

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

1. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Wizni Fadhillah (2018) Fakultas Agroteknologi Universitas Sumatera Utara dalam jurnal berjudul Pemanfaatan Tumbuhan Air Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*), Melati Air (*Echinodorus paleaefolius*) dan Selada Air (*Pistia stratiotes* L.) Terhadap Penurunan Kadar Pencemar Limbah Cair Industri Tahu Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air limbah tahu dengan mengkaji bagaimana tumbuhan uji (selada air, eceng gondok, dan melati air) bekerja melalui fitoremediasi untuk mengurangi kadar polutan, penelitian ini Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor perlakuan yaitu ampas tahu yang memiliki tiga varian (L0, kontrol/air bersih), L1, dan L2, dan spesies tumbuhan yang memiliki empat taraf (T0, tanpa tanaman, T1, eceng gondok, T2, dan selada air). BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>N, pH, warna, bau limbah, dan berat kering tanaman merupakan parameter yang diukur. Menurut temuan penelitian, tiga tanaman dapat digunakan bersama dengan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk fitoremediasi ampas tahu menunjukkan kinerja tertinggi pada konsentrasi limbah 25%.
2. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Haeranah Ahmad dan Ridhayani Adiningsih (2019) Jurusan Kesehatan Lingkungan Politeknik Kesehatan Mamuju dalam jurnal berjudul Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok Dan Kangkung Air Dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efisiensi teknik fitoremediasi untuk menurunkan kadar TSS dan BOD pada air limbah tahu menggunakan eceng gondok dan kangkung air. Sebanyak 12 bak

digunakan dalam penelitian eksperimental ini, termasuk 6 bak untuk tumbuhan masing – masing 3 bak untuk eceng gondok dan kangkung dan 3 bak sebagai kontrol. Pre-post test dilakukan pada kelompok kontrol sebagai bagian dari desain penelitian. Penurunan kadar BOD dan TSS sebelum dan sesudah perlakuan ditentukan dengan analisis menggunakan Paired Sample Test dan Wilcoxon. Berdasarkan hasil penelitian, tidak ada beda yang signifikan pada konsentrasi TSS limbah cair tahu setelah dan sebelum diolah dengan eceng gondok dan kangkung, namun terdapat perbedaan yang signifikan pada konsentrasi BOD limbah cair tahu setelah dan sebelum diolah. diberi perlakuan dengan tanaman kangkung dan eceng gondok. Air. Eceng gondok (*Eichhornia sp.*) merupakan tanaman yang paling berhasil digunakan dalam teknik fitoremediasi sebagai substrat.

3. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Debora F. Sitompul, Mumu Sutisna, dan Kancitra Pharmawati (2013) Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Bandung dalam jurnal berjudul Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok.

Menggunakan tanaman berkualitas tinggi dan mikroorganisme yang hidup di akar tanaman, teknik fitoremediasi menghilangkan kontaminan dari air limbah. Kekeruhan, BOD, COD, TSS, dan pH adalah variabel yang dilacak dalam penelitian ini. Dengan reaktor persegi panjang 45x36x14 penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium. Reaktor berkapasitas 22,68 liter dan terdapat 20 liter limbah di dalamnya. Pada penelitian ini terdapat 3 perlakuan yang berbeda yaitu perlakuan 1 (hanya limbah), perlakuan 2 (limbah ditambah satu eceng gondok), dan perlakuan 3 (limbah ditambah dua eceng gondok). Terdapat waktu perlakuan 0, 2, 4, 6, dan 8 hari yang digunakan. Secara keseluruhan, Perlakuan yang paling berhasil adalah perlakuan III yang mempunyai hasil efikasi 84,48% untuk menghilangkan BOD, 89,95% untuk menghilangkan TSS, dan 87,76% untuk menghilangkan kekeruhan.

Setiap perlakuan memiliki produktivitas tinggi, insentif penanganan tubuh, batas kekeruhan, dan TSS dengan musim kontak ideal 6 hari.

4. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Moni Oktapia Dewi dan Tauny Akbar (2020) Universitas Banten Jaya dalam jurnal berjudul Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Pada Industri Tahu B Kota Serang

Dengan bantuan tanaman eceng gondok dan uji kriteria pH, TSS, COD, dan BOD, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kuantitas limbah cair tahu pada kota Serang. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh hari remediasi dan bobot tanaman terhadap penurunan parameter uji. Pada penelitian ini dilakukan remediasi P1 (7 hari), P2 (14 hari), dan P3 (21 hari) dengan Dalam 20 liter air limbah cair, gabungkan varian tanaman E1 (2 kg), E2 (2,5 kg), dan E3 (3 kg). Sembilan tangki uji fitoremediasi dengan tiga replikasi digunakan dalam penyelidikan ini. Temuan studi menunjukkan efisiensi reduksi maksimum dan memenuhi kriteria kualitas, sesuai dengan Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Pada hari P2 dan P3, parameter pH untuk bobot tanaman E1, E2, dan E3 bisa turun; nilai pH 7 menunjukkan netralitas. Secara khusus, bobot tanaman E3 pada hari P3 dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS hingga 98%. Berat Menggunakan interval kepercayaan 95%, Diakui dengan baik bahwa tanaman dan hari remediasi secara signifikan mempengaruhi parameter uji berdasarkan hasil beberapa pengujian menggunakan regresi linier.

5. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dharma Yoga Nindra dan Eko Hartini (2015) Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro dalam jurnal berjudul Efektivitas Tanaman Teratai (*Nympahaea Firecest*) Dan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Menurunkan Kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) Pada Limbah Cair Industri Tahu  
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah menambahkan tanaman eceng gondok dan teratai ke air limbah tahu akan membantu menurunkan kadar BOD. Studi-studi ini menggunakan desain perbandingan kelompok statis pra-eksperimental dan kelompok kontrol. Penelitian ini meneliti 33 sampel di laboratorium, 30 sampel perlakuan dan 3 sampel kontrol di laboratorium dengan menggunakan teknik SNI 6989.72.2009. Eksperimen dasar direproduksi lima kali secara total. PERDA Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 menetapkan kriteria mutu tanaman eceng gondok dan teratai masing-masing sebesar 150 mg/l dan 784,7 mg/l. Menurut temuan penelitian, kadar BOD pada hari keenam lebih tinggi dari batas tersebut. Berdasarkan baku mutu teratai, kandungan eceng gondok mengalami penurunan dari kadar BOD 1280 mg/l pada hari 12 perlakuan menjadi 52,72 mg/l dan 33,68 mg/l pada hari perlakuan 18. terapi yaitu perlakuan hari 12 sebesar 57,42 mg/l dan perlakuan hari 18 sebesar 63,44 mg/l. Menurut penelitian, tanaman eceng gondok lebih efektif menurunkan kadar BOD daripada tanaman teratai karena persyaratan perawatannya lebih sederhana dan tingkat penurunannya lebih rendah. Telah dibuktikan bahwa eceng gondok menurunkan BOD pada hari 12. Membangun tempat tinggal industri yang berdekatan di area yang sama akan menurunkan biaya operasional pembuatan instalasi pengolahan limbah.

6. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Marsha Amperrmeo, Chay Asdak, dan Boy Macklin Pareira (2021) Universitas PGRI Ronggolawe dalam jurnal berjudul Analisis Sistem Dan Biaya Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) (Studi Kasus Pabrik Tahu Cikuda)

Penelitian ini bertujuan membandingkan biaya pengolahan limbah industri tahu menggunakan metode fitoremediasi dengan tumbuhan eceng gondok menggunakan metode yang lebih tradisional (biofilter aerobik-anaerobik). Selain itu juga dilakukan evaluasi efikasi sistem pengolahan air limbah industri tahu melalui fitoremediasi eceng gondok. Fitoremediasi dan perbandingan data adalah dua proses yang dibandingkan dalam penyelidikan penelitian semacam ini. Menurut penelitian, eceng gondok secara umum dapat mengurangi kadar COD, TSS, dan BOD hingga lebih dari 80%. Selain lebih ekonomis, fitoremediasi lebih efektif dibandingkan biofilter aerob-anaerob dalam penanganan limbah industri tahu. Skor (EER) metode fitoremediasi adalah 87,03%, sedangkan metode tradisional adalah 78,48%.

7. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Dwi Savitri Vidyawati dan Herlina Fitrihadjati (2019) Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya dalam jurnal berjudul Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) melalui pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu.

Melalui pengenceran 25% limbah cair tahu, penelitian ini berupaya untuk mengetahui dampak fitoremediasi Setelah melakukan penelitian, kami mempelajari tentang kadar pH, NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, dan NO<sub>3</sub> serta bentuk dan biomassa eceng gondok. Penelitian seperti ini adalah percobaan. Setelah menerapkan pengenceran 25% dari pengolahan air limbah tahu, fitoremediasi eceng gondok digunakan. Beberapa faktor yang dinilai meliputi NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, pH, biomassa eceng gondok, dan morfologi eceng gondok. ANOVA satu arah digunakan untuk mengevaluasi data,

kemudian digunakan Baku mutu Keputusan Gubernur Jawa Timur No. 45 Tahun 2002 telah dipenuhi uji Duncan pada taraf 5%. Dengan menggunakan fitoremediasi eceng gondok dengan pengenceran 25%, menurut penelitian dapat meningkatkan kadar NO<sub>3</sub> dari 15,91 menjadi 11,77 dan menurunkan kadar NO<sub>2</sub> dari 1,94 menjadi 10,46, kadar NH<sub>3</sub> dari 6,41 menjadi 1,65, dan kadar pH dari 4,21 menjadi 7,34. Sampai dengan akhir perlakuan, biomassa eceng gondok naik dan morfologi daun tanaman tetap hijau. Sesuai dengan persyaratan mutu karakteristik pH, NO<sub>2</sub>, dan NO<sub>3</sub>, pengenceran eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) 25% memiliki kemampuan untuk meningkatkan kualitas limbah cair tahu.

8. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Al Kholif, dkk (2021) Universitas PGRI Adi Buana dalam jurnal berjudul Penerapan Teknologi Fitoremediasi untuk Menghilangkan Kadar COD dan TSS Pada Air Buangan Industri Tahu.

Tujuan penelitian untuk mengevaluasi efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tumbuhan melati air (*Eichinodorus palaefolius*) untuk mengurangi beban polutan pada limbah cair tahu. Untuk menilai kadar awal limbah, dilakukan uji pendahuluan sebagai langkah awal dalam penelitian. Prosedur aklimatisasi dilakukan selama penelitian dengan memantau perkembangan tanaman. Untuk mengoptimalkan perkembangan tanaman, Berbagai konsentrasi air limbah 25% dan pengencer 75% dan air limbah 50% dan pengencer 50% digunakan dalam percobaan. Selama penyelidikan 5 hari, sampel diperoleh setiap 12 jam. Tingkat efikasi maksimum untuk nilai TSS yaitu 69% pada saat pengenceran 25% dan lama tinggal 12 jam. Dengan pengenceran 25% dan waktu tinggal 12 jam, efisiensi penurunan COD paling tinggi yaitu sebesar 39,83%.

**Tabel II.1. Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Peneliti sekarang**

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis dan Desain Penelitian	Subyek dan Obyek Penelitian	Variabel Penelitian	Desain Analisis	Hasil Penelitian
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Wizni Fadhillah	Pemanfaatan Tumbuhan Air (Eichhornia crassipes), Melati Air (Echinodorus paleaefolius) dan Selada Air (Pistia stratiotes L.) Terhadap Penurunan Kadar Pencemar Limbah Cair Industri Tahu	Deskriptif analitik	Subyek : Pemanfaatan Tumbuhan air Obyek : Penurunan Kadar Pencemar Limbah Cair Industri Tahu	a. Tumbuhan air b. Penurunan kadar pencemar limbah cair industri tahu	Deskriptif analitik	Menurut temuan penelitian, tiga tanaman dapat digunakan bersama dengan eceng gondok (Eichhornia crassipes) untuk fitoremediasi ampas tahu menunjukkan kinerja tertinggi pada konsentrasi limbah 25%.
2.	Haeranah Ahmad, Ridhayani	Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok Dan Metode Menggunakan	Deskriptif analitik	Subyek : Pengelolaan Tanaman	a. Eceng Gondok	Deskriptif analitik	Berdasarkan hasil penelitian, tidak ada beda yang signifikan

---

Adiningsih	Kangkung Air Dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu	Eceng Gondok Obyek : Limbah Tahu	b. Pengelolaan limbah industri tahu	pada konsentrasi TSS limbah cair tahu setelah dan sebelum diolah dengan eceng gondok dan kangkung, namun terdapat perbedaan yang signifikan pada konsentrasi BOD limbah cair tahu setelah dan sebelum diolah. diberi perlakuan dengan tanaman kangkung dan eceng gondok. Air. Eceng gondok (Eichhornia sp.) merupakan tanaman yang paling berhasil digunakan dalam teknik
------------	--	----------------------------------	-------------------------------------	---

---

---

							fitoremediasi sebagai substrat.
3.	Debora F. Sitompul, Mumu Sutisna, Kancitra Pharmawati	Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok.	Pra eksperimen dengan desain <i>One Group Pre-Post Test Design</i>	Subyek : a. Tanaman air eceng gondok c. Kadar BOD, COD, TSS, pH, bau dan kekeruhan limbah cair industri tahu	Secara deskriptif		Secara keseluruhan, Perlakuan yang paling berhasil adalah perlakuan III yang mempunyai hasil efikasi 84,48% untuk menghilangkan BOD, 89,95% untuk menghilangkan TSS, dan 87,76% untuk menghilangkan kekeruhan. Setiap perlakuan memiliki produktivitas tinggi, insentif penanganan tubuh, batas kekeruhan,

---

---

							dan TSS dengan musim kontak ideal 6 hari.
4.	Moni Oktapia Dewi, Tauny Akbar	Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) Pada Industri Tahu B Kota Serang	Penelitian kuantitatif berupa eksperimen dengan menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial.	Subyek : a. Tanaman air eceng gondok b. Kadar BOD, COD, TSS, pH, limbah cair industri tahu	Statistika dengan uji regresi linier berganda	Secara khusus, bobot tanaman E3 pada hari P3 dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS hingga 98%. Berat Menggunakan interval kepercayaan 95%, Diakui dengan baik bahwa tanaman dan hari remediasi secara signifikan mempengaruhi parameter uji berdasarkan hasil beberapa pengujian menggunakan regresi linier.	

