

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Air Limbah

##### 1. Definisi

Air limbah adalah air buangan atau kotoran yang merupakan hasil kegiatan rumah tangga, industri maupun buangan lainnya. Air limbah merupakan sisa dari suatu kegiatan yang berwujud cair yang apabila dibuang ke lingkungan dapat menurunkan kualitas lingkungan, sehingga dalam melestarikan lingkungan perlu dilakukan pengelolaan air limbah.<sup>(23)</sup> Air limbah terdiri dari 99,7% air dan 0,3% bahan lain. Bahan lain tersebut adalah bahan organik dan bahan anorganik.<sup>(24)</sup>

Limbah cair merupakan cairan yang dihasilkan dari proses produksi. Limbah cair umumnya ditampung terlebih dahulu kemudian akan mengalami proses pengolahan atau dibuang langsung ke perairan atau badan air. Limbah cair yang langsung ke badan air akan membahayakan karena adanya bahan-bahan berbahaya dan beracun yang tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme. Limbah cair pada dasarnya adalah air yang mengandung banyak polutan. Polutan ini akan menjadikan air tidak digunakan untuk berbagai keperluan.<sup>(7)</sup>

##### 2. Sumber Air Limbah

Sumber air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain limbah rumah tangga, perkotaan, industri.<sup>(25)</sup>

- a. Rumah tangga (*domestic wastes water*), limbah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari penduduk (pemukiman) yang terdiri dari air bekas cucian, air bekas memasak, air bekas mandi. Air limbah rumah tangga sebagian besar mengandung bahan organik.
- b. Perkotaan (*manicipal wasteswater*), air limbah yang berasal dari perkantoran, perdagangan, selokan, dan tempat ibadah.

- c. Industri (*industrial wastes water*), air limbah yang berasal dari berbagai industri akibat proses produksi. Misalnya pabrik tinta, pabrik baja, pabrik cat, pabrik karet, pabrik kopi, dan tepung tapioka.<sup>(26-28)</sup>

### 3. Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair ada 3 yaitu karakteristik fisik, karakteristik kimia, dan karakteristik biologi.<sup>(29)</sup>

#### 1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik limbah cair meliputi:

##### a. Suhu/temperatur

Suhu air limbah lebih tinggi daripada suhu normal air, biasanya dapat mencapai 40-50 °C. Suhu limbah yang tinggi dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air sehingga menyebabkan terjadinya pembusukan.<sup>(25)</sup>

##### b. Warna

Warna limbah cair menunjukkan adanya pencemaran dalam limbah tersebut. Warna air limbah tergantung dari kandungan limbahnya. Munculnya warna disebabkan adanya proses dekomposisi bahan organik.<sup>(30)</sup>

##### c. Bau

Bau air limbah tergantung pada sumbernya. Bau disebabkan oleh penguraian zat organik dalam limbah, bahan-bahan kimia, plankton atau tumbuhan dan hewan air baik yang masih hidup maupun yang sudah mati.<sup>(30)</sup> Air limbah mempunyai bau seperti sulfur, sabun, atau lemak.<sup>(31)</sup>

##### d. TSS (*Total Suspended Solids*)

*Total suspended solids* atau padatan tersuspensi total adalah jumlah padatan yang akan mengendap dalam waktu tertentu atau padatan yang menyebabkan kekeruhan dan tidak dapat mengendap langsung.

e. TDS (*Total Dissolved Solids*)

*Total dissolved solids* atau padatan terlarut adalah padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada padatan tersuspensi. Padatan terlarut terdiri dari senyawa organik maupun anorganik antara lain kalsium, magnesium, natrium, kalium, karbonat, sulfat, dan klorida.<sup>(30)</sup>

2. Karakteristik Kimia

Parameter kimia limbah cair antara lain pH, BOD, COD, DO.

