

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori

1. Limbah Cair Industri Tahu

Industri Pengolahan Tahu merupakan kegiatan yang melakukan pemanfaatan kedelai sebagai bahan baku utama dalam menghasilkan tahu (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Limbah cair merupakan salah satu jenis sampah. Adapun sampah (waste) adalah zat-zat atau benda-benda yang sudah tidak terpakai lagi, baik berasal dari rumah maupun sisa-sisa proses proses industry (Candra & Budiman, 2005) Limbah cair tahu adalah limbah cair yang menimbulkan pencemaran karena mengandung komponen organik yang tinggi (Azzuro, et al., 2010). Limbah cair Industri Tahu memiliki protein dan asam amino yang menyebabkan limbah cair mengandung *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), dan *total suspended solid* (TSS) yang tinggi (Kaswinarni, 2007).

2. Dampak Pencemaran Limbah Industri Tahu

Limbah cair Industri Tahu berasal dari sisa pengolahan kedelai yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu (Nohong, 2010). Limbah tahu terdiri dari dua jenis yaitu: limbah padat dan limbah cair (Kaswinarni, 2007).Limbah padat atau ampas tahu dapat diolah

menjadi oncom atau dimanfaatkan sebagai makanan ternak, limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi untuk mencemari lingkungan (Pohan, 2008).

Dampak pencemaran dari limbah tahu seperti gangguan terhadap kehidupan *biotik*, dan turunnya kualitas air perairan akibat meningkatnya kandungan bahan *organik* (Herlambang, 2002). Industri tahu yang tidak menerapkan sistem pengolahan terhadap air buangan selama kegiatan produksi tahu yang dilakukan berpotensi mencemari perairan sungai, sanitasi lingkungan yang buruk dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti: gatal, diare, kolera, dan radang usus (Kaswinarni, 2007)

3. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Proses pembuatan tahu yang menggunakan air sebagai bahan dalam pengolahannya pasti menimbulkan limbah untuk disetiap prosesnya yaitu limbah cair. Limbah cair tahu dari olahan kedelai termasuk dalam limbah yang biodegradable. Biodegradable adalah limbah atau bahan buangan yang dapat dihancurkan oleh mikroorganisme. Limbah cair tahu yang disebut dadih yang mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan hayati yang akan menghasilkan zat beracun atau sebagai media tempat kuman tumbuh. Limbah akan berwarna coklat dan berbau busuk yang beresiko mengakibatkan gangguan pernafasan. Dan dapat berdampak pencemaran ke sungai apabila limbah cair tahu langsung dialirkan tanpa pengolahan ke sungai yang bisa berakibat timbulnya penyakit gatal, diare, dan mual bagi masyarakat

sekitar sungai (Muhajir, 2013). Sifat-sifat limbah cair tahu antara lain adalah :

- a. Berwarna keruh karena tingginya zat tersuspensi
- b. Bau kecut berasal dari amoniak dan hidrogen sulfida yang merupakan dekomposisi senyawa protein yang ada dalam limbah cair tersebut
- c. pH rendah karena menggunakan cuka dalam proses pembuatan tahu
- d. Mempunyai kandungan organik tinggi

Karakteristik limbah industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia

a. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, bau. Suhu buangan industri tahu berasal dari proses pemasakan kedelai. Suhu limbah cair tahu berkisar 37-45 °C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2.25 Pt.Co, Amonia 3,3-23,5 mg/l (Herlambang, 2002)

b. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik, dan gas. Bahan-bahan organik yang terkandung di dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik di dalam air buangan tersebut berupa 40-60% protein, 25-50% karbohidrat, dan 10% lemak (Said, 2022)

Karakteristik kandungan limbah cair Industri Tahu, adalah sebagai berikut:

a. *Biochemical Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical oxygen demand (BOD) merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut (Metcalf & Eddy, 2003).

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical oxygen demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh oksidator dalam mengoksidasi material organik maupun anorganik (Metcalf & Eddy, 2003).