---

5.	Dharma Yoga Nindra, Eko Hartini, 2015	Efektivitas Tanaman Teratai Pra- ( <i>Nympahaea Firecest</i> ) Dan Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) Dalam Menurunkan Kadar BOD ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> ) Pada Limbah Cair Industri Tahu	Pra-eksperimen Static Group Comparatif	Subyek : Tanaman Eceng Gondok Obyek : Menurunkan Kadar BOD Dalam Limbah Cair Industri Tahu.	: a. Tanaman Eceng Gondok b. Menurunkan Kadar BOD Dalam Limbah Cair Industri Tahu.	Statistika	Telah dibuktikan bahwa eceng gondok menurunkan BOD pada hari 12. Membangun tempat tinggal industri yang berdekatan di area yang sama akan menurunkan biaya operasional pembuatan instalasi pengolahan limbah.
6.	Marsha Amperrmeo, Chay Asdak, Boy Macklin Pareira	Analisis Sistem Dan Biaya Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) (Studi Kasus Pabrik Tahu Cikuda)	eksperimen-komparatif	Subyek : Tanaman Eceng Gondok Obyek : Pengelolaan	: a. Tanaman Eceng Gondok b. Pengelolaa n Limbah Cair	Deskriptif	Menurut penelitian, eceng gondok secara umum dapat mengurangi kadar COD, TSS, dan BOD hingga lebih dari 80%. Selain lebih ekonomis,

					Limbah Cair Industri Tahu	Industri Tahu		fitoremediasi lebih efektif dibandingkan biofilter aerob-anaerob dalam penanganan limbah industri tahu. Skor (EER) metode fitoremediasi adalah 87,03%, sedangkan metode tradisional adalah 78,48%.
7.	Dwi Savitri Vidyawati dan Herlina Fitrihadjati	Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) melalui pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu.	Eksperimen	Subyek : a. Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) b. Kualitas Limbah Cair Industri Tahu.	Analitik		Menurut penelitian dapat meningkatkan kadar NO3 dari 15,91 menjadi 11,77 dan menurunkan kadar NO2 dari 1,94 menjadi 10,46, kadar NH3 dari 6,41 menjadi 1,65, dan kadar pH dari 4,21 menjadi	

					Industri Tahu.			7,34. Sampai dengan akhir perlakuan, biomassa eceng gondok naik dan morfologi daun tanaman tetap hijau. Sesuai dengan persyaratan mutu karakteristik pH, NO <sub>2</sub> , dan NO <sub>3</sub> , pengenceran eceng gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> ) 25% memiliki kemampuan untuk meningkatkan kualitas limbah cair tahu.
8.	Muhammad Kholif, dkk	Penerapan Fitoremediasi Menghilangkan Kadar COD dan	Teknologi untuk	Eksperimen	Subyek Teknologi Fitoremediasi	: a.	Teknologi Deskriptif Fitoremediasi	Selama penyelidikan 5 hari, sampel diperoleh setiap 12 jam. Tingkat efikasi maksimum

---

TSS Pada Air Buangan Industri Tahu.	Obyek : b. Kadar COD dan TSS Pada Air Buangan Industri Tahu	untuk nilai TSS yaitu 69% pada saat pengenceran 25% dan lama tinggal 12 jam. Dengan pengenceran 25% dan waktu tinggal 12 jam, efisiensi penurunan COD paling tinggi yaitu sebesar 39,83%.
-------------------------------------	---	---

---

## **B. Kajian Teori**

### **1. Air Limbah**

#### **a. Pengertian Air Limbah**

Sisa-sisa dari suatu tindakan adalah pemborosan. Limbah berbahaya dan beracun yaitu sisa dari suatu kegiatan yang memiliki kandungan bahan yang berbahaya dan yang beracun karena komposisi, jumlah, atau konsentrasinya, baik langsung ataupun tidak langsung, yang dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, membahayakan, atau merusak lingkungan orang sekitar dan orang lain. makhluk hidup (Suharto, 2011).

Komposisi air limbah 99,9% terdiri dari air, sedangkan sisanya 0,1% terdiri dari padatan tersuspensi dan terlarut. Dua jenis partikel padat yang dipertimbangkan adalah organik (sekitar 70%) dan anorganik (sekitar 30%). Protein membentuk 65% dari semua zat organik, diikuti oleh lemak 10% dan karbohidrat 25%.

Bahan pencemar dalam bentuk cair dianggap sebagai limbah. Air yang mengangkut sampah dari pemukiman, perusahaan, dan industri disebut sebagai air limbah. Air limbah adalah kombinasi fluida yang telah dibuang ke lingkungan yang mengandung partikulat terlarut atau tersuspensi. Limbah dapat dibagi menjadi tiga kategori: limbah padat, cair, dan gas berdasarkan kualitas fisiknya.

#### **b. Dampak Air Limbah**

Limbah cair akan menjadi air buangan yang dialirkan dari suatu industri yang merupakan hasil dari siklus produksi yang dapat mempengaruhi iklim sekitar. Adapun efek samping dari limbah tersebut antara lain (Sugiharto, 1987) :

- 1) Mendatangkan bahaya bagi kesehatan manusia karena cenderung dapat menjadi pembawa penyakit
- 2) Merusak hal – hal seperti bangunan, kebun, dan ternak maka berdampak buruk bagi perekonomian

- 3) Berpotensi membahayakan atau membunuh kehidupan air, termasuk ikan dan hewan peliharaannya.
- 4) Karena bau dan pemandangan yang tidak menyenangkan dapat merusak daya tarik atau estetika terutama di tempat rekreasi di hilir sungai.

## **2. Limbah Cair Industri Tahu**

Banyak air yang dibutuhkan untuk membuat tahu, baik sebagai bahan pendingin, bahan pencuci, maupun bahan mentah. Untuk membuat tahu, dibutuhkan sekitar 25 liter air untuk setiap kilogram bahan baku kedelai. Tahu terbuat dari kacang kedelai yang memiliki kandungan protein (34,9%), karbohidrat (34,8%), lemak (18,1%), dan zat gizi lainnya. Akibatnya, limbah cair yang dihasilkan dapat mengandung bahan organik. Pertumbuhan mikroba tumbuh subur di air limbah karena mengandung bahan organik. Akibatnya, Karena sifat limbah industri yang mirip tahu, diperlukan pengolahan limbah yang memadai merupakan sumber polutan biologis (Nuriswanto, 1995).

Limbah cair yang berasal dari industri tahu merupakan limbah yang berasal dari pembuatan dan penguraian tahu. Pengolahan potongan tahu dan kedelai merupakan sumber dari limbah yang dikeluarkan oleh pabrik tahu. Limbah padat dan cair merupakan dua macam limbah yang dihasilkan. Limbah cair yang keluar akan memiliki padatan tersuspensi di dalamnya atau terlarut di dalamnya. Padatan ini akan mengalami transformasi fisik, kimia, dan biologis yang akan mengubahnya menjadi bahan kimia beracun atau habitat bagi perkembangan mikroba. Ampas keras yang disebut juga dengan ampas tahu ini dapat digunakan untuk membuat oncom lagi atau sebagai pakan ternak seperti ayam, itik, sapi, dan kambing (Pareira, 2009).