a. pH

pH atau derajat keasaman adalah ukuran yang menentukan kadar asam atau basa suatu larutan. Limbah dengan nilai pH=7 berarti kondisi limbah bersifat netral, pH kurang dari 7 bersifat asam, sedangkan pH lebih dari 7 bersifat basa.<sup>(32)</sup> pH mempunyai pengaruh terhadap tumbuhan dan hewan air, di mana sering digunakan untuk menentukan baik buruknya keadaan air.<sup>(33)</sup> Air yang memiliki nilai pH lebih kecil atau lebih besar dari kisaran nilai pH normal tidak cocok untuk kehidupan mikroorganisme.<sup>(34)</sup>

b. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengurai bahan organik dalam limbah. Zat organik dalam limbah terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, belerang dan lain-lain yang cenderung menyerap oksigen. Hal tersebut menyebabkan kadar oksigen dalam air limbah berkurang, keruh dan berbau. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk merancang sistem pengolahan biologi air. Proses penguraian yang baik pada suhu 20°C dan waktu 5 hari.<sup>(35)</sup>

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk dekomposisi kimiawi. COD merupakan penentuan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1

liter sampel air di mana pengoksidasi  $K_2Cr_2O_7$  digunakan sebagai sumber oksigen.<sup>(36)</sup> Uji COD merupakan uji kimia yang membutuhkan waktu lebih cepat dibandingkan uji BOD. Hasil analisis COD tidak dipengaruhi oleh aktivitas bakteri.<sup>(7)</sup>

d. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO atau oksigen terlarut adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari hasil fotosintesis tanaman air dan udara. Oksigen dibutuhkan untuk oksidasi bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. DO juga dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang akan menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan.<sup>(37)</sup> Jika kebutuhan oksigen menipis, maka makhluk hidup dalam air akan mati. Tingkat kadar DO bisa berfluktuasi sepanjang hari dan dipengaruhi oleh perubahan suhu air, laju fotosintesis, intensitas cahaya dan konsentrasi bahan organik.<sup>(38)</sup>

3. Karakteristik Biologi

Pemeriksaan biologis dalam air limbah dimaksudkan untuk mengidentifikasi apakah ada bakteri-bakteri patogen berada di dalam air limbah. Parameter biologi ini menjadi dasar untuk mengontrol timbulnya penyakit yang dikarenakan organisme patogen. Bakteri patogen yang terdapat dalam air limbah biasanya termasuk golongan *E.coli*.<sup>(25)</sup>

**B. Limbah Cair Industri Tahu**

1. Definisi

Limbah tahu adalah limbah yang berasal dari hasil buangan pengolahan kedelai menjadi tahu yang dibuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi. Limbah tahu terdiri atas dua jenis limbah yaitu limbah padat dan limbah cair.<sup>(39)</sup> Limbah cair industri tahu merupakan limbah hasil dari pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu.<sup>(2)</sup> Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan suspensi atau terlarut yang akan

mengalami perubahan fisik dan kimia yang menghasilkan senyawa atau zat beracun bagi mikroorganisme penyebab penyakit.<sup>(39)</sup>

## 2. Sumber Limbah Cair Industri Tahu

Limbah tahu pada umumnya dibagi menjadi 2 bentuk limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat tahu berupa kotoran hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai) dan ampas tahu atau sisa saringan bubur kedelai. Limbah cair tahu dihasilkan dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian alat proses produksi tahu, penyaringan, dan pengepresan tahu. Limbah cair tahu sebagian besar adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih (*whey*). Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan mudah terurai. Limbah ini apabila dibuang langsung ke lingkungan akan menghasilkan bau busuk dan dapat mencemari lingkungan.<sup>(2, 40)</sup>

## 3. Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

Limbah cair industri tahu merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Karakteristik air buangan limbah tahu meliputi karakteristik fisika dan karakteristik kimia. Karakteristik fisika antara lain padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia antara lain bahan organik, anorganik, dan gas.<sup>(2)</sup> Suhu air limbah tahu berkisar antara 37-45°C, kekeruhan 535-585 FTU, warna 2.225-2250 Pt.Co, amonia 23,3-23,5 mg/L, BOD<sub>5</sub> 6.000-8.000 mg/L, dan COD 7.500-14.000 mg/L.<sup>(40)</sup>

Proses produksi tahu selain bahan baku utamanya kedelai, digunakan juga air dengan volume cukup besar. Sebagian besar air dalam proses produksi tahu sisanya akan keluar sebagai limbah cair tahu. Karakteristik umum limbah cair industri tahu sebagai berikut:<sup>(41)</sup>

