

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Penelitian Terdahulu**

1. Ro'fa *et al.*, (2023) dengan judul “Analisis Komparasi Penggunaan Biokoagulan dari Ekstrak Biji kelor (*Moringa oleifera*) dan Biji Asam Jawa pada Limbah Cair Pabrik Tahu APL Nglebur”. Tujuannya untuk mengetahui kadar BOD, COD, TSS, dan kekeruhan yang tidak memenuhi kriteria mutu yang ditetapkan dalam Permen Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan biji *Moringa oleifera* dan biji asam jawa. Hasil dari penelitian yaitu dosis yang optimum (5 gram) dengan koagulan biji kelor dapat menurunkan BOD (>50%), COD (53%), dan TSS (<50%). Sedangkan untuk koagulan menggunakan biji asam jawa mampu menurunkan BOD, COD 53%, TSS <50%. Sedangkan untuk koagulan menggunakan biji asam jawa mampu menurunkan BOD >50%, COD <50%, TSS 52%.
2. Haslinah, (2020) dengan judul “Ukuran Partikel Dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Perbedaan Persentase Cod Dalam Limbah Cair Industri Tahu”. Tujuannya adalah untuk menyelidiki pengaruh ukuran partikel, konsentrasi, dan waktu pengendapan koagulan bubuk biji kelor terhadap proses koagulasi dan flokulasi air limbah industri tahu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimal untuk mengurangi persentase COD dalam air limbah. Temuan penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel efektif koagulan untuk meningkatkan kualitas air limbah industri tahu adalah 120 mesh. Konsentrasi optimal dan waktu pengendapan untuk pengurangan COD ditemukan masing-masing 4000 mg/L dan 45 menit dengan hasil COD sebesar 86,4%.
3. Setyawati *et al.*, (2019) dengan judul “Penerapan Penggunaan

Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu Di Sentra Industri Tahu Kota Malang”. Tujuan penelitiannya untuk mengatasi tingginya kandungan organik dalam air limbah industri tahu, yang meliputi senyawa organik seperti protein, karbohidrat, lemak, dan minyak. Menggunakan bubuk Biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan kadar air 10%. Konsentrasi koagulannya bervariasi yaitu 2000, 3000, 4000, dan 5000 mg/500 ml limbah cair tahu. Ukuran koagulan 70 mesh dan pH awal 3,7. Waktu pencampuran optimal yang ditentukan sekitar 2-3 menit sehingga diperoleh selisih nilai COD 280 mg/L, BOD 112 mg/L, dan TSS 100,4. pH akhir ditentukan menjadi 3,9 dengan menggunakan dosis koagulan 2000 mg/500 ml dan ukuran partikel koagulan 70 mesh. Hal ini memungkinkan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Karena persentase penurunannya lebih dari 50%, biji kelor mampu menjalankan fungsi koagulan yang sangat efektif.

Berikut tabel perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang.

**Tabel II. 1** Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Sekarang

No.	Nama Peneliti	Judul	Obyek Material	Perbedaan Peneliti Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang
1.	Ro'fa <i>et al.</i> (2023)	Analisis Komparasi Penggunaan Biokoagulan dari Ekstrak Biji Kelor dan Biji Asam Jawa pada Limbah Cair Pabrik Tahu APL Nglebur Lamongan	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi BOD, COD,TSS dan kekeruhan yang belum memenuhi syarat sesuai standar baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan menggunakan Biji kelor dan Biji asam jawa. Hasil dari penelitian yang menggunakan koagulan Biji kelor adalah dosis yang	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada tempat industri limbah tahu yang bertempat di Desa Kentangan,Kecamatan Sukomoro, Kabupaten Magetan. Sedangkan penelitian terdahulu terletak di APL Nglebur Lamongan, Jawa Timur, serta pemanfaat biji yang berbeda.

---

			<p>optimum yaitu sebesar 5 gram mampu menurunkan &gt;50% nilai BOD, COD 53%, TSS &lt;50%.</p> <p>Sedangkan untuk koagulan menggunakan biji asam jawa mampu menurunkan BOD, COD 53%, TSS &lt;50%.</p>	
3.	Haslinah (2020)	Ukuran Partikel Dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji Kelor ( <i>Moringa Oleifera</i> ) Terhadap Perbedaan Persentase Cod Dalam Limbah Cair Industri Tahu	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh ukuran partikel, konsentrasi, dan waktu pengendapan koagulan bubuk Biji Kelor terhadap proses koagulasi dan flokulasi air limbah industri tahu. Temuan penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel efektif koagulan	Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah terdapat pada ukuran partikel dimana penelitian sekarang menggunakan ukuran 140 mesh dan 160 mesh. Sedangkan penelitian terdahulu menggunakan ukuran 60 mesh dan 120 mesh.

---

---

			<p>untuk meningkatkan kualitas air limbah industri tahu adalah 120 mesh. Konsentrasi optimal dan waktu pengendapan untuk pengurangan COD ditemukan masing-masing 4000 mg/L dan 45 menit dengan hasil COD sebesar 86,4%.</p>	
4.	<p>Setyawati &amp; Salamia., <i>et al</i> (2019)</p>	<p>Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu Di Sentra Industri Tahu Kota Malang</p>	<p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi tingginya kandungan organik dalam air limbah industri tahu, yang meliputi senyawa organik seperti protein, karbohidrat, lemak, dan minyak. Menggunakan bubuk Biji Kelor dengan kadar air 10%. Dosis koagulan yang digunakan berbeda yaitu 2000, 3000, 4000, 5000 mg/500 ml limbah cair</p>	<p>Bedanya adalah Proses pengadukan meliputi kecepatan pengadukan cepat awal sebesar 100 putaran per menit (rpm) dengan durasi 3 menit, dilanjutkan dengan kecepatan pengadukan sedang sebesar 40 rpm selama 12 menit. Setelah proses pengadukan, ada tambahan waktu pengendapan selama 45 menit. Pada penelitian sebelumnya, peneliti menggunakan teknik pengadukan cepat dengan durasi 2, 3, 4, dan 5 menit</p>

---

---

tahu, ukuran koagulan 70 mesh, dan pH awal 3,7. Waktu pencampuran optimum yang diperoleh adalah 2-3 menit dengan Perbedaan nilai COD menjadi 280 mg/L, BOD menjadi 112 mg/L, TSS menjadi 100,4 dengan dosis koagulan 2000 mg/500 ml dan ukuran partikel koagulan 70 mesh, dengan pH akhir sebesar 3,9, sehingga dapat disimpulkan bahwa Biji Kelor dapat digunakan sebagai koagulan yang efektif karena persentase reduksi yang diperoleh lebih dari 50%.

---

berkecepatan pengadukan 100 putaran per menit, yang kemudian dilanjutkan dengan proses pengadukan lebih lambat pada kecepatan 40 rpm selama 15 menit. Setelah diaduk, diamkan selama 25 menit.