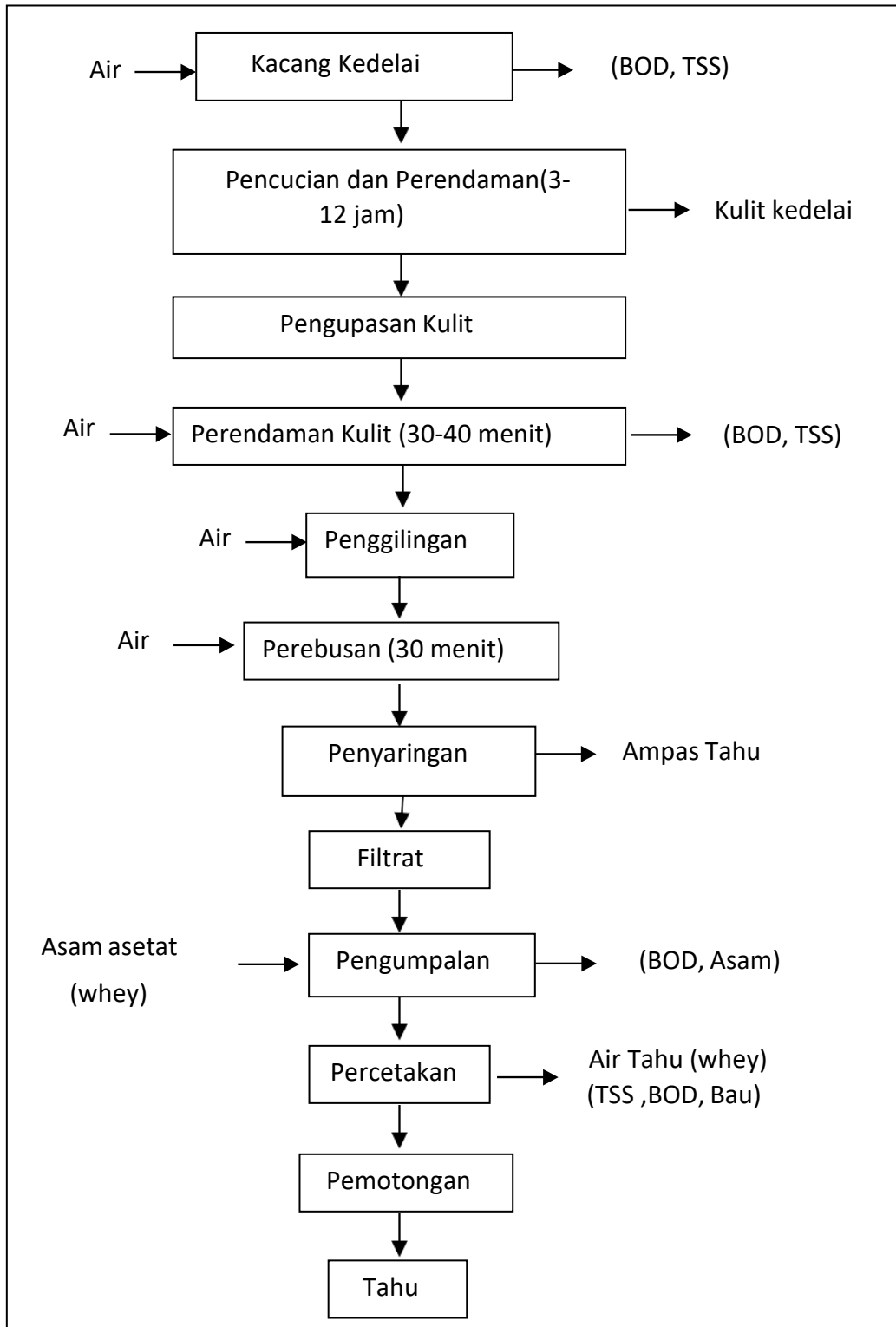
c. *Total Suspended Solid* (TSS)

Total suspended solid (TSS) merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, dan tidak dapat mengendap langsung (Effendi, 2003).

d. Derajat Keasaman (pH)

pH (potential of Hydrogen) merupakan parameter kualitas air yang menunjukkan asam basa suatu larutan berdasarkan jumlah ion hidrogen (H⁺) atau hidroksil (OH⁻). Air limbah industri tahu sifatnya cenderung asam, pada keadaan asam ini akan terlepas zat-zat yang mudah untuk menguap. Hal ini mengakibatkan limbah cair industri tahu mengeluarkan bau busuk. pH sangat berpengaruh dalam proses pengolahan air limbah (Mardika & Rahajoeningroem, 2021).

Berikut diagram alir proses produksi tahu secara rinci dapat dilihat pada gambar di bawah ini, adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi Tahu

(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup, 2006)

4. BOD (Biological Oxygen Demand)

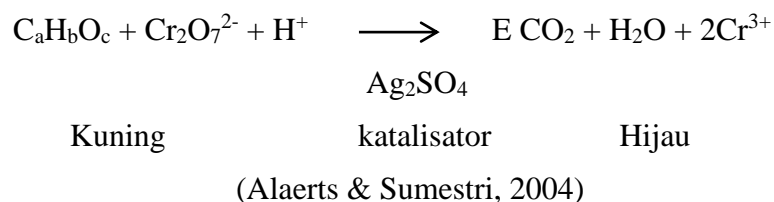
Pengukuran Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah salah satu pengukuran yang paling penting digunakan untuk menentukan kualitas air. BOD juga merupakan parameter untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan zat organik secara biologis di dalam limbah cair. Limbah cair industri tahu mengandung bahan-bahan organik terlarut yang tinggi. Nilai BOD yang tinggi menunjukkan terdapat banyak senyawa organik dalam limbah, sehingga banyak oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik. Nilai BOD yang rendah menunjukkan terjadinya penguraian limbah organik oleh mikroorganisme (Mardika & Rahajoeningroem, 2021).

Berkurangnya oksigen selama oksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Oleh karena itu uji BOD ini tidak dapat digunakan untuk mengukur jumlah bahan-bahan organik yang sebenarnya terdapat di dalam air, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah konsumsi oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut. Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya (Kristanto, 2002). Oksigen yang dikonsumsi dalam uji BOD ini dapat

diketahui dengan menginkubasikan contoh air pada suhu 20°C selama lima hari.

5. COD (Chemical Oxygen Demand)

COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidanya adalah $K_2Cr_2O_7$ atau $KMnO_4$. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih optimum. Perak sulfat (Ag_2SO_4) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air buangan untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi maka zat pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ masih harus tersisa sesudah direfluks.



$K_2Cr_2O_7$ yang tersisa menentukan berapa besar oksigen yang telah terpakai. Sisa $K_2Cr_2O_7$ tersebut ditentukan melalui titrasi dengan Ferro

Ammonium Sulfat (FAS). Reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut.



Indikator ferroin digunakan untuk menentukan titik akhir titrasi yaitu disaat warna hijau biru larutan berubah menjadi coklat merah. Sisa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam larutan blanko adalah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ awal, karena diharapkan blanko tidak mengandung zat organik yang dioksidasi oleh $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Alaerts & Sumestri, 2004).

6. Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu

Baku mutu Air Limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan /jumlah unsur pencemar yang di tenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang meliputi kegiatan industry, pelayanan kesehatan dan jasa pariwisata (Anonim, 2014).