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	BOD <sub>5</sub>	mg/L	3.500±900
2.	COD total	mg/L	7.300±1.700
3.	COD terlarut	mg/L	5.600±1.800
4.	TSS	mg/L	500±250
5.	pH	-	5,7±0,9

#### 4. Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

Air limbah adalah air kotor yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman penduduk, perkantoran, rumah makan dan lain-lain yang berwujud cair. Air limbah yang dibuang ke lingkungan harus memenuhi standar baku mutu air limbah. Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang ke air permukaan atau badan air. Berdasarkan lampiran Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, seperti tabel berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu<sup>(42)</sup>

Parameter	Satuan	Kadar Paling Tinggi	Beban (Kg/ton)
BOD	mg/L	150	3
COD	mg/L	300	6
TSS	mg/L	200	4
pH	-	6-9	-
Kuantitas air limbah paling tinggi (m <sup>3</sup> /ton)	-	20	-

#### 5. Dampak Limbah Cair Industri Tahu

Dampak yang ditimbulkan oleh pencemaran bahan organik limbah cair tahu adalah gangguan terhadap kehidupan biotik yang disebabkan



oleh meningkatnya kandungan bahan organik. Proses metabolisme oksigen banyak dikonsumsi, sehingga apabila bahan organik dalam air sedikit, maka oksigen yang hilang dalam air akan segera diganti oleh oksigen hasil fotosintesis dan reaerasi dari udara. Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi dan terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau media tumbuhnya kuman penyakit yang merugikan baik pada produk tahu ataupun tubuh manusia. Apabila limbah ini langsung dibuang ke lingkungan akan menimbulkan pencemaran dan gangguan kesehatan yaitu penyakit gatal, diare, kolera, radang usus, dan penyakit lainnya.<sup>(2)</sup>

## C. BOD

### 1. Definisi

BOD atau *Biological Oxygen Demands* adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengurai bahan organik dalam air limbah. BOD merupakan parameter pengukuran yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dan tersuspensi dalam kondisi aerobik.<sup>(43)</sup> Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi antara lain karbohidrat, protein, dan lemak. Bahan organik yang tidak mudah terurai umumnya berasal dari limbah pertanian, pertambangan, dan industri.<sup>(44)</sup>

### 2. Penyebab

BOD adalah tingkat permintaan oksigen oleh mikroorganisme air. Jumlah mikroorganisme dalam air lingkungan tergantung pada tingkat kebersihan air. Air bersih relatif mengandung mikroorganisme lebih sedikit dibandingkan air yang tercemar. Air yang telah tercemar oleh bahan buangan yang bersifat racun, seperti detergen, insektisida, fenol dan sebagainya jumlah mikroorganismenya juga relatif sedikit. Sehingga makin tinggi kadar BOD maka indikasi air tercemar semakin besar atau semakin rendah kualitas air. Pencemaran air merupakan peristiwa

masuknya zat, unsur atau komponen lainnya di dalam air sehingga kualitas air terganggu yang ditandai dengan adanya bau, rasa dan warna pada air.<sup>(8)</sup>

### 3. Akibat

Kadar BOD berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah yaitu 150 mg/L. Kadar BOD yang tinggi dapat menurunkan kadar DO (*Dissolved Oxygen*) sehingga proses aerob pada limbah tidak dapat berlangsung.<sup>(6, 7)</sup> Mikroorganisme yang kekurangan oksigen akan mati karena tidak dapat mengurai zat organik di dalam limbah.<sup>(8)</sup>

### 4. Ciri Fisik Air dengan BOD Tinggi

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk memecah bahan organik dalam air. Kadar BOD dalam air limbah tinggi akan menimbulkan bau yang tidak sedap karena pemecahan sampah organik berlangsung secara anaerob, kualitas badan air akan menurun dan organisme di air mati.<sup>(9)</sup>

### 5. Upaya Untuk Menurunkan BOD

Upaya untuk menurunkan BOD limbah cair industri yaitu dengan pengolahan. Metode pengolahan limbah cair industri tahu yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai BOD antara lain aerasi, biofilter, sistem wetland, dan fitoremediasi.<sup>(10-13)</sup> Pengolahan limbah tersebut mempunyai beberapa kelemahan yaitu membutuhkan lahan yang luas, energi yang besar, jika konsentrasi pencemar tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman, dan proses penguraian bahan organik oleh bakteri kurang aktif.<sup>(12, 14, 15)</sup> Pengolahan limbah dengan fitoremediasi dapat mengurangi zat pencemar organik, fosfat, amonia, dan nitrit.<sup>(6, 20)</sup> Pengolahan ini mudah dilakukan, murah, dan cara paling aman bagi lingkungan karena memanfaatkan tumbuhan.

