

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pencemaran air

Pencemaran air merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lainnya (zat pencemar) kedalam air oleh aktivitas manusia, sehingga menjadikan kualitasnya menjadi menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.<sup>24</sup> air di perairan terbuka seperti air tanah, sumur, atau sungai dapat tercemar oleh rembesan zat kima beracun dari sumber pencemar.

##### 1. Sumber-Sumber Pencemaran Air Berasal dari:

- a. Limbah cair industri yang berasal dari hasil buangan akhir suatu proses produksi yang apabila pembuangan limbah cair industri ke sungai, atau ke laut yang dapat mengakibatkan pencemaran pada air. beberapa limbah industri diantaranya; logam berat yang berupa timbal, merkuri, tembaga, seng dan limbah cair yang memiliki temperature tinggi yang mengakibatkan oksigen sulit terserap sehingga dapat membunuh biota air.<sup>25</sup>
- b. Limbah pertanian yang berasal dari penggunaan pupuk buatan yang berlebihan dilahan pertanian dapat menyebabkan suburnya ekosistem perairan, hal ini disebabkan karena sebagian pupuk yang tidak diserap oleh tumbuhan akan terbang bersama aliran air ke perairan tersebut akibatnya perairan ditumbuhi ganggang dengan subur atau blooming algae yang menjadikan perairan tercemar.<sup>26</sup>
- c. Limbah rumah tangga yang berasal dari kegiatan harian rumah tangga seperti mencuci, dan lain-lain, yang berupa berbagai macam zat organik dan anorganik. Limbah rumah tangga biasanya langsung dialirkan melalui selokan-selokan yang

akhirnya bermuara disungai. Selain dapat mencemari air limbah rumah tangga juga dapat membawa bibit penyakit yang dapat menular kepada hewan dan manusia, sehingga menjadi sumber penularan penyakit yang luas dimasyarakat

## 2. Komponen Pencemar Air

### a. Limbah zat kimia.<sup>28</sup>

- 1) Insektisida, bahan pemberantas hama yang masih banyak digunakan khususnya disektor pertanian. Apabila pemakaian insektisida dalam jumlah yang berlebihan maka akan mempunyai dampak lingkungan.
- 2) Pembersih, zat kimia yang berfungsi sebagai pembersih. Indikasi adanya limbah zat pembersih yang berlebihan ditandai dengan timbulnya buih-buih pada permukaan air
- 3) Zat warna kimia, biasanya digunakan untuk mewarnai kain agar produknya mempunyai daya tarik yang lebih baik dibandingkan dengan warna aslinya. Pada dasarnya zat warna adalah racun bagi kesehatan tubuh manusia

### b. Limbah padat.<sup>27</sup>

- 1) Limbah organik, biasanya dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Apabila limbah industri terbuang langsung ke badan air lingkungan akan menambah populasi mikroorganisme di dalam air. bila air dilingkungan tersebut sudah tercemar limbah organik artinya terdapat cukup banyak mikroorganisme yang hidup didalam air, maka tidak tertutup kemungkinan berkembangnya bakteri pathogen dalam air.
- 2) Limbah anorganik, biasanya tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Limbah organik berasal dari industri yang menggunakan unsur-unsur logam seperti Magnesium (Mg), Timbal (Pb), Krom (Cr), Air Raksa (Hg) dan lain-lain. Bila limbah anorganik langsung

dibuang di air lingkungan, maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air. bila terbuang ke air lingkungan sangat berbahaya bagi kehidupan khususnya manusia.

## **B. Limbah**

### **1. Definisi Limbah cair**

Limbah cair atau air limbah merupakan sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang berwujud cair dan berasal dari rumah tangga, perdagangan, perkantoran industri maupun tempat-tempat umum lainnya. Limbah cair ini biasanya mengandung bahan atau zat yang berbahaya bagi kesehatan atau kehidupan manusia dan mengganggu kelestarian lingkungan hidup.<sup>29</sup> Air limbah mengandung berbagai komponen yang berbahaya seperti bakteri pathogen, bahan kimia sintesis, bahan organik, dan logam berat. Kualitas air limbah dapat didefinisikan oleh karakteristik fisik, kimia, dan biologis.<sup>30</sup>

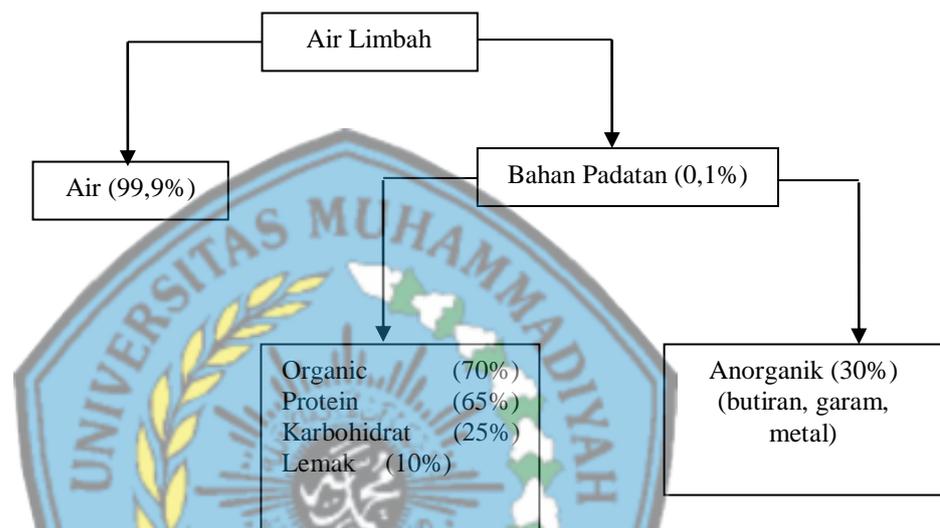
### **2. Sumber limbah cair**

Limbah berdasarkan sumber pencemar dapat dibedakan menjadi dua, yaitu;<sup>31</sup>