## **A. Kajian Teori**

### **1. Air limbah**

#### **a. Definisi**

- 1) Menurut Peraturan Gubernur Jatim No 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya menyatakan bahwa “air limbah adalah sisa cair dari sisa pekerjaan dan kegiatan yang dibuang ke lingkungan dan dapat mengurangi kualitas lingkungan”(Pergub Jatim no 72 tahun 2013).
- 2) Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa “air limbah adalah air yang berasal dari suatu proses yang dihasilkan setelah melakukan aktivitas”(PP RI no 22 tahun 2021).

### **2. Industri Tahu**

#### **a. Definisi**

Industri kecil berkembang sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Strategi pengembangan pusat industri digunakan untuk mendorong pertumbuhan usaha kecil di 33 provinsi, dengan fokus khusus pada kerajinan kecil dan industri rumah tangga di pedesaan. Industri kecil pengrajin tahu merupakan salah satu usaha kecil yang dimiliki dan dijalankan oleh masyarakat komunal. Untuk berkembangnya industri terdapat faktor pendukung yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal berkembangnya usaha kecil mengetahui ada tiga hal yaitu modal, sumber daya manusia dan pemasaran. Pada saat yang sama, faktor eksternal masih kurang mendukung lingkungan usaha, fasilitas infrastruktur dan bahan baku. Mengembangkan industri kecil tahu di Indonesia sangat mungkin dilakukan untuk meningkatkan kehidupan sosial ekonomi masyarakat. Kehidupan sosial ekonomi merupakan model

kehidupan yang memprihatinkan hubungan seseorang dengan orang lain untuk memuaskan kebutuhan hidupnya. Sebuah usaha tahu kecil-kecilan dalam suatu peradaban mungkin cukup memenuhi kebutuhan sandang, pangan, dan papan. Mengatasi kebutuhan individu dapat mendorong kolaborasi di antara banyak pemangku kepentingan, termasuk keluarga dan pemilik usaha kecil, dengan tujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Putro, 2013).

### **3. Proses Produksi Tahu**

Menurut Sayow., *et al* (2020) dalam produksi tahu, bisnis industri tahu berbahan kedelai impor mempunyai kualitas lebih tinggi, biasanya lebih murah dan kandungan susunya lebih tinggi dibandingkan kedelai lokal. Dalam industri tahu pastinya terdapat tahapan-tahapan dalam proses produksi ketika memproduksi tahu. Proses produksinya memerlukan bahan dan alat yang digunakan untuk membuat tahu. Proses produksi tahu pada industri tahu adalah sebagai berikut:

#### a) Proses persiapan

Proses pembuatannya adalah pemilihan jenis kedelai bermutu tinggi dan mutu rendah. Dalam proses ini pemilihan jenis kedelai sangat penting karena memperhatikan mutu kedelai yaitu protein, lemak, rasa, warna humus, warna kulit biji, warna lapisan, ukuran biji dan sifat fisik air ekstrak kedelai.

#### b) Proses pencucian dan perendaman

Proses pencucian dan perendaman yaitu proses ini membersihkan kedelai dari kotoran yang menempel pada bahan baku dan dilanjutkan dengan proses perendaman. Proses ini dilakukan dengan perendaman selama 2-3 jam agar kadar air pada kedelai meningkat dan kandungan protein pada kedelai tidak rusak.

#### c) Proses penggilingan

Pada proses ini benih kedelai yang telah melalui proses perendaman digiling dan ditambahkan air secukupnya sesuai dengan jumlah kedelai giling. Hingga melunak menjadi bubur yang bisa direbus. Sari kedelai yang disaring dengan cara ini memungkinkan dibuat tahu dan susu kedelai.

d) Proses pemasakan

Uap digunakan dalam proses memasak ditekan langsung ke dalam filtrat. Pemasakan membutuhkan waktu 15-30 menit. Dalam prosesnya, mengaktifkan nutrisi kedelai, yaitu inhibitor tripsin, dan pada saat yang sama daya cerna, yang memfasilitasi penggilingan dan aglutinasi protein dan meningkatkan daya tahan produk tahu.

e) Proses penyaringan

Proses penyaringan sari kedelai dengan mori atau kain perca yang digantung dan digerakkan dengan tenaga manusia untuk memisahkan ampas dan sari kedelai. Proses ini menghasilkan limbah padat yang memakan waktu 15 menit.

f) Proses pencetakan

Pencetakan dilakukan dengan bentuk yang terbuat dari kayu. Gumpalan yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam cetakan yang ditutup dengan alat ukur berwarna putih kemudian ditekan dengan batu beton menggunakan berbagai alat pengepres.

g) Proses pemotongan

Proses pemotongan yaitu dengan melepas kain saring, kemudian dilakukan proses pengeringan untuk mengurangi kadar air pada tahu agar tidak hancur saat dipotong.

#### **4. Limbah Industri Tahu**

Industri tahu menghasilkan dua kategori limbah yang berbeda: limbah padat dan cair. Kedua kategori ini perlu dipisahkan. Limbah padat yang dihasilkan selama pencucian dan perendaman antara lain biji kedelai inferior, kulit kedelai dan batu yang terdapat di dalam biji.

Selanjutnya limbah sisa pengolahan kedelai diubah menjadi susu kedelai yang selanjutnya dilakukan penyaringan. Biasanya jumlah limbah padat yang dihasilkan sedikit, sekitar 0,3% dari total bahan baku kedelai. Industri tahu biasanya menggunakan air dalam jumlah besar selama proses pembuatan tahu serta proses pembersihan peralatan dan proses pembersihan biji kedelai. Pencucian dan perendaman kedelai, pembersihan peralatan yang digunakan dalam produksi tahu, dan proses penyaringan, pengepresan, atau pencetakan tahu semuanya berkontribusi terhadap pembuangan limbah cair di fasilitas produksi tahu. Di beberapa industri tahu, sebagian kecil limbahnya (terutama air mendidih) digunakan kembali sebagai koagulan tahu. Air mendidih atau *whey* merupakan limbah cair kental yang dihasilkan saat kubus tahu dipisahkan.

Ampas tahu juga mengandung zat organik seperti protein, karbohidrat dan lemak. Bahan organik ini banyak terdapat pada limbah cair berupa padatan tersuspensi dan padatan terlarut. Adanya senyawa organik tersebut mengakibatkan tingginya konsentrasi BOD, COD dan TSS pada air limbah industri tahu. Aglomerasi yang tidak sempurna pada saat pengolahan dapat mengakibatkan terbentuknya partikel-partikel tersuspensi atau padatan yang mengendap pada limbah cair tahu. Salah satu contohnya adalah balok-balok tahu yang rusak selama proses pengolahan. Baik bahan terlarut maupun tersuspensi mampu mengalami perubahan yang bersifat fisika, kimia, dan biologi. Darinya dihasilkan zat beracun atau menyebabkan tumbuhnya bakteri yang dapat menjadi bakteri penyakit atau bakteri lain yang berbahaya bagi produk tahu itu sendiri dan bagi tubuh manusia. Jika limbah cair ini sering dibuang langsung ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu, maka dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan mencemari lingkungan.

