah domestik sebelum di buang ke badan air. Dari hasil penelitian ini didapatkan penurunan kekeruhan pada dosis 400 mg/L dari 133,4 NTU menjadi 46,1 NTU sedangkan penurunan parameter COD dari 750 mg/L menjadi 140,8 mg/L dan salinitas dari 2,5 ppt menjadi 0,1 mg/L.
4.	O. O. Olanrewaju, O. J. Jegede and I. A. Adeoye “Comparison of the Coagulating Efficiency of <i>Moringa Oleifera</i> (Linnaeus) on Wastewater at Lower and Higher Concentration Levels”	Penelitian ini berfokus pada evaluasi perbandingan dengan koagulan <i>Moringa Oleifera</i> pada air limbah dengan tingkat dosis rendah dan tingkat dosis tinggi.	Evaluasi proses koagulasi flokulasi dengan koagulan bubuk <i>Moringa oleifera</i> pada air limbah dengan dosis 10, 20, 30 dan 40 ml untuk konsentrasi dosis rendah dan 70, 80 dan 90 ml digunakan untuk konsentrasi dosis yang lebih tinggi. Hasil perbandingan dosis optimum untuk koagulan <i>Moringa oleifera</i> pada tingkat konsentrasi yang lebih rendah 40 ml dan konsentrasi lebih tinggi 70 ml. Diamati bahwa 40 ml mengurangi TSS air limbah dari 1240 mg/L menjadi 400 mg/L dan pada

No.	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
			dosis 70 ml mengurangi TSS dari 1240 mg/L menjadi 360 mg/L
5.	J.Sánchez-Martín, J.Beltrán-Heredia and J. A. Peres “Improvement Of The Flocculation Process In Water Treatment By Using <i>Moringa Oleifera</i> Seeds Extract”	Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kekeruhan pada air permukaan dengan koagulan <i>moringa oleifera</i> .	Pengadukan optimal proses koagulasi flokulasi untuk menurunkan kekeruhan pada air permukaan yaitu pada kecepatan 80 rpm. Koagulan <i>Moringa oleifera</i> merupakan koagulan alami yang optimal untuk menurunkan kekeruhan pada air permukaan dan setelah dilakukan pengamatan Tidak ditemukan pertumbuhan mikroba yang diamati dalam 72 jam pertama setelah uji koagulan.
6.	Harimbi Setyawati, Mawan Kriswantono, Dinda An Nisa, Rakhmawati Hastuti “Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu”	mengetahui metode koagulasi-flokulasi untuk pemurnian limbah cair industri tahu dan mengetahui presentase penurunan COD, BOD, dan TSS menggunakan koagulan organik yaitu Biji kelor.	Semakin rendah kadar air dalam biji kelor, maka semakin besar kemampuannya dalam menurunkan COD, BOD, dan TSS dalam limbah cair industri tahu. Lama waktu pengadukan optimum adalah 2 menit dengan penurunan COD 280 mg/L, BOD 112 mg/L, TSS 100.4 pada dosis 2000 mg, kadar air 10%.
7.	Ayu Ridaniati	Pengolahan limbah	Semakin kecil (halus)

No.	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
	<p>Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, M. Yusuf Ritonga</p> <p>“Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu”</p>	<p>cair industri tahu dengan koagulan yang relatif murah yaitu memanfaatkan biji kelor.</p>	<p>ukuran serbuk biji kelor dan semakin banyak dosisnya, maka penurunan turbiditas, TSS, dan COD juga semakin besar. Lama pengendapan optimum adalah 60 menit dengan penurunan turbiditas 77,43 %, TSS 90,32 % dan COD 63,26 % pada dosis koagulan 5000 mg/L, kadar air 7 %, pH akhir limbah cair industri tahu 4 dan ukuran partikel koagulan 70 mesh.</p>
8.	<p>Harimbi Setyawati, Erni Junita Sinaga, Luluk Sutri Wulandari, Faradilla Sandy</p> <p>“Efektifitas Biji Kelor Dan Tawas Sebagai Koagulan Pada Peningkatan Mutu Limbah Cair Industri Tahu”</p>	<p>Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan serbuk biji kelor sebagai koagulan organik dan tawas sebagai koagulan anorganik dalam menurunkan kadar BOD, COD dan TSS pada limbah cair industri tahu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.15 Tahun 2014</p>	<p>koagulan organik serbuk biji kelor lebih efektif dibandingkan koagulan anorganik serbuk aluminium sulfat (tawas). Hasil koagulan organik serbuk biji kelor dengan kecepatan pengadukan 100 rpm menghasilkan nilai COD 96 mg/L, BOD 100 mg/L dan TSS 98 mg/L. Sedangkan serbuk tawas dengan kadar air yang sama 0% dan ukuran 100 mesh dan dosis 2000 mg/L masih menghasilkan nilai COD 168 mg/L, BOD 120 mg/L dan TSS 144 mg/L.</p>
9.	<p>Hikma Rizky Nabila</p> <p>“Biji Flamboyan</p>	<p>Mengetahui presentase penurunan parameter TSS, COD</p>	<p>Terjadi presentase penurunan parameter COD dan TSS dengan koagulan</p>

No.	Penulis	Tujuan	Hasil Penelitian
	<p>(<i>Delonix Regia</i>) sebagai Biokoagulan dalam menurunkan konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> dan <i>Total Suspended Solid</i> Limbah Cair Industri Tempe”</p>	<p>pada limbah industri tempe dengan koagulan biji flamboyan</p>	<p>biji flamboyan menggunakan dosis optimum 1500 mg/L dengan presentase penurunan COD sebesar 45.11% dan TSS sebesar 72.96%.</p>
10.	<p>Uswatun Hasanah “Penurunan Kadar <i>Biochemical Oxygen Demand</i> dan perubahan nilai pH menggunakan Biokoagulan Biji Flamboyan (<i>Delonix Regia</i>) pada Limbah Laundry”</p>	<p>Mengetahui efektivitas penurunan parameter BOD dan perubahan nilai pH dengan koagulan alami Biji Flamboyan menggunakan sistem koagulasi flokulasi menggunakan <i>jartest</i> pada limbah cair industri laundry</p>	<p>Terdapat beda signifikan penurunan kadar BOD tetapi tidak ada beda signifikan terhadap perubahan nilai pH pada limbah laundry. Dengan dosis optimum sebesar 2500 mg/L dengan nilai efektivitas penurunan BOD sebesar 48.28% dan nilai pH sebesar 3.50%.</p>

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 7 bulan mulai Januari 2020 sampai Juli 2020 (*Lampiran 1*). Dengan pengujian sampel di Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Surabaya dan penelitian di Laboratorium Mandiri Jl. Veteran 5A dalam No. 7 Kebomas, Gresik. Pengambilan sampel limbah cair industri tahu dilakukan di Pabrik tahu Sumber Makmur di Jl. Raya Gading Watu, Kebondalem, Boteng, Kecamatan Menganti, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61174. Koagulan alami Biji Flamboyan didapatkan di wilayah Surabaya Barat dan Koagulan alami Biji Kelor didapatkan di Kecamatan Waru, Sidoarjo.

