

TUGAS AKHIR

OPTIMALISASI PENGGUNAAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

**“Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik
Lingkungan”**



OLIVIA SYAHBILLA

19513032

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

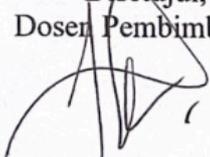
**OPTIMALISASI PENGGUNAAN SERBUK BIJI
KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI KOAGULAN
ALAMI PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU**

**“Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik
Lingkungan”**



**OLIVIA SYAHBILLA
19513032**

Disetujui,
Dosen Pembimbing :


Hudori, S.T., M.T., Ph.D

NIK. 015130101

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng)., Ph.D

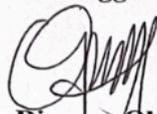
NIK. 045130401

HALAMAN PENGESAHAN
OPTIMALISASI PENGGUNAAN SERBUK BIJI
KELOR (*Moringa oleifera*) SEBAGAI KOAGULAN
ALAMI PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 23 / 10 / 2023



Disusun Oleh :

OLIVIA SYAHBILLA

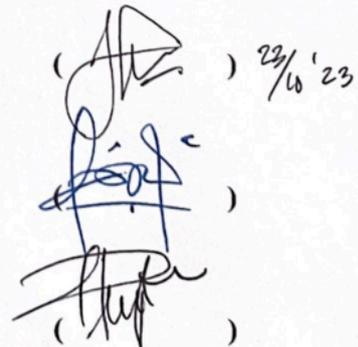
19513032

Tim Penguji :

Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Puji Lestari, S.Si. M.Sc., Ph.D.



() 23/10/23
()
()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

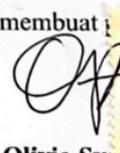
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun diperguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dan disebutkan nama penulis serta dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Program *software* computer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Agustus 2023

Yang membuat :



Olivia Syautiona
NIM : 19513032

PRAKATA

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan syukur atas kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga peneliti dapat diberikan kemampuan untuk menyelesaikan penelitian laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Optimalisasi Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Koagulan Alami Pada Limbah Cair Industri Tahu**”. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan ini, penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan, bimbingan, dan juga bantuan dari berbagai pihak. Sehingga, pada kesempatan ini perkenankan peneliti menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Hendri, S.E dan Ibu Zulhasnida atas kasih sayang dan dukungan yang tiada batasnya sehingga penulis dapat bertahan menempuh pendidikan sejauh ini. Yang tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta dan selalu memberikan motivasi. Terimakasih yang tak habis-habisnya.
2. Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D.. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D dan Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku dosen penguji Tugas Akhir yang memberikan kritik dan saran kepada penulis.
4. Seluruh dosen, staf, dan Keluarga Besar Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Indonesia, yang sudah membantu, mengajar, dan mendukung selama menempuh perkuliahan ini.
5. Teman-teman “Bopan” dan yaitu adam, arya, dani, fadly, ocha, ratih, galang, joddy yang sudah berjerih payah Bersama penulis sejak awal masa perkuliahan hingga penulisan tugas akhir ini.
6. Sahabat penulis yaitu Aris Indrajaya Putra As, Agista Harismayanti, Deandra Lakeisha Adara, Tanti Haryani dan Rizqy Akhfa Nazifah yang

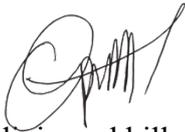
sudah mendengar keluh kesah, menyemangati, dan membantu selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

7. Semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Kritik dan saran diharapkan demi menyempurnakan laporan ini. Peneliti berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabaraktuh.

Yogyakarta, 15 Agustus 2023



Olivia syahbilla

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Limbah cair industri tahu menghasilkan berbagai macam parameter pencemaran. Pencemaran lingkungan yang dihasilkan oleh limbah industri tahu akan mempengaruhi kualitas air yang berada di lingkungannya apabila tidak dilakukan pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi dosis optimum serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) serta efisiensinya untuk menurunkan parameter COD, BOD, pH dan kekeruhan. Variasi dosis yang digunakan adalah 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, 5 gram dan 6gram. Dari hasil penelitian didapatkan hasil serbuk biji kelor mampu menurunkan nilai kekeruhan dengan presentase efektifitas sebesar 70%. Serbuk biji kelor juga mampu menurunkan parameter seperti COD dan BOD dengan efisiensi removal pada COD sebesar 86% dan pada BOD sebesar 73%. Serbuk biji kelor tidak dapat mengubah nilai pH karena sifat air limbah yang asam.

Kata kunci : Biji Kelor, Industri Tahu, Koagulan Alami.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

Tofu industrial liquid waste produces a wide variety of pollution parameters. Environmental pollution produced by industrial waste knows that it will affect the quality of water in the environment if treatment is not carried out. This study aims to determine the variation of the optimum dose of Moringa seed powder (Moringa oleifera) and its efficiency to reduce COD, BOD, pH and turbidity parameters. The dosage variations used are 1 gram, 2 grams, 3 grams, 4 grams, 5 grams and 6 grams. From the results of the study, it was found that Moringa seed powder was able to reduce the turbidity value with a percentage of effectiveness of 70%. Moringa seed powder is also able to reduce parameters such as COD and BOD with removal efficiency in COD by 86% and in BOD by 73%. Moringa seed powder cannot change the pH value due to the acidic nature of wastewater.

Keywords: *Moringa seeds, Natural coagulant, Tofu Industry.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
PERNYATAAN.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
PRAKATA	VI
ABSTRAK	IX
ABSTRACT	XI
DAFTAR TABEL.....	XV
DAFTAR GAMBAR.....	XVI
DAFTAR LAMPIRAN	XVII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 RUANG LINGKUP	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 LIMBAH INDUSTRI TAHU	6
2.2 BIJI KELOR (<i>MORINGA OLEIFERA</i>)	10
2.3 KOAGULASI DAN FLOKULASI	11
2.4 PENELITIAN TERDAHULU	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN.....	20
3.2 WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN	22
3.3 JENIS DAN VARIABEL PENELITIAN	22
3.4 PENGUMPULAN DATA	22
3.5 ALAT DAN BAHAN	23
3.6 TAHAPAN PENELITIAN.....	24
3.7 PENGUJIAN SAMPEL	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 HASIL PENELITIAN	29
4.1.2 HASIL PENELITIAN DENGAN VARIASI DOSIS BIJI KELOR....	31
4.1.3 PENGARUH DOSIS BIJI KELOR TERHADAP KEKERUHAN ...	33
4.1.4 PENGARUH DOSIS BIJI KELOR TERHADAP COD	35
4.1.5 PENGARUH DOSIS BIJI KELOR TERHADAP BOD	37
4.1.6 PENGARUH DERAJAT KEASAMAAN TERHADAP KEKERUHAN	38
4.1.7 PENGARUH DERAJAT KEASAMAAN TERHADAP COD.....	39
4.1.8 PENGARUH DERAJAT KEASAMAAN TERHADAP BOD.....	41
4.2 PEMBAHASAN	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 KESIMPULAN	49
5.2 SARAN	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah tahu PERMENLHK No.5 Tahun 2014	7
Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu.....	15
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran parameter sebelum penelitian	29
Tabel 4. 2 Hasil analisis kualitas limbah tahu di Sumur Jurang	30
Tabel 4. 3 Hasil analisis kualitas limbah tahu di Jateng	30
Tabel 4. 4 Hasil penelitian pengukuran parameter.....	32
Tabel 4. 5 Hasil penelitian pengukuran parameter.....	32
Tabel 4. 6 Hasil uji kekeruhan dengan variasi dosis koagulan	33
Tabel 4. 7 Hasil analisis variasi pH terhadap kekeruhan	38
Tabel 4. 8 Nilai protein biji kelor	39
Tabel 4. 9 Analisis variasi pH terhadap COD.....	39
Tabel 4. 10 Variasi pH terhadap nilai BOD.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Gambar diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Pengeringan biji kelor di oven	24
Gambar 3. 3 Penimbangan variasi serbuk biji kelor	25
Gambar 3. 4 Prosedur jar test terhadap sampel.....	26
Gambar 3. 5 Nephelometer turbidity unit	26
Gambar 4. 1 Grafik hasil uji kekeruhan dengan variasi dosis koagulan	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 2 Hasil uji COD dengan variasi dosis koagulan.....	36
Gambar 4. 3 Hasil uji BOD dengan variasi dosis koagulan.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Proses Pengujian di Laboratorium.....	52
--	----

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan industri yang semakin pesat memberikan dampak negatif bagi lingkungan, salah satu di antaranya hasil buangan industri. Limbah ditimbulkan sebagai hasil sampingan akibat proses produksi (kegiatan manusia) yang berupa padatan, gas cairan dan bunyi yang dapat menimbulkan gangguan pada lingkungan sekitarnya sehingga terjadi akumulasi limbah yang akan menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan didaerah tersebut. Limbah mengandung kontaminan yang terdiri dari logam berat, pathogen, nutrisi dan padatan tersuspensi yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Limbah cair yang dihasilkan oleh suatu industri tidak semuanya diolah terlebih dahulu dengan benar, banyak industri yang membuang limbahnya tanpa diolah ke sungai. Pembuangan limbah secara tidak benar menyebabkan pencemaran air. Pencemaran air ini menimbulkan banyak masalah yang berhubungan dengan kesehatan.

Limbah cair industri pangan merupakan salah satu sumber pencemar lingkungan. Jumlah dan karakteristik air limbah industri bervariasi menurut jenis industrinya. Contohnya adalah industri tahu dan tempe. Limbah cair tahu mengandung zat organik yang dapat menyebabkan pesatnya pertumbuhan mikroba dalam air. Hal tersebut akan mengakibatkan kadar oksigen dalam air menurun tajam. Limbah cair industri tahu mengandung zat tersuspensi, sehingga mengakibatkan air menjadi kotor atau keruh (Subekti, 2011).

Limbah cair yang dihasilkan jumlahnya cukup banyak dan kebanyakan berasal dari air proses pencucian, perendaman serta pembuangan cairan dari campuran padatan tahu dan cairan pada proses produksi. Limbah cair tersebut mengandung kadar COD dan BOD yang tinggi. Dampak dari limbah cair yang langsung dibuang dapat menyebabkan timbulnya bau yang menyengat dan polusi air yang dapat menyebabkan kematian ikan serta biota lainnya (Nugraha, 2011). Jika limbah cair industri tahu tersebut dibuang langsung ke lingkungan tanpa proses

pengolahan akan terjadi pengendapan bahan organik pada badan perairan, proses pembusukan dan berkembangnya mikroorganisme patogen, (Sudaryanti, 2007).

Upaya penyisihan kadar zat-zat organik dalam limbah cair tahu yang telah banyak dilakukan selama ini baik secara fisika menggunakan adsorben Zeolit (Fatha, 2007). Secara biologi menggunakan mikroorganisme aerob dan anaerob maupun penggunaan teknologi yang sedang berkembang saat ini yaitu teknologi membran salah satunya adalah membran ultrafiltrasi (Gilbert, 2010). Namun penggunaan teknologi ini membutuhkan biaya yang cukup besar dan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan bila dibandingkan satu sama lain. Dalam hal ini, maka diperlukan solusi yang tepat guna untuk mengatasi hal tersebut yaitu pengolahan limbah cair tahu menggunakan koagulan alami serbuk biji kelor (Rozanna, 2011).