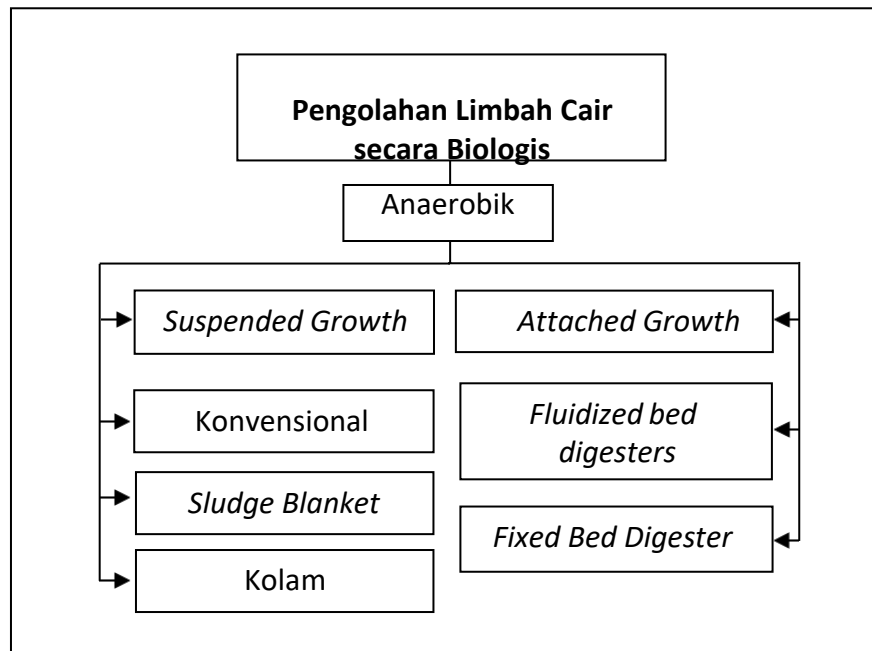
Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta dalam rangka upaya menerapkan Peraturan Pemerintah No 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air maka membuat suatu Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Dimana air limbah untuk industry tahu dapat dialirkan ke badan sungai apabila memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Industri Tahu

Parameter	Kadar paling banyak (mg/l)	Beban pencemaran paling banyak (kg/ton)
BOD5	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
TDS	2000	40
Suhu	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara	
pH	6,0 – 9.0	
Debit Limbah Paling Banyak (m ³ /ton)	20	

7. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu

Pengolahan limbah cair secara umum terbagi tiga metode, yaitu: pengolahan limbah cair secara fisika, kimia, dan biologis. Pengolahan limbah cair industri tahu secara biologis merupakan pengolahan yang melibatkan keberadaan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik yang berada pada sistem pengolahan (Woodard, 2001)



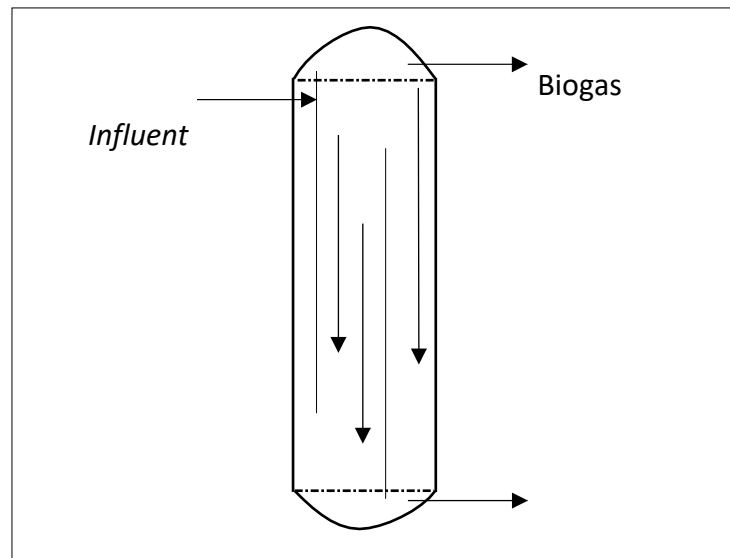
Gambar 2. Klasifikasi Pengolahan Limbah secara Biologis

8. Pengolahan secara *Biofilter*

Pengolahan *biofilter* merupakan reaktor biologis dengan bangun tetap dimana mikroorganisme melekat pada permukaan media yang kaku seperti plastik atau batu (Metcalf, dkk, 2003). Pengolahan *biofilter* dapat dilakukan dalam kondisi anaerobik, aerobik atau gabungan anaerobik-aerobik, proses anaerobik dilakukan tanpa oksigen dalam reaktor dan proses aerobik dilakukan dalam kondisi adanya oksigen terlarut pada reaktor (Said, 2002).

Proses pengolahan sistem *biofilter* mampu mereduksi polutan organik BOD, COD, dan TSS (Said, 2022). Pengolahan *Biofilter fixed bed digester* merupakan sistem pengolahan limbah cair industri tahu yang mengandung bahan berpori tetap, bakteri dilekatkan pada permukaan

media, aliran air limbah pada proses ini dilakukan dengan aliran atas ke bawah (*down flow*) (Woodard, 2001).