3.2 Metode Pengambilan Data

Metode penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Data yang diperlukan yaitu:

1. Data Primer

- a) Dosis Koagulan.
- b) Kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan.

2. Data Sekunder

- a) Data yang berasal dari studi literatur terkait penelitian.
- b) Kualitas Air Limbah Awal.
- c) Kualitas Air limbah setelah perlakuan.

3.3 Prosedur Sampling

Pengambilan sampel air limbah industri tahu pada outlet penampungan limbah dengan metode *grab sampling* sesuai SNI 6989.59:2008. Limbah cair yang diambil sebanyak 25 L dimasukkan jirigen plastik HDPE ukuran 25 L kemudian ditutup rapat.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah 1 blender, 1 buah ayakan 70 mesh, magnetic stirrer, stirring bar, oven, neraca analitik, corong, beaker glass, jirigen.

Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk proses pengadukan yaitu *magnetic stirrer* karena ketidak tersedianya layanan Laboratorium akibat pada tahun 2020 di bulan maret sampai bulan juli terjadi wabah virus corona yang menyebar di seluruh dunia dan membahayakan kesehatan manusia oleh sebab itu tidak ada laboratorium yang beroperasi sehingga pada penelitian ini tidak menggunakan *jartest* sebagai alat pengadukan pada proses koagulasi flokulasi.

B. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan, limbah cair industri tahu, kertas saring.

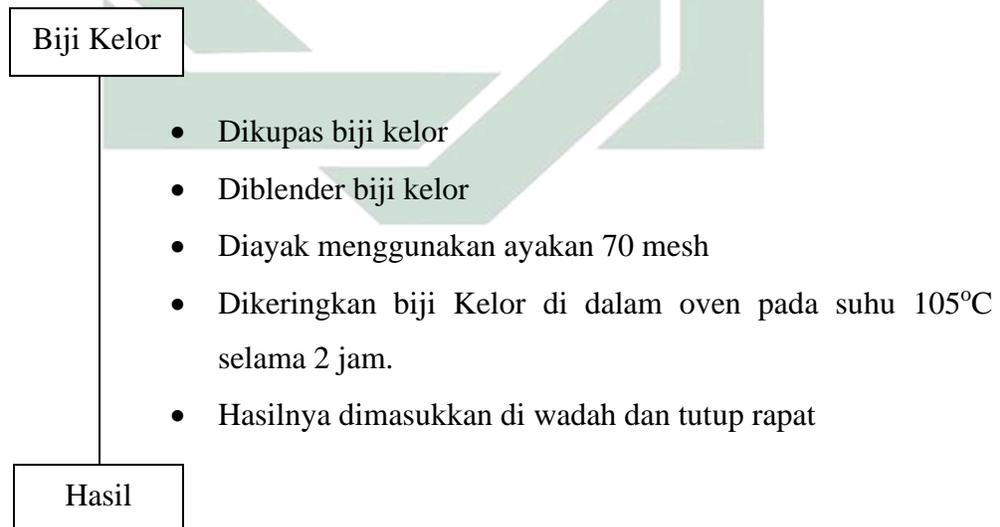
3.5 Tahapan Penelitian

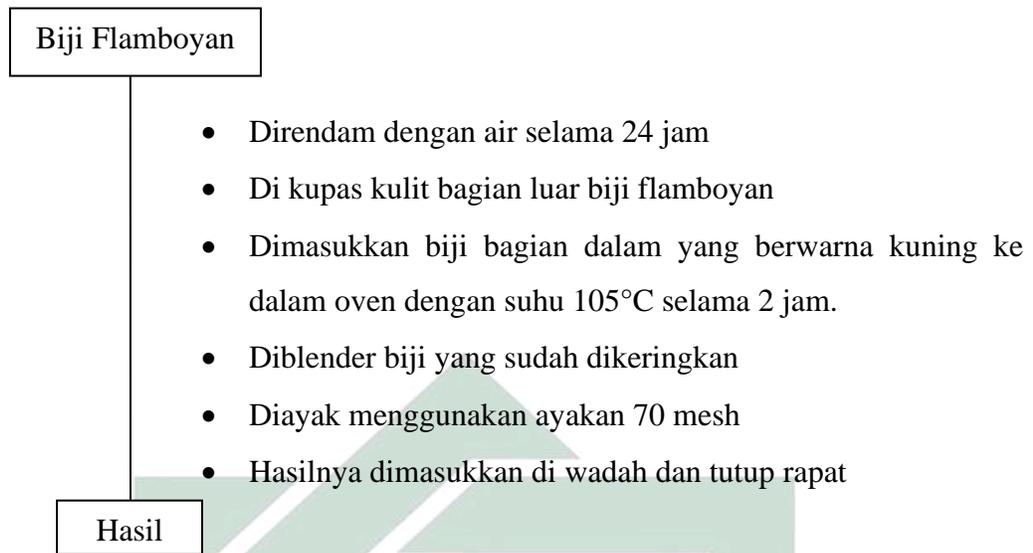
Tahap dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1 Pembuatan Koagulan dari Biji Kelor dan Biji Flamboyan

a) Dehidrasi

Sebelum digunakan, biji kelor dipilih yang sudah tua dari pohon, selanjutnya dikupas. Biji kelor yang sudah dikupas kulitnya dihaluskan dengan blender lalu serbuk biji kelor diayak dengan ayakan 70 mesh, kemudian disimpan di dalam wadah pada suhu ruangan selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam untuk mengurangi kandungan kadar air di dalam biji kelor (Bangun dkk., 2013) sedangkan biji flamboyan dipilih yang sudah tua kemudian direndam dengan air selama 24 jam, lalu kulit bagian luar biji flamboyan di kupas dan bagian dalam biji yang berwarna kuning dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 2 jam lalu diblender dan diayak dengan ayakan 70 mesh (Bangun dkk., 2013).

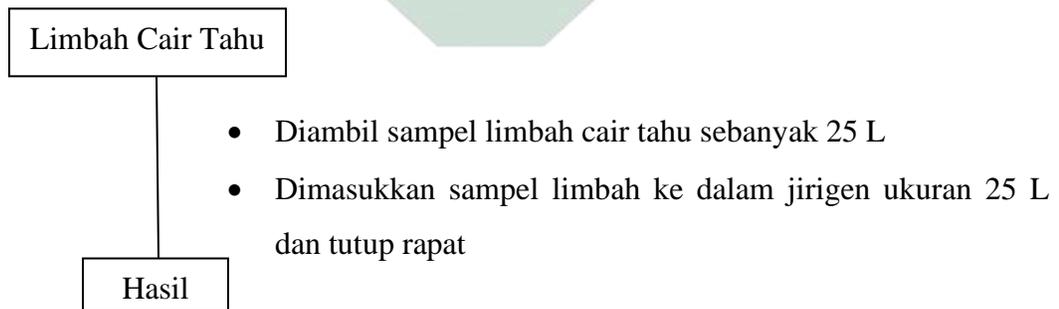




Gambar 3.1 Tahapan Pembuatan Koagulan Alami

3.5.2 Identifikasi Limbah Cair

Analisa awal sampel limbah cair tahu pabrik sumber makmur diambil di outlet dengan metode *grab sampling* yaitu pengambilan air limbah sesaat pada lokasi tertentu. sesuai SNI 6989.59:2008. Parameter yang dianalisa adalah nilai BOD, COD, TSS dan kekeruhan.