Salah satu alternatif pengolahan air limbah cair industri tahu adalah mengolah air limbah menggunakan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami. Biji kelor yang kurang dimanfaatkan oleh masyarakat ternyata memiliki kandungan senyawa protein, alkali, karbohidrat dan vitamin. Biji kelor juga dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami karena memiliki zat aktif 4alfa-4rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate yang cenderung bermuatan positif, sehingga mampu mendestabilisasikan koloid yang bermuatan negatif (Ritwan, 2004).

Penggunaan koagulan alami dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan sintetis. Koagulan biji kelor telah memberikan keuntungan dibandingkan dengan bahan sintetis lainnya karena bersifat alami. Biaya penggunaan koagulan alami ini akan lebih murah dibandingkan penggunaan koagulan yang biasa digunakan (alum) untuk pemurnian air (I.R, 2010). Mengingat hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk melihat kemampuan serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) yang telah matang dan dikeringkan, sebagai koagulan dalam proses pengolahan limbah cair yang berasal dari industri tahu.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari latar belakang tersebut permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Berapakah dosis optimum penggunaan serbuk biji kelor agar dapat memperbaiki kualitas air limbah?
2. Bagaimana pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor dalam menurunkan parameter pH, COD, BOD dan kekeruhan yang terdapat pada limbah cair industri tahu?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui dosis optimum penggunaan serbuk biji kelor terhadap limbah cair industri tahu.
2. Untuk mengetahui pengaruh dosis koagulan biji kelor dalam menurunkan parameter pH, COD, BOD dan kekeruhan yang terdapat pada limbah cair industri tahu.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari adanya penelitian ini, yaitu :

1. Memberikan informasi terkait penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami untuk menurunkan kadar pencemar pada limbah cair industri tahu.
2. Sebagai referensi tambahan dan bahan kajian bagi peneliti selanjutnya agar dapat mengembangkan hasil penelitian yang sudah dilakukan ini.
3. Sebagai masukan bagi suatu instansi ataupun institusi terkait penggunaan koagulan alami.

1.5 RUANG LINGKUP

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian dilakukan di salah satu industri tahu yang berada di Kecamatan Depok Kabupaten Sleman dengan jenis parameter yang diuji adalah pH, COD, BOD dan kekeruhan.
2. Tempat pengujian dilakukan pada Laboratorium Kualitas Air dan Laboratorium Instrumen Teknik Lingkungan FTSP UII.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LIMBAH INDUSTRI TAHU

Tahu telah menjadi konsumsi masyarakat luas yang terbuat dari ekstrak protein kedelai lalu digumpalkan dengan asam, ion kalsium dan lainnya. Proses pembuatan tahu berlangsung secara sederhana, sehingga industri tahu banyak tersebar di seluruh Indonesia. Proses produksi industri tahu tidak hanya menghasilkan tahu sebagai produk utamanya, kegiatan produksi tahu ini menghasilkan limbah padat, cair dan gas. Limbah padat berasal dari ampas tahu yang dimanfaatkan sebagai oncom dan lainnya. Limbah gas berasal dari penggunaan bahan bakar kayu dalam perebusan tahu. Sedangkan limbah cair dihasilkan dari proses pencucian maupun perebusan dari proses produksi tahu.

Permasalahan pada industri tahu kebanyakan dihasilkan oleh limbah cair pada proses produksi tahu. Limbah tahu mengandung bahan organik yang tinggi, dikarenakan bahan baku pembuatan tahu (kedelai) mengandung protein hingga 40 – 60%. Limbah tahu mempunyai kandungan 8640 mg/L COD, 297,5 mg/L total Nitrogen, rasio COD : N yaitu 203 : 7 (Myrasandri & Syafila, 2012). Bila air limbah tahu langsung dibuang ke sungai akan menyebabkan pencemaran, merusak habitat biota serta mengurangi estetika (Indah, Hendrarto, & Soedarsono, 2014).

Padatan terlarut dan padatan tersuspensi termasuk dalam limbah cair yang dihasilkan saat membuat tahu. Kedua padatan akan berubah secara kimia dan fisika, menghasilkan zat beracun yang berbahaya bagi kesehatan. Limbah cair tahu mengandung bahan C-organik, yang berdampak pada kadar BOD dan COD. Limbah cair tahu mengandung gas dan bahan organik seperti hidrogen sulfida (H_2S), metana (CH_3), amonia (NH_3), karbon dioksida (CO_2), dan oksigen (O_2). BOD, COD, dan bahan organik tinggi dalam limbah tahu akan memengaruhi daya dukung lingkungan (Coniwanti, 2013).

Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri telah diakui memiliki efek negatif terhadap kehidupan manusia dan ekosistem perairan. Sangat jelas bahwa pengendalian pencemaran limbah industri membutuhkan undang-

undang seperti Undang-Undang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup No. 32 Tahun 2009, yang mengatur berbagai kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh industri yang tidak mematuhi standar lingkungan. Sanksi industri ditetapkan oleh undang-undang yang dibuat oleh pemerintah atas pelanggaran pencemaran limbah yang dapat membahayakan dan merusak lingkungan.

Baku mutu limbah cair tahu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah terdapat peraturan mengenai Pengolahan proses produksi Kedelai. Parameter pencemaran bahan organik dinyatakan dengan nilai BOD, COD, TSS dan pH. Tabel baku mutu air tahu yang ada pada **Tabel 2.1** :

Tabel 2. 1 Baku mutu air limbah tahu PERMENLHK No.5 Tahun 2014

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran paling Banyak (kg/ton)
BOD ₅	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
TDS	2000	40
Suhu	± 3°C terhadap suhu udara	
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Banyak (m ³ / ton)	20	

(Sumber: PERMENLHK No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah)

Secara umum, sifat limbah cair tahu dapat dikategorikan tiga kategori, yaitu sifat fisik, kimia, atau biologi. Namun, setiap limbah cair tahu memiliki satu atau lebih sifat fisik dan kimia. Sifat limbah dapat diukur dengan dua parameter, yaitu:

1. Parameter fisik, seperti kekeruhan, kekeruhan adalah sifat optik suatu larutan yang menyebabkan cahaya yang melaluinya terabsorpsi dan terbias. Air yang mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan keruh. Air yang tembus pandang memiliki tingkat kekeruhan yang rendah, sedangkan air yang tidak tembus pandang memiliki tingkat kekeruhan yang sangat tinggi. Pasir halus, tanah liat, lumpur, dan bahan-bahan organik adalah beberapa bahan yang menyebabkan kekeruhan. Kekeruhan disebabkan oleh partikel terlarut di dalam air yang ukurannya berkisar antara 0.01-10 mm. Kekeruhan menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala *Nephelometri Turbidity Unit* (NTU), *Jackson Turbidity Unit* (JTU) dan *Formazin Turbidity Unit* (FTU). Sifat fisik ini merupakan cara yang mudah dilihat untuk mengetahui tercemar atau tidaknya air limbah

2. Parameter kimia, yang mencakup nilai senyawa organik dan anorganik, seperti BOD, COD dan pH

a. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD adalah konsentrasi massa oksigen yang setara dengan jumlah dikromat yang dikonsumsi oleh materi terlarut dan tersuspensi ketika sampel (air atau lumpur) diperlakukan dengan oksidan tersebut dalam kondisi yang ditentukan. Metode paling awal untuk menentukan COD dikembangkan sekitar 150 tahun yang lalu dan melibatkan pengamatan perubahan warna larutan permanganat yang dicampur dengan sampel air. Upaya paling awal untuk memeriksa konsumsi oksigen yang disebabkan oleh polusi dalam air dan air limbah menggunakan tes permanganat. Upaya pertama untuk menggunakan dikromat untuk mengoksidasi bahan organik adalah selama periode 1925-1930 dan tidak terlalu menjanjikan. Pada tahun 1949, Moore menerapkan prosedur dikromat untuk analisis air limbah. Oksidasi kuantitatif senyawa diperoleh dengan refluks sampel selama 2 jam dengan dikromat dalam larutan asam sulfat 50% pada 145-150 °C. Dengan menggunakan prosedur ini, sekitar 90% bahan organik yang ada dan sebagian besar klorida teroksidasi, tetapi koreksi diperlukan untuk klorida.

Uji COD menggunakan oksidan kimia kuat dalam larutan asam dan panas untuk mengoksidasi karbon organik menjadi CO₂ dan H₂O. Oxidant yang digunakan adalah K₂Cr₂O₇ dan Mn₂(SO₄)₃. Menurut definisi, COD adalah ukuran setara oksigen dari kandungan bahan organik sampel yang rentan terhadap oksidasi oleh oksidan kimia kuat. Kebutuhan oksigen ditentukan dengan mengukur jumlah oksidan yang dikonsumsi menggunakan metode titrimetri atau fotometrik. Pengujian tidak terpengaruh oleh zat beracun, dan data pengujian tersedia dalam 1-1/2 hingga 3 jam, memberikan penilaian kualitas air dan kontrol proses yang lebih cepat. Hasil tes COD juga dapat digunakan untuk memperkirakan hasil BOD pada sampel yang diberikan. Ada hubungan empiris antara BOD, COD dan TOC. Namun, hubungan spesifik harus ditetapkan untuk setiap sampel. Setelah korelasi telah ditetapkan, tes ini berguna untuk pemantauan dan kontrol. (Wayne, 1997)

b. *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD adalah kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk memecah bahan organik secara aerobik (Santoso, 2018). Proses dekomposisi bahan organik ini diartikan bahwa mikroorganisme memperoleh energi dari proses oksidasi dan memakan bahan organik yang terdapat di perairan. Pencemaran air berdampak terhadap menurunnya kegiatan ekonomi dan sosial akibat banyaknya bahan organik yang melebihi standar baku mutu atau kandungan zat beracun di perairan (Thambavani, 2012). Kondisi tersebut dapat merusak kadar kimia air dan menyebabkan kandungan oksigen terlarut di perairan menjadi kritis. Kadar kimia air yang rusak tersebut akan berpengaruh terhadap peran atau fungsi dari perairan. Jumlah polutan yang terdapat di perairan dapat mempengaruhi tingginya pencemaran yang ditampung oleh badan perairan akibat air buangan domestik yang berasal dari penduduk maupun buangan dari proses-proses industri.

Mengetahui nilai BOD di perairan dapat bermanfaat untuk mendapatkan informasi berkaitan tentang jumlah beban pencemaran yang terdapat di perairan akibat air buangan penduduk atau industri, dan untuk merancang sistem pengolahan biologis di perairan yang tercemar tersebut

(Pour, 2014). Kandungan BOD yang tinggi menandakan minimnya oksigen terlarut yang terdapat di dalam perairan. Menurut (Salmin, 2005), kondisi tersebut akan berdampak terhadap kematian organisme perairan seperti ikan akibat kekurangan oksigen terlarut (anoxia). Analisis BOD perairan dapat meminimalisir jumlah zat beracun jika nilainya telah diketahui dan dilakukan pengolahan secara biologis

c. pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan tertinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berdasarkan dari “p”, lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H”, lambang kimia dari unsur Hidrogen.