Karena limbah cair dari industri tahu banyak mengandung bahan organik, maka akan berbau tidak sedap saat diurai. Limbah cair segar dari pembuatan tahu putih berwarna putih keruh dan berbau seperti

kedelai, sedangkan limbah cair segar dari pembuatan tahu kuning berwarna kuning keruh (Departemen Pertanian , 2009).

Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 15 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pengolahan Kedelai, limbah cair industri tahu memiliki baku mutu parameter BOD sebesar 150 mg/l setiap 3 kg/ ton.

Limbah cair industri tahu mempunyai persentase senyawa alami yang tinggi. Karbohidrat, lemak, minyak dan protein adalah beberapa senyawa organik yang ditemukan dalam air limbah. Karena beberapa bahan organik sulit diurai oleh mikroba, kandungan organik limbah cair yang tinggi akan membuat pengelolaan limbah menjadi lebih sulit (Nurhasan dan Pramudyanto, 1987).

Limbah cair tahu memiliki kandungan karbohidrat, lemak, dan protein yang cukup tinggi. Metana, karbondioksida, dan gas lainnya dapat dihasilkan saat bahan organik ini terurai. Perairan memiliki kadar COD dan BOD yang tinggi karena tingginya kadar protein dan bahan organik lainnya yang dihasilkan (Basuki dkk, 1955). Selanjutnya, kehidupan di dalam air akan terganggu karena tidak adanya oksigen (Setiyono dan Yudo, 2008). Karakteristik limbah cair industri tahu meliputi pH 5,95 dan 26,9°C adalah kondisinya (Tati dkk, 2017).

Aspek fisika, kimia, dan biologi umumnya dapat digunakan untuk mengkategorikan karakteristik air limbah. Namun, satu – satunya komponen air limbah industri seringkali memiliki sifat fisik dan kimianya. Variabel berikut digunakan untuk menentukan karakter air limbah industri (Herlambang, 2002):

- a. Kekeruhan, suhu, padatan, bau, dan lain – lain termasuk ke dalam parameter fisika
- b. Kimia organik dan kimia anorganik adalah dua jenis karakteristik kimia yang berbeda. Nitrogen total, BOD, COD, TOC, oksigen terlarut (DO), minyak atau lemak, dll. adalah contoh komposisi kimia organik. Belerang, pH, Pb, Ca, Fe, Cu, Na, dan bahan kimia

anorganik lainnya termasuk yang terdapat dalam kandungan bahan kimia anorganik.

### **3. Dampak Limbah Cair Industri Tahu**

Limbah industri dari tahu memiliki proporsi bahan organik yang lebih tinggi berpengaruh terhadap pencemaran bahan organik yang mengganggu kehidupan biotik dan menurunkan kualitas udara. Aktivitas organisme dapat memecah molekul organik kompleks menjadi molekul organik sederhana. Tumbuhan yang melakukan fotosintesis dapat memakan zat anorganik seperti ion fosfat dan nitrat. Karena metabolisme oksigen menggunakan banyak oksigen, jika air memiliki sedikit bahan organik, oksigen dari fotosintesis dan aerasi dari udara akan segera menggantikan oksigen yang hilang dari air. Di sisi lain, jika konsentrasi beban organik terlalu tinggi akan menciptakan kondisi anaerobik yang menghasilkan dekomposisi dalam bentuk amonia, karbon dioksida, asam asetat, hidrogen sulfida, dan metana. Sebagian besar hewan air akan sangat teracuni oleh senyawa ini yang juga akan menimbulkan kondisi yang tidak nyaman dan bau yang tidak sedap (Herlambang, 2002).

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi atau terlarut dan akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan biologi yang akan menghasilkan zat beracun atau menjadi media tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lain yang dapat merugikan baik produk tahu maupun manusia. Perubahan tersebut akan berdampak buruk bagi kesehatan. Jika dibiarkan begitu saja, air limbah akan berubah warna menjadi coklat dan bau yang tidak sedap. Bau ini menyebabkan masalah pernapasan. Air limbah ini menjadi tidak berguna ketika mengalir ke tanah yang berdekatan dengan sumur. Air limbah ini akan mencemari perairan sekitar jika dibuang ke sungai, dan jika masih digunakan akan menyebarkan penyakit seperti kesemutan, kolera, kolitis, dan penyakit lainnya, terutama yang terkait dengan air yang terkontaminasi dan sanitasi yang buruk (Herlambang, 2002).

#### 4. Fitoremediasi

Fitoremediasi mendapatkan namanya dari kata latin phyto yang berarti tumbuhan dalam istilah Yunani "remidium," yang berarti memusnahkan dalam bahasa latin (Gosh dan Singh, 2005; Varun et al., 2015) jadi dapat didefinisikan bahwa fitoremediasi adalah usaha memperbaiki keadaan ekologis (EPA, 2011). The Environmental Protection Agency (EPA) (2011) mendefinisikan fitoremediasi sebagai "proses pengurangan Melalui rambut akar, kontaminan kimia memasuki tanah. Definisi fitoremediasi serupa diberikan oleh USGS (2011): "penggunaan tanaman untuk mengurangi racun melalui pintu masuk air yang terkontaminasi (proses yang terjadi) menggunakan tumbuhan".

Dari pengertian di atas, maka bisa dipahami bahwa fitoremediasi adalah suatu inovasi cara paling umum untuk menghilangkan, memindahkan, menyeimbangkan atau memusnahkan bahan – bahan beracun, baik campuran alami maupun anorganik di dalam tanah, limbah, danau dengan memanfaatkan tumbuh – tumbuhan. (EPA, 2000).

Karena biayanya yang murah, fitoremediasi menjadi teknologi yang memiliki kelebihan yaitu daya tarik yang sangat tinggi. Jika dibandingkan dengan pendekatan konvensional. Pendekatan ini mampu mengurangi limbah hingga 75% dengan biaya yang lebih murah. Tanaman menjadi fokus utama metode ini karena tumbuhan dapat dengan mudah tumbuh tanpa memerlukan kemampuan khusus, mengurangi paparan terhadap air limbah kimia yang berbahaya, meningkatkan keindahan dan estetika lingkungan lokasi, dan sangat mudah dipantau (EPA, 2001).