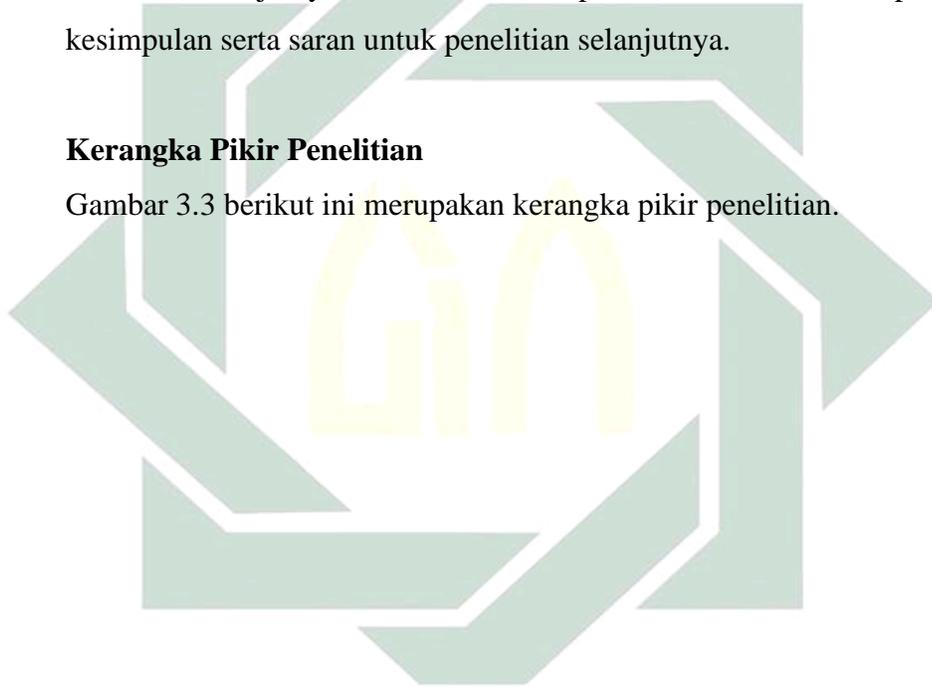
Gambar 3.2 Tahapan Pengambilan Limbah Cair Tahu

3.5.3 Proses Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Koagulan Alami

Penelitian merupakan sebuah alur yang sistematis yang bertujuan untuk memperoleh hasil penelitian yang optimal sesuai dengan tujuan penelitian. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan kombinasi koagulan alami dari serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan dengan pengolahan koagulasi flokuasi sehingga diketahui besar penyisihan terhadap penurunan parameter BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair tahu yang kemudian dianalisa dan dikaji berdasarkan studi literatur. Selanjutnya dari analisa dan pembahasan tersebut dapat ditarik kesimpulan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

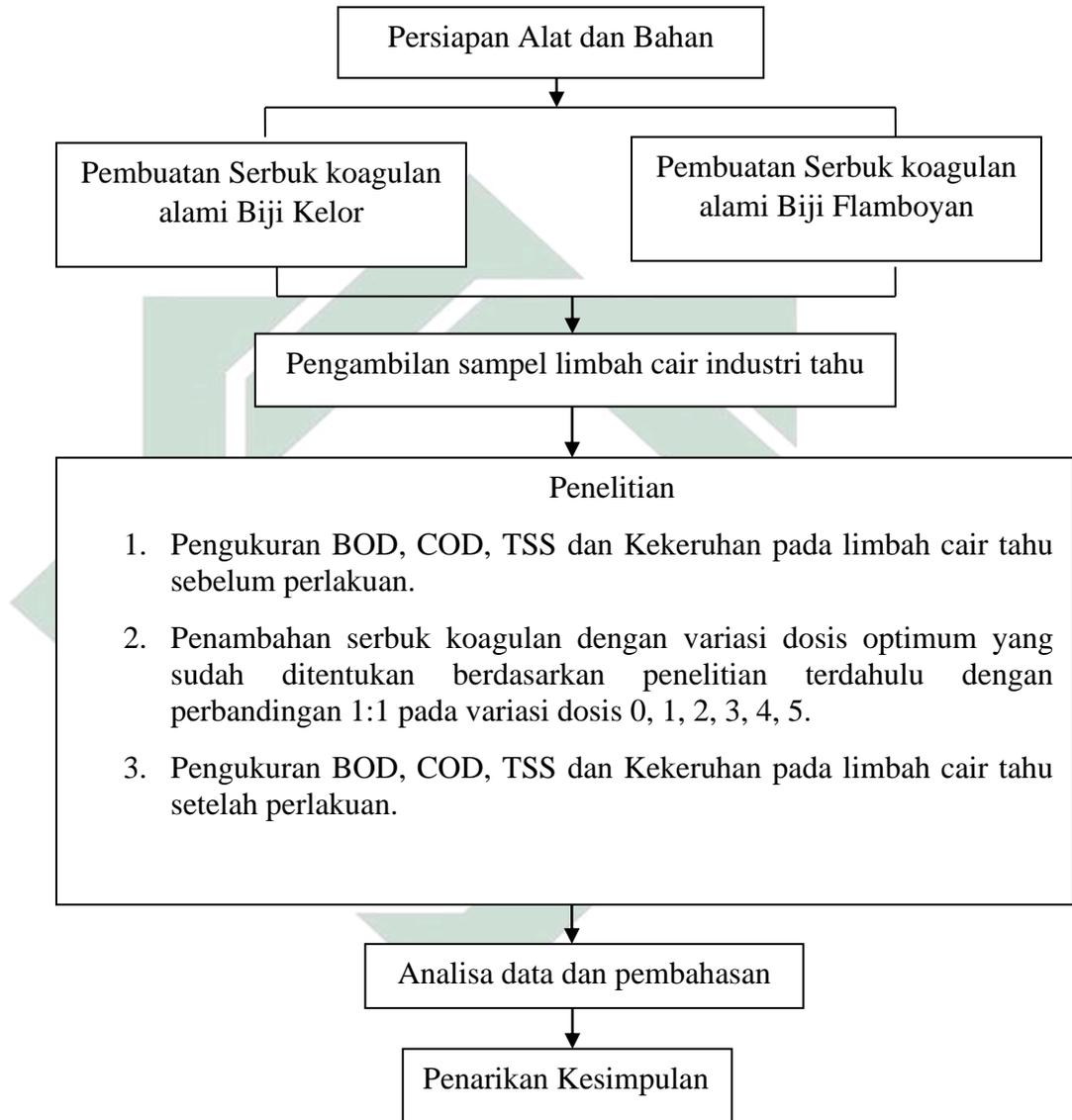
Kerangka Pikir Penelitian

Gambar 3.3 berikut ini merupakan kerangka pikir penelitian.