2.2 BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)

Kelor atau juga dikenal sebagai *Moringa oleifera* termasuk jenis tumbuhan yang memiliki batang 7 – 11 meter. Daunnya berbentuk bulat dengan ukuran kecil tersusun rapi majemuk dalam satu rangkaian. Analisis nutrisi yang dilakukan pada daun kelor menunjukkan bahwa daun kelor kaya akan nutrisi esensial. Biji *Moringa oleifera* dapat digunakan sebagai pengolahan air.

Biji kelor dapat dimanfaatkan sebagai salah satu koagulan organik alternatif yang tersedia secara lokal. Biji kelor yang dipergunakan adalah yang matang atau tua sehingga dapat dijadikan serbuk dengan kadar air kurang dari 10%

(Putra, 2013). Efektivitas koagulasi dengan menggunakan koagulan biji kelor ditentukan oleh kandungan protein kationik aktif biji kelor yaitu 4(α -L-rhamnosyloxy)-benzyl-isothiocyanate (Coniwanti, 2013). Zat aktif itu mampu mengadsorpsi partikel-partikel air limbah. Dengan perubahan bentuk menjadi lebih kecil, maka zat aktif dari biji kelor tersebut akan semakin banyak karena luas permukaan serbuk biji kelor semakin besar. Apabila kandungan air di dalam serbuk biji kelor besar, maka kemampuannya dalam menyerap limbah cair semakin kecil karena zat aktif tersebut tidak berada di permukaan biji kelor tetapi tertutupi oleh air sehingga kelembaban kelor harus kecil (Bangun, 2013).

Muatan positif dalam serbuk biji kelor akan memudahkan terbentuknya flok ketika berikatan dengan muatan negatif dalam partikel koloid sehingga proses pengendapan akan lebih cepat terjadi. Dalam beberapa tahun terakhir ini, tingginya kesadaran masyarakat terhadap isu-isu lingkungan meningkatkan ketertarikan terhadap studi mengenai koagulan alami dimana lebih murah karena tersedia melimpah di alam, mudah terurai, rendah akan zat-zat berbahaya dan biasanya memiliki luas permukaan yang besar sehingga meningkatkan efisiensi proses koagulasi (Freitas, 2015).

2.3 KOAGULASI DAN FLOKULASI

Koagulasi adalah proses pengolahan zat cair dengan mendestabilisasi partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi. Flokulasi merupakan peristiwa penggumpalan partikel-partikel kecil hasil koagulasi menjadi flok yang lebih besar sehingga cepat mengendap. Koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat). Segera setelah

terbentuk inti flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap.

Proses koagulasi dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, antara lain dosis koagulan, pH, kecepatan koagulasi dan waktu pengendapan. Tahap pembentukan inti endapan zat koagulan sangat diperlukan sebagai penggabung antara koagulan dengan polutan atau residu. Agar penggabungan tersebut bisa berlangsung diperlukan pengadukan dan pengaturan pH. Pengadukan dilakukan pada kecepatan 45 sampai 140 rpm selama 30 menit. Pengaturan pH tergantung dari jenis koagulan yang digunakan. Pengadukan cepat merupakan bagian integral dari proses koagulasi. Tujuan pengadukan cepat adalah untuk mempercepat dan menyeragamkan penyebaran zat kimia melalui air yang diolah, serta untuk menghasilkan dispersi yang seragam dari partikel-partikel koloid, dan untuk meningkatkan kesempatan partikel untuk kontak dan bertumbukan satu sama lain.

Proses koagulasi pada pengolahan air meliputi tiga tahap seperti penambahan dan pencampuran bahan koagulan, pemisahan antara partikel koloid atau disebut destabilisasi, dan benturan antar partikel yang sudah mengalami destabilisasi akibat gerakan molekul atau pengadukan.

Berikut yang mempengaruhi proses koagulasi:

a. Suhu air

Suhu air yang rendah mempunyai pengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Bila suhu air diturunkan, maka besarnya daerah pH yang optimum pada proses koagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan.

b. Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi akan berjalan dengan baik bila berada pada daerah pH yang optimum. Untuk tiap jenis koagulan mempunyai pH optimum yang berbeda satu sama lainnya.

c. Jenis Koagulan

Pemilihan jenis koagulan didasarkan pada pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitas daripada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan dalam bentuk larutan lebih efektif dibanding koagulan dalam bentuk serbuk atau butiran

d. Kadar ion terlarut

Pengaruh ion-ion yang terlarut dalam air terhadap proses koagulasi yaitu pengaruh anion lebih besar daripada kation. Dengan demikian ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi.

e. Kekeruhan

Pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destabilisasi akan sulit terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Tetapi apabila kondisi tersebut digunakan dosis koagulan yang rendah maka pembentukan flok kurang efektif.

f. Dosis koagulan

Untuk menghasilkan inti flok yang lain dari proses koagulasi dan flokulasi sangat tergantung dari dosis koagulasi yang dibutuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan inti flok akan berjalan dengan baik.

g. Kecepatan pengadukan

Tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Dalam pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan adalah pengadukan harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang berada dalam air. Kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan terlalu lambat mengakibatkan lambatnya flok terbentuk dan sebaliknya apabila pengadukan terlalu cepat berakibat pecahnya flok yang terbentuk.

h. Alkalinitas

Alkalinitas dalam air ditentukan oleh kadar asam atau basa yang terjadi dalam air. Alkalinitas dalam air dapat membentuk flok dengan menghasilkan ion hidroksida pada reaksi hidrolisa koagulan

Menurut Tjokrokusumo dalam penelitiannya, terdapat dua jenis proses flokulasi yaitu :

- a. Flokulasi disebabkan oleh adanya gerak thermal (panas) yang dikenal sebagai gerak Brown, prosesnya disebut flokulasi perikinetik. Gerak acak dari partikel-partikel koloid yang ditimbulkan karena adanya tumbukan molekul-molekul air, akan mengakibatkan terjadinya gabungan antar partikel lebih sangat kecil $1 < 100$ milimikron (SANK, 1986).
- b. Flokulasi orthokinetik Flokulasi orthokinetik adalah suatu proses terbentuknya flok yang diakibatkan oleh terbentuknya gerak media (air) misalnya pengadukan (SANK, 1986). Pada umumnya kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap tempat dan waktu. Perubahan kecepatan dari satu titik ke titik lainnya dikenal sebagai gradien kecepatan, dengan notasi G . Dengan adanya perbedaan kecepatan aliran media cair akan mempunyai aliran kecepatan yang berbeda pula akibatnya akan terjadi tumbukan atau kontak antar partikel.

Efisiensi dari proses flokulasi pada praktiknya sering kali dapat dilihat dari kualitas air setelah dilakukan pemisahan flok secara mekanik. Dengan demikian, cara pemisahan zat padat atau flok sangat penting dan sangat dipengaruhi oleh bentuk flok yang ada, misalnya untuk melakukan flotasi diperlukan bentuk flok yang lain berbeda dengan flok untuk sedimentasi. Jika dipakai sedimentasi diperlukan flok dengan berat jenis dan diameter yang besar. Pada proses flotasi dibutuhkan flok yang lebih kecil dan mempunyai berat jenis yang lebih ringan tetapi mempunyai sifat untuk bergabung dengan gelembung udara. Untuk filtrasi dibutuhkan flok yang kompak yang cukup homogen dengan struktur yang kuat terhadap abrasi dan dengan sifat mudah melekat di atas partikel media penyaring (filter) untuk menjamin pemisahan yang efisien dan operasional penyaringan yang ekonomis. Untuk efek penjernihan air secara keseluruhan, belum cukup apakah flok bisa dipisahkan dari air secara efektif, karena belum dapat menjamin dengan pasti apakah kualitas air yang diinginkan bisa tercapai hanya dengan kondisi ini saja. Selain itu dibutuhkan bahwa semua zat yang akan dihilangkan dari air juga melekat pada flok.

2.4 PENELITIAN TERDAHULU

Berikut referensi yang diambil dari penelitian terdahulu dan dianggap relevan terhadap penelitian ini. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu pada **Tabel 2.2:**

Tabel 2. 2 Penelitian terdahulu

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	(Bangun, Aminah, Hutahaean, & Ritonga, 2013)	2013	Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu	Salah satu keterbatasan dari penelitian ini adalah bahwa penelitian ini hanya berfokus pada efektivitas serbuk biji kelor sebagai koagulan dalam mengurangi tingkat kekeruhan, TSS, dan COD pada limbah cair industri tahu. Parameter lain, seperti kandungan nutrisi dan beban mikroba, tidak diteliti. Selain itu, penelitian ini tidak membandingkan efisiensi biaya penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan dengan metode pengolahan limbah cair industri tahu lainnya. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi biaya secara keseluruhan dari penggunaan bubuk biji kelor

				dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya.
2	(Irmayana, Hadisantoso, & Isnaini, 2017)	2017	Pemanfaatan Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) Sebagai Koagulan Alternatif Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil Kulit	Salah satu keterbatasan dari penelitian ini adalah kurangnya perbandingan dengan koagulan lain yang umum digunakan seperti tawas atau besi klorida. Hal ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efektivitas dan keefektifan biaya penggunaan biji Moringa oleifera sebagai koagulan dibandingkan dengan koagulan tradisional. Selain itu, penelitian ini hanya berfokus pada pengolahan air limbah dari industri kulit tekstil, sehingga membatasi generalisasi temuan untuk industri atau jenis air limbah lainnya.
3	(Putra, Lebu, Munthe, & Rambe, 2013)	2013	Pemanfaatan Biji Kelor sebagai Natural Koagulan pada Proses koagulasi Limbah Cair Industri	Penelitian ini tidak memberikan analisis yang komprehensif tentang potensi kekurangan atau keterbatasan penggunaan biji kelor sebagai koagulan dalam pengolahan limbah cair. Akan bermanfaat untuk memasukkan diskusi tentang dampak potensial

			Tahu dengan Menggunakan Jar Test	<p>penggunaan biji kelor pada proses pengolahan secara keseluruhan, seperti efektivitas metode koagulasi-flokulasi dalam menghilangkan kontaminan lain atau potensi efek residu pada air yang diolah. Selain itu, penelitian ini tidak membahas efektivitas biaya atau skalabilitas penggunaan biji kelor sebagai koagulan dibandingkan dengan koagulan konvensional lainnya.</p>
4	(Ariyatun, Ningrum, Musyarofah, & Inayah, 2018)	2018	Analisis Efektivitas Biji dan Daun Kelor (<i>Moringa oleifera</i>) untuk Penjernihan air	<p>Penelitian ini berfokus pada penjernihan dan pH air yang diolah. Itu tidak memberikan informasi tentang parameter kualitas air penting lainnya, seperti pengurangan kontaminan atau keberadaan bakteri berbahaya. Tidak adanya perbandingan dengan koagulan lain: Penelitian ini tidak membandingkan keefektifan biji kelor sebagai koagulan dengan koagulan lain yang umum digunakan. Perbandingan ini akan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang</p>

				potensi keuntungan atau kerugian dari penggunaan biji kelor dalam pengolahan air
5	(Siswoyo & Hermana)	2017	Pengaruh Air Limbah Industri Tahu Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (<i>Amaranthus Tricolor</i>)	Penelitian ini hanya mengukur pertumbuhan tanaman selama 45 hari. Analisis jangka panjang akan memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai potensi efek jangka panjang dari air limbah tahu terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penelitian ini difokuskan terutama pada parameter pertumbuhan luas daun, berat segar, dan berat kering. Parameter penting lainnya seperti kandungan nutrisi, kandungan klorofil, dan respon fisiologis tanaman tidak diukur