## 5. Karakteristik Limbah Cair Tahu

- a. Menurut Sungkowo *et al.*, (2011) karakteristik limbah cair usaha tahu digolongkan menjadi dua kelompok berbeda: fisik dan kimia. Limbah cair menunjukkan ciri fisik seperti padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Sifat kimia mencakup gas, serta senyawa organik dan anorganik. Proses pemasakan kedelai dikenal sebagai sumber suhu buangan industri. Peningkatan suhu air, seringkali berkisar antara 40-46°C, berpengaruh terhadap organisme biologis, kemampuan oksigen dan gas lain untuk larut, kepadatan air, ketahanannya terhadap aliran, dan gaya pada permukaannya.
- b. Menurut Rahayu (2021) dalam judul buku Teknologi Proses Produksi Tahu, karakteristik unik dari limbah cair tahu yaitu warna putih kekuningan dan keruh, suhu yang melebihi suhu normal badan air (60-80°C), nilai pH yang <7 dan adanya COD bersama dengan padatan tersuspensi atau padatan tak terlarut tinggi. Mayoritas padatan ini terdiri dari protein, lemak, dan karbohidrat. Mikroorganisme menguraikan protein, lipid, dan karbohidrat tanpa adanya oksigen, yang menyebabkan kontaminasi air.

## 6. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

Berikut ini adalah Baku Mutu dari Limbah Cair Kegiatan Pengolahan Kedelai berdasarkan Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72 Tahun 2013, yaitu:

Lampiran I  
Peraturan Menteri Negara  
Lingkungan Hidup  
Nomor : 15 Tahun 2008  
Tanggal : 20 November 2008

**BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN PENGOLAHAN KEDELAI**

Parameter	Pengolahan Kedelai					
	Kecap		Tahu		Tempe	
	Kadar <sup>1)</sup> (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar <sup>1)</sup> (mg/L)	Beban (kg/ton)	Kadar <sup>1)</sup> (mg/L)	Beban (kg/ton)
BOD	150	1,5	150	3	150	1,5
COD	300	3	300	6	300	3
TSS	100	1	200	4	100	1
pH	6 – 9					
Kuantitas air limbah maksimum (m <sup>3</sup> /ton)	10		20		10	

Keterangan :  
1) <sup>1)</sup> kecuali untuk pH  
2) Satuan kuantitas air limbah adalah m<sup>3</sup> per ton bahan baku  
3) Satuan beban adalah kg per ton bahan baku

Salinan sesuai dengan aslinya  
Deputi MENLH Bidang  
Penaatan Lingkungan,  
ttd  
Ilyas Asaad.

MENTERI NEGARA  
LINGKUNGAN HIDUP,  
ttd  
RACHMAT WITOELAR.

**Gambar II. 1** Standar Baku Mutu Industri Kedelai  
(Pergub Jatim No 72 Tahun 2013)

## 7. Dampak Limbah Industri Tahu

Menurut Oktarina *et al.*, (2021) menulis tentang dampak limbah cair industri tahu yaitu merusak kehidupan hayati. Variasi kualitas air disebabkan oleh peningkatan konsentrasi bahan organik. Makhluk hidup mempunyai kemampuan untuk menguraikan senyawa organik kompleks menjadi senyawa organik yang lebih sederhana melalui tindakannya. Limbah cair yang dihasilkan terdiri dari partikel tersuspensi dan terlarut, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan karena perubahan fisik, kimia, dan biologis. Hal ini karena bahan-bahan tersebut dapat menghasilkan senyawa berbahaya atau menjadi lingkungan yang menguntungkan bagi bakteri penyebab penyakit untuk berkembang biak. Perkembangan media spora penyakit menimbulkan risiko yang signifikan baik terhadap produk tahu maupun tubuh manusia.

Limbah mentah dari industri tahu berubah warna menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk ketika kadar oksigen dalam limbah turun

hingga nol. Jika ampas tahu meresap ke dalam tanah dekat sumur, maka dapat mencemari sumur. Apabila sampah tersebut dibuang ke sungai yang airnya masih digunakan untuk konsumsi sehari-hari, maka air yang tidak bersih dan kebersihan lingkungan yang tidak memadai dapat menyebabkan banyak masalah kesehatan, termasuk namun tidak terbatas pada gatal-gatal, diare, kolera, radang usus besar, dan gangguan lainnya.

## **8. Pengolahan Limbah Padat Industri Tahu**

Limbah padat pembuatan tahu terdiri dari sisa tahu yang dihasilkan selama pemisahan susu kedelai. Okara masih tinggi protein, sehingga bisa digunakan kembali pada makanan lain seperti kecap, tahu, dan tepung. Penggantian gandum dengan bubuk ampas tahu mempunyai nilai gizi dan ekonomi serta mengurangi pencemaran lingkungan.

Prinsip penggunaan bubuk tahu adalah sebagai bahan baku pengganti. Proses awalnya adalah memeras sisa tahu lalu kukus selama 15 menit. Daging buah yang dikukus kemudian dijemur di bawah terik matahari atau di dalam oven dan disimpan dengan cara diblender atau diayak. Tepung yang sudah jadi disimpan di tempat yang kering. Bubuk ampas tahu ini bisa digunakan sebagai pengganti tepung terigu maupun tepung beras. Selain itu, sisa bubuk tahu juga bisa dimanfaatkan untuk membuat pakan ternak.