3.6 Cara Kerja

Tahapan cara kerja pada penelitian ini dilaksanakan sesuai Gambar 3.4



Gambar 3.4 Cara Kerja

3.7 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yaitu suatu rancangan acak yang digunakan dengan mengelompokkan suatu percobaan. Dalam percobaan ini terdapat 6 variasi dosis dengan dilakukan 2 kali pengulangan, tujuan dari pengulangan agar mendapatkan hasil pembandingan untuk mendapatkan dosis yang optimum (Rahmadini dan Apriani, 2017). Rancangan percobaan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan

Perlakuan Penelitian	Pengulangan	
	P1	P2
Dosis		
D1	D1P1	D1P2
D2	D2P1	D2P2
D3	D3P1	D3P2
D4	D4P1	D4P2
D5	D5P1	D5P2
D6	D6P1	D6P2

Keterangan:

0gr Kontrol = Tanpa Koagulan → D1

1gr (K1 : F1) = Serbuk Kelor 0.5gr dan Serbuk Flamboyan 0.5gr → D2

2gr (K2 : F2) = Serbuk Kelor 1gr dan Serbuk Flamboyan 1gr → D3

3gr (K3 : F3) = Serbuk Kelor 1.5gr dan Serbuk Flamboyan 1.5gr → D4

4gr (K4 : F4) = Serbuk Kelor 2gr dan Serbuk Flamboyan 2gr → D5

5gr (K5 : F5) = Serbuk Kelor 2.5gr dan Serbuk Flamboyan 2.5gr → D6

Sampel limbah cair industri tahu digunakan sebanyak 500 ml (Setyawati dkk, 2018), dengan pengadukan kecepatan tinggi 1500 rpm selama 3 menit, pengadukan kecepatan rendah 800 rpm selama 15 menit dan kemudian sampel di diamkan selama 60 menit (Taurina dkk, 2017).

3.8 Analisis Data

Analisa data dilakukan setelah proses pengumpulan data. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium mandiri dengan pengulangan sebanyak 2 kali untuk mendapatkan kondisi optimum. Analisis Deskriptif presentase penurunan parameter dari tiap variasi dosis dilakukan untuk mengetahui besarnya penurunan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu yang dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Presentase Penurunan} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$$

Dimana : A = nilai parameter awal sebelum *perlakuan*

B = nilai parameter akhir setelah *perlakuan*

Analisis Statistik dosis optimum untuk penurunan kadar BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu dianalisis menggunakan Software SPSS. Normalitas data diuji dengan *Shapiro-wilk* dilanjutkan uji *one way* ANOVA apabila data berdistribusi normal, jika data tidak berdistribusi normal dilanjutkan uji lanjutan *Kruskal Wallis* untuk mengetahui perbedaan dan uji *Mann-Whitney*.



A

B

C

Gambar 4.1 A: Biji Kelor, B: Biji Kelor yang sudah dikupas dari cangkangnya, C: Serbuk biji kelor.

4.2 Proses Pembuatan Koagulan Serbuk Biji Flamboyan

Pada proses awal dalam pembentukan serbuk koagulan biji flamboyan yaitu menyiapkan biji flamboyan sebanyak 500 g (Bangun dkk., 2013). Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Biji flamboyan direndam dengan air selama 24 jam, tujuan dari perendaman biji flamboyan yaitu untuk melunakkan bagian cangkang biji flamboyan untuk memudahkan proses pengupasan.
2. Setelah direndam lalu cangkang bagian luar biji flamboyan di kupas dan bagian dalam biji yang berwarna kuning dicuci terlebih dahulu.
3. Setelah dibersihkan Biji Flamboyan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C selama 2 jam untuk menghomogenkan dan mengurangi kandungan kadar air di dalam biji flamboyan.
4. Kemudian setelah di oven biji flamboyan di haluskan dengan blender sampai terbentuk serbuk biji flamboyan.
5. Setelah itu serbuk biji flamboyan diayak dengan ayakan 70 mesh sampai terbentuk koagulan serbuk biji flamboyan yang lebih halus.

6. Serbuk biji flamboyan siap digunakan sebagai koagulan.

Tahapan proses pembuatan koagulan serbuk biji flamboyan disajikan pada Gambar 4.2



A

B

C

Gambar 4.2 A: Biji Flamboyan, B: Biji Flamboyan yang sudah dikupas dari cangkangya, C: Serbuk Biji Flamboyan

4.3 Proses Pengambilan Limbah Cair Pabrik Tahu

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel limbah cair dari produksi tahu. Sampel limbah tahu di ambil dari outlet penyaluran buangan limbah tahu di Pabrik Sumber Makmur Gresik. Outlet pembuangan limbah industri tahu disajikan dalam Gambar 4.3.

4.5 Hasil Penelitian

Hasil analisis limbah cair industri tahu dengan pengolahan koagulasi flokulasi menggunakan variasi dosis koagulan serbuk biji kelor dengan kombinasi serbuk biji flamboyan.

4.5.1 Hasil Analisis karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Hasil analisis karakteristik Limbah Industri Tahu parameter BOD, TSS, COD, PH dan Kekeruhan setelah penambahan koagulan serbuk biji kelor yang dikombinasikan dengan koagulan serbuk biji flamboyan dengan prinsip koagulasi flokulasi. Pengujian karakteristik dilakukan di Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.2 sampai 4.6.

Tabel 4.2 Hasil Analisis BOD Limbah Cair Tahu setelah Penambahan Koagulan.

BOD AWAL (mg/L) {a}	DOSIS (mg)	PENGULANGAN KE -	BOD AKHIR (mg/L) {b}	Rata-rata
183	0	1	164	10.7
183		2	163	
183	1	1	135	26.2
183		2	135	
183	2	1	119	35.1
183		2	119	
183	3	1	101	45.1
183		2	101	
183	4	1	82	55.0
183		2	82	
183	5	1	82	55.1
183		2	82	

(Sumber : Laporan Hasil Uji Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, 2020)

Tabel 4.3 Hasil Analisis TSS Limbah Cair Tahu setelah Penambahan Koagulan.