Pada **Tabel 2.2** di atas, dapat dilihat beberapa penelitian terdahulu mengenai penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami. Jurnal pada tabel di atas menyebutkan bahwa kurangnya perbandingan keefektifan koagulan biji kelor dengan koagulan lainnya dan mengevaluasi efektivitas dan efisiensi biaya secara keseluruhan dari penggunaan bubuk biji kelor dibandingkan dengan metode pengolahan lainnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

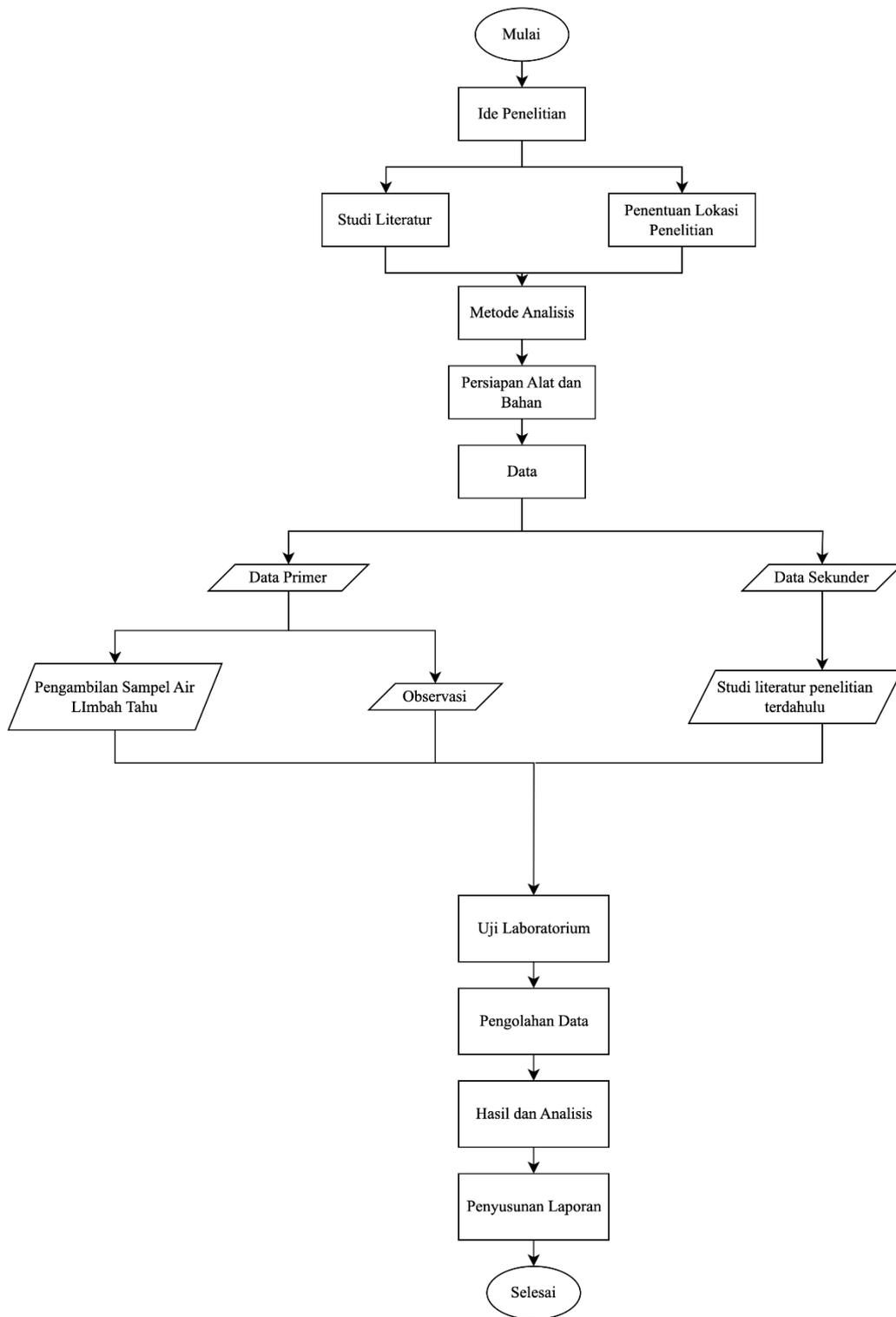
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan penentuan topik penelitian yaitu mengenai optimalisasi serbuk biji kelor sebagai koagulan terhadap limbah cair industri tahu. Setelah penentuan topik, dilakukan studi literatur seputar serbuk biji kelor sebagai koagulan alami. Dilakukan pengumpulan jurnal, daftar pustaka, serta referensi lainnya untuk dibaca dan dicatat poin penting yang akan ditambahkan untuk laporan.

Sampel diambil pada salah satu industri tahu rumahan yang berlokasi di Kecamatan Depok Kabupaten Sleman. Penentuan sampel air limbah dilakukan dengan menggunakan metode *random sampling* tanpa adanya kriteria tertentu. Tahapan selanjutnya yaitu menentukan metode yang cocok digunakan dalam pengujian sampel. Setelah metode ditentukan, maka alat dan bahan untuk pengambilan dan pengujian sampel berdasarkan literatur terkait harus disiapkan. Sebelum dilakukan pengujian, sampel yang telah diambil nantinya disimpan di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan :



Gambar 3. 1 Gambar diagram alir penelitian

3.2 WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN

Pengambilan sampel dilakukan disalah satu industri tahu rumahan sekitar Kec. Depok Kabupaten Sleman. Penelitian sampel uji akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII dengan waktu pelaksanaan dimulai pada 1 Juni 2023 – 5 Agustus 2023.

3.3 JENIS DAN VARIABEL PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif. Pemilihan industri tahu rumahan yang akan dipilih menjadi sampel penelitian dilakukan dengan *Random Sampling* lalu diuji pada laboratorium untuk mengetahui dosis optimal penggunaan serbuk serbuk biji kelor sebagai koagulan limbah cair industri tahu. Objek yang diteliti adalah air limbah cair industri tahu di salah satu industri tahu rumahan Kec. Depok Kabupaten Sleman. Variabel terikat pada penelitian ini adalah pH, COD, BOD dan kekeruhan. Sedangkan variabel bebasnya adalah variasi gram serbuk biji kelor terdiri dari 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, 5 gram dan 6 gram, dan variasi pH asam, basa dan netral.

3.4 PENGUMPULAN DATA

Terdapat dua data yang diperlukan dalam penelitian kali ini, yaitu data sekunder dan data primer.

- a. Data sekunder berfungsi sebagai data pendukung atau penguat hasil data primer. Pengumpulan data sekunder didapat melalui hasil studi literatur penelitian sebelumnya, jurnal, buku, dan lainnya. Studi literatur yang digunakan dalam penyusunan rumusan masalah, data pendukung kondisi lokasi penelitian, dan lainnya.
- b. Data primer didapatkan dari hasil pengukuran pH, *turbidity*, COD dan BOD pada sampel limbah cair industri tahu yang akan di uji di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII.

3.5 ALAT DAN BAHAN

Peralatan yang digunakan untuk dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

- a) Botol DO
- b) *Water cooler* suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, gelap
- c) Botol dari gelas 5 L – 10 L
- d) Pipet volume 1 mL dan 10 mL
- e) Labu ukur 100 mL, 200 mL dan 1000 mL
- f) pH meter
- g) DO meter terkalibrasi
- h) *Shaker*
- i) Blender
- j) Oven
- k) Timbangan analitik
- l) Timbangan analitik
- m) Konduktimeter
- n) Oven
- o) Gelas piala
- p) *Thermometer*
- q) Jar test
- r) *Turbidimeter*
- s) *Spektofotometer*
- t) *Disgestion vessel*
- u) *Heating block*
- v) *Magnetir stirrer*

Bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah :

- a) Serbuk biji kelor
- b) Sampel air limbah
- c) *Digestion solution* konsentrasi tinggi
- d) *Digestion solution* konsentrasi rendah
- e) Asam sulfamat (H_3NSO_4)
- f) Larutan baku kalium hydrogen phatalat (KHP)
- g) Larutan baku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

- h) H_2SO_4 Pekat
- i) Mangan sulfat (MnSO_4)
- j) Indikator amilum
- k) Natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

3.6 TAHAPAN PENELITIAN

Penelitian diawali pembuatan koagulan serbuk biji kelor yaitu pertama persiapan biji kelor yang sudah dikupas. Biji kelor yang sudah dikupas diperoleh dari *e-commerce* yang selanjutnya dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan suhu 105°C . Hal ini untuk mengurangi kadar air di dalam biji kelor sebanyak 10%. Kemudian serbuk biji kelor yang telah kering dihaluskan menggunakan blender lalu diayak dengan ayakan 100 mesh.



Gambar 3. 2 Pengeringan biji kelor di oven

(Sumber, Dokumentasi Pribadi, 2023)

Biji kelor yang sudah dihaluskan ditimbang menggunakan timbangan analitik untuk dibagi menjadi beberapa dosis yaitu 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, 5 gram dan 6 gram. Kemudian 500 mL sampel air limbah tahu dimasukkan ke masing masing gelas beaker. Berikut dilakukan variasi dosis koagulan serbuk biji kelor.

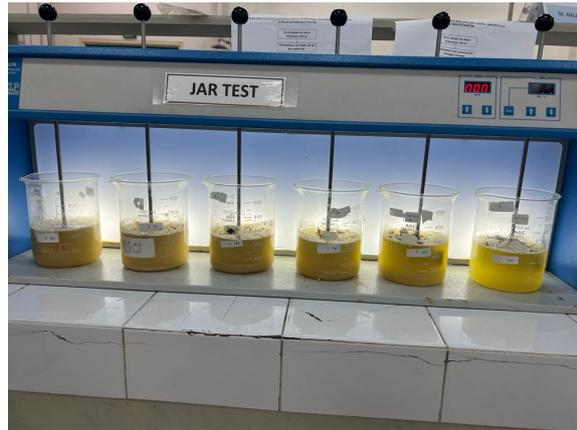


Gambar 3. 3 Penimbangan variasi serbuk biji kelor

(Sumber, Dokumentasi Pribadi, 2023)

3.7 PENGUJIAN SAMPEL

Pengujian sampel dilakukan dengan metode jar test. Serbuk biji kelor ditimbang dan dibagi menjadi 6 variasi dengan dosis 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, 5 gram dan 6 gram. Serbuk biji kelor dijadikan pasta untuk memudahkan proses pembentukan flok yang terbentuk ketika proses koagulasi dan flokulasi. Pembuatan pasta serbuk biji kelor dengan cara mengambil air limbah industri tahu menggunakan pipet tetes lalu teteskan ke masing – masing variasi serbuk biji kelor yang telah ditentukan lalu diaduk hingga mendapatkan kekentalan yang sesuai. Kemudian sampel diaduk cepat selama 5 menit dengan kecepatan 145 rpm dan pengadukan lambat selama 15 menit dengan kecepatan 40 rpm. Setelah pengadukan, sampel diendapkan selama 50 menit. Kemudian hasil diambil dan dilakukan pengukuran kekeruhan, suhu, pH, COD dan BOD.