### 6. Pemeriksaan BOD

BOD merupakan parameter yang banyak digunakan untuk menilai polusi organik dalam air. Pengujian BOD<sub>5</sub> adalah pengujian standar yang memberikan informasi mengenai bahan organik air limbah melalui proses



oksidasi biologi secara dekomposisi dalam waktu lima hari. Jumlah oksigen yang dikonsumsi dalam sampel dengan jangka waktu lima hari diukur dalam kondisi yang terkontrol dan terstandarisasi yaitu pada temperatur 20 °C.<sup>(45)</sup> Uji BOD menjadi standar dalam penentuan kualitas limbah cair yang akan dibuang ke badan air atau lingkungan.

Pemeriksaan BOD disebut sebagai suatu prosedur oksidasi dimana organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan bahan organik menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Pengukuran BOD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi Winkler.<sup>(37, 46)</sup> Pada prinsipnya pengukuran BOD terdiri dari pengenceran sampel, inkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C, dan pengukuran oksigen terlarut sebelum dan sesudah inkubasi atau yang biasa disebut DO<sub>0</sub> dan DO<sub>5</sub>. Larutan pengencer yang digunakan dalam pengukuran oksigen terlarut adalah buffer fosfat, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>. Selisih DO<sub>0</sub> dan DO<sub>5</sub> merupakan nilai BOD yang dinyatakan dalam mg/L.<sup>(44, 46)</sup>

Pemeriksaan kadar BOD dilakukan sesuai dengan metode analisis SNI 6989 72 2009 yaitu sebagai berikut:<sup>(47)</sup>

- 1) 2 buah botol DO disiapkan, diberi tanda pada masing-masing botol dengan notasi A<sub>1</sub>;A<sub>2</sub>
- 2) Larutan uji dimasukkan ke dalam masing-masing botol secara hati-hati untuk menghindari terbentuknya gelembung udara
- 3) Dilakukan pengocokan beberapa kali, kemudian ditambahkan air bebas mineral pada sekitar mulut botol DO yang telah ditutup
- 4) Botol A<sub>2</sub> disimpan dalam lemari inkubator 20°C ± 1°C selama 5 hari
- 5) Dilakukan pengukuran oksigen terlarut terhadap larutan dalam botol A<sub>1</sub> dengan alat DO meter yang terkalibrasi atau dengan metode titrasi secara iodometri. Hasil pengukuran, merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (A<sub>1</sub>). Pengukuran oksigen terlarut pada nol hari harus dilakukan paling lama 30 menit setelah pengenceran.

- 6) Pemeriksaan diulangi untuk botol A<sub>2</sub> yang telah diinkubasi 5 hari ± 6 jam. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut 5 hari (A<sub>2</sub>).
- 7) Dilakukan pemeriksaan langkah 1-6 untuk pemeriksaan blanko. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (B<sub>1</sub>) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (B<sub>2</sub>)
- 8) Dilakukan pemeriksaan langkah 1-6 untuk pemeriksaan kontrol. Hasil pengukuran yang diperoleh merupakan nilai oksigen terlarut nol hari (C<sub>1</sub>) dan nilai oksigen terlarut 5 hari (C<sub>2</sub>)

Pengukuran BOD penting dilakukan karena beberapa alasan, yaitu:<sup>(48)</sup>

- a. Untuk mengetahui perkiraan jumlah oksigen yang diperlukan untuk menstabilkan bahan organik yang ada secara biologi.
  - b. Untuk mengetahui ukuran fasilitas unit pengolahan limbah.
  - c. Untuk mengukur efisiensi suatu proses perlakuan dalam pengolahan limbah.
  - d. Untuk mengetahui kesesuaiannya dengan batasan atau standar yang diperbolehkan bagi pembuangan air limbah.
7. Faktor yang Mempengaruhi Nilai BOD