## **9. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu**

### **a. Fisika**

Prinsip pengolahan fisik adalah mengurangi beban zat pencemar pada limbah cair, terutama padatan tersuspensi atau koloid. Metode yang mungkin dilakukan meliputi penyaringan dan sedimentasi. Penghapusan partikel besar dan padatan tersuspensi dari air limbah dilakukan dengan menggunakan bahan filter melalui proses filtrasi. Padatan tersuspensi yang keluar kemudian diendapkan pada alat pengendap, kemudian ditambahkan koagulan sehingga membentuk

partikel yang terflokulasi. Partikel flok ini dipisahkan dari air limbah menggunakan gravitasi, dan flok tersebut jatuh ke dasar dan menjadi sedimen.

b. Kimia

Pengolahan kimia melibatkan penambahan bahan kimia atau reaksi kimia untuk menghilangkan atau mengubah kontaminan dalam limbah cair. Koagulasi-flokulasi dan netralisasi adalah beberapa prosedur yang dapat digunakan dalam industri. Pada dasarnya, koagulasi terjadi dengan menambahkan ion-ion yang bermuatan berlawanan ke dalam koloid, sehingga mengganggu kestabilan atau memisahkan partikel-partikel koloid yang bermuatan. Setelah koloid menjadi netral, mereka berkumpul satu sama lain membentuk mikroflok (flokulasi), yang kemudian dapat dipisahkan dari larutan melalui sedimentasi atau filtrasi.

c. Biologis

Pemanfaatan mikroorganisme atau tumbuhan air untuk menurunkan kadar bahan organik terlarut merupakan prinsip pengolahan biologis. Pada dasarnya proses biologis adalah penguraian senyawa kompleks menjadi komponen yang lebih elementer oleh mikroba. Sangat responsif terhadap berbagai variabel, termasuk suhu, pH, oksigen terlarut, dan inhibitor, terutama yang bersifat berbahaya. Mikroorganisme yang digunakan antara lain bakteri, alga, dan protozoa, sedangkan tumbuhan air adalah yang dapat dimanfaatkan.

## 10. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

a. Definisi

Menurut Lasmana, (2021):45 menulis COD atau (Chemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk penguraian semua senyawa organik yang ditemukan dalam air. Kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan

untuk oksidasi zat organik menjadi karbon dioksida dan air. Dalam suasana asam, reaksi ini mampu mengoksidasi hampir semua senyawa, khususnya sekitar 85% senyawa tersebut, menjadi karbon dioksida dan air. Namun tidak semua zat organik dapat diuraikan oleh bakteri pengurai biologis (BOD). COD merupakan indikator kuantitatif pencemaran air yang disebabkan oleh zat organik yang dapat diuraikan secara alami oleh aktivitas mikroba, sehingga menyebabkan penurunan jumlah oksigen terlarut dalam air. COD adalah ukuran berapa banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik. Oleh karena itu, parameter COD menunjukkan jumlah molekul organik yang mengalami oksidasi kimia. Bahan yang tidak dapat terurai secara kimia akan membusuk melalui oksidasi, dan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses ini disebut sebagai kebutuhan oksigen kimia. Konsentrasi COD dalam air limbah berbanding terbalik dengan kandungan bahan organik dalam air limbah. Prosedur pemrosesan konvensional mungkin tidak selalu efektif dalam mengurangi sejumlah kecil bahan organik.

b. Penyebab tingginya COD

Nilai COD yang tinggi bisa disebabkan oleh berbagai macam masalah. Salah satunya adalah kelebihan bahan organik seperti lemak, karbohidrat, dan protein yang disebabkan oleh faktor lingkungan seperti oksigen, yang membantu bakteri memecah kontaminan di dalam reaktor. Faktor lainnya adalah kandungan kimia pada cairan limbah tahu yang terlalu tinggi sehingga akan mempengaruhi nilai COD.

c. Metode Perbedaan COD

Menurut Putri (2021) dikutip dari kajian teori, dengan menggunakan teknik koagulasi-flokulasi. Koagulasi-flokulasi adalah prosedur kimia yang digunakan untuk memisahkan bahan kimia dari sisa-sisa koloid atau suspensi yang tidak memiliki

kemampuan untuk mengendap secara alami atau sulit untuk ditangani secara manual. Campurkan koagulan dengan air limbah dalam suatu wadah dan aduk cepat hingga terbentuk massa atau flok yang seragam. Setelah itu, fase flokulasi dimulai, di mana flok yang dihasilkan dalam proses koagulasi bergabung untuk menghasilkan flok yang lebih besar. Koagulasi adalah metode yang digunakan dalam pengolahan air atau air limbah untuk menstabilkan partikel koloid, mendorongnya berinteraksi dan membentuk agregat. Penambahan elektrolit yang diserap oleh partikel mengontrol pemisahan partikel koloid selama koagulasi. Konsentrasi muatan partikel menentukan kekuatan interaksi antar partikel koloid (Pagoray, *et al.*, 2021).

d. Dampak COD

1) Terhadap kesehatan manusia

Disebabkan oleh banyaknya mikroorganisme, baik patogen maupun nonpatogen, yang dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia, kadar COD yang tinggi pada badan air menunjukkan bahwa banyak pencemar ada di dalamnya.

2) Terhadap lingkungan

Peningkatan konsentrasi COD berpotensi menurunkan jumlah oksigen terlarut di lingkungan perairan. Hal ini dapat menghalangi hewan dan tumbuhan air untuk mendapatkan oksigen yang mereka butuhkan, sehingga mengancam kehidupan mereka dan mencegah mereka bereproduksi secara normal (Putri, 2021).

e. Baku Mutu COD

Pergub Jatim No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya menetapkan beberapa parameter, salah satunya adalah parameter COD untuk pengolahan kedelai sebesar 300 mg/L untuk pembuatan tahu.

## 11. Koagulasi

### a. Mekanisme proses koagulasi

Mekanisme koagulasi terjadi ketika dua molekul protein yang tidak terlipat mendekati satu sama lain dengan ujung bermuatan berlawanan. Molekul-molekul ini bersatu untuk membentuk jaringan tiga dimensi yang mengubah (air menjadi setengah padat atau padat) Evanuraini, (2021):27.

#### 1) Secara fisika

##### a) Pemanasan

Ketika suhu sistem koloid meningkat, maka akan terjadi tumbukan yang lebih besar antara partikel sol dan molekul air. Hal ini melepaskan elektrolit yang teradsorpsi dari permukaan koloid, sehingga partikel tidak bermuatan. Sebagai contoh, darah.

##### b) Pengadukan, contohnya : tepung kanji

##### c) Pendinginan, contohnya : agar-agar

#### 2) Secara kimia

##### a) Menggunakan Prinsip Elektroforesis

Elektroforesis adalah fenomena dimana partikel koloid bermuatan bermigrasi menuju elektroda yang mempunyai muatan berlawanan. Setelah mencapai elektroda, sistem koloid menjadi netral secara listrik dan melepaskan muatannya.