Gambar 3. Sistem Pengolahan *Biofilter Fixed-Bed Digester*

Berdasarkan posisi media *biofilter* dalam bioreaktor pertumbuhan melekat terbagi dua, adalah sebagai berikut:

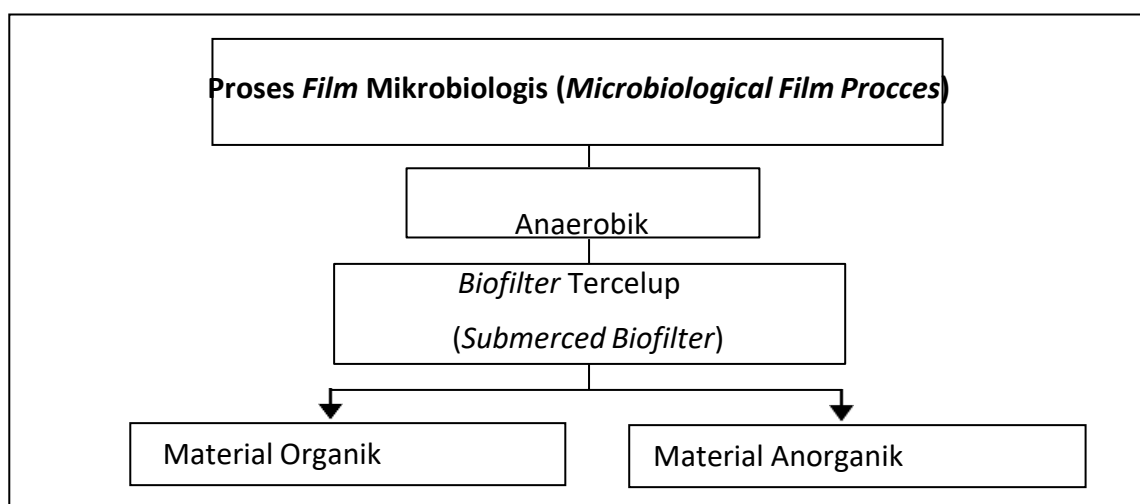
- a. Biakan terendam (*submerged*) merupakan pertumbuhan mikroorganisme yang dilekatkan dengan biakan terendam, media biakan direndam sepenuhnya pada cairan, seperti: *fixed bed digester* (Metcalf & Eddy, 2003)
- b. Biakan tidak terendam (*non submerged*) merupakan proses pertumbuhan mikroorganisme melekat dengan biakan tidak terendam, seperti: *trickling filter* (Metcalf & Eddy, 2003)

8.a. Pembentukan Biofilm pada Biofilter

Biofilm merupakan kumpulan mikroorganisme yang melekat pada permukaan media *biofilter* (Rittmann & McCarty, 2012). Biofilter adalah reaktor yang dikembangkan dengan prinsip mikroba tumbuh dan berkembang pada suatu media filter dan membentuk lapisan biofilm (*attached growth*) (Rakhmawati & Karnaningroem, 2012).

Media *biofilter* terdiri dari bahan material organik dan bahan material anorganik, bahan organik seperti: dalam bentuk jaring, dan bentuk sarang tawon, selain itu bahan anorganik seperti: batu koral, batu kerikil, dan batu marmer (Said, 2022).

Gambar Klasifikasi Pembentukan *Biofilm* pada *Biofilter*



(Sumber: Adibroto, 1997)

Pembentukan *biofilm* pada pengolahan limbah cair industri tahu dilakukan dengan dua cara, adalah sebagai berikut:

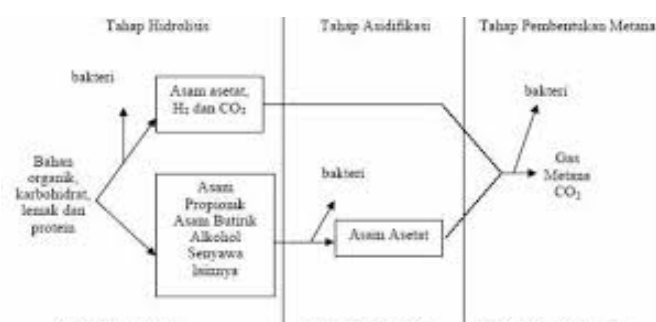
1. *Suspended Growth* adalah proses pertumbuhan mikroorganisme pengurai tumbuh dalam keadaan tersuspensi dalam air limbah, seperti kolam lumpur aktif (*activated sludge*)
2. *Attached Growth* adalah proses pemanfaatan mikroorganisme yang menempel di media sehingga membentuk lapisan *film* yang berfungsi sebagai pengurai zat organik (Woodard, 2001)

8.b. Biodegradasi dengan *Biofilter*

Biodegradasi merupakan suatu proses untuk merehabilitasi lingkungan yang telah tercemar oleh bahan kimia membahayakan dengan menggunakan mikroba menjadi bentuk yang lebih sederhana. Mikroorganisme yang digunakan mampu untuk mendegradasi senyawa polimer alam dan polimer sintetik (Fadlilah & Shovitri, 2014). Biodegradasi pada pengolahan *biofilter* anaerobik dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi substrat dalam kandungan limbah cair menjadi bahan bebas pencemaran (Metcalf & Eddy, 2003). Pengolahan ini mengakibatkan pembentukan biogas dengan konversi biologis anaerob dalam proses biometanasi, dapat dilihat sebagai berikut