Gambar 3. 4 Prosedur jar test terhadap sampel

(Sumber, Dokumentasi Pribadi, 2023)

Untuk pengukuran kekeruhan berdasarkan (SNI 06.6989.25.2005). Penentuan kekeruhan air dan air limbah dapat menggunakan nefelometer dengan satuan NTU (Nephelometer Turbidity Unit).



Gambar 3. 5 Nephelometer turbidity unit

(Sumber, Dokumentasi Pribadi, 2023)

Pengukuran derajat keasamaan mengacu pada SNI 06.6989.11.2004 untuk dapat mengetahui derajat keasamaan (pH) pada air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan pH meter dan teknik pengukuran pH berdasarkan pengukuran aktifitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri. Selanjutnya untuk penentuan suhu ampel limbah diukur suhunya menggunakan termometer dan kemudian dicatat suhunya. Pengukuran suhu dilakukan secara duplo.

Pengujian COD Berdasarkan (SNI 6989.2.2009) COD diuji untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam air limbah dengan reduksi $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ secara spektrofotometri pada kisaran nilai COD 100 mg/L – 900 mg/L pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm. Sedangkan untuk metode pengujian BOD mengacu pada SNI 6989.72-2009 tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PENELITIAN

Hasil pengukuran awal pada limbah cair industri tahu sebelum dilakukan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 4.1**. Berdasarkan hasil pengukuran awal yang telah dilakukan, diketahui pH, suhu, COD, BOD dan kekeruhan pada limbah cair industri tahu tidak memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Hasil dari pengukuran awal pada limbah cair industri tahu dapat disajikan pada **Tabel 4.1**

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran parameter sebelum penelitian

No	Parameter	Hasil Pengukuran	Satuan	Baku Mutu	Keterangan
1	COD	24437	mg/L	300	Tidak memenuhi syarat
2	BOD	6252	mg/L	150	Tidak memenuhi syarat
3	pH	4	-	6 – 9	Tidak memenuhi syarat
4	Suhu	31,4	°C	±3 pada suhu udara	Tidak memenuhi syarat
5	Kekeruhan	1035	NTU	25	Tidak memenuhi syarat

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Dilakukan perbandingan pada penelitian yang dilakukan di limbah tahu Desa Sumur Jurang. Berikut hasil analisis limbah cair tahu Desa Sumur Jurang dapat dilihat pada **Tabel 4.2:**

Tabel 4. 2 Hasil analisis kualitas limbah tahu Desa Sumur Jurang

No	Parameter	Hasil Pengukuran	Satuan	Baku Mutu	Keterangan
1	COD	1232	mg/L	300	Tidak memenuhi syarat
2	BOD	800	mg/L	150	Tidak memenuhi syarat
3	pH	4,5	-	6 – 9	Tidak memenuhi syarat
4	TSS	667	mg/L	100	Tidak memenuhi syarat

(Sumber: Mika, 2013)

Dilakukan analisis kualitas limbah tahu yang ada di Jateng, hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.3:**

Tabel 4. 3 Hasil analisis kualitas limbah tahu di Jateng

No	Parameter	Hasil Pengukuran	Satuan	Baku Mutu	Keterangan
1	COD	4000-7050	mg/L	300	Tidak memenuhi syarat
2	BOD	2000-5389	mg/L	150	Tidak memenuhi syarat
3	pH	4-5	-	6 – 9	Tidak memenuhi syarat
4	Suhu	40-60	°C	±3 pada suhu udara	Tidak memenuhi syarat

(Sumber: Data uji BPPI Semarang, 2004)

Dilakukan analisis air limbah industri tahu di P.T. Tirta Buana, hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 4.4:**

Tabel 4. 4 Karakteristik air limbah industri tahu P.T Tirta Buana

No	Parameter	Hasil Pengukuran	Satuan	Baku Mutu	Keterangan
1	BOD ₅ ²⁰	3550	mg/L	300	Tidak memenuhi syarat
4	pH	4,9		6-9	Tidak memenuhi syarat

(Sumber: Siswoyo & Hermana, 2017)

Dari keempat tabel yang telah disajikan dapat dilihat bahwa hasil analisis COD pada limbah tahu yang akan dijadikan sampel percobaan sangat tinggi dan berbeda dari data pembandingan, hal yang dapat mempengaruhi tingginya kandungan COD adalah banyaknya padatan tersuspensi yang menyebabkan tingginya nilai kekeruhan. Selain itu banyaknya pembusukan protein saat pembuatan tahu yang menyebabkan teraktivasinya aktifitas kimiawi dan biologis. Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat, lemak dan minyak. Diantara senyawa-senyawa tersebut, protein dan lemak adalah yang jumlahnya paling besar. Protein mencapai 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10%. Air buangan industri tahu kualitasnya bergantung dari proses yang digunakan. Apabila air prosesnya baik, maka kandungan bahan organik pada air buangannya biasanya rendah. Komponen terbesar dari limbah cair tahu yaitu protein (Ntotal) sebesar 226,06-434,78 mg/l, sehingga masuknya limbah cair tahu ke lingkungan perairan akan meningkatkan total nitrogen di perairan tersebut (Herlambang, 2002).

4.1.2 HASIL PENELITIAN DENGAN VARIASI DOSIS BIJI KELOR

Pengujian penelitian dilakukan menggunakan proses koagulasi-flokulasi. Biji kelor dalam penelitian ini akan dihaluskan menjadi sebuk, karena dengan pengubahan bentuk menjadi lebih kecil, maka zat aktif dari biji kelor tersebut akan semakin banyak karena luas permukaan biji kelor semakin besar. Apabila kandungan air di dalam biji kelor besar, maka kemampuannya dalam menyerap

limbah cair semakin kecil karena zat aktif tersebut tidak berada di permukaan biji kelor tapi tertutupi oleh air, sehingga kelembapan biji kelor harus kecil yang mana dapat dibantu dengan pengeringan di oven selama 24 jam.

Analisa dilakukan secara duplo. Hasil dari analisa pertama limbah cair industri tahu tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.5** sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil penelitian pengukuran parameter

Variasi Dosis Koagulan (gram)	pH	Suhu (°C)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Kekeruhan (NTU)
1	4,3	31,4	3386	1682	523
2	4,3	31,4	3926	1972	520
3	4,6	31,4	4027	2032	365
4	4,6	31,4	4566	2274	328
5	5	31,4	4937	2475	382
6	5	31,4	6657	3320	438

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Sedangkan hasil Analisa kedua limbah cair industri tahu dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut :

Tabel 4. 6 Hasil penelitian pengukuran parameter

Variasi Dosis Koagulen (gram)	pH	Suhu (°C)	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Kekeruhan NTU
1	4,3	31,4	3235	1427	530
2	4,2	31,4	3838	1624	524
3	4,6	31,4	4093	2022	369
4	4,6	31,4	4236	2123	326
5	5	31,4	5325	2275	387
6	5	31,4	6256	3151	486

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Dari hasil yang diperoleh setelah dilakukan penelitian, dapat dilihat pada tabel diatas bahwa koagulan dari serbuk biji kelor mampu menurunkan kadar pencemar yang terdapat pada limbah cair industri tahu dengan dosis yang berbeda di setiap parameter yang diuji.

4.1.3 PENGARUH DOSIS BIJI KELOR TERHADAP KEKERUHAN

Pengujian kekeruhan dilakukan dengan menggunakan variasi dosis 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, 5 gram dan 6 gram. Pengujian sampel dilakukan secara duplo menggunakan *turbidity meter*. Nilai kekeruhan awal pada parameter kekeruhan dalam penelitian ini adalah 1035 NTU. Berikut ini merupakan **Tabel 4.7** uji kekeruhan dengan variasi dosis koagulan yang berbeda. Untuk menghitung kekeruhan dapat menggunakan rumus berikut:

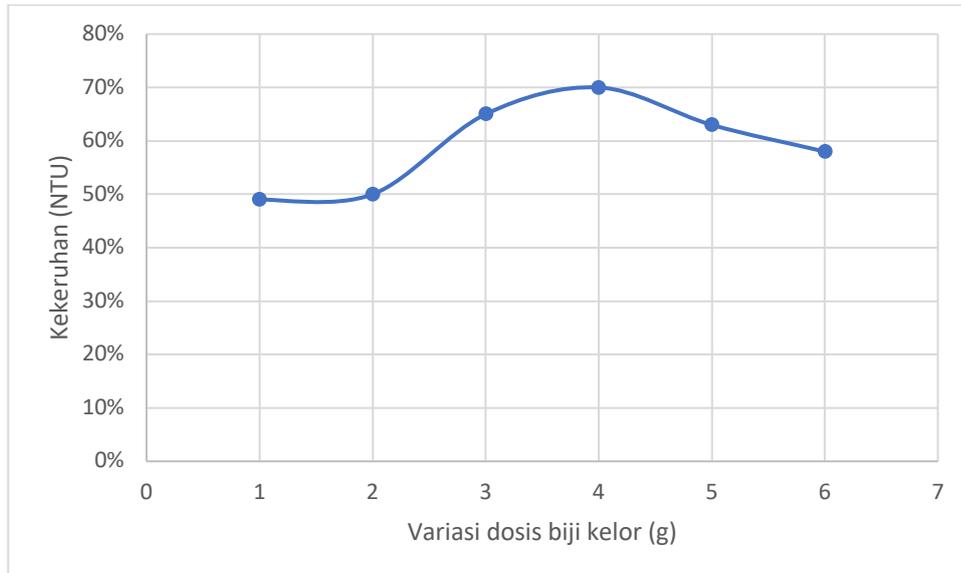
$$\text{Removal kekeruhan (\%)} = \left(\frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \right) \times 100$$

Tabel 4. 7 Hasil uji kekeruhan dengan variasi dosis koagulan

Dosis (gram)	Rata-Rata Kekeruhan (NTU)	Hasil Perhitungan	
		Estimasi Ketidakpastian Pengukuran	Removal
1	527	± 7	49%
2	524	± 14,5	50%
3	367	± 2,5	65%
4	327	± 13	70%
5	384	± 20	63%
6	486	±15	58%

(Sumber : Olah data pribadi, 2023)

Berikut merupakan grafik hasil uji kekeruhan setelah ditambahkan variasi gram serbuk biji kelor :



Gambar 4. 1 Hasil uji kekeruhan dengan variasi gram biji kelor

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Pada **Tabel 4.6** diatas mengenai hasil pengujian kekeruhan pada sampel limbah industri cair tahu dengan variasi dosis koagulan yang berbeda dapat dilihat bahwa serbuk biji kelor mampu menurunkan parameter kekeruhan pada limbah cair industri tahu dengan waktu pengendapan 50 menit. Penyisihan kekeruhan optimum diperoleh pada dosis 4 gram yaitu sebesar 70%. Pemberian koagulan pada dosis yang optimum membantu mengikat bahan pencemar lalu membuat partikel-partikel halus penyebab kekeruhan yang tadinya bersifat stabil menjadi tidak stabil muatannya sehingga terjadi gaya tarik menarik menjadi terendapkan membentuk flok. Dengan demikian proses pengendapan partikel koloid pada air keruh berlangsung dengan baik. Terjadinya gaya tarik-menarik ini karena besarnya gaya tolak-menolak lebih kecil dari besarnya gaya tarik-menarik.