Namun dibalik manfaat yang didapat dari strategi fitoremediasi, ternyata juga terdapat beberapa kerugian seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini:

**Tabel II.2 Kelemahan dan Keunggulan Metode Fitoremediasi**

No.	Kelemahan	Keunggulan
1	terbatas pada lokasi yang terkontaminasi dangkal dalam jangkauan akar tanaman remediasi	Dapat menyerap berbagai senyawa organik dan atau organik
2	Memerlukan waktu yang lama (beberapa tahun) untuk mengurangi racun di daerah yang tercemar	Dapat diaplikasikan secara in-situ/ex-situ
3	Terbatas pada daerah dengan konsentrasi rendah	Jika dibandingkan dengan metode konvensional, penerapan in-situ dapat mengurangi jumlah gangguan yang ditimbulkan pada tanah.
4	RCRA mendefinisikan biomassa tanaman yang diperoleh melalui <i>phytoextraction</i> sebagai limbah berbahaya.	Mampu mengurangi limbah dalam jumlah yang besar
5	Bioakumulasi polutan seperti rantai makanan yang terdapat logam berat apabila dimakan oleh konsumen tingkat kedua	Aplikasi in-situ menurunkan sebaran kontaminan yang melalui udara dan air
6	Tergantung pada kondisi iklim	Tidak memerlukan peralatan mahal atau keterampilan operator yang luar biasa.
7	Keanekaragaman hayati dapat terpengaruh ketika spesies yang tidak alami diperkenalkan	Mudah diimplementasikan

8	Perlu diperhatikan konsumsi jaringan tanaman yang terkontaminasi	biaya yang diperlukan lebih murah dibandingkan dengan metode konvensional
9		Tidak berbahaya bagi ekosistem dan menambah keindahan
10		Mudah dimonitor
11		Karena makhluk hidup digunakan, lebih sedikit kerugian dan dampak yang ditimbulkan

Sumber : Nurullah 2018

Proses fitoremediasi terdiri dari enam tahap di mana tanaman memproses bahan pencemar di lingkungan terdekatnya, antara lain:

1. Phytoaccumulation adalah proses tanaman menarik polutan dari media sehingga menumpuk di sekitar rambut akar tanaman.
2. Rhizofiltration adalah proses pengendapan polutan dan dibuat melekat oleh akar.
3. Phytostabilization adalah penempelan bahan pencemar pada rambut akar yang tidak bisa diserap ke dalam batang tanaman. Polutan ini melekat erat pada akar sehingga tidak tergerus oleh aliran air pada media.
4. Aktivitas mikroba di sekitar akar tanaman memecah polutan melalui degradasi rhyzodegradation.
5. Fitodegradasi adalah interaksi yang dilangsungkan oleh tanaman untuk memisahkan kontaminasi yang punya rantai sub-atomik kompleks menjadi zat tidak beracun dengan struktur subatomik yang lebih sederhana dan praktis tanaman yang sebenarnya.
6. Proses dimana zat polutan diubah oleh tanaman menjadi zat yang tidak berbahaya dan dilepaskan ke udara dikenal sebagai fitovolatisasi.

## 5. Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

### a. Klasifikasi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Klasifikasi tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Suku	: Pontederiaceae
Marga	: Eichhornia
Spesies	: <i>Eichhornia crassipes</i>

### b. Deskripsi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

*Eichhornia crassipes* juga dikenal sebagai eceng gondok adalah anggota family *pontederiaceae*. Tumbuhan ini hidup di daerah yang beriklim tropis hingga subtropis. Menurut Gerbono dan Siregar (2005), eceng gondok merupakan salah satu jenis gulma air yang dapat berkembang biak dengan cepat dan beradaptasi dengan perubahan lingkungannya. Daunnya yang berwarna hijau cerah memiliki bentuk bulat dan ujung agak meruncing. Mereka ditutupi lapisan lilin di permukaan. Bentuk ekor daun eceng gondok membengkak karena mengandung rongga udara yang mampu hanyut di dalam air. Akarnya yang berbulu, menggantung, dan panjang menjulur ke dalam air (Don WS, 2000).

Tanaman eceng gondok subur di perairan dangkal berawan dengan suhu antara 28° – 30° derajat celcius dan tingkat pH antara 4 – 12. Di perairan yang dalam dan air jernih tanaman ini sulit berkembang. Melalui proses penguapan, eceng gondok dapat menyerap air dan melepaskannya ke udara.

Eceng gondok menyebar melalui saluran air dan memiliki tingkat pertumbuhan yang cepat. Kolam, sungai, danau, tempat penampungan air dan tempat – tempat rawa adalah beberapa saluran

air tempat eceng gondok dapat bertahan hidup. Eceng gondok dapat beradaptasi dengan variasi aliran air yang ekstrim, tingkat nutrisi, pH (keasaman tanah), suhu, dan ketinggian air. Di daerah dengan kadar nitrogen, potassium, dan fosfat yang tinggi, eceng gondok dapat tumbuh dengan cepat di air yang banyak mengandung unsur hara. Tanaman ini berkembang biak secara vegetatif dengan stolon dan juga secara generatif dengan biji.

Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah tumbuhan air tawar yang memanfaatkan penyerapan nutrisi untuk pertumbuhannya. Di antara beberapa nutrisi, yang tergolong dalam nutrisi organik adalah karbohidrat, lemak, protein, asam amino, tetapi senyawa kimia anorganik seperti air (H<sub>2</sub>O), dan oksigen (O<sub>2</sub>) juga dapat dianggap nutrisi (Frances Sizer dan Ellie, 2007). Eceng gondok menyerap limbah cair, N-nitrat, dan logam karena serapan hara yang berlebihan (Djenar dan Budiastuti, 2008). Eceng Gondok merupakan tanaman air yang mampu memperbaiki kualitas air limbah dan bersifat hiperakumulator (Santoso et al, 2014). Tumbuhan yang disebut hiperakumulator mampu menyerap logam berat hingga 1% dari berat keringnya (Fahrudin, 2010). Sifat Istilah "hiperakumulator" mengacu pada tanaman yang dapat mengekstrak fitokimia dari kanopinya dengan mengakumulasi unsur logam tertentu dalam jumlah tinggi (Chaney, et al, 1995).

**c. Morfologi Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

Tinggi eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berkisar antara 0,4m hingga 0,8m dan memiliki panjang batang hingga 30 cm dengan diameter batang 1 hingga 2,5 cm. daun eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) bisa berdiameter hingga 1,5 cm, lentur, agak bulat, berwarna hijau cerah, dan bersinar di bawah sinar matahari. Eceng gondok memiliki kelopak bunga yang berwarna ungu muda. Setiap bunga memiliki putik dan setiap tangkai dapat menghasilkan 500 biji (Sumarjono, 2009).

Baik secara vegetatif maupun generatif, eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) berkembang biak cukup cepat. Biasanya, stolon digunakan oleh eceng gondok untuk berkembang secara vegetatif. Setiap kali tuna segar terbentuk di ketiak daun, tumbuh, dan akhirnya berubah menjadi tumbuhan baru, proses ini dikenal sebagai perkembangan vegetatif (Surati, 2013). Menurut Lail, (2008) Dalam tujuh hingga sepuluh hari, perbanyak vegetatif dapat berlipat ganda.

Eceng gondok dapat tumbuh dengan subur pada suhu dan intensitas cahaya yang tinggi. Suhu 27°C-30°C adalah suhu ideal untuk perkembangan eceng gondok. pada suhu 28°C-30°C eceng gondok dapat berkembang dengan cepat dengan derajat keasaman (pH) antara 4 – 12 (Aniek, 2003).