Tabel 2. Proses Biometanasi pada *Biofilter*

Proses Biometanasi pada <i>Biofilter</i>	
1.	Transformasi mediator yang dimediasi enzim dari bahan organik yang tidak larut dan senyawa massa molekul yang lebih tinggi (limbah organik, karbohidrat, protein, dan lemak) menjadi bahan organik terlarut atau senyawa yang sesuai sebagai sumber energi dan karbon sel (monosakarida, dan asam amino), tahap ini disebut hidrolisis dan dilakukan oleh anaerob ketat (<i>bactericides</i> , dan <i>clostridia</i>) dan bakteri fakultatif (<i>Streptococci sp.</i>) (Garcia Heras, 2003)
2.	Proses <i>asidogenesis</i> dan <i>asetogenesis</i> , dimana bakteri fermentasi melakukan fermentasi produk yang dihasilkan dari tahap <i>hidrolisis</i> menjadi asam lemak <i>volatil/volatile fatty acid</i> (VFA) (<i>asam propionat</i> , <i>butirat</i>) selanjutnya, bakteri <i>asetogen</i> (<i>asetat hidrogen</i>) mengubah VFA bersama dengan etanol menjadi <i>asam asetat</i> , H ₂ dan CO ₂ , dikenal sebagai <i>asetogenesis</i> (Sreekrishnan, et al., 2004)
	Pembentukan biogas, <i>asam asetat</i> , <i>hidrogen</i> dan <i>karbon dioksida</i> diubah menjadi campuran metana dan <i>karbon dioksida</i> oleh bakteri metanogenik, bakteri metanogenik merupakan bakteri yang dimanfaatkan sebagai pelarut asetat (<i>methanosarcina spp</i> , dan <i>methanothrix spp</i>) pelarut hidrogen dan format (<i>methanobacterium</i> , dan <i>methanococcus</i>) (Khanal, 2011)



Gambar 5. Tahapan Proses Fermentasi Metana

8.c. Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Proses Biofilter

Proses degradasi anaerob pada pengolahan *biofilter* selain mikroorganisme dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, yaitu:

1. pH, Alkalinitas dan Suhu, pengolahan *biofilter* dengan proses anaerobik berlangsung dengan baik pada pH lingkungan mendekati netral, yaitu pada pH 6,6-7,6, bila kurang dari pH 6,6 dapat menghambat aktivitas *metanogenik* dan suhu sebagai faktor dalam penentuan laju degradasi (Rittmann & McCarty, 2012)
2. Waktu retensi (HRT) dilakukan pemantauan dikarenakan parameter ini mempengaruhi proses anaerobik, yang mengindikasikan tersedianya waktu untuk bahan organik terdegradasi (Alvares, 2002)
3. Komposisi dan konsentrasi substrat, konsentrasi substrat mempengaruhi kinerja anaerobik, karena meningkatnya konsentrasi awal bahan organik yang menyebabkan pengurangan tingkat pelepasan COD (Sanchez, et al., 2001)

8.d. Keunggulan dan Kekurangan Pengolahan Biofilter

Pengolahan *biofilter* dalam pengoperasian tergolong sederhana, mudah dan tanpa bahan kimia, proses ini sangat tepat digunakan untuk pengolahan limbah yang tidak terlalu besar kadar pencemarnya (Said, 2022). Menurut Gabriel Bitton (2005) proses *biofilter* anaerobik memiliki keunggulan dan kekurangan dapat dilihat pada tabel di bawah, adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kekurangan dan Kelebihan Pengolahan *Biofilter* Anaerob

No	Kekurangan Pengolahan <i>Biofilter</i> Anaerob	Kelebihan Pengolahan <i>Biofilter</i> Anaerob
1.	Lebih lambat dari proses aerobik.	Proses <i>biofilter</i> anaerobik menggunakan CO ₂ yang tersedia sebagai penerima elektron, tidak memerlukan oksigen dalam proses penguraian limbah, yang akan menambah biaya pengoperasian, proses penguraian anaerobik menghasilkan lumpur lebih sedikit dari proses aerobik, energi yang dihasilkan bakteri anaerobik lebih rendah.

2.	Sensitif oleh senyawa toksik.	Proses anaerobik senyawa <i>xenobiotik</i> dapat terurai (<i>hidrokarbon berklor alifatik, trikloroetilena, triklorometana</i>) dan senyawa alami yang sulit terurai (<i>recalcitrant</i>) seperti lignin, proses anaerobik menghasilkan gas metana, yang mengandung 90% energi dengan nilai kalori 9.000 kkal/m ³ .
----	-------------------------------	---

9. Media Biofilter Batang Pisang

Pisang adalah nama umum yang diberikan pada tumbuhan terna raksasa berdaun besar memanjang dari suku Musaceae. Beberapa jenisnya (*Musa acuminata, M. balbisiana, dan M. paradisiaca*) menghasilkan buah konsumsi yang dinamakan sama. Buah ini tersusun dalam tandan dengan kelompokkelompok tersusun menjari, yang disebut sisir. Hampir semua buah pisang memiliki kulit berwarna kuning ketika matang, meskipun ada beberapa yang berwarna jingga, merah, hijau, ungu, atau bahkan hampir hitam. Buah pisang sebagai bahan pangan merupakan sumber energi (karbohidrat) dan mineral, terutama kalium.

Tumbuhan pisang merupakan tumbuhan tropis yang banyak ditemui dan dibudidayakan. Tumbuhan pisang yang sering ditemui dan banyak dibudidayakan didaerah tersebut adalah pisang dengan jenis

Awak (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*) atau biasa disebut masyarakat setempat sebagai pisang Pulau Pinang. Umumnya pada tanaman pisang, bagian yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat hanyalah buah pisang dan daun pisang, adapun bagian lain dari tanaman pisang seperti batang pisang jarang di manfaatkan.

Batang pisang merupakan salah satu komponen penting pada pohon pisang. Batang pisang atau yang sering disebut gedebog sebenarnya bukan batang melainkan batang semu yang terdiri dari pelepah yang berlapis menjulang menguat dari bawah keatas sehingga dapat menopang daun dan buah pisang. Batang pisang mengandung lebih dari 80% air dan memiliki kandungan selulosa dan glukosa yang tinggi sehingga sering dimanfaatkan masyarakat sebagai pakan ternak dan sebagai media tanam untuk tanaman lain (Castro, et al., 2011).