Dosis koagulan sangat berpengaruh terhadap penyisihan kekeruhan limbah cair industri tahu karena dengan memberikan dosis yang tepat maka penyisihan kekeruhan sampel akan semakin signifikan. Suatu koagulan dikatakan efektif, apabila mampu mengurangi nilai kekeruhan sebesar 50% sehingga koagulan pertikel serbuk biji kelor ini merupakan koagulan yang efektif untuk menurunkan kekeruhan limbah cair industri tahu

Kekeruhan pada air disebabkan oleh zat padatan tersuspensi, baik zat organik maupun zat anorganik. Zat anorganik biasanya berupa lapukan batuan, pasir,

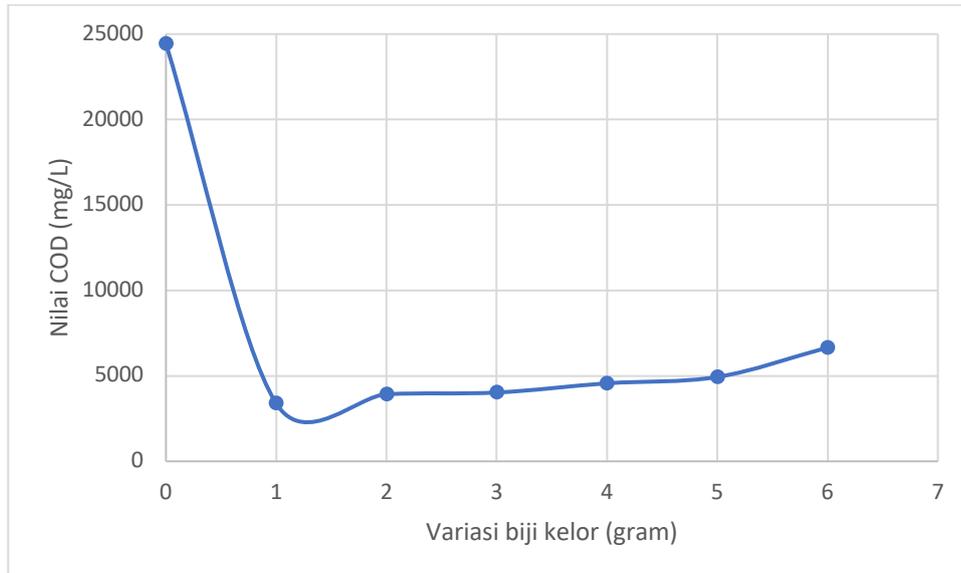
maupun logam terlarut. Sedangkan zat organik berasal dari buangan limbah domestik maupun industri yang dapat menjadi makanan sehingga bakteri dapat berkembang biak.

Koagulan serbuk biji kelor yang ditambahkan pada sampel membuat protein kationik yang dihasilkan oleh serbuk biji kelor terdistribusi ke seluruh cairan dan berinteraksi dengan partikel bermuatan negatif yang mana menjadi penyebab kekeruhan terdispersi. Interaksi tersebut mempengaruhi gaya yang menyebabkan stabilitas partikel menjadi terganggu, sehingga berkaitan dengan partikulat membuat endapan sehingga proses ini yang disebut koagulasi. Maka dari itu serbuk biji kelor bisa disebut sebagai koagulan.

Mekanisme yang paling mungkin terjadi dalam proses koagulasi adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan atau adsorpsi dan ikatan antar partikel yang tidak stabil. Pada kedua mekanisme tersebut, sulit untuk menentukan mekanisme mana yang terjadi karena proses tersebut mungkin terjadi secara simultan. Namun pada umumnya mekanisme koagulasi dengan serbuk biji kelor adalah adsorpsi dan netralisasi tegangan.

4.1.4 PENGARUH DOSIS BIJI KELOR TERHADAP COD

Dari uji Analisa sampel yang dilakukan tidak terdapat sampel yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berikut merupakan hasil uji yang didapatkan pada grafik di bawah :



Gambar 4. 2 Hasil uji COD dengan variasi dosis koagulan

(Sumber : Olah data pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil analisa, pada gambar diatas dapat dilihat bahwa penurunan optimum COD limbah cair industri tahu dengan koagulan serbuk biji kelor dapat menurunkan COD sebesar 86% pada variasi dosis 1 g/500mL dan 50 menit waktu pengendapan dengan ukuran partikel 100 mesh.

Nilai COD yang diperbolehkan untuk industri tahu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah adalah 300 mg/L. Dari hasil analisa sampel tidak ada sampel yang memenuhi ambang batas nilai COD berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan pada waktu pengendapan selama 50 menit tidak semua partikel koagulan bereaksi membentuk flok-flok dalam limbah cair industri tahu.

Walaupun kadar COD setelah ditambahkan koagulan serbuk biji kelor tidak sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, namun penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu setelah ditambahkan koagulan serbuk biji kelor dikatakan efektif karena presentase removal lebih dari 50% (Waley, 1955).

Hal ini menunjukkan bahwa serbuk biji kelor mempunyai kemampuan untuk menarunkan bahan organik dengan cara koagulasi karena mengandung senyawa-

senyawa aktif seperti protein, polisakarida, dan polipeptida yang memiliki muatan negatif. Senyawa-senyawa ini dapat berinteraksi dengan partikel-partikel bahan organik yang bermuatan positif dalam air, sehingga terjadi proses penggumpalan atau flokulasi. Biji kelor mengandung polielektrolit kationik dan flokulan alami berbasis polipeptida. Senyawa-senyawa ini dapat berinteraksi dengan partikel-partikel bahan organik yang bermuatan positif, seperti koloid organik, protein, dan asam humat, sehingga membentuk flok-flok yang lebih besar dan lebih mudah diendapkan.

4.1.5 PENGARUH DOSIS BIJI KELOR TERHADAP BOD

Berikut merupakan hasil penurunan kadar BOD dengan variasi dosis yang berbeda pada grafik di bawah :



Gambar 4. 3 Hasil uji BOD dengan variasi dosis koagulan

(Sumber : Olah data pribadi, 2023)

Berdasarkan hasil eksperimen, pada gambar diatas dapat dilihat bahwa penurunan optimum BOD limbah cair industri tahu dengan koagulan serbuk biji kelor dapat menurunkan BOD sebesar 73 % pada variasi dosis 1 g/500mL.

Pada penelitian ini, didapatkan perbedaan hasil kadar BOD air limbah industri tahu sesudah diberikan perlakuan serbuk serbuk biji kelor dosis 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, 5 gram dan 6 gram. Adapun standar baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu

Air Limbah, bahwa kadar BOD yaitu 150 mg/L. Pada semua variasi dosis yang telah ditentukan, tidak ada variasi dosis penggunaan serbuk biji kelor yang mendekati standar baku mutu.

Penurunan BOD tetap dikatakan efektif dikarenakan suatu koagulan dikatakan efektif jika removal kadar pencemarnya di atas 50%. Pada penelitian yang telah dilakukan, walaupun kadar BOD limbah cair industri tidak sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dapat dilihat bahwa pada variasi 1-5 gram menunjukkan hasil removal kadar BOD di atas 50%.

Nilai BOD pada setiap penambahan gram koagulan menunjukkan kenaikan, sehingga penambahan dosis koagulan yang optimum adalah 1 gram karena pada keadaan larutan koagulan serbuk biji kelor yang ditambahkan dalam limbah sebanding dengan banyaknya bahan organik dalam limbah. Dalam waktu 5 hari BOD, oksidasi organik karbon akan mencapai 60-70 %. Waktu inkubasi 5 hari dapat mengurangi kemungkinan hasil oksidasi ammonium yang cukup tinggi. Ammonia dapat dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat, sehingga mempengaruhi hasil penentuan BOD. Tingginya nilai BOD pada sampel dapat disebabkan oleh factor pencampuran dan factor pengendapan sehingga proses koagulasi pada koagulan serbuk biji kelor dalam limbah cair industri tahu menjadi tidak sempurna

4.1.6 PENGARUH DERAJAT KEASAMAAN TERHADAP KEKERUHAN

Nilai pH berpengaruh dalam penurunan kualitas air limbah menggunakan serbuk biji kelor. Hasil uji proksimat yang dilakukan oleh gidde dan malasure pada tahun 2002 menyebutkan bahwa kandungan protein dalam serbuk biji kelor sebanyak 31,90%. Dilihat dari **Tabel 4.8** sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Hasil analisis variasi pH terhadap kekeruhan

Berat Serbuk Biji Kelor (gram)	pH	Kekeruhan (NTU)	Removal (%)
0	4	1024	
0	7	983	

0	13	819	
4	4	328	67%
4	7	820	16%
4	13	278	66%

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Pada pH lebih asam, dosis koagulan yang ditambahkan untuk mencapai kekeruhan terendah relative lebih kecil dibandingkan dengan pH basa. Karena pada pH sekitar 3-4.6, mendekati titik isoelektrik kaolin. Menurut Schorotc dan Garrison (1997), kaolin memiliki titik isoelektrik merupakan titik dimana muatan netto suatu molekul atau partikel adalah nol atau netral atau muatan positif dan muatan negatif di dalam suatu molekul adalah sama.

Tabel 4. 9 Nilai protein biji kelor

Parameter	Hasil
Protein (%)	31,90
Lemak (%)	38,46
Air (%)	3,21
Abu (%)	4,14
Karbohidrat (%)	22,29

(Sumber: Gidde dan Malasure , 2002)

Hasil kekeruhan akhir koagulasi dengan dosis koagulan 4 gram pada pH 4 adalah 328 NTU, sedangkan pada pH 14 dengan dosis koagulan yang sama serbuk biji kelor dapat menurunkan kadar kekeruhan hingga 278 NTU.