##### b) Penambahan koloid dengan muatan berlawanan

Koloid yang bermuatan negatif mempunyai kemampuan menarik kation yang merupakan ion bermuatan positif, sedangkan koloid yang bermuatan negatif mempunyai kemampuan menarik anion yang merupakan ion bermuatan negatif. Ketika ion hadir, mereka dapat membuat lapisan kedua. Jika jarak antara lapisan tambahan ini terlalu kecil, hal ini dapat melawan muatan koloid sehingga

mengakibatkan proses koagulasi. Muatan ion yang lebih besar menyebabkan peningkatan daya tarik terhadap partikel koloid, sehingga mempercepat koagulasi.

c) Penambahan Elektrolit

Dalam sistem koloid di mana elektrolit ditambahkan, partikel koloid yang bermuatan negatif akan mengadsorpsi elektrolit dengan muatan positif (kation) dan partikel koloid yang bermuatan positif akan mengadsorpsi elektrolit dengan muatan negatif (anion). Sehingga hal tersebut menyebabkan terjadinya koagulasi.

d) Pendidihan

Ketika suhu sistem koloid meningkat, maka jumlah tumbukan antara partikel sol dengan molekul air juga akan meningkat, yang dapat mengakibatkan terlepasnya elektrolit yang teradsorpsi pada permukaan koloid. Stabilitas koloid berfungsi sebagai daya tolak koloid selama proses koagulasi. Beberapa gaya dapat menyebabkan kestabilan partikel, misalnya:

- (1) Gaya elektrostatis, yaitu terjadinya gaya tolak menolak jika partikel-partikel saling mempunyai muatan yang sejenis.
- (2) Tergabung dengan molekul air (reaksi hidrasi)
- (3) Stabilisasi ini disebabkan oleh molekul besar yang teradsorpsi di permukaan. Jika gaya tolak menolak antar partikel lebih besar dari gaya tarik-menarik massa, maka suspensi atau koloid tersebut dianggap stabil. Akibatnya, agregasi tidak terjadi selama beberapa waktu. Untuk mengganggu kesetimbangan stabil, perlu dilakukan modifikasi gaya interaksi antara partikel dan bahan kimia dengan menambah gaya tarik menarik.

Kompresi lapisan ganda listrik dengan muatan berlawanan terjadi dengan cara berikut:

- (a) Mengurangi potensial permukaan akibat adsorpsi molekul tertentu dengan muatan elektrostatik yang berlawanan.
- (b) Ada kemungkinan bahwa adsorpsi molekul organik di atas permukaan partikel akan menghasilkan jembatan molekul di antara partikel.
- (c) Penggabungan partikel koloid ke dalam senyawa presipitasi yang dihasilkan dari koagulan. Secara umum, mekanisme koagulasi terdiri dari muatan positif koagulan yang mendestabilisasi muatan negatif partikel, tumbukan antara partikel, dan adsorpsi.

Adsorpsi adalah fenomena dimana suatu fluida, baik berupa cairan atau gas, menempel pada permukaan padat dan selanjutnya membentuk lapisan atau lapisan tipis. Proses ini berbeda dengan penyerapan, yang melibatkan penyerapan suatu cairan oleh cairan lain sehingga menghasilkan pembentukan larutan.

Adsorpsi air limbah mempunyai beberapa tahapan proses, sebagai berikut:

1. Transfer molekul-molekul yang telah adsorbat ke lapisan film setelah mengelilingi adsorban.
2. Difusi adsorbat melalui lapisan film (*film diffusion*).
3. Ditransmisikan oleh adsorbat melalui pori-pori atau kapiler dalam adsorben (*proses pore diffusion*).

e) Alkalinitas

Jika air memiliki alkalinitas yang rendah, reaksi ini akan terbatas dan koagulasi akan lebih buruk. Dalam hal ini, mungkin perlu menambah alkalinitas ke dalam air dengan menambah bahan kimia alkali atau basa, seperti kapur atau soda abu.

f) Kekeruhan

Karena kekeruhan yang lebih rendah, pembentukan flok menjadi lebih sulit. Karena jumlah partikel yang lebih sedikit, jarang terjadi tumbukan antar partikel atau flok, sehingga kemungkinan flok berakumulasi semakin berkurang.

g) Warna

Warna berfungsi sebagai indikasi keberadaan molekul organik. Ketika molekul organik berinteraksi dengan koagulan, hal ini menghambat proses koagulasi dan membuatnya lebih menantang.

3) Penentuan pH optimum

pH air akan diturunkan bila ditambahkan garam besi atau aluminium akibat adanya respon hidrolisis garam-garam tersebut. Namun koagulasi optimal juga akan berlangsung pada tingkat pH tertentu. Muatan koloid dapat hilang baik dalam sel elektroforesis atau ketika elektrolit dimasukkan ke dalam sistem koloid. Aluminium sulfat adalah koagulan utama yang digunakan dalam aplikasi lapangan karena ketersediaannya yang luas dan efektivitas biaya dibandingkan dengan zat koagulan lainnya.

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi

Menurut Sari (2018) proses koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1) Konsentrasi koagulan

Dalam proses koagulasi air keruh, jenis air keruhnya memengaruhi jumlah koagulan yang diperlukan dan dosisnya. Agar pengendapan berlangsung dengan baik, konsentrasi air dengan kekeruhan tinggi harus tepat. konsentrasi koagulan yang tepat akan mengendapkan dan mengurangi partikel koloid, sehingga air menjadi sangat kekeruhan.

2) Kecepatan pengadukan

Dengan menggunakan pengadukan, koagulan dapat tercampur dengan komponen organik di dalam air, terlarut, dan partikel padat dapat digabungkan menjadi molekul yang lebih besar selama proses koagulasi. Kecepatan pencampuran yang optimal adalah hal yang paling penting karena akan menyebabkan koagulan sulit terdispensi. Sebaliknya, kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi akan mengakibatkan terganggunya flok yang dihasilkan dan menghambat proses pengendapan.

3) Derajat keasaman

pH, kependekan dari potensial hidrogen, adalah ukuran kuantitatif keasaman atau kebasaan suatu larutan. Koagulasi air keruh dipengaruhi oleh tingkat keasamannya, karena tingkat keasaman mempengaruhi pemilihan koagulan yang tepat. Pemilihan koagulan yang tepat berdasarkan kondisi pH air keruh akan meningkatkan proses koagulasi.

4) Waktu pengendapan

Tujuan pengendapan adalah untuk memperjelas air keruh dengan mengisolasi zat terlarut atau tersuspensi. Selain itu, pengendapan memudahkan pemisahan lumpur yang terbentuk

dengan penambahan koagulan. Waktu pengendapan mengacu pada durasi yang diperlukan flok yang dihasilkan selama proses koagulasi untuk mengendap.

5) Pengaruh kekeruhan

Suatu keadaan dimana sifat larutan yang mengandung zat tersuspensi didalamnya menjadi keruh. Semakin banyak cahaya yang tersebar, makin banyak pula kekeruhan yang terjadi, dan sebaliknya. Parameter kekeruhan yang diperlukan selama proses koagulasi adalah sebagai berikut:

- a) Meskipun kekeruhan menentukan jumlah koagulan yang diperlukan, hubungan penambahan koagulan dengan kekeruhan tidak selalu menunjukkan korelasi linier.
- b) Karena peningkatan pembentukan pusat aktif pada partikel kecil dan percepatan pengendapan pada partikel besar, proses koagulasi menjadi lebih mudah ketika ukuran partikel bervariasi. Kombinasi dua partikel ini membuat proses koagulasi lebih mudah.