Batang pisang banyak dimanfaatkan masyarakat, terutama bagian yang mengandung serat. Setelah dikelupas tiap lembar sering dimanfaatkan sebagai pembungkus untuk bibit tanaman sayuran, dan setelah dikeringkan digunakan untuk tali pada pengolahan tembakau, dan dapat pula digunakan untuk kompos. Menurut *Building Material and Technology Promotion Council* (1998), komposisi kimia serat pisang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Komposisi Kimia Serat Batang Pisang

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Lignin	5-10
Selulosa	60-65
Hemiselulosa	6-8
Air	10-15

(sumber : *Building Material and Technology Promotion Council*)



Gambar 6. Pohon Pisang dan Batang Pisang Kering

Batang pisang merupakan salah satu bahan yang berpotensi dan dapat dimanfaatkan menjadi media biofilter. Pengertian dari biofilter sendiri adalah penyaring alami atau media penjernih air yang menggunakan serat alam atau serat tumbuhan sebagai media penyaringnya. Batang pisang memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Penelitian Hidayah, Deviyani, dan Wicakso (2012) menemukan bahwa batang pisang Kepok (*Musa acuminata*) dapat menurunkan kadar zat besi (Fe) dalam air. Kandungan dari batang pisang yang mampu mengikat

logam tersebut diketahui sebagai selulosa. Selulosa sendiri diketahui sebagai bahan yang bersifat menyerap atau absorben (Castro, et al., 2011).

10. Media Biofilter Ijuk (Serat Aren)

Serat Ijuk atau Aren Aren (*Arenga pinnata*, suku *Arecaceae*) adalah palma yang terpenting setelah kelapa (nyiur) karena merupakan tanaman serba guna. Tumbuhan ini dikenal dengan berbagai nama seperti nau, hanau, peluluk, biluluk, kabung, juk atau ijuk (aneka nama lokal di Sumatra dan Semenanjung Malaya); kawung, taren (Sd.); akol, akel, akere, inru, indu (bahasa-bahasa di Sulawesi); moka, moke, tuwa, tuwak (di Nusa Tenggara), dan lain-lain. Serat-serat ijuk yang dihasilkan oleh pohon aren (*Arenga pinnata*) dapat dipanen setelah pohon tersebut berumur 5 tahun dan secara tradisional sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk mencegah serangan rayap.

Kegunaan tersebut didukung oleh sifat ijuk yang elastis, keras, tahan air, dan sulit dicerna oleh organisme perusak. Namun demikian, penelitian efektivitas bahan alami tersebut dalam melindungi kayu-kayu konstruksi dari serangga perusak kayu seperti rayap belum pernah dilakukan. Di samping itu juga dievaluasi kadar air, kerapatan zat, dan gramatur jaringan ijuk dari kedua formasi tersebut hasil penelitian menunjukkan bahwa serat ijuk aren berbeda dengan serat kayu, karena serat ijuk tidak memiliki dinding dan lumen set tetapi merupakan suatu

zat yang utuh (solid). Serat ijuk adalah serat alam istimewa dibandingkan dengan serat alam lainnya. Serat berwarna hitam yang dihasilkan dari pohon aren memiliki banyak keistimewaan diantaranya:

- a. Tahan lama, bahwa serat ijuk aren mampu tahan lama dan tidak mudah terurai.
- b. Tahan terhadap asam dan garam air laut. Serat ijuk merupakan salah satu serat yang tahan terhadap asam dan garam air laut, salah satu bentuk pengolahan 16 dari serat ijuk adalah tali ijuk yang diguna digunakan oleh nenek moyang kita untuk mengikat berbagai peralatan nelayan laut.
- c. Mencegah penembusan rayap tanah. Serat ijuk aren sering digunakan sebagai bahan pembungkus pangkal kayu-kayu bangunan yang ditanam dalam tanah untuk memperlambat pelapukan kayu dan mencegah serangan rayap.



Gambar 7. Serat ijuk

Semua bagian dari pohon ijuk atau aren ini mempunyai berbagai manfaat mulai dari pelepah, daun, pohon, buah sampai akarnya mempunyai manfaat. Seperti halnya daun, ijuk dari pohon enau pun

dipintal menjadi tali. Meski agak kaku, tali ijuk ini cukup kuat, awet dan tahan digunakan di air laut. Ijuk dapat pula digunakan sebagai bahan atap rumah, pembuat sikat dan sapu ijuk. Dari pelepah dan tangkai daunnya, setelah diolah, dihasilkan serat yang kuat dan tahan lama untuk dijadikan benang, tali pancing dan senar gitar Batak. Menurut Rao dan Rao, (2007) serat ijuk aren memiliki sifat-sifat mekanik sebagai berikut:

Tabel 5. Sifat-sifat mekanik serat ijuk aren

Nama Serat	Kadar air (%)	Massa jenis (gr/cm ³)
Serat ijuk	12,08	1,03

Serat ijuk (*Arenga pinata*) merupakan serat alam, untuk proses pembuatan komposit dari serat alam langkah pertama yaitu membersihkan serat dengan perlakuan alkali (NaOH). Tujuan perlakuan alkali untuk menghilangkan kandungan lignin dan kotoran-kotoran lain yang sulit dibersihkan menggunakan air biasa.

11. Metode Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* atau secara langsung di lapangan pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Subroto, 1996). Fitoremediasi didefinisikan juga sebagai penyerap polutan yang dimediasi oleh

tumbuhan termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Rufus Lee Chaney, 1995).

Ada beberapa metode fitoremediasi yang sudah digunakan secara komersial maupun masih dalam taraf riset yaitu metode berlandaskan pada kemampuan mengakumulasi kontaminan (*phytoextraction*) atau pada kemampuan menyerap dan mentranspirasi air dari dalam tanah (*creation of hydraulic barriers*). Kemampuan akar menyerap kontaminan di dalam jaringan (*phytotransformation*) juga digunakan dalam strategi fitoremediasi. Fitoremediasi juga berlandaskan pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulasi aktivitas biodegradasi oleh mikrobia yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*) dan imobilisasi kontaminan di dalam tanah oleh eksudat dari akar (*phytostabilization*) serta kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam dari dalam tanah dalam jumlah besar dan secara ekonomis digunakan untuk meremediasi tanah yang bermasalah (*phytomining*) (Rufus Lee Chaney, 1995).