**d. Kandungan Senyawa Kimia Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

Kandungan nutrisi eceng gondok dan daya serap tanaman menentukan komposisi kimianya. Eceng gondok merupakan tanaman yang baik karena dapat menyerap senyawa sulfida dan logam berat. Ia juga memiliki lebih 11,5% protein dan lebih banyak selulosa daripada zat non-selulosa seperti lemak, lignin, abu, dan lain – lain.

Menurut Wardini (2008), analisis kimia eceng gondok menghasilkan hasil sebagai berikut:

**Tabel II.3. Kandungan Kimia Eceng Gondok Segar**

Senyawa Kimia	Persentase
Bahan Organik	36,59%
C-organik	21,23%
Nitrogen total	0,28%
P - total	0,0011%
Kalium total	0,016%

## 6. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama proses penguraian bahan organik di perairan. Pengukuran konsentrasi oksigen yang digunakan untuk dekomposisi lebih penting daripada pengukuran oksigen terlarut (Totok Sutrisno, 2004).

Parameter BOD umumnya banyak digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air limbah. Untuk melacak perjalanan polutan dari hulu ke muara, penentuan BOD sangat penting. Pada kenyataannya, perhitungan BOD adalah proses bioassay yang mengukur jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh organisme selama penguraian bahan organik dalam air, dalam kondisi yang sangat mirip dengan yang terlihat di alam (Sawyer & Mc Carty, 1978).

Kadar BOD berdampak pada lingkungan terutama di wilayah perairan. Bakteri aerob memanfaatkan sebagian besar oksigen terlarut di sungai yang menjadi tempat pembuangan bahan organik untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Akibatnya, kadar oksigen terlarut akan turun dengan cepat, yang akan menyebabkan kematian spesies seperti ikan, udang, dan kerang. Ketika kondisi anaerobik terbentuk, maka akan menghasilkan bahan-bahan beracun, seperti  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4$ , dan lain-lain. Selain itu, derajat kesuburan perairan (eutrofikasi) juga

dipengaruhi oleh penambahan komponen lindi nitrogen, fosfor, dan kalium (Sigid dkk, 2004).

Selain berdampak pada lingkungan, tingginya kadar BOD juga berdampak pada kesehatan manusia. Populasi mikroorganisme yang tinggi di suatu perairan biasanya merupakan tanda bahwa tingkat kadar BOD yang tinggi di perairan itu. Mikroorganisme atau mikroba yang biasanya terdeteksi dalam limbah cair domestik dalam jumlah banyak adalah bakteri Coliform, *Escherichia coli* dan *Streptococcus faecalis*. *Salmonella*, fecal coli, coliform, dan fecal streptococcus merupakan bakteri yang dapat dijadikan indikator kualitas air. *E.coli* dapat berbahaya bagi kesehatan jika mencapai sistem pencernaan dalam jumlah besar. Menurut Pelczar & Chan (1998) meskipun Salah satu mikroorganisme usus adalah *E. coli* pernapasan normal, namun sekarang telah terbukti bahwa strain tertentu mampu menyebabkan gastroenteritis sedang hingga berat pada manusia dan hewan.

## **7. Proses Penyerapan Kadar BOD**

Penelitian ini menunjukkan bahwa faktor – faktor yang berkontribusi terhadap penurunan kadar BOD air limbah yang digunakan dalam produksi tahu yaitu karena adanya siklus fitoremediasi pada tumbuhan laut yang diawali dengan interaksi Rhizofiltrasi, yaitu proses penyerapan (adsorpsi) atau paparan pencemaran oleh bagian tumbuhan yaitu akar, kemudian senyawa alami yang terserap akan menyebar ke seluruh bagian tanaman setelah masuk ke batang melalui pembuluh. Bahan organik akan melalui reaksi biologis selama proses ini, menumpuk di batang tanaman sebelum pindah ke daun. (Sriyana, 2006). Akar tumbuhan akan menghasilkan eksudat (isi sel tanaman yang mengalir tidak menentu) Ini akan mendorong perkembangan mikroorganisme dan aktivitas metabolisme rizosfer. Selain itu, fotosintesis tanaman dapat meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam air limbah, memungkinkan mikroba memecah polutan organik. (Nuraini dan Felani, 2015).

Selain itu, ada proses yang dikenal sebagai fitodegradasi di mana senyawa asing alami yang disimpan tanaman melalui akarnya akhirnya terurai karena siklus metabolisme yang terjadi di sana. Setelah fitodegradasi, proses canggih yang disebut fitovolatilisasi berdampak pada penurunan polutan. Setelah mengalami fitodegradasi, polutan diserap oleh tumbuhan melalui proses fitovolatilisasi, dimana polutan tersebut dilepaskan ke lingkungan sebagai uap air. Interaksi ini bekerja dengan sempurna untuk menjaga agar bahan-bahan alami tetap pada tempatnya (Mangkoediharjo, 2010).

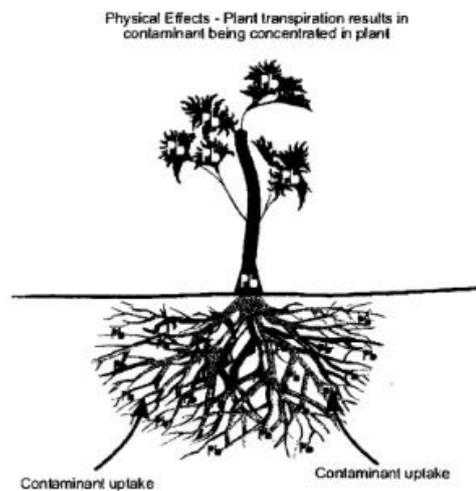
Di sisi lain, dalam proses fitoremediasi, tanaman dan mikroorganisme yang hidup di dalamnya bekerja sama untuk mengurangi polutan dalam limbah. Akibatnya, tanaman memainkan peran penting dalam mengurangi kontaminan limbah. Proses fotosintesis yang menghasilkan produksi oksigen sudah pasti dilakukan oleh tumbuhan. Semakin besar aktivitas fotosintesis tanaman, semakin banyak oksigen terlarut yang ada. Mikroorganisme akan dipaksa untuk memulai penguraian molekul organik yang ada sebagai hasilnya. Plus, bakteri ini akan berkontribusi pada kerusakan sumber daya alam. (Istighfari, 2018).

## **8. Mekanisme Fitoremediasi**

Jenis racun, bioavailabilitasnya, dan karakteristik tanah semuanya memengaruhi cara kerja fitoremediasi dan seberapa efektifnya (Li dkk, 2012). Tumbuhan dapat mendekontaminasi atau merehabilitasi area yang rusak dengan beberapa cara. Tumbuhan dapat menangani kelimpahan polutan di tanah, sedimen, dan air melalui tiga proses berbeda. Ketika fitoremediasi digunakan, masing-masing metode ini akan berpengaruh pada jumlah, mobilitas, atau toksisitas polutan (Ali dkk, 2013; Saier & Trevors, 2010; Wang dkk, 2017).

a. Fitoekstraksi

Fitoekstraksi, juga dikenal sebagai fitoakumulasi atau hiperakumulasi, adalah proses di mana tumbuhan mengambil polutan dari lingkungan dan mengumpulkannya di sekitar umbi-umbian. Kemudian, kontaminan seperti cabang, daun, dan akar tersebar ke seluruh tubuh. Kontaminan anorganik dapat didekontaminasi menggunakan metode ini. Proses dimana polutan diekstraksi oleh tanaman dari lingkungan dikenal sebagai fitoekstraksi dapat dilihat dalam gambar 2.1.