TSS AWAL (mg/L)	DOSIS (mg)	PNGULANGAN KE -	TSS AKHIR (mg/L)	Rata-rata
245	0	1	50	80.6
245		2	45	
245	1	1	95	65.3
245		2	75	
245	2	1	125	51.0
245		2	115	
245	3	1	110	55.1
245		2	110	
245	4	1	130	45.9
245		2	135	
245	5	1	150	37.8
245		2	155	

(Sumber : Laporan Hasil Uji Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, 2020)

Tabel 4.4 Hasil Analisis COD Limbah Cair Tahu setelah Penambahan Koagulan.

COD AWAL (mg/L)	DOSIS (mg)	PENGULANGAN KE -	COD AKHIR (mg/L)	Rata-rata
227	0	1	172	23.6
227		2	174	
227	1	1	139	39.1
227		2	137	
227	2	1	125	44.8
227		2	125	
227	3	1	105	53.4
227		2	106	
227	4	1	93	59.6
227		2	90	
227	5	1	89	61.2
227		2	87	

(Sumber : Laporan Hasil Uji Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, 2020)

Tabel 4.5 Hasil Analisis Kekerusuhan Limbah Cair Tahu setelah Penambahan Koagulan.

KEKERUHAN AWAL (mg/L)	DOSIS (mg)	PENGULANGAN KE -	KEKERUHAN AKHIR (mg/L)	Rata-rata
915	0	1	747	24.1
915		2	642	
915	1	1	879	3.2
915		2	893	
915	2	1	671	17.4
915		2	840	
915	3	1	880	10.9
915		2	750	
915	4	1	795	8.7
915		2	876	
915	5	1	770	10.0
915		2	877	

(Sumber : Laporan Hasil Uji Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, 2020)

Tabel 4.6 Hasil Analisis PH Limbah Cair Tahu setelah Penambahan Koagulan.

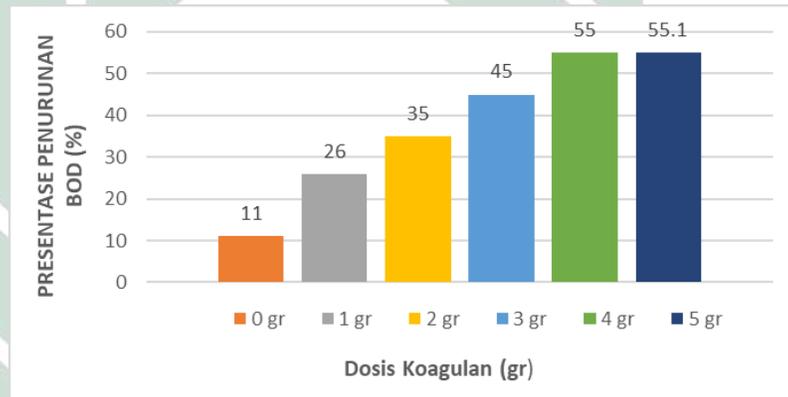
PH AWAL	DOSIS (mg)	PENGULANGAN KE -	PH
4.22	0	1	5.17
4.22		2	4.38
4.22	1	1	5.30
4.22		2	4.71
4.22	2	1	3.96
4.22		2	4.79
4.22	3	1	4.16
4.22		2	4.44
4.22	4	1	3.86
4.22		2	3.93
4.22	5	1	3.76
4.22		2	3.96

(Sumber : Laporan Hasil Uji Laboratorium Kesehatan Daerah Surabaya, 2020)

Berdasarkan penelitian Putra dkk (2013) dikatakan efektif apabila dapat menurunkan $> 50\%$ sehingga dari penelitian ini disimpulkan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan tidak efektif dalam menurunkan parameter Kekeruhan limbah cair industri tahu.

e) Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter BOD

Pada penelitian ini dengan pengolahan koagulasi flokulasi menggunakan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan diketahui dosis optimum untuk menurunkan parameter BOD dapat dilihat pada Gambar 4.6.



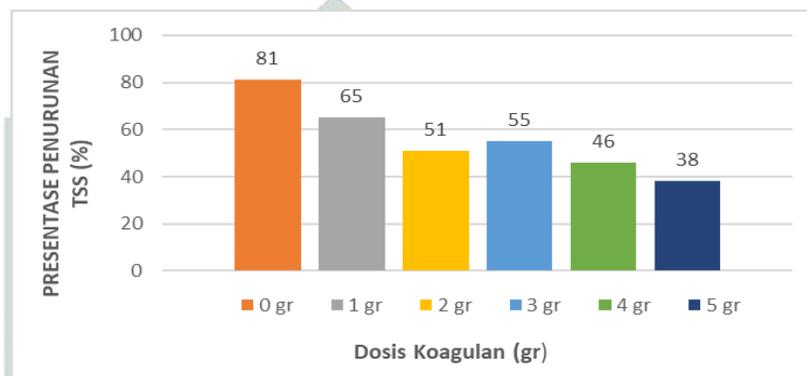
Gambar 4.6 Rata-rata presentase penurunan parameter BOD (Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa penambahan dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan 0 gr, 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, 5 gr berturut-turut menghasilkan presentase penyisihan BOD sebesar 11%, 26%, 35%, 45%, 55% dan 55.1%. presentase penurunan BOD tertinggi sebesar 55.1% dengan pemberian dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan 5gr.

Penambahan dosis 0gr merupakan kontrol pada penelitian ini. Perlakuan kontrol untuk mengetahui ada atau tidaknya perubahan penurunan parameter BOD akhir pada limbah cair industri tahu dengan

f) Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter TSS

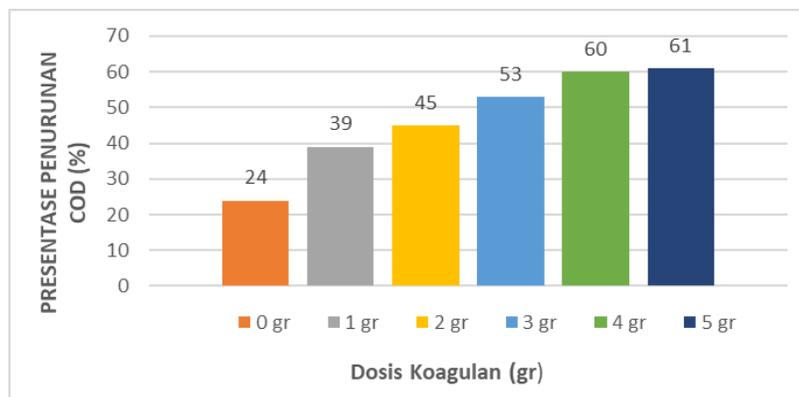
Pada penelitian ini dengan pengolahan koagulasi flokulasi menggunakan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan diketahui dosis optimum untuk menurunkan parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Rata-rata presentase penurunan parameter TSS (Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa penambahan dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan 0 gr, 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, 5 gr berturut-turut menghasilkan presentase penyisihan TSS sebesar 81%, 65%, 51%, 55%, 46% dan 38%. presentase penurunan TSS tertinggi sebesar 81% dengan pemberian dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan 0gr.