6) Pengaruh jenis koagulan

Jenis koloid tertentu yang terdapat dalam air harus dipertimbangkan ketika memilih koagulan. Biasanya koagulan ini memiliki muatan ionik yang bertentangan dengan muatan ionik yang ada dalam air. Akibatnya daya tarik menarik antar koloid berkurang sehingga menyebabkan terbentuknya flok.

7) Pengaruh temperatur

Viskositas air dipengaruhi oleh suhunya. Dengan meningkatnya suhu, viskositas menurun. Viskositas cairan akan mempengaruhi pengendapan flok karena suhu yang lebih tinggi meningkatkan gradien kecepatan, yang menyebabkan larutnya flok. Kenaikan suhu akan mengakibatkan peningkatan dosis koagulan, seperti tawas, bila diterapkan pada pH netral. Jika suhu naik, spesies muatan positif Al menurun.

8) Pengaruh garam di air

Garam mineral mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi bahan kimia pembentuk air karena kemampuannya mensubstitusi ion hidroksi dalam senyawa hidroksi. Selain itu, garam mineral juga mempengaruhi dosis koagulan dan pH.

9) Komposisi kimia larutan

Dalam air alami, air mengandung berbagai koloid dan elektrolit. Larutan elektrolit adalah organisasi kompleks dengan bahan-bahan yang sulit dipahami. Masalah kompleks adalah koloid, dan fenomena koagulasi menunjukkan bahwa teori atau penelitian empiris apa pun pasti mengandung kesalahan atau pengecualian.

c. Macam-macam bahan koagulan

Ada molekul kimia yang dikenal sebagai koagulan yang bertanggung jawab atas destabilisasi muatan negatif partikel yang tersuspensi. Bahan kimia ini bertindak sebagai donor kation, sehingga mengganggu kestabilan muatan anionik partikel. Pengadukan cepat dilakukan dengan tujuan untuk mempercepat dan menghomogenkan dispersi senyawa kimia ke seluruh air yang telah disiapkan untuk pengolahan. Koagulan yang sering digunakan dalam proses koagulasi adalah *Aluminium Sulfate*, *Ferric Sulfate*, *Ferro Sulfate*, dan PAC.

1) Polyaluminium Chloride (PAC)

PAC adalah sejenis polimerisasi kondensasi yang melibatkan garam aluminium. Ini berbentuk cair dan bertindak sebagai koagulan yang sangat efektif. PAC memiliki khasiat koagulasi yang lebih unggul dibandingkan tawas. Ia mempunyai kapasitas untuk menghasilkan flok yang stabil bahkan pada kondisi suhu rendah, dan dicirikan oleh sifatnya yang mudah digunakan (Alerts, (1984):56 dalam Sari (2018).

Beberapa keunggulan yang dimiliki PAC:

- a) PAC dapat beroperasi pada kisaran pH yang lebih luas, sehingga tidak diperlukan penyesuaian pH kecuali untuk air atau limbah tertentu.
- b) Belerang dengan dosis yang cukup mengoksidasi senyawa rantai siklik karboksilat membentuk rantai alifatik dan hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah berikatan membentuk serpihan.
- c) Penggunaan PAC tidak menimbulkan terjadinya keruh
- d) Aglomerasi partikel yang disebabkan oleh PAC dapat terjadi dengan kecepatan yang dipercepat karena pengikatan koloid yang efisien oleh gugus aktif aluminat. Pengikatan ini selanjutnya diperkuat oleh rantai polimer dari kelompok polielektrolit, menghasilkan pengembangan serpihan yang lebih padat.

## 2) *Polyacrylamide*

Polimer ini digunakan sebagai pelampung dalam pengolahan air minum. Poliakrilamida adalah anion yang paling umum digunakan. Umumnya bahan ini digunakan sebagai bahan tambahan setelah koagulan pertama seperti tawas. Poliakrilamida digunakan untuk pengendapan dan pengendapan yang cepat karena berat molekulnya yang tinggi. Pengguna poliakrilamida harus diawasi saat mengolah air minum, karena poliakrilamida bersifat karsinogenik. Dosis maksimum yang digunakan kurang dari 1 mg/L.

## 3) *PolyDADMAC (Superfloc)*

*Polydiallylammonium klorida* atau *PolyDADMAC* adalah polielektrolit yang membawa muatan positif, menjadikannya kation. *PolyDADMAC* merupakan salah satu bahan pembuat flokulan yaitu superfloc. *PolyDADMAC* merupakan polimer bermuatan tinggi yang secara efisien dapat mengikat partikel

tersuspensi selama proses flokulasi untuk menghilangkan warna, membasmi alga, dan menghilangkan zat organik.

## **12. Flokulasi**

Flokulasi pada dasarnya adalah suatu proses agregasi/aglomerasi partikel dengan suatu koagulan (proses pencampuran lambat). Selama proses koagulasi, partikel-partikel koloid kecil ini bergabung dan membentuk partikel yang lebih besar dengan bantuan koagulan dan pengadukan perlahan. Pada saat yang sama, dengan bantuan pengadukan perlahan selama proses flokulasi, partikel-partikel kecil ini bergabung dan mengendap, sehingga mengurangi kontaminan dalam cairan limbah. Koagulan yang umum digunakan adalah bahan kimia seperti tawas, PAC, besi sulfat atau besi klorida. Penggunaan bahan-bahan kimia sebagai koagulan terkadang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, dan sisa sedimen masih mengandung bahan-bahan kimia tersebut dan dapat membahayakan lingkungan (Ashari, 2020).

Lebih tepatnya, proses flokulasi dapat dipecah menjadi tiga proses berbeda yaitu:

- a. Reagen dilarutkan dengan cara diaduk kuat-kuat selama kurang lebih 1 menit dengan kecepatan 100 putaran per menit (rpm).
- b. Pengadukan perlahan hingga terbentuk gumpalan (sekitar 15 menit, 20 putaran per menit).
- c. Proses pengendapan (15-20 menit).

## **13. Jartest**

Jartest adalah serangkaian pengujian yang dirancang untuk menilai proses koagulasi dan flokulasi serta memastikan jumlah bahan kimia yang diperlukan. Proses koagulasi memerlukan tiga fase penting, khususnya:

- a. Tahap pembentukan inti endapan

Langkah ini memerlukan koagulan, yang mengikat koagulan dengan pengotor di dalam air. Kombinasi ini memerlukan pencampuran dan penyesuaian pH. Campur dengan kecepatan 60-100 rpm selama 1-5 menit. Tingkat pH yang dibutuhkan bergantung pada koagulan spesifik yang digunakan.

b. Tahap flokulasi

Tahap ini memfasilitasi agregasi partikel-partikel yang lebih kecil, memungkinkannya diendapkan melalui reaksi dengan bahan lain atau koagulan, sehingga menghasilkan pembentukan partikel yang lebih besar. Morfologinya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kekeruhan air baku, jenis padatan tersuspensi, tingkat pH, koagulan yang digunakan, dan lama pencampuran.

c. Tahap pemisahan flok dengan cairan

Serpihan yang dihasilkan diisolasi dari cairan menggunakan sedimentasi atau pembusaan. Jika serpihan yang dihasilkan dipisahkan dengan cara sedimentasi, maka serpihan tersebut dapat dimanfaatkan bersama dengan *clarifier*, sedangkan serpihan yang dihasilkan dibanjiri dengan gelembung udara untuk memudahkan pengambilannya menggunakan *roller*.