4.1.7 PENGARUH DERAJAT KEASAMAAN TERHADAP COD

Dari percobaan yang dilakukan menggunakan variasi pH maka dapat diketahui pengaruhnya terhadap penurunan nilai COD. Di bawah ini merupakan **Tabel 4.10** hasil pengamatan yang telah didapatkan :

Tabel 4. 10 Analisis variasi pH terhadap COD

Berat Serbuk Biji Kelor (gram)	pH	COD (mg/L)	Removal (%)
0	4	24437	
0	7	23456	

0	13	21456	
4	4	4566	81%
4	7	4623	80%
4	13	4162	80%

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa, pH optimum dalam penurunan COD adalah pada pH basa. pH mempengaruhi proses koagulasi dan flokulasi. Kecocokan pH akan berpengaruh pada kestabilan koloid dalam merubah bentuknya menjadi flok saat pengadukan. Kinerja koagulan yang digunakan akan dipengaruhi oleh pH karena koagulan hanya bekerja pada pH tertentu. Sehingga, jika pH yang diberikan sesuai dengan pH optimum dari bahan koagulan yang digunakan, maka koagulan akan bekerja lebih maksimal dalam membentuk flok-flok untuk menurunkan kadar baik baik itu COD maupun kekeruhan.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh moertinah pada tahun 2010 penurunan nilai pH yang terjadi setelah proses asidifikasi sehingga pH 6 dapat menghambat aktifitas bakteri metan. Salah satu fasa yang paling penting dalam dekomposisi bahan organik pada proses anerob terjadi pada fasa asidogenesis dan asetogenesis. Pada fasa ini akan terbentuk asam lemak volatil yang tentunya akan menurunkan pH dalam reaktor. Pengaturan pH dapat dilakukan dengan menjaga influent tidak terlalu asam. Nilai pH di bawah 6 dapat menyebabkan aktifitas bakteri metan mulai terganggu (Eckenfelder, 1989 dalam Padmono, 2007:122). Secara umum pada hasil penurunan COD maksimum pada variasi pH 8.

Ini dapat disebabkan kondisi alkali (pH basa) pertumbuhan bakteri lebih baik dibandingkan pada kondisi netral ataupun acidic (Nimje et al., 2010; Behera et al., 2011). Ini dapat ditunjukkan pada penelitian ini dimana adanya peningkatan pH pada COD influent dapat meningkatkan biodegradabilitas anaerob limbah. Hal ini dapat disebabkan proses peningkatan pH akan memperbesar laju hidrolisis senyawa organik kompleks sehingga kemampuan proses biodegradasi pada senyawa organik mengalami peningkatan pula (Molipane et al, 2000; Mai, 2006 dalam Mulyani, 2012:56).

4.1.8 PENGARUH DERAJAT KEASAMAAN TERHADAP BOD

Dari percobaan yang dilakukan menggunakan variasi pH maka dapat diketahui pengaruhnya terhadap penurunan nilai BOD. Di bawah ini merupakan **Tabel 4.11** hasil pengamatan yang telah didapatkan :

Tabel 4. 11 Variasi pH terhadap nilai BOD

Berat Serbuk Biji Kelor (gram)	pH	BOD (mg/L)	Removal (%)
0	4	6252	
0	7	6032	
0	13	5823	
4	4	2274	63%
4	7	2153	62%
4	13	2072	60%

(Sumber: Olah data pribadi, 2023)

Tabel di atas menunjukkan bahwa pH 4 merupakan pH optimum pada penurunan nilai BOD. Hasil tersebut juga mempengaruhi proses perombakan lebih efisien dibandingkan dengan pH yang lain. Peran pH sangat berpengaruh pada proses perombakan bahan organik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pH kontrol memberikan proses perombakan bahan organik kompleks yang terjadi pada tahap hidrolisis lebih efisien dibanding pH lain.

4.2 PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran pH, COD, BOD dan kekeruhan limbah awal pada **Tabel 4.1** di atas, maka limbah tahu yang dijadikan bahan penelitian belum layak dibuang langsung ke perairan karena nilai pH, COD, BOD dan kekeruhan melebihi ambang batas baku mutu limbah tahu, terutama nilai BOD dan COD, sehingga perlu perlakuan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami bermanfaat terhadap jumlah removal yang dihilangkan pada industri tahu.

Berdasarkan hasil penelitian pada **Tabel 4.7** menunjukan bahwa penambahan serbuk biji kelor mempengaruhi penurunan kekeruhan. Penurunan kekeruhan ketika biji kelor ditambahkan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah cair

industri tahu terutama disebabkan oleh pembentukan flok melalui pengikatan partikel tersuspensi oleh senyawa koagulan yang ada dalam biji kelor. Biji kelor mengandung protein kationik dan polisakarida yang dapat menetralkan muatan negatif pada partikel tersuspensi, menyebabkan mereka berkumpul dan membentuk flok yang lebih besar. Flok-flok ini kemudian mengendap karena ukuran dan beratnya yang meningkat, menghasilkan pengurangan kekeruhan dalam air limbah yang diolah. Mekanisme penghubung dan pengikatan melibatkan pengikatan senyawa koagulan ke partikel tersuspensi, menciptakan struktur jaringan yang menjebak dan melumpuhkan partikel. Proses ini membantu menghilangkan padatan tersuspensi dan partikel koloid, yang mengarah pada penurunan tingkat kekeruhan dalam air limbah.

Pada penelitian yang dilakukan terjadi penurunan kekeruhan dimana pada penambahan koagulan biji kelor untuk 1 gram terjadi penurunan kekeruhan sebesar 49%, untuk penambahan 2 gram terjadi penurunan kekeruhan sebesar 50%, untuk penambahan 3 gram terjadi penurunan kekeruhan sebesar 65%, penambahan 4 gram biji kelor terjadi penurunan kekeruhan sebesar 70%. Semakin banyak jumlah biji kelor yang ditambahkan, sisa kekeruhan yang dihasilkan semakin menurun. Namun pada penambahan 5 gram biji kelor terjadi sedikit peningkatan kekeruhan. Seharusnya semakin banyak koagulan yang ditambahkan maka kekeruhan semakin berkurang, namun hasil yang diperoleh mengalami kenaikan kembali. Hal ini disebabkan karena jumlah koagulan yang lebih banyak dapat menyebabkan pembentukan flok tidak terjadi dengan baik yang dapat menimbulkan kekeruhan kembali (Yuliastri, 2010). Dari hasil yang diperoleh, dosis serbuk biji kelor optimum untuk penurunan kekeruhan adalah 4 gram karena pada dosis 5 gram kekeruhan naik kembali. Menurut Wiley (1995) suatu koagulan dikatakan efektif, apabila mampu mengurangi nilai kekeruhan sebesar 50% sehingga koagulan serbuk biji kelor ini merupakan koagulan yang efektif untuk menurunkan kekeruhan air limbah industri tahu.

Pada pengukuran COD dapat dilihat bahwa kadar COD awal limbah cair industri tahu mengalami penurunan setelah ditambahkan koagulan serbuk biji kelor. Pada **Tabel 4.5** dapat dilihat terjadi penurunan kadar COD yang paling signifikan dari kadar awal COD sebesar 24437 mg/L turun menjadi 3386 mg/L Kadar COD

akan kembali meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan. Dosis serbuk biji kelor yang terlalu banyak mengakibatkan kemampuan menurunkan kadar COD limbah cair industri tahu juga ikut menurun. Sesuai dengan PERMENLHK No. 5 Tahun 2014, hasil optimum sebesar 3386 mg/L belum memenuhi baku mutu limbah cair industri tempe untuk parameter COD dimana ambang batas effluent sebesar 300 mg/L. Mekanisme penurunan COD ketika biji kelor ditambahkan sebagai koagulan dalam mengolah limbah cair dari industri tahu terutama disebabkan oleh adsorpsi dan pengendapan senyawa organik ke permukaan partikel biji kelor. Biji kelor mengandung protein kationik dan polisakarida yang memiliki afinitas tinggi terhadap molekul organik bermuatan negatif yang ada di dalam air limbah. Senyawa kationik dalam biji kelor ini dapat menetralkan muatan negatif pada molekul organik, menyebabkan mereka berkumpul dan membentuk partikel yang lebih besar yang disebut flok. Flok-flok ini kemudian dapat mengendap dan dipisahkan dari fase cair, sehingga terjadi penurunan kadar COD. Proses adsorpsi dan pengendapan yang difasilitasi oleh serbuk biji kelor sebagai koagulan membantu menghilangkan bahan organik dan mengurangi beban organik secara keseluruhan di dalam air limbah, yang mengarah pada penurunan kadar COD.

Pada hubungan variabel dosis koagulan yang bervariasi juga terlihat bahwa kadar BOD awal limbah cair industri tahu yang dilakukan mengalami penurunan setelah ditambahkan koagulan serbuk biji kelor. Biji kelor memiliki kemampuan untuk menurunkan parameter BOD karena mengandung senyawa-senyawa aktif seperti protein dan polisakarida. Senyawa-senyawa ini dapat berinteraksi dengan partikel-partikel organik dalam air limbah, membentuk flok-flok yang lebih besar, dan memudahkan pengendapan partikel-partikel tersebut. Selain itu, biji kelor juga memiliki sifat antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam degradasi bahan organik, sehingga mengurangi nilai BOD dalam air limbah. Pada **Tabel 4.5** dapat dilihat terjadi penurunan kadar BOD yang paling signifikan dari kadar BOD awal sebesar 6252 mg/L turun menjadi 1682 mg/L. Kadar BOD akan kembali meningkat seiring dengan penambahan dosis koagulan. Dosis serbuk biji kelor yang terlalu banyak mengakibatkan kemampuan menurunkan kadar BOD limbah cair industri tahu juga ikut menurun. Sesuai dengan PERMENLHK No. 5 Tahun 2014, hasil optimum sebesar 3386 mg/L belum

memenuhi baku mutu limbah cair industri tempe untuk parameter BOD dimana ambang batas effluent sebesar 140 mg/L.

Perbedaan derajat keasaman mempengaruhi penurunan kadar kekeruhan, COD dan BOD pada limbah cair industri tahu. pH limbah industri tahu sebelum dan sesudah ditambahkan koagulan serbuk biji kelor adalah 4 yang mana limbah cair industri tahu bersifat asam. Namun pada pH 13 yang bersifat basa, koagulan serbuk biji kelor mampu menurunkan kekeruhan sebesar 74% dari kekeruhan awal. Hal ini dikarenakan sifat *settling* dari suspensi kaolin, atau juga dapat dipengaruhi oleh penambahan NaOH (elektrolit kuat) yang terionisasi sempurna menjadi ion Na^+ dan OH^- di dalam sampel limbah cair industri tahu, serta membuat muatan dan partikel kaolin menjadi semakin negatif. Pada penelitian yang dilakukan oleh Chukwidi di tahun 2008 menjelaskan bahwa stabilitas partikel sangat dipengaruhi oleh keberadaan konsentrasi elektrolit. Terjadi penurunan ketebalan lapisan ganda elektrik dan gaya tolak komponen pada peningkatan konsentrasi elektrolit saat koagulasi. Sehingga hasilnya partikel dapat mengumpul dan flok sangat mudah terbentuk saat konsentrasi elektrolit tinggi.