Jenis tanaman yang sering digunakan untuk lahan basah buatan adalah jenis tanaman air atau tanaman yang tahan hidup di air tergenang (*Submerged plants* atau *amphibiuous plants*). Pada umumnya tanaman air tersebut berdasarkan proses biofilter dapat dibedakan menjadi 3 tipe, berdasarkan area pertumbuhannya didalam air ketiga tipe tanaman air tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tanaman yang mencuat kepermukaan air, merupakan tanaman air yang memiliki sistem perakaran pada tanah di dasar perairan dan daun berada jauh diatas permukaan air.
- b. Tanaman yang mengambang dalam air, merupakan tanaman air yang seluruh tanaman (akar, batang, daun) berada didalam air.
- c. Tanaman yang mengapung di permukaan air, merupakan tanaman air yang akar dan batangnya berada dalam air, sedangkan daun diatas permukaan air (Supradata, 2005)

Menurut Corseuil dan Moreno (2001) mekanisme tumbuhan dalam menghadapi bahan pencemar beracun adalah:

- 1) Penghindaran (*escape*) fenologis. Apabila pengaruh yang terjadi pada tanaman musiman, tanaman dapat menyelesaikan daur hidupnya pada musim yang cocok.
- 2) Eksklusi, yaitu tanaman dapat mengenal ion yang bersifat toksik dan mencegah penyerapan sehingga tidak mengalami keracunan.
- 3) Penanggulangan (ameliorasi). Tanaman mengabsorpsi ion tersebut, tetapi berusaha meminimumkan pengaruhnya. Jenisnya meliputi pembentukan khelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi atau bahkan ekskresi.
- 4) Toleransi. Tanaman dapat mengembangkan sistem metabolit yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik tertentu dengan bantuan enzim.

Secara alami tumbuhan memiliki beberapa keunggulan, yaitu: (i) Beberapa famili tumbuhan memiliki sifat toleran dan hiperakumulator terhadap logam berat, (ii) Banyak jenis tumbuhan dapat merombak polutan, (iii) Pelepasan tumbuhan yang telah dimodifikasi secara genetik ke dalam suatu lingkungan relatif lebih dapat dikontrol dibandingkan dengan mikrobia, (iv) Tumbuhan memberikan nilai estetika, (v) Dengan perakarannya yang dapat mencapai 100 x 10⁶ km akar per ha, tumbuhan dapat menghasilkan energi yang dapat dicurahkan selama proses detoksifikasi polutan, (vi) Asosiasi tumbuhan dengan mikroba memberikan banyak nilai tambah dalam memperbaiki kesuburan tanah (Feller, 2000)

12. Fitoremediasi Enceng Gondok

a) Pengertian dari tanaman enceng Gondok

Tanaman enceng gondok Adalah salah satu jenis tanaman air mengapung Eceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama *Carl Friedrich Philipp von Martius*, seorang ahli *botani* berkebangsaan *Jerman* pada tahun 1824 ketika sedang melakukan ekspedisi di Sungai Amazon Brasil. Eceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai *gulma* yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya.

b) Habitat enceng gondok

Eceng gondok hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut.



Kingdom: *plantae*,
 subkingdom: *Tracheopyta*,
 subdivisi: *Spermatophytina*
 Klad: *monots*
 Ordo: *Commelinales*
 Famili : *Pontederiaceae*
 Genus: *Eichhornia*
 Spesies: *Eichhornia crassipers*

Gambar 8. Tanaman Enceng Gondok *Pontederia crassipers*

Enceng gondok tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai. Tumbuhan ini dapat beradaptasi dengan perubahan yang ekstrem dari ketinggian air, arus air, dan perubahan ketersediaan nutrisi, pH, temperatur dan racun-racun dalam air. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat terutama disebabkan oleh air yang mengandung nutrisi yang tinggi, terutama yang kaya akan *nitrogen*, *fosfat* dan *potasium* (Laporan *FAO*). Kandungan garam dapat menghambat

pertumbuhan eceng gondok seperti yang terjadi pada danau-danau di daerah pantai *Afrika Barat*, di mana eceng gondok akan bertambah sepanjang *musim hujan* dan berkurang saat kandungan garam naik pada *musim kemarau*.

c) Dampak negatif

Akibat-akibat negatif yang ditimbulkan eceng gondok antara lain:

- Meningkatnya *evapotranspirasi* (penguapan dan hilangnya air melalui daun-daun tanaman), karena daun-daunnya yang lebar dan serta pertumbuhannya yang cepat.
- Menurunnya jumlah cahaya yang masuk kedalam perairan sehingga menyebabkan menurunnya tingkat kelarutan oksigen dalam air (DO: *Dissolved Oxygens*).
- Tumbuhan eceng gondok yang sudah mati akan turun ke dasar perairan sehingga mempercepat terjadinya proses pendangkalan.
- Mengganggu lalu lintas (transportasi) air, khususnya bagi masyarakat yang kehidupannya masih tergantung dari sungai seperti di pedalaman Kalimantan dan beberapa daerah lainnya.
- Meningkatnya habitat bagi vektor penyakit pada manusia.
- Menurunkan nilai estetika lingkungan perairan.