1) Tujuan jartest

Prosedur kimiawi sangat penting untuk mengurangi konsentrasi kontaminan dalam air bersih dan air limbah. Penambahan bahan kimia yang tepat diperlukan untuk menjamin dosis dan pemilihan bahan kimia yang tepat dengan tetap memperhatikan nilai pH. Tujuan dari jartest adalah untuk meningkatkan efisiensi pengurangan polutan dengan menggunakan metode berikut:

- a) Menilai efektivitas koagulan dan flokulan.
- b) Menentukan dosis bahan kimia yang tepat.
- c) Mengidentifikasi tingkat pH yang benar.

2) Kegunaan jartest

a) Koagulasi

Air termasuk partikel koloid yang mempunyai massa jenis yang cukup rendah sehingga tidak dapat mengendap dengan cepat. Agregasi partikel koloid ini tidak mungkin terjadi. Karena partikel sering kali memiliki muatan listrik yang sama, maka perlu ditambahkan zat seperti koagulan untuk mengganggu stabilitas partikel koloid. Koagulasi mengacu pada fenomena ketika zat koagulan menempel pada permukaan partikel koloid, mengakibatkan destabilisasi partikel. Prosedur ini kadang-kadang disebut sebagai proses penetralan.

Teknik koagulasi Jarrest menggunakan analisis kimia untuk memilih bahan kimia yang tepat untuk air limbah yang tepat dan mencari tahu berapa banyak bahan kimia yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil terbaik. Prosedur koagulasi ini memerlukan pengadukan yang kuat untuk menginduksi turbulensi yang kuat, memfasilitasi kemampuan bahan kimia untuk menangkap partikel koloid. Aduk dengan kuat dalam durasi singkat sekitar 30-60 detik.

b) Flokulasi

Setelah proses koagulasi selesai, proses dilanjutkan dengan tahap kedua yaitu. Proses flokulasi, dimana partikel-partikel yang tidak stabil bergabung menjadi serpihan yang lebih besar untuk pemisahan yang lebih cepat. Seringkali serpihan yang dihasilkan tidak terlalu bagus sehingga diperlukan bahan kimia tambahan untuk membantu serpihan menempel sehingga membentuk serpihan yang lebih besar. Aduk perlahan selama 5-30 menit hingga terflokulasi..

c) Presipitasi

Presipitasi adalah pengendapan garam padat yang terbentuk sebagai hasil reaksi kimia. Hujan biasanya

mengurangi konsentrasi logam berat. Dalam pengendapan ini, Jarrest mencari kondisi optimal di mana logam berat dalam air limbah dapat ikut diendapkan.

d) Oksidasi dan Desinfektan

Pada saat oksidasi mangan dan besi serta proses desinfeksi perlu dibuat toples untuk menentukan dosis yang akan digunakan untuk menghindari klorin yang berlebihan. Disinfektan dalam jumlah tertentu yang tertinggal di dalam air dapat membahayakan kehidupan organisme lain yang tidak ingin Anda musnahkan. Dalam industri, sisa klorin yang berlebih dapat merusak sistem pertukaran ion dengan menutup pori-pori penukar ion.

3) Metode pengujian koagulasi flokulasi dengan cara jarrest

SNI 19-6449-2000 merupakan standar nasional yang ditetapkan untuk metode uji koagulasi-flokulasi dengan menggunakan koagulasi-flokulasi. suatu proses yang diikuti oleh pengendapan gravitasi.

Uji koagulasi-flokulasi menentukan dosis dan kebutuhan bahan kimia yang digunakan untuk mencapai hasil terbaik. Variabel-variabel utama yang dikaji sesuai dengan yang disarankan, yaitu:

- a) Bahan kimia pembantu
- b) pH
- c) Temperatur
- d) Persyaratan tambahan dan kondisi campuran

#### **14. Karakteristik Biji Kelor (*Moringa oleifera*)**

Dijelaskan dalam penelitian (Sari, 2018) bahwa Biji kelor (*Moringa oleifera*) merupakan senyawa karbon (polimer) dengan berat molekul tinggi dengan berat molekul berkisar antara 6000 hingga 16000 dalton. Biji ini termasuk golongan aktif yang berfungsi sebagai adsorben.

Dalam penelitian (Setyawati., *et al* 2019), Biji kelor (*Moringa oleifera*) memiliki keunggulan tambahan yaitu bersifat antimikroba.

Biji kelor (*Moringa oleifera*) mengandung protein kationik yang larut dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa solusinya terutama dipengaruhi oleh tegangan positif tingkat tinggi, meskipun komposisinya kompleks dan beragam. Dalam penelitian Haslinah (2020), biji kelor mempunyai kemampuan memecah zat organik yang terdapat pada limbah cair industri tahu melalui proses koagulasi. Jembatan partikel koloid dapat dibuat dengan memasukkan polimer kationik yang diperoleh dari Biji kelor (*Moringa oleifera*) ke dalam partikel koloid air limbah yang bermuatan negatif. Partikel tersebut akan menciptakan jembatan yang saling berhubungan, sehingga menghasilkan pembentukan flok-flok kecil. Gumpalan-gumpalan ini akan terus bertambah hingga mencapai ukuran yang memungkinkannya mengendap.

Biji Kelor memiliki nama ilmiah *Moringa oleifera L.* dan termasuk dalam kingdom Plantae. Berikut klasifikasi lengkap tanaman kelor:

- Kingdom: *Plantae*
- Divisio : *Magnoliophyta*
- Class: *Magnoliopsida*
- Ordo: *Brassicales*
- Famili: *Moringaceae*
- Genus: *Kelor*
- Spesies : *Moringa oleifera L.*

Di Indonesia, *moringa oliefera* disebut Kelor. Tumbuhan ini adalah jenis tumbuhan perdu dengan panjang batang antara 7 dan 11 meter. Kelor berkembang biak dengan baik di ketinggian 300-500 meter. Buah kelor berbentuk polong segitiga dengan panjang sekitar 30-50 cm. Buah kelor memiliki antara 15 dan 25 biji berwarna coklat kehitaman (Setyawati *et al.*, 2019).