Nilai BOD menunjukkan jumlah bahan organik yang terdegradasi secara biologis dan oksigen digunakan untuk mengoksidasi bahan anorganik seperti sulfida dan besi.<sup>(7)</sup> Nilai BOD merupakan ukuran konsentrasi bahan organik biodegradable atau ukuran makanan untuk mikroorganisme alami. Mikroorganisme alami mulai berkembangbiak pada tingkat eksponensial, sehingga mengurangi DO di dalam air.<sup>(49)</sup>

Faktor yang mempengaruhi nilai BOD antara lain:<sup>(50)</sup>

- a. Waktu Pengambilan Sampel

Kualitas air yang berubah terus menerus perlu dipertimbangkan dalam menentukan waktu pengambilan sampel. Pengambilan air dilakukan pada waktu tertentu dan periode yang tetap sehingga data yang digunakan dapat untuk mengevaluasi perubahan kualitas air, tetapi

kualitas air pada waktu tersebut tidak menggambarkan kualitas air pada saat yang lainnya.

b. Titik Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel ditetapkan karena untuk mengetahui perubahan kualitas air akibat aktivitas lingkungan sekitarnya. Penentuan titik pengambilan sampel air dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan contoh air yang andal. Sampel air yang andal adalah contoh air yang mewakili keadaan kualitas sumber air tersebut.

c. Waktu Pengamatan

Waktu pengamatan yang kurang tepat saat dilakukannya titrasi akan mempengaruhi perhitungan oksigen terlarut dalam air, sehingga akan mempengaruhi nilai BOD.

#### D. Fitoremediasi

1. Definisi

Fitoremediasi didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan, mikroorganisme untuk menghancurkan, inaktivasi, meminimalisasi dan memindahkan bahan pencemar baik senyawa organik maupun anorganik.<sup>(51, 52)</sup> Fitoremediasi terdiri dari kata *phyto* dan *remediation*. *Phyto* berasal dari kata Yunani “*phyton*” yang berarti tumbuhan/tanaman (*plant*), dan *remediation* berasal dari kata latin *remediare* (*to remedy*) yaitu memperbaiki/menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan sistem dimana tanaman tertentu yang bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media dapat mengubah polutan menjadi berkurang atau ke bentuk yang tidak berbahaya.<sup>(53)</sup>

Keuntungan fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan biaya murah, teknologi ramah lingkungan, dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar. Kerugian fitoremediasi adalah prosesnya memerlukan waktu yang lama, bergantung pada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan

biomassa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem.<sup>(54)</sup>

## 2. Proses Fitoremediasi

Proses fitoremediasi berlangsung secara alami dengan enam tahap proses yang dilakukan tumbuhan terhadap zat pencemar yang berada di sekitarnya, antara lain:<sup>(55)</sup>

- a. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*, yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan.
- b. *Rhizofiltration (rhizo=akar)*, yaitu fitoremediasi terjadi karena proses adsorpsi, pemekatan dan pengakumulasi polutan di daerah akar tanaman. Kontaminan dapat berupa zat organik maupun anorganik.<sup>(56, 57)</sup>
- c. *Phytostabilisasi (phytostabilization)*, yaitu proses remediasi atau penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar dikarenakan adanya penurunan mobilitas polutan melalui pembentukan senyawa yang lebih kompleks namun mudah untuk diadsorpsi oleh tumbuhan di daerah rizosfer.<sup>(55, 57)</sup>
- d. *Phytotransformation* atau *Phytodegradation*, yaitu proses remediasi yang disebabkan terjadinya perubahan molekul organik yang kompleks menjadi molekul sederhana atau tumbuhan mengubah bentuk polutan menjadi tidak berbahaya.<sup>(56, 57)</sup>
- e. *Phytovolatilization*, yaitu proses ini terjadi ketika tumbuhan menyerap kontaminan dan melepaskannya ke udara lewat daun, dan dapat pula senyawa kontaminan mengalami degradasi sebelum dilepas lewat daun.
- f. *Rhizodegradation*, yaitu proses remediasi polutan atau penguraian zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan.