d) Penanggulangan dampak dari tanaman enceng gondok

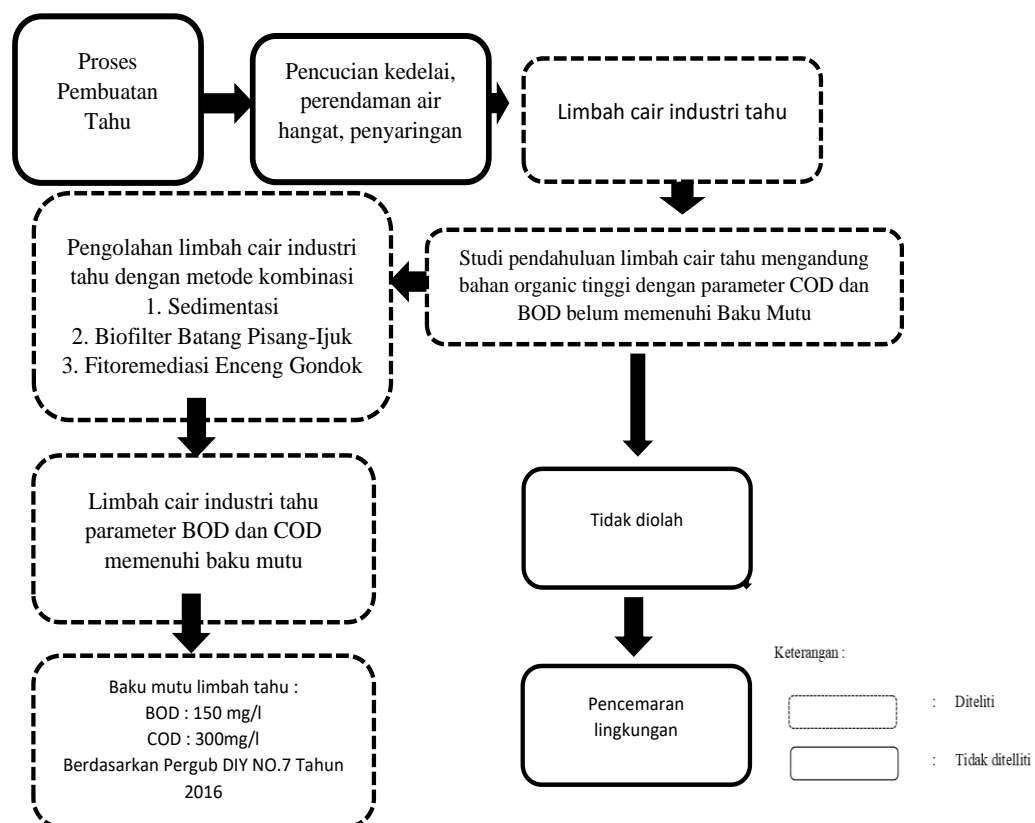
Karena eceng gondok dianggap sebagai gulma yang mengganggu maka berbagai cara dilakukan untuk menanggulangnya. Tindakan-tindakan yang dilakukan untuk mengatasinya antara lain:

- 1) Menggunakan herbisida
 - 2) Mengangkat eceng gondok tersebut secara langsung dari lingkungan perairan
 - 3) Menggunakan predator (hewan sebagai pemakan eceng gondok), salah satunya adalah dengan menggunakan ikan grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) atau ikan koan. Ikan grass carp memakan akar eceng gondok, sehingga keseimbangan gulma di permukaan air hilang, daunnya menyentuh permukaan air sehingga terjadi dekomposisi dan kemudian dimakan ikan. Cara ini pernah dilakukan di danau Kerinci dan berhasil mengatasi eceng gondok di danau tersebut.
 - 4) Memanfaatkan eceng gondok tersebut, misalnya sebagai bahan pembuatan kertas, kompos, biogas, perabotan, kerajinan tangan, sebagai media pertumbuhan bagi jamur merang, dsb.
- e) Manfaat eceng gondok

Walaupun eceng gondok dianggap sebagai gulma di perairan, tetapi sebenarnya ia berperan dalam menangkap polutan logam berat. Rangkaian penelitian seputar kemampuan eceng gondok oleh peneliti Indonesia yang melaporkan dalam waktu 24 jam eceng gondok mampu menyerap logam kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan nikel (Ni), masing-masing sebesar 1,35 mg/g, 1,77 mg/g, dan 1,16 mg/g bila logam itu tak bercampur. Eceng gondok juga menyerap Cd 1,23 mg/g, Hg 1,88 mg/g dan Ni 0,35 mg/g berat

kering apabila logam-logam itu berada dalam keadaan tercampur dengan logam lain. Lubis dan Sofyan (1986) menyimpulkan logam chrom (Cr) dapat diserap oleh eceng gondok secara maksimal pada pH 7. Dalam penelitiannya, logam Cr semula berkadar 15 ppm turun hingga 51,85 persen. Selain dapat menyerap logam berat, eceng gondok dilaporkan juga mampu menyerap residu pestisida. (Stefhany, et al., 2013)

B. Kerangka Konsep Penelitian



Gambar 9. Kerangka Konsep Penelitian

C. Hipotesis

1. Mayor

Ada pengaruh pengolahan limbah cair tahu dengan metode kombinasi sedimentasi, biofilter anaerob, dan fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD dan COD

2. Minor

- a. Ada pengaruh pengolahan limbah cair tahu metode kombinasi sedimentasi, biofilter anaerob (media batang pisang), dan fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD dan COD
- b. Ada pengaruh pengolahan limbah cair tahu metode kombinasi sedimentasi, biofilter anaerob (media ijuk), dan fitoremediasi dalam menurunkan kadar BOD dan COD
- c. Ada perbedaan pengolahan limbah cair tahu metode kombinasi sedimentasi, biofilter anaerob antara media batang pisang dengan ijuk, dan fitoremediasi efektif dalam menurunkan kadar BOD dan COD