Penambahan dosis 0gr merupakan perlakuan kontrol pada penelitian ini. Perlakuan kontrol untuk mengetahui ada atau tidaknya perubahan penurunan parameter TSS akhir pada limbah cair industri tahu dengan penambahan dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan. Setelah dilakukan penelitian, pada dosis 0gr presentase penurunan tertinggi dibandingkan dengan penambahan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan yaitu terjadi penurunan sebesar 81% dan pada dosis 1gr penurunan parameter TSS



Gambar 4.8 Rata-rata presentase penurunan parameter COD (Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa penambahan dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan 0 gr, 1 gr, 2 gr, 3 gr, 4 gr, 5 gr berturut-turut menghasilkan presentase penyisihan COD sebesar 24%, 39%, 45%, 53%, 60% dan 61%. Presentase penurunan COD tertinggi sebesar 61% dengan pemberian dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan 5gr.

Pada penelitian ini dosis 0gr sebagai kontrol. Perlakuan kontrol diperlukan untuk mengetahui adanya perubahan kadar COD akhir jika dibandingkan dengan penambahan dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan. Dosis 0gr menghasilkan penurunan COD sebesar 24% dan pada penambahan variasi dosis kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan terjadi presentase penurunan semakin banyak. Sesuai Gambar 4.8 menunjukkan semakin banyak dosis koagulan maka semakin efektif untuk menurunkan parameter COD. Hal yang sama terjadi pada penelitian Hairudin Rasako dan Rahwan Ahmad (2014) semakin banyak dosis koagulan menghasilkan penurunan parameter COD yang semakin menurun.

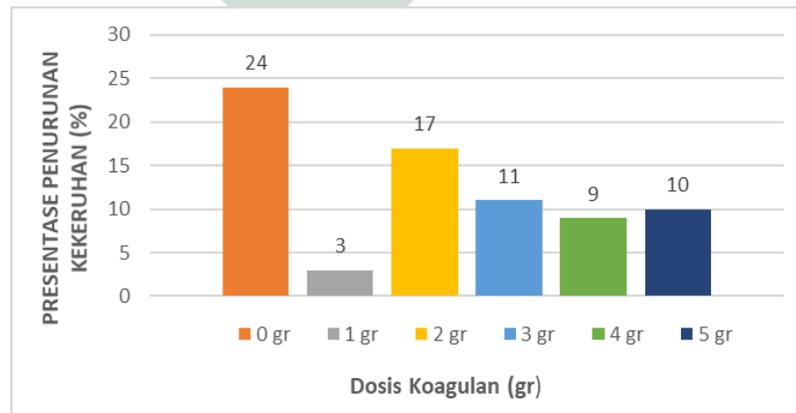
Penurunan parameter COD terjadi saat koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan teraktivasi bermuatan positif untuk menetralkan partikel koloid dan tersuspensi pada limbah cair yang

memiliki muatan negatif dengan berat molekul rendah, reaksi ini menyebabkan gaya tarik menarik antar partikel koloid membentuk mikroflok. Partikel koloid yang saling berikatan membentuk flok-flok menjadi flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga terjadi pengendapan dengan cepat (Nabila dkk., 2019). Penurunan partikel koloid dan bahan organik dihasilkan dari proses pengadukan cepat dan pengadukan lambat menyebabkan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam limbah berkurang, sehingga parameter COD mengalami penurunan (Novita dkk., 2014).

Jadi pada penelitian ini kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan efektifitas penurunan parameter COD > 50% yaitu dengan presentase 61% dari konsentrasi awal limbah 227 mg/L menjadi 88 mg/L.

h) Dosis Optimum Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan dalam Menurunkan Parameter Kekeruhan

Pada penelitian ini dengan pengolahan koagulasi flokulasi menggunakan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan diketahui dosis optimum untuk menurunkan parameter Kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.9.

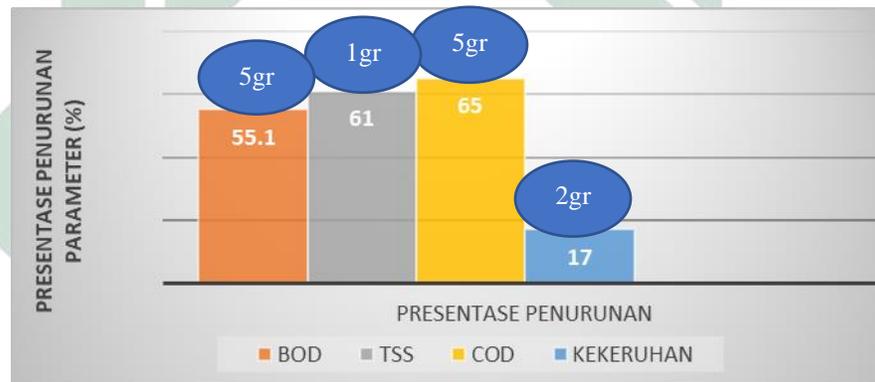


Gambar 4.9 Rata-rata presentase penurunan parameter Kekeruhan (Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Sehingga pada penelitian ini kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan dapat disimpulkan penurunan kekeruhan pada limbah cair industri tahu < 50% yaitu dengan konsentrasi awal 915 NTU dan konsentrasi akhir 756 NTU yang disimpulkan kurang efektif karena hasil akhir didapatkan < 50%.

i) Analisa Penurunan BOD, TSS, COD dan Kekeruhan dengan Variasi Dosis Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan pada Limbah Cair Industri Tahu

Penurunan parameter BOD, COD, TSS dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu memiliki keterikatan.



Gambar 4.10 Penurunan optimum pada parameter BOD, TSS, COD dan Kekeruhan
(Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Pada penurunan BOD didapatkan hasil akhir penurunan sebesar 55.1% pada dosis 5gr, COD terjadi penurunan 61% pada dosis 5gr, TSS penurunan sebesar 65% pada dosis 1gr dan Kekeruhan penurunan hanya sebesar 17% pada dosis 2gr.

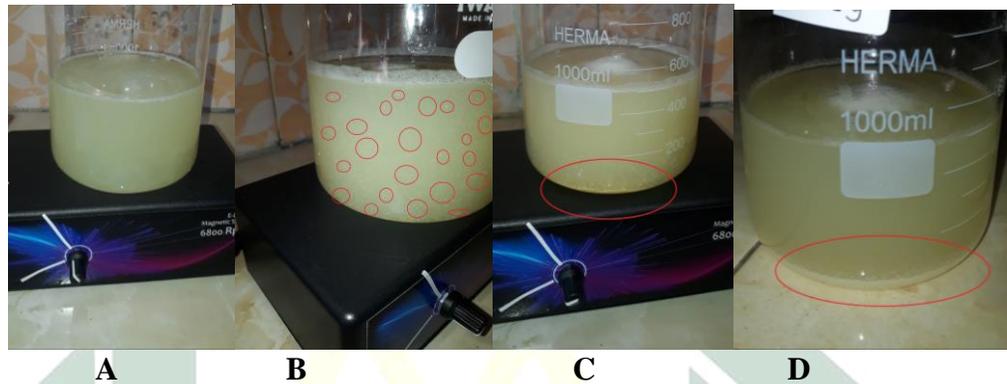
Destabilisasi partikel koloid dengan koagulan kombinasi serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan dapat terjadi melalui mekanisme jembatan antar partikel. Biji kelor terdapat kandungan zat aktif yang memiliki fungsi sebagai koagulan yaitu *rhamnosiloxo-isothisianate* sedangkan biji flamboyan memiliki kandungan asam amino kationik. Mekanisme