### 3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Fitoremediasi

#### a. Suhu

Suhu lingkungan yang semakin tinggi maka akan meningkatkan proses fotosintesis tanaman. Hal ini menyebabkan kemampuan penyerapan tanaman semakin meningkat. Suhu optimal bagi tumbuhan yaitu pada kisaran 25-35 °C.<sup>(18)</sup>

#### b. pH

pH atau derajat keasaman merupakan ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan. Nilai pH berpengaruh pada pertumbuhan tanaman karena apabila nilai pH rendah pertumbuhan tanaman akan terhambat. pH optimal untuk pertumbuhan tanaman adalah 5-8.<sup>(18)</sup>

#### c. Umur Tanaman

Umur tanaman yang semakin tua maka akan semakin tinggi polutan yang akan diserap. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa tanaman eceng gondok muda dan tua yang lebih efektif dalam menyerap polutan yaitu menggunakan eceng gondok tua.<sup>(58)</sup>

#### d. Waktu Tinggal

Waktu penyerapan yang semakin lama, maka semakin besar polutan yang akan diserap oleh tumbuhan air. Berdasarkan penelitian sebelumnya penyerapan polutan oleh tanaman eceng gondok yang paling efektif adalah pada hari ke-5.<sup>(59)</sup>

#### e. Jenis Tanaman

Tanaman air yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi yaitu eceng gondok, kangkung air, kayu apu, dan kiambang.<sup>(60)</sup> Dipilihnya tanaman Kiambang dalam penelitian ini karena tanaman Kiambang merupakan salah satu tanaman fitoremediator yang baik dalam meremediasi limbah organik, anorganik dan logam berat non esensial seperti Kadmium (Cd), dan Kromium (Cr).<sup>(17, 18)</sup> Tanaman Kiambang ini mudah didapatkan dan mampu tumbuh pada lingkungan yang tercemar dan perairan dengan kadar nutrisi yang rendah.<sup>(21)</sup>

## E. Tanaman Kiambang

### 1. Klasifikasi Tanaman Kiambang

Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) merupakan tanaman remediator yang sangat baik dalam meremediasi limbah organik maupun anorganik karena memiliki sifat hiperakumulator yang tinggi. Pertumbuhan *Salvinia molesta* tergolong cepat, pada kondisi normal jumlah dan biomassa berlipat ganda dalam waktu kurang lebih 3 hari. Tanaman Kiambang biasa ditemukan mengapung di air menggenang seperti sawah, danau, kolam, dan sungai yang mengalir tenang. Klasifikasi dan identifikasi tanaman Kiambang sebagai berikut:<sup>(18)</sup>

Kingdom : Plantae (tumbuhan)  
Sub Kingdom : Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)  
Divisi : Pteridophyta (tumbuhan paku)  
Kelas : Filicopsida  
Ordo : Hydropteridales  
Famili : Salviniaceae  
Genus : *Salvinia Seguiet*  
Spesies : *Salvinia molesta* Mitchell

### 2. Morfologi Tanaman Kiambang

Kiambang memiliki akar, batang, dan daun. Batang bercabang tumbuh mendatar, berbuku-buku, ditumbuhi bulu, dan panjangnya dapat mencapai 30 cm. Pada setiap buku terdapat sepasang daun yang mengapung dan sebuah daun yang tenggelam.<sup>(61)</sup> Daun yang menggantung berbentuk oval, alterna dengan panjang tidak lebih dari 3 cm, tangkai pendek ditutupi banyak bulu, dan berwarna hijau. Daun yang tenggelam menggantung mempunyai panjang mencapai 8 cm, terbagi-bagi, dan berbulu halus. Sepintas bentuknya mirip akar, akan tetapi sebenarnya daun yang berubah bentuk dan mempunyai fungsi sebagai akar.<sup>(62)</sup> Laju pertumbuhan optimum tanaman Kiambang adalah pada pH 5-8. Kiambang memiliki tingkat pertumbuhan yang relatif tinggi. Pertumbuhan daun pada kondisi normal dapat menjadi dua kali lipat dalam waktu 2-3 hari.<sup>(61)</sup>





Gambar 2.1 Kiambang (*Salvinia molesta*)

### 3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Pertumbuhan Kiambang

Pertumbuhan Kiambang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain suhu, pH, cahaya, dan ruang tumbuh.<sup>(18)</sup>

#### a. Suhu

Pertumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*) optimum pada suhu 30 °C. Pada kondisi ini Kiambang akan melipatgandakan dirinya dalam waktu satu minggu. Jika suhu terlalu rendah atau terlalu tinggi (<-3 °C atau >43 °C) Kiambang tidak mampu tumbuh dengan optimal.