Kadar COD pada limbah cair industri tahu dengan pH 13 yang bersifat basa juga mengalami perbedaan dengan limbah cair industri basa dengan sifat asam dan netral dimana dengan koagulan serbuk biji kelor pada sampel bersifat basa mampu menurunkan kadar COD sebesar 4162 mg/L. Menurut Permatasari, dkk (2016) disebutkan bahwa air limbah mengandung bahan organik, yang memiliki partikel koloid bermuatan negatif. Sedangkan koagulan memiliki ion-ion positif. Ion-ion positif ini akan tertarik ke mengelilingi partikel koloid dan membentuk lapisan awan ionik. Kemudian, akan timbul gaya potensial elektrostatik yang menyebabkan adanya gaya tolak-menolak antar partikel koloid. Ion-ion yang terdapat pada koagulan mampu mengompres lapisan awan ionik sehingga gaya potensial elektrostatik akan menurun dan ion aquametalik akan meningkat. Ini menyebabkan terjadinya destabilisasi, awan ionik akan menghilang dan antar partikel koloid akan terikat satu sama lainnya dan membentuk banyak flok-flok yang mana hal ini tentunya mengurangi kadar COD pada limbah cair.

Begitu juga dengan kadar BOD pada limbah cair industri tahu dengan pH 13 yang bersifat basa mengalami perbedaan dengan limbah cair industri basa

dengan sifat asam dan netral dimana dengan koagulan serbuk biji kelor pada sampel bersifat basa mampu menurunkan kadar BOD sebesar 2072 mg/L. Derajat keasaman atau pH merupakan gambaran aktifitas atau jumlah ion hydrogen yang terdapat di perairan. Apabila pH mendekati netral maka nilai BOD juga akan semakin berkurang. Nilai BOD akan semakin tinggi jika banyaknya bahan organik di dalam limbah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Abdul Kahar pada tahun 2018 pH berpengaruh dalam penurunan BOD. Penurunan BOD pada pH ambient, pH 7,2 dan pH 8,0 berturut-turut adalah 68,91%, 80,29% dan 79,91%. Jadi BOD removal pada pH 7,2 > pH 8,0 > pH ambient. pH juga mempengaruhi jumlah massa zat terlarut yang terbiodegradasi sehingga mempengaruhi konsentrasi substansi organik terlarut pada limbah cair industri tahu.

Dari hasil penelitian di atas, koagulan serbuk biji kelor mampu bekerja secara optimal pada limbah dengan pH basa. Dimana hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan perbedaan penurunan kadar kekeruhan, COD dan BOD setelah dilakukan variasi pH terhadap limbah cair industri tahu.

Sebagai bahan evaluasi untuk industri tahu pada penelitian ini, jika limbah cair yang dihasilkan seharinya adalah 450 liter maka dapat dihitung bahwa jumlah biji kelor yang digunakan dibutuhkan untuk pengolahan limbah sebanyak 3,6 kg.

Setelah dilakukan penelitian ini dapat dilihat kelebihan dan kekurangan penggunaan biji kelor sebagai koagulan alami untuk limbah cair industri tahu dengan kelebihan sebagai berikut:

1. Biji kelor merupakan sumber daya alami yang dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan limbah industri tahu. Penggunaan sumber daya alami ini dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis yang mungkin memiliki dampak negatif terhadap lingkungan.
2. Biji kelor telah terbukti efektif dalam menurunkan parameter pencemaran seperti COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam limbah industri tahu. Penambahan biji kelor sebagai koagulan dapat membantu mengikat bahan pencemar dan membentuk flok, sehingga memudahkan proses pengendapan dan pengurangan pencemaran.

3. Biji kelor memiliki sifat biodegradable, yang berarti dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme dalam lingkungan. Hal ini berpotensi mengurangi dampak negatif limbah industri tahu terhadap ekosistem air.

Sedangkan kekurangan penggunaan biji kelor sebagai koagulan alami untuk limbah cair industri tahu:

1. Variabilitas kualitas biji kelor yang bervariasi tergantung pada faktor seperti varietas tanaman, kondisi pertumbuhan, dan metode pengolahan [4]. Variabilitas ini dapat mempengaruhi efektivitas biji kelor sebagai koagulan dalam pengolahan limbah industri tahu.
2. Meskipun biji kelor telah digunakan dalam pengolahan limbah, masih terdapat keterbatasan informasi mengenai parameter optimal penggunaan biji kelor, seperti dosis yang tepat, waktu kontak, dan kondisi operasional lainnya. Informasi yang lebih lengkap dan terperinci diperlukan untuk memastikan penggunaan biji kelor yang efektif dan efisien dalam pengolahan limbah industri tahu.

Jika dibandingkan dengan koagulan alami lainnya seperti kitosan dan tanin ada beberapa perbedaan dan persamaan, yaitu:

1. Untuk efektivitasnya menunjukkan bahwa bahwa kitosan, yang berasal dari kitin yang ditemukan dalam cangkang krustasea, dapat secara efektif mengurangi kadar COD dan BOD dalam air limbah. Tanin, yang merupakan senyawa polifenol yang berasal dari tanaman, juga telah terbukti efektif dalam mengkoagulasi dan menghilangkan polutan dari air limbah. Demikian pula, penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan telah terbukti efektif dalam menurunkan kadar COD dan BOD dalam air limbah tahu.
2. Kitosan dan tanin mungkin memiliki keterbatasan dalam hal ketersediaan dan biaya. Kitosan berasal dari cangkang krustasea, yang mungkin tidak tersedia di semua wilayah. Selain itu, proses ekstraksi untuk kitosan bisa jadi mahal. Tanin, di sisi lain, dapat diperoleh dari berbagai sumber tanaman, tetapi proses ekstraksi dapat menjadi rumit dan mahal. Bubuk biji kelor, di sisi lain, relatif lebih mudah diakses dan hemat biaya, karena pohon kelor banyak dibudidayakan di banyak daerah tropis dan subtropis.

3. Kitosan dan tanin berasal dari sumber alami, tetapi proses ekstraksi mereka mungkin memiliki dampak lingkungan. Ekstraksi kitosan membutuhkan penggunaan bahan kimia dan proses yang boros energi. Ekstraksi tanin juga dapat melibatkan penggunaan pelarut dan metode yang boros energi. Serbuk biji kelor, di sisi lain, diperoleh dari biji pohon kelor, yang dikenal dengan manfaat lingkungannya, seperti perbaikan tanah dan penyerapan karbon.
4. Efektivitas koagulan dapat bervariasi tergantung pada komposisi air limbah tertentu dan persyaratan pengolahan. Kitosan, tanin, dan bubuk biji kelor telah dipelajari dan terbukti efektif dalam berbagai aplikasi pengolahan air limbah, termasuk penghilangan bahan organik dan kekeruhan. Namun, dosis dan kondisi optimal mungkin berbeda untuk setiap koagulan dan jenis air limbah. Meskipun kitosan dan tanin adalah koagulan alami yang efektif, bubuk biji kelor menawarkan keuntungan dalam hal ketersediaan, efektivitas biaya, dan dampak lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengolahan limbah cair industri tahu dengan serbuk biji kelor menggunakan metode koagulasi-flokulasi mampu menurunkan nilai kekeruhan dengan persentase efektivitas sebesar 70 % pada dosis optimum 4 g/500mL, nilai persentase efektivitas COD sebesar 86%, nilai persentase efektivitas BOD sebesar 73%. Hal ini dapat dikatakan bahwa serbuk serbuk biji kelor merupakan koagulan efektif untuk limbah cair industri tahu.
2. Biji kelor terbukti berpengaruh sebagai koagulan alami untuk pengolahan limbah cair industri tahu. Biji kelor dapat digunakan pada proses koagulasi karena memiliki sifat sebagai koagulan alami. Dari parameter yang diukur, menunjukkan bahwa serbuk biji kelor efektif digunakan sebagai koagulan alami karena presentase removal yang dihasilkan oleh serbuk biji kelor melebihi 50%.

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan oleh peneliti yaitu:

1. Diperlukan adanya penambahan variasi pengendapan pada penelitian ini menggunakan metode koagulasi flokulasi.
2. Diperlukan penelitian menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan ukuran mesh serbuk serbuk biji kelor yang lebih halus untuk mencapai akurasi dalam penyisihan parameter yang diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyatun, Ningrum, P., Musyarofah, & Inayah, N. (2018). **Analisis Efektivitas Biji dan Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) untuk Penjernihan air.** *Walisongo Journal of Chemistry*, 1, 60-65.
- Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahaean, R. A., & Ritonga, M. Y. (2013). **Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.** *Journal Teknik Kimia USU*, 2, 7-13.
- Coniwanti. (2013). **Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dalam Tinjauannya terhadap Turbidity, TSS dan COD.** *Jurnal Teknik Kimia*.
- Fatha. (2007). **Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Cair Tahu.** *Universitas Negeri Semarang*.
- Freitas. (2015). **Optimization of coagulation flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A . esculentus*) mucilage as natural coagulant.** *Industrial Crops & Products*, 538-544.
- Gilbert, J. (2010). **Pengaruh Konsentrasi Koagulan pada Penyisihan BOD5, COD dan TSS Limbah Cair Tahu Dengan Menggunakan Kombinasi Koagulasi-Flokulasi Dan Ultrafiltrasi.** *Laporan Penelitian Mahasiswa Teknik Kimia-UNRI. Pekanbaru*.
- Indah, L. S., Hendrarto, B., & Soedarsono, P. (2014). **KEMAMPUAN ECENG GONDOK (*Eichhornia sp.*), KANGKUNG AIR (*Ipomea sp.*), DAN KAYU APU (*Pistia sp.*) DALAM MENURUNKAN BAHAN ORGANIK LIMBAH INDUSTRI TAHU (SKALA LABORATORIUM).** *DIPONEGORO JOURNAL OF MAQUARES*, 1-6.
- Irmayana, Hadisantoso, E. P., & Isnaini, S. (2017, Juni). **Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil Kulit.** *X*, 48-61.
- I.R, Y. (2010). **Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai koagulan dan flokulan dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah.**
- Myrasandri, P., & Syafila. (2012). **Degradasi senyawa organik air limbah tahu dalam anaerobic Baffled.**

- Pour. (2014). **Determination of biochemical oxygen demand (BOD) without nitrification and mineral oxidant bacteria interferences by carbonate turbidimetry.** *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 90-95.
- Putra. (2013). **Dosis Optimum Koagulan Biji Kelor Terhadap Kadar Kekeruhan (Turbidity) yang telah dilakukan oleh Wahyuni.**
- Putra, R., Lebu, B., Munthe, M. D., & Rambe, A. M. (2013). **Pemanfaatan Biji Kelor sebagai Natural Koagulan pada Proses koagulasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan Jar Test.** *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2, 28-31.
- Ritwan. (2044). **Biji Kelor Penjernih Air.**
- Rozanna. (2011). **Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Biji Kelor (moringa oleifera lamk).** *Pros. SNTK TOPI*.
- Salmin. (2005). **Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Air Perairan.** *Oseana*, 21-26.
- Santoso. (2018). **Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur.** *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 89-86.
- SANK, R. (1986). **Water Treatment Plant Design For The Practising Engineer,** Ann Arbor Science Publisher, Inc.
- Siswoyo, E., & Hermana, J. (t.thn.). **Pengaruh Air Limbah Industri Tahu Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (Amaranthus Tricolor).** *Journal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9(105-113), 2017.
- Sudaryanti. (2007). **“Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.** *Jurnal Ecotropic*, 21-29.
- Thambavani. (2012). **Multivariate Statistical Analysis between Cod and Bod Of Sugar Mill Effluent.** *Scholarly Journal of Mathematics and Computer Science*, 6-12.