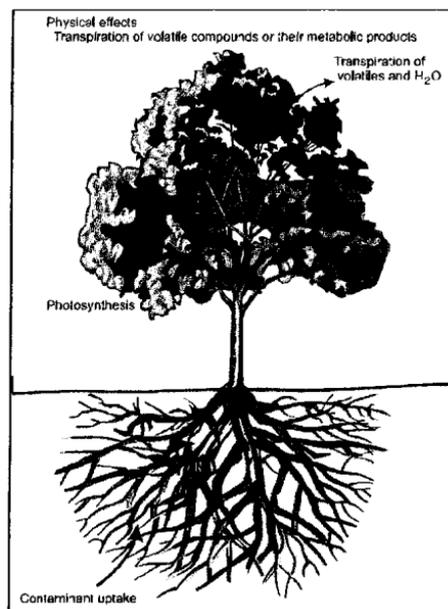
Gambar 2.1 Gambaran Fitoekstraksi

b. Rhizofiltrasi

Rhizofiltrasi adalah proses dimana polutan disimpan atau diserap ke akar tanaman, atau diserap ke dalam akar ketika dilarutkan di dekat zona akar. Setelah bersentuhan dengan akar, racun dalam air akan diserap oleh tanaman, yang selanjutnya dipanen setelah jenuh dengan kontaminan. Larutan tercemar di dekat akar tanaman menyerap ke dalam akar. Rerumputan air seperti cattail dan eceng gondok adalah contoh spesies tumbuhan fungsional.

c. Fitovolatilisasi

Proses di mana polutan tertarik dan ditranspirasikan oleh tanaman hingga larut menjadi larutan yang aman untuk penguapan lanjutan ke atmosfer dikenal sebagai fitovolatilisasi. Sebelum dibuang ke atmosfer, kontaminan mungkin berubah. Untuk polutan yang bersifat organik, prosedur ini cocok. Jumlah kontaminan yang rendah dapat menguap melalui daun dan ke atmosfer. Metode phytovolatilization dijelaskan secara sederhana dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gambaran Fitovolatilisasi

**9. Hubungan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) & Kadar BOD**

Fitoremediasi adalah pemanfaatan vegetasi (tanaman) dan mikroorganisme terkait untuk mengurangi limbah (Hartanti et al., 2013). Tanaman yang digunakan sebagai fitoremediator juga sangat bervariasi yaitu salah satunya eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Dalam penelitian Haerahan Ahmad, Ridhayani Adiningsih, 2019 dengan jurnal yang berjudul Efektivitas Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok Dan Kangkung Air Dalam Menurunkan Kadar BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu

mendapatkan Hasil yang didapat dari penelitian ini Berdasarkan hasil penelitian, tidak ada beda yang signifikan pada konsentrasi TSS limbah cair tahu setelah dan sebelum diolah dengan eceng gondok dan kangkung, namun terdapat perbedaan yang signifikan pada konsentrasi BOD limbah cair tahu setelah dan sebelum diolah. diberi perlakuan dengan tanaman kangkung dan eceng gondok. Air. Eceng gondok (*Eichhornia sp.*) merupakan tanaman yang paling berhasil digunakan dalam teknik fitoremediasi sebagai substrat.

Dalam proses fitoremediasi, tanaman dan mikroorganisme yang hidup di dalamnya bekerja sama untuk mengurangi polutan dalam limbah. Akibatnya, tanaman memainkan peran penting dalam mengurangi kontaminan limbah. Proses fotosintesis yang menghasilkan produksi oksigen sudah pasti dilakukan oleh tumbuhan. Semakin besar aktivitas fotosintesis tanaman, semakin banyak oksigen terlarut yang ada. Mikroorganisme akan dipaksa untuk memulai penguraian molekul organik yang ada sebagai hasilnya. Plus, bakteri ini akan berkontribusi pada kerusakan sumber daya alam (Istighfari, 2018).

## **10. Aklimatisasi**

Aklimatisasi adalah suatu proses penyesuaian fitoremediasi tanaman terhadap iklim umum sebelum akhirnya tanaman dapat hidup pada iklim aslinya dengan perubahan keadaan suhu, lingkungan, temperatur dan lain-lain (Ghiovani, 2017). Hal ini dilakukan untuk mempersiapkan komponen tanaman untuk kelangsungan hidup. Kemampuan tumbuhan beradaptasi dan hidup di lingkungan baru akan ditentukan oleh proses aklimatisasi (Trimanto, 2012). Aklimatisasi adalah fase yang terjadi antara lingkungan *in vitro* dan *ex vitro*, artinya diperlukan perawatan dan faktor lingkungan yang cukup untuk mendorong pertumbuhan tanaman tersebut. Kerangka waktu yang penting adalah periode aklimatisasi.

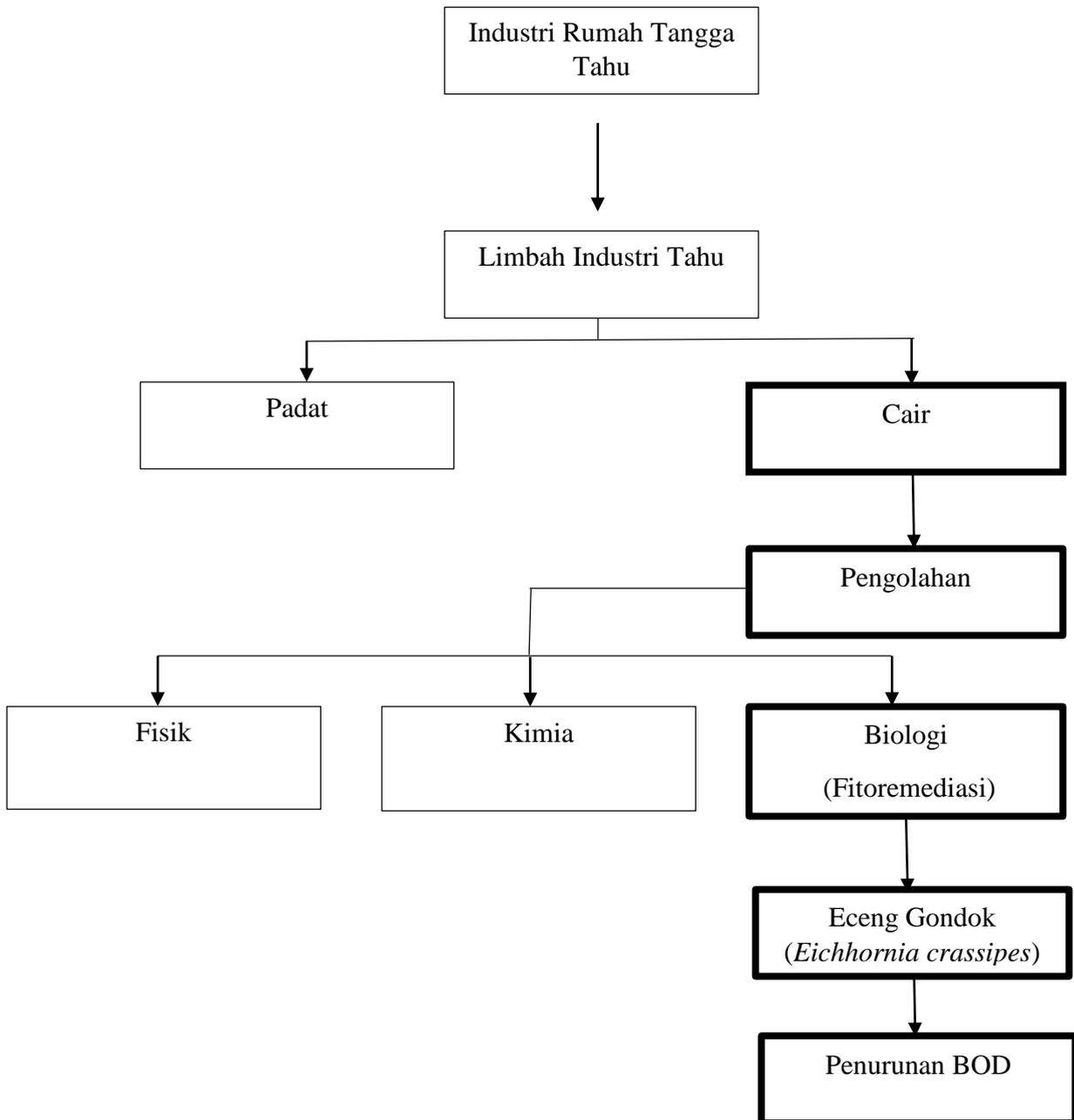
Karena merupakan tahap peralihan dari kondisi baik di ruang tutup atau kultur jaringan di lingkungan dengan pencahayaan yang lebih