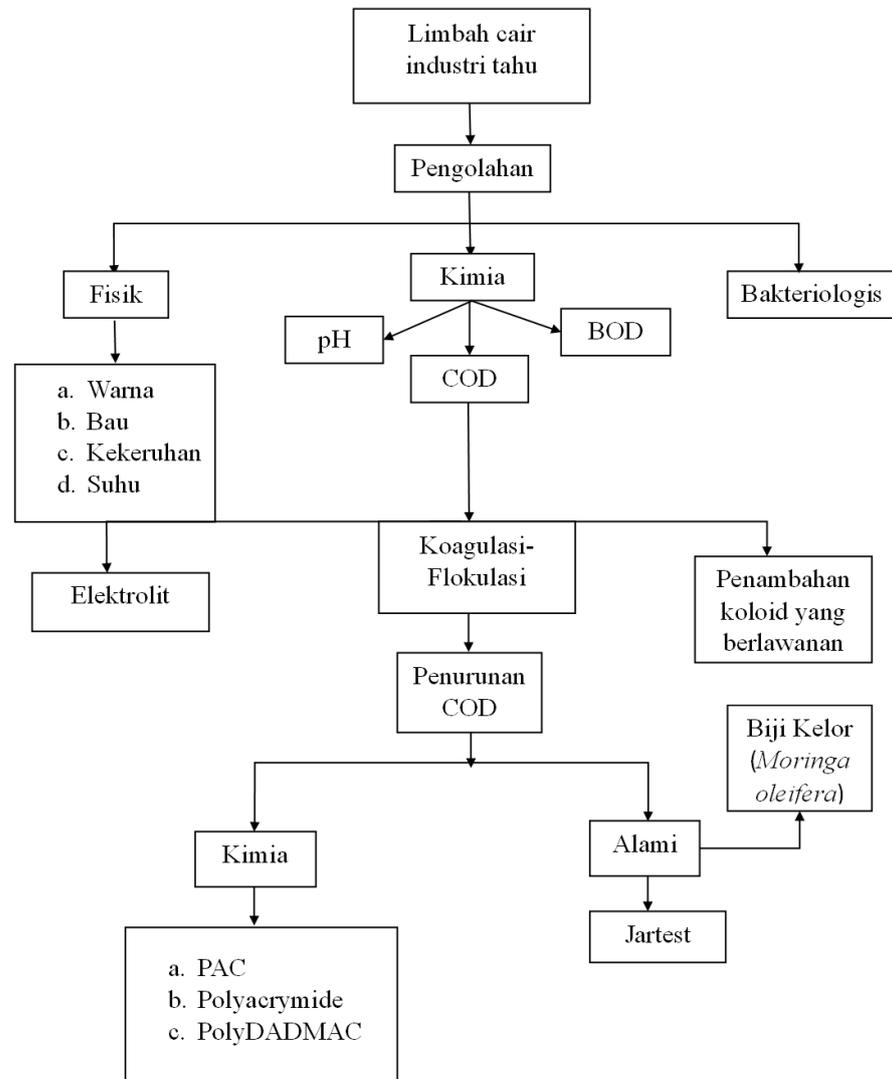
Biji kelor atau dikenal juga dengan nama *Moringa oleifera* merupakan salah satu alternatif koagulasi alami yang dapat ditemukan di sekitar lokasi. Kualitas koagulasi Biji kelor dinilai berdasarkan konsentrasi protein kationiknya. Biji kelor yang digunakan harus matang atau tua dengan kadar air <10%.

Partikel air limbah dapat diadsorpsi oleh zat aktif. Jika bentuk biji kelor (*Moringa oleifera*) berubah menjadi lebih kecil, zat aktifnya akan lebih banyak. Dikarenakan luas permukaannya meningkat. Karena kandungan air dalam *Moringa oleifera* meningkat, zat aktifnya akan lebih sulit untuk menyerap limbah cair karena air menutupi permukaan biji kelor, sehingga kelembabannya menjadi lebih rendah. Ketika air dicampur dengan bubuk biji kelor, protein dalam bubuk tersebut menjadi bermuatan positif dan larut. Informasi ini sangat bermanfaat karena sebagian besar koloid di Indonesia berasal dari bahan organik dan memiliki muatan listrik negatif. Proses koagulasi ditentukan oleh pengertian perbedaan muatan antara koagulan dan koloid. Ion-ion yang muatannya sama dengan muatan koloid akan mengalami gaya tolak menolak, sedangkan ion-ion yang muatannya berbeda akan mengalami tarik-menarik. Koagulasi terjadi lebih cepat bila konsentrasi ion dengan muatan berbeda meningkat.

Koagulan alami seperti Biji kelor (*Moringa oleifera*) mudah dijumpai di daerah tropis dan dapat menghasilkan flok yang lebih tahan terhadap gesekan dalam aliran turbulen. Koagulan Biji kelor (*Moringa oleifera*) juga bersifat antimikroba. Pada proses koagulasi, serbuknya berdampak kecil terhadap pH dan konduktivitas, namun adsorpsi dan netralisasi cekaman koloid merupakan mekanisme yang paling mungkin terjadi. Protein kationik yang larut dalam air merupakan bahan koagulan dalam bubuk Biji kelor.

## B. Kerangka Teori

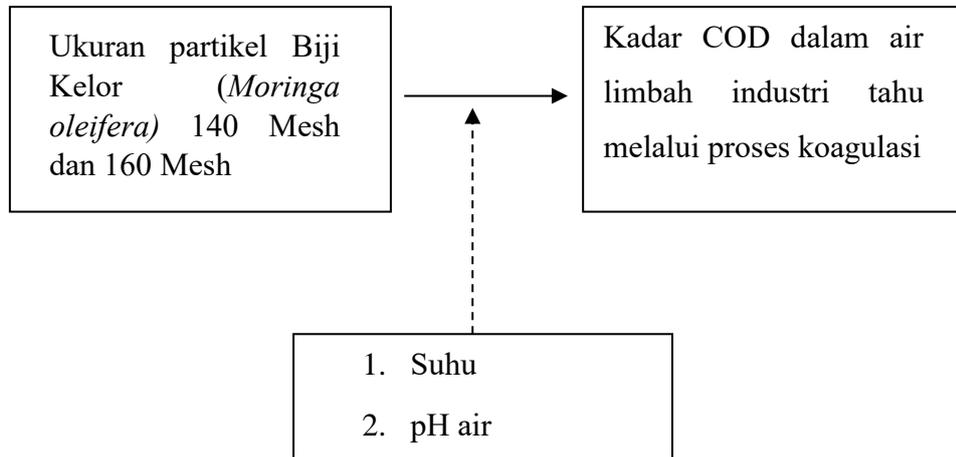
Kerangka teori dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar II. 1 Kerangka Teori

### C. Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



**Gambar II. 2** Kerangka Konsep