koagulasi yaitu proses destabilisasi pada muatan positif dengan muatan negatif dalam air limbah dengan koagulan. Biji kelor dan biji flamboyan memiliki muatan positif dan ketika ditambahkan ke air limbah akan bertindak seperti magnet yang mengikat partikel negatif sehingga terjadi pembentukan flok lembut (Rahmadyanti dkk., 2018). Pada proses flokulasi merupakan proses pembentukan dan pengendapan flok. Dimana dalam proses flokulasi flok-flok lembut yang menggumpal kemudian disatukan untuk membentuk endapan (Setiawan dkk., 2020).

Ketika kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan ditambahkan ke dalam sampel limbah cair tahu maka dilakukan pengadukan cepat yang tujuannya untuk membantu proses tumbukan antara partikel koloid dan koagulan. Tumbukan ini menghantarkan pada adsorpsi partikel koloid pada biji kelor dan biji flamboyan. Biji kelor mengandung zat aktif *rhamnosiloxo-isothisianate* yang mampu menetralkan partikel-partikel lumpur yang terkandung pada air limbah dan memiliki protein tinggi yang dapat mengikat ion negatif (Meita Sari, 2017), sedangkan biji flamboyan memiliki kandungan asam amino kationik yang merupakan zat aktif yang dapat membentuk ikatan muatan netralisasi dan jembatan polimer antar partikel koloid limbah dengan koagulan. Kandungan aktif koagulan yang bersifat positif yang dapat bereaksi dengan partikel-partikel yang bermuatan negatif. Partikel koloid akan diikat dengan ion positif dan membentuk flok. Penggabungan flok membentuk flok yang berukuran lebih besar dan lebih kuat sehingga dapat mengendap (Nabila dkk., 2019).

Selanjutnya tahap pengadukan lambat yang bertujuan untuk memberikan waktu untuk terjadi proses flokulasi yaitu terbentuknya flok-flok yang lebih besar sehingga membentuk endapan. Pada tahap ini flok-flok mikro yang dihasilkan dari proses pengadukan cepat dibawa ke dalam proses kontak sehingga bertubrukan satu sama lain yang mengakibatkan

flok-flok mikro bergabung dan lengket sesamanya serta tumbuh membentuk flok-flok yang ukuran lebih besar sehingga dapat mengendap dan proses pemisahan akan lebih mudah dilakukan (Hendrawati dkk., 2013). Berikut proses koagulasi flokulasi dengan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 A: Kontrol, B: Proses Koagulasi, C: Proses Flokulasi berlangsung setelah 5 menit dosis 4gr, D: Proses Flokulasi berlangsung setelah 15 menit dosis 4gr.

Pada proses koagulasi-flokulasi dengan limbah cair industri tahu sesuai Gambar 4.11 terjadi penurunan pada parameter BOD, COD, TSS dan Kekeruhan dengan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dan serbuk biji flamboyan. Pengaruh penurunan BOD dan COD dengan kombinasi serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan terhadap senyawa organik yang terkandung pada limbah cair industri tahu terlihat penurunan BOD COD semakin meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi koagulan kombinasi serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan, sesuai yang penjelasan pada sub bab 2.4.1 dan 2.4.2 proses pengolahan koagulasi flokulasi. Penambahan kombinasi koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan telah berpengaruh signifikan dalam penurunan BOD dan COD.

Sedangkan pada parameter TSS dan Kekeruhan penambahan variasi dosis koagulan tidak efektif dalam menurunkan zat tersuspensi dalam air limbah sesuai Gambar 4.7 dan 4.9. Penurunan TSS tidak terjadi efektif bisa disebabkan karena koagulan memiliki konsentrasi yang tinggi sehingga tidak mampu menetralkan koloid pada air limbah dan hanya sebagian koloid yang dapat dinetralkan dan membentuk flok. Penurunan TSS pada limbah cair industri tahu berbanding lurus terhadap penurunan kekeruhan. Kekeruhan umumnya disebabkan partikel tersuspensi seperti tanah, lumpur, plankton, mikroorganisme, zat organik dan anorganik. Hal ini disebabkan karena komponen utama yang mempengaruhi tingkat kekeruhan limbah cair tahu adalah TSS. Artinya jika TSS pada limbah tahu bisa dikurangi dengan cara pengendapan, maka akan mempengaruhi nilai kekeruhan pada air limbah. Sehingga pada penelitian ini penurunan TSS dan Kekeruhan efektif pada dosis 0gr atau terjadi secara tidak sempurna sesuai penjelasan gambar 2.3. Faktor lain penyebab penurunan TSS dan kekeruhan tidak efektif yaitu kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan yang tidak tepat. Kecepatan pengadukan yang kurang akan menyebabkan koagulan tidak terdispersi dengan baik. Apabila kecepatan pengadukan terlalu tinggi akan menyebabkan flok-flok yang mudah terbentuk terpecah kembali sehingga pengendapan tidak sempurna (Kartika dkk., 2016).

j) Analisa Variasi Dosis Kombinasi Koagulan Serbuk Biji Kelor dengan Serbuk Biji Flamboyan untuk Penurunan Parameter BOD, TSS, COD dan Kekeruhan dengan Uji Statistik

Setelah didapatkan data hasil dari penelitian, selanjutnya data tersebut ditranslasikan ke dalam bentuk uji statistik. Uji statistik yang digunakan yaitu uji Kruskal wallis untuk mengetahui perbedaan antar variasi dosis koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan menggunakan program SPSS.

Uji Kruskal Wallis merupakan uji statistika non-parametrik dalam kelompok prosedur untuk sampel independen tujuannya menentukan adakah perbedaan signifikan secara statistik antar dua atau lebih kelompok variabel independen.

Hasil akhir dari uji kruskall wallis ($\alpha < 0.05$) maka dapat ditarik kesimpulan terhadap hipotesis yaitu terdapat perbedaan apabila ($\alpha > 0.05$) maka ditarik kesimpulan terhadap dipotesis yaitu tidak terdapat perbedaan (Junaidi, 2010).