intens, maka tahap aklimatisasi menjadi sangat penting. Sehingga, jika siklus aklimatisasi tidak selesai dengan baik, maka tanaman hasil dari pembibitan akan mati. Kondisi tanaman, keadaan ekologis, dan sterilisasi alami dari hama dan penyakit tanaman merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi aklimatisasi (Slamet, 2011).

Kadar oksigen, derajat keasaman (pH), dan suhu lingkungan adalah tiga kondisi yang harus dinilai pada saat proses aklimatisasi dilakukan. Istilah ini dapat digunakan dalam berbagai konteks, salah satunya dalam proses pengembangbiakkan tumbuhan. Dalam konteks prosedur perkembangbiakkan tanaman, aklimatisasi merupakan langkah adaptasi tanaman yang digunakan dalam rangka teknik perbanyakan tanaman agar tanaman dapat bertahan hidup. Biasanya, barang yang terbuat dari kultur jaringan tanaman diproduksi dengan menggunakan metode ini.

### C. Kerangka Teori

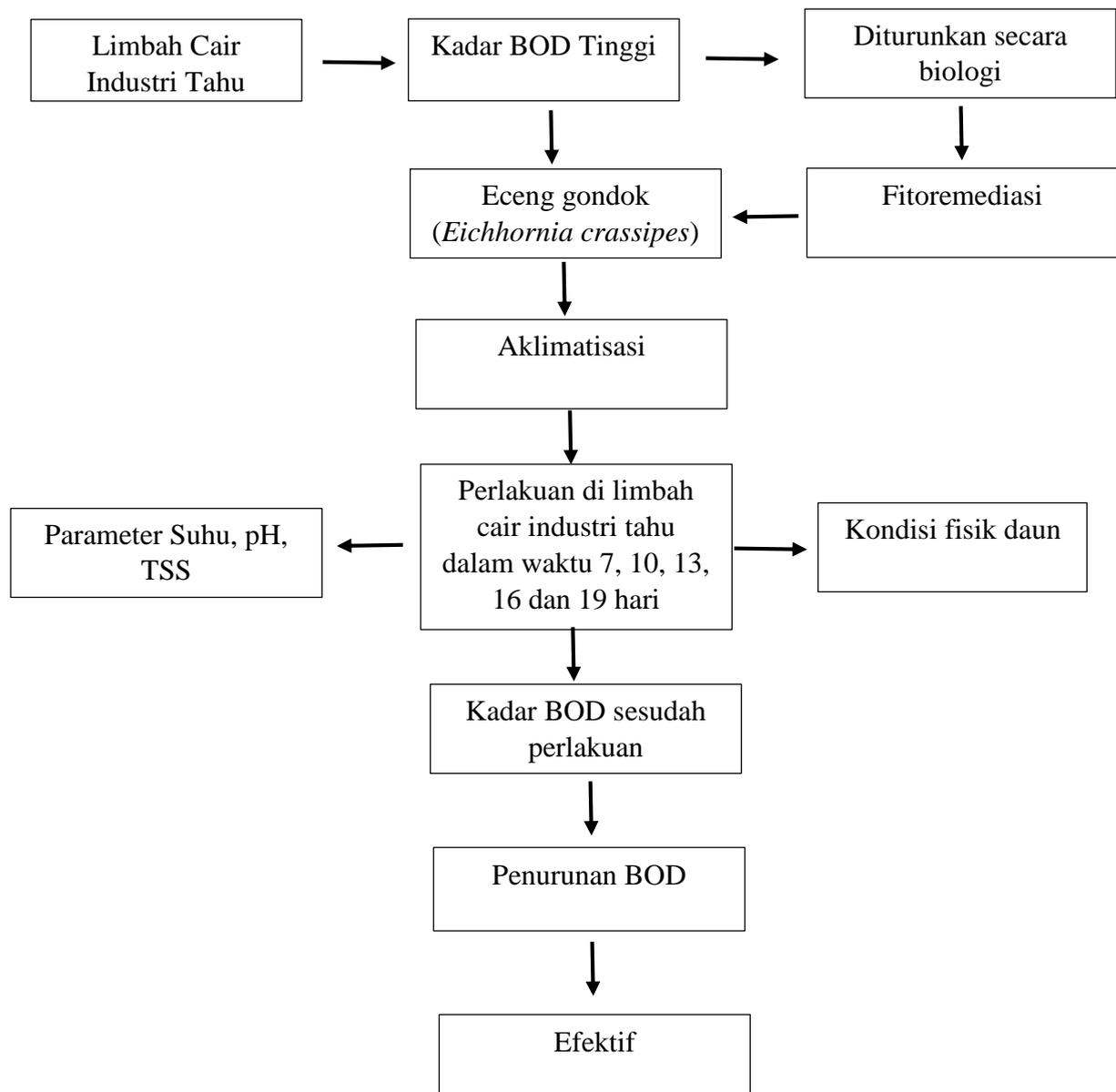
Kerangka teori karya tulis ilmiah judul “Fitoremediasi Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Penurunan BOD Limbah Cair Industri Tahu”, yaitu :



Gambar 2.2 Kerangka Teori

#### D. Kerangka Konsep

Kerangka konsep judul “Fitoremediasi Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) Dalam Penurunan BOD Limbah Cair Industri Tahu” sebagai berikut :



Gambar 2.3 Kerangka Konsep