#### b. pH

pH (derajat keasaman) merupakan ukuran keasaman atau kebasahan yang dimiliki oleh suatu perairan. pH pertumbuhan Kiambang optimum adalah pada kisaran 5-8, karena pada pH tersebut Kiambang dapat menghasilkan jumlah biomassa yang sangat besar. Apabila pH kurang atau lebih tinggi maka pertumbuhan tanaman akan terhambat.

#### c. Cahaya

Pertumbuhan Kiambang pada kondisi cahaya yang tinggi akan meningkat dengan kenaikan suhu hingga sekitar 30 °C. Pengaruh cahaya dan suhu yang signifikan akan terlihat pada perubahan tingkat pertumbuhan dan produksi biomassa tanaman Kiambang.

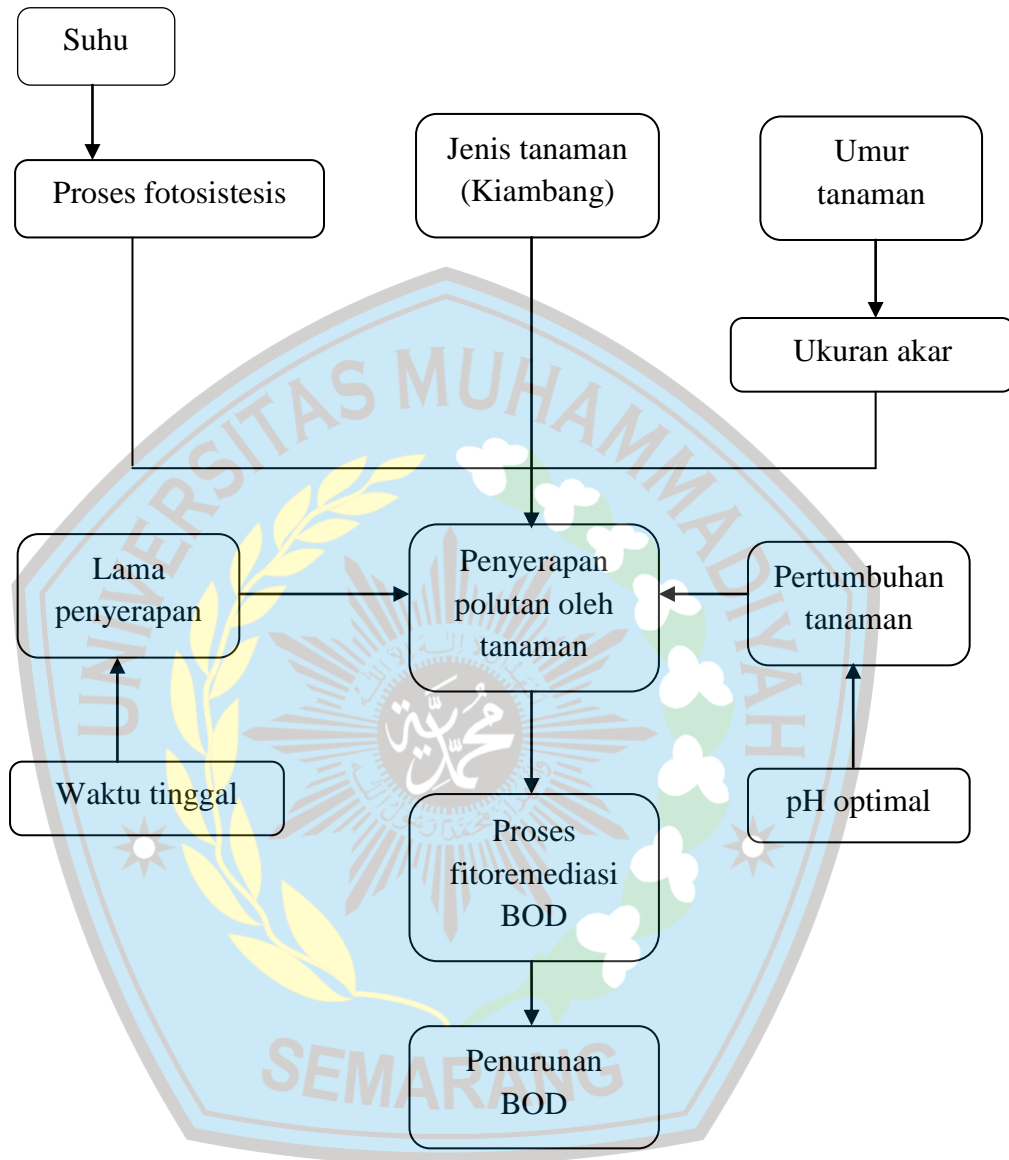
#### d. Ruang Tumbuh

Ruang tumbuh sangat penting dalam pertumbuhan tanaman Kiambang. Semakin sempit ruang tumbuh tanaman maka pertumbuhannya akan makin lambat dan sebaliknya.<sup>(63)</sup>

#### 4. Penyerapan Polutan oleh Tanaman Kiambang

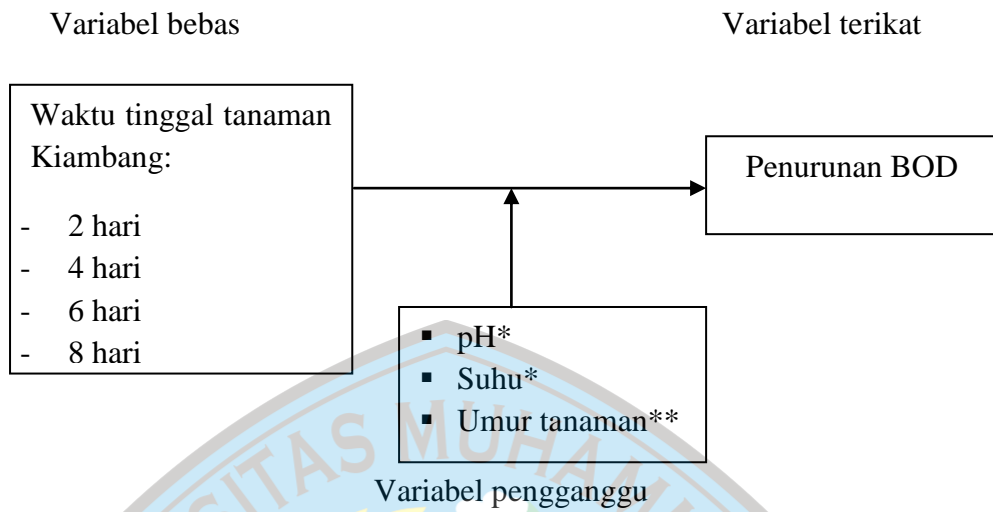