Adapun hasil Uji Kruskal Wallis pada data penelitian ini akan disajikan pada gambar berikut :

Tabel 4.12 Uji Kruskal Wallis parameter BOD

	X (Jumlah Variasi Dosis)	Kruskal-Wallis H	Df	Sig.	Keterangan
Y (BOD)	0gr, 1gr, 2gr, 3gr, 4gr, 5gr.	10.880	5	.054	Tidak Terdapat Perbedaan ($\alpha > 0.05$)

(Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Tabel 4.13 Uji Kruskal Wallis parameter TSS

	X (Jumlah Variasi Dosis)	Kruskal-Wallis H	Df	Sig.	Keterangan
Y (TSS)	0gr, 1gr, 2gr, 3gr, 4gr, 5gr.	10.807	5	.055	Tidak Terdapat Perbedaan ($\alpha > 0.05$)

(Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Tabel 4.14 Uji Kruskall Wallis parameter COD

	X (Jumlah Variasi Dosis)	Kruskal-Wallis H	Df	Sig.	Keterangan
Y (COD)	0gr, 1gr, 2gr, 3gr, 4gr, 5gr.	10.807	5	.055	Tidak Terdapat Perbedaan ($\alpha > 0.05$)

(Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Tabel 4.15 Uji Kruskall Wallis parameter Kekeruhan

	X (Jumlah Variasi Dosis)	Kruskal-Wallis H	Df	Sig.	Keterangan
Y (Kekeruhan)	0gr, 1gr, 2gr, 3gr, 4gr, 5gr.	7.077	5	.215	Tidak Terdapat Perbedaan ($\alpha > 0.05$)

(Sumber : Hasil Analisa, 2020)

Dari hasil Output Uji Kruskall Wallis diatas menunjukkan nilai Sig. (signifikasi) atau nilai perbedaan semua parameter penelitian adalah > 0.05 , maka dapat disimpulkan bahwa semua variabel tidak terdapat perbedaan. Maka H_0 diterima dan H_1 di tolak.

Secara uji statistik data yang diperoleh dalam penelitian ini tidak memiliki perbedaan antar variasi dosis akan tetapi secara hasil analisa data deskriptif terjadi perbedaan antar variasi dosis koagulan dimana hasil analisa data koagulan serbuk biji kelor dengan serbuk biji flamboyan terjadi penurunan parameter pada limbah industri tahu yang mampu menurunkan parameter BOD, TSS, COD $> 50\%$. Penurunan yang menghasilkan perubahan yang didapatkan $> 50\%$ dikatakan efektif sebagai koagulan alami (Putra dkk., 2013).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Berdasarkan hasil perbandingan variasi dosis koagulan kombinasi serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan serbuk biji flamboyan (*Delonix regia*) dengan uji koagulasi-flokulasi menggunakan *magnetic stirrer* tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap penurunan parameter BOD, TSS, COD dan Kekeruhan pada limbah cair industri tahu.
2. Berdasarkan hasil penelitian koagulan kombinasi serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan serbuk biji flamboyan (*Delonix regia*) dosis yang paling optimum untuk menurunkan parameter BOD, COD adalah pada dosis 5gr dan TSS di dosis 1gram dengan presentase penurunan > 50% sedangkan Kekeruhan di dosis 2 gr dengan presentase penurunan < 50%. Untuk nilai optimum PH tidak ada kenaikan yang signifikan dari masing-masing variasi dosis koagulan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan analisis data pada pembahasan yang sudah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jartest sebagai alat pengadukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

- Elida Novita, I. d. (2014). optimasi penggunaan koagulan alami biji kelor (moringa oleifera) pada pengolahan limbah cair mocaf. *Jurnal Agroteknologi, Vol 08 (02)*, 171-178.
- Enrico, B. (2008). Pemanfaatan Biji Asam Jawa sebagai Koagulan Alternatif dalam proses penjernihan Limbah Cair Industri tahu . *Tesis, Magister Teknik Kimia, Program Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Erina Rahmadyanti, E. T. (2018). Effectiveness of Moringa Oleifera Seed as Phytocoagulant in Wastewater Treatment of Batik Industry. *Atlantis Highlights in Engineering (AHE), volume 1*.
- Hariyanto, S. B. (2017). Analisis Perubahan Konsentrasi Total Suspended Solids (TSS) Dampak Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Citra Landsat Multi Temporal (Studi Kasus: Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknik ITS Vol. 6(1)*, 2301-9271.
- Harimbi Setyawati, M. K. (2018). Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*.
- Heba A. El-Gizawy, A. S.-H. (2018). Pharmacognostical and Biological Studies of *Delonix regia* growing in Egypt: HPLC Profiles. *International journal Pharmacognosy Communications, Vol 8(3)*, 125-131.
- Husin, S. P. (2005). Pengaruh Massa dan Ukuran Biji Kelor pada Proses Penjernihan Air. *Jurnal Teknologi Proses, Vol 4 (2)*, 26-33.
- Helen. K, H. H. (2012). Efektifitas Koagulan Ekstrak Biji Kelor (Moringa Oleifera) Terhadap Daya Hidup Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*) Pada Pengolahan Air Limbah Minyak Goreng Restoran Cepat Saji X Di Palembang. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat, Vol 1 (1)*.
- Harimbi Setyawati, M. A. (2018). Efektifitas Biji Kelor sebagai Koagulan pada peningkatan mutu limbah cair pabrik tahu. *Jurnal Teknik Kimia, Vol. 12 (2)*

- Syarifah Aminah, T. R. (2015). Kandungan Nutrisi Dan Sifat Fungsional Tanaman Kelor (*Moringa Oleifera*). *Jurnal Buletin Pertanian Perkotaan*, Vol. 5(2).
- Sugiharto. (1987). *Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI-Press.
- Susanto, I. d. (2012). Unjuk Kerja Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Biologi. *Jurnal Tek. Ling*, Vol 13(2), 159 - 166.
- Syarifah aminah, T. R. (2015). Kandungan Nutrisi dan Sifat Fungsional Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*). *Jurnal Buletin Pertanian Perkotaan Volume 5(2)*.
- Teja Dwi Sutanto, M. A. (2007). Buah Kelor (*Moringa Oleifera Lamk.*) Tanaman Ajaib Yang Dapat Digunakan Untuk Mengurangi Kadar Ion Logam Dalam Air. *Jurnal Gradien*, Vol.3 (1), 219-221.
- Tchobanoglous George, F. D. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.
- Winata, T. A. (2017). Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Menggunakan Teknologi Plasma. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol.2(2).
- Wintari Taurina, R. S. (2017). Optimasi Kecepatan Dan Lama Pengadukan Terhadap Ukuran Nanopartikel Kitosan-Ekstrak Etanol 70% Kulit Jeruk Siam (*Citrus Nobilis L.Var Microcarpa*). *Traditional Medicine Journal*, Vol. 22 (1), 16 - 20.
- Yudita Prihatini, P. (2014). Efektivitas ekstrak larutan NaCl biji kelor tanpa lemak sebagai koagulan air sungai bengawan solo. *Skripsi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim, Malang*.
- Yessinta Trizna Amanda, I. M. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samanea Saman*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Bod, Cod, Tss Dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian. Volume 2 (3)*, 92 - 96.