Proses penyerapan pada fitoremediasi dapat dilakukan dengan fitodegradasi dan fitovolatilisasi. Fitodegradasi yaitu tumbuhan mengubah bentuk atau mendegradasi kontaminan organik pada air limbah menjadi unsur hara atau molekul yang sederhana. Proses ini dapat berlangsung pada batang, daun, akar dengan bantuan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.<sup>(57, 64)</sup> Fitodegradasi tidak dapat menyingkirkan logam berat pada air limbah karena logam berat tidak dapat didegradasi secara biologi.<sup>(65)</sup> Fitovolatilisasi yaitu tumbuhan menyerap kontaminan organik dan melepaskannya ke udara melalui daun melalui proses transpirasi.<sup>(6, 57)</sup> Teknik dengan fitovolatilisasi tidak dapat sepenuhnya menyingkirkan bahan pencemar, hanya memindahkan dari tanah ke atmosfer kemudian diendapkan lagi ke tanah.<sup>(65)</sup>

## F. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka teori<sup>(58, 59)</sup>

### G. Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka konsep

Keterangan:

- \* = dilakukan pengukuran
- \*\* = dikendalikan

### H. Hipotesis

Ada pengaruh waktu tinggal tanaman Kiambang terhadap penurunan kadar BOD pada limbah cair industri tahu.