- a. Sumber *blackwater*, merupakan air limbah yang berasal dari air dari toilet, septic tank atau soakaway, dan air cuci
- b. Sumber *greywater*, merupakan air limbah yang berasal dari limpasan hujan perkotaan dari jalan, atap, trotoar dan detergen, sisa mandi maupun sisa hasil wastafel rumah tangga. salah satu contohnya yaitu dari limbah cair pembuangan pencucian pakaian, selain mengandung sisa detergen juga mengandung pewangi, pelembut, pemutih serta mengandung senyawa aktif metilen biru yang sulit terdegradasi dan berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan.<sup>32</sup>

### 3. Komposisi limbah cair

Didalam limbah cair terkandung zat-zat pencemar dengan konsentrasi tertentu yang bila dimasukkan di perairan dapat mengubah kualitas airnya. Komposisi air limbah tergantung dari sumbernya, tetapi hampir sebagian besar air limbah memiliki komponen sebagai berikut;



**Gambar 2.1 Komposisi Air Limbah.**<sup>33</sup>

Secara umum bahan pencemar limbah cair dapat dikelompokkan dalam 8 jenis utama yaitu;<sup>34</sup>

- Limbah yang memerlukan oksigen
- Agen-agen penyebab penyakit
- Bahan radio aktif
- Panas
- Bahan kimia organik dan mineral
- Sedimen atau endapan (tanah,lumpur,pasir,dan bahan-bahan padat dari erosi lahan)
- Bahan kimia organik
- Unsur nutrisi tumbuh-tumbuhan terutama nitrat dan fosfat

#### 4. Karakteristik limbah cair

Adapun karakteristik limbah cair ;<sup>35</sup>

a. Fisika, karakteristik fisika limbah cair terkait dengan kenampakannya karena sifat fisiknya yang terlihat dan mudah didefinisikan secara langsung. Seperti;

- 1) Suhu, dapat menentukan seberapa besar kehadiran biota air dan aktivitasnya
- 2) TDS(*Total Dissolve Solid*), merupakan suatu ukuran zat terlarut yang terdapat pada sebuah larutan, zat terlarut ini dapat berupa zat organik maupun an organik
- 3) TSS(*Total Suspended Solid*), merupakan padatan yang tersuspensi didalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang disaring dengan kertas millipore berpori 0,45 mikromil

b. Kimia, karakteristik kimia limbah cair dapat dibedakan menjadi zat organik yang terdiri dari;<sup>36</sup>

- 1) DO, Oksigen terlarut merupakan oksigen yang terdapat dalam air (dalam bentuk molekul oksigen dan bukan dalam bentuk molekul hydrogen oksida) biasanya dinyatakan dalam mg/L (ppm).
- 2) BOD(*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk dapat menguraikan atau mendekomposisikan bahan organik dalam kondisi aerobik
- 3) COD(*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses penguraian seluruh bahan organik yang terkandung dalam air.<sup>35</sup>
- 4) pH Kadar pH yang baik adalah pH masih kemungkinan kehidupan biologis didalam air berjalan dengan baik parameter fisika<sup>37</sup>

- c. Biologi, karakteristik biologi dapat dilihat dari banyaknya mikroorganisme patogen atau penyebab penyakit yang berada pada suatu wilayah.<sup>38</sup>

## 5. Baku mutu limbah cair

Baku mutu dalam air limbah domestik merupakan batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke media air dari suatu usaha/kegiatan,

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan / Atau Kegiatan Industri Sabun, Deterjen Dan Produk-Produk Minyak Nabati.<sup>37</sup>

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)	
		Sabun	Deterjen
BOD <sub>5</sub>	75	0,60	0,075
COD	180	1,44	0,180
TSS	60	0,48	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,120	0,015
Phospat (PO <sub>4</sub> )	2	0,016	0,002
MBAS	3	0,024	0,003
pH		6,0-9,0	
Debit Maksimum		8 m <sup>3</sup> per ton produk sabun	1 m <sup>3</sup> per ton produk deterjen

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Daerah Provinsi Jawa Tengah.<sup>39</sup>

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum kg/ton Produk	
		Sabun	Deterjen
BOD <sub>5</sub>	75	0,60	0,075
COD	180	1,44	0,180
TSS	60	0,48	0,060
Minyak dan Lemak	15	0,12	0,015
Phospat (PO <sub>4</sub> )	2	0,016	0,002
MBAS	3	0,024	0,003
Ph		6,0-9,0	
Debit Maksimum		8 m <sup>3</sup> /ton produk	1 m <sup>3</sup> /ton produk

## C. Pengolahan Air Limbah

### 1. Tujuan Pengolahan Air Limbah.<sup>40</sup>

- a) Ditinjau dari aspek kesehatan untuk menghindari penyakit menular, karena air merupakan media terbaik dalam kelangsungan hidup mikroba penyebab penyakit yang dapat menular.
- b) Ditinjau dari aspek estetika untuk melindungi air dari bau dan warna yang tidak layak
- c) Ditinjau dari aspek kelangsungan hidup didalam air, seperti biota-biota air.

### 2. Klasifikasi Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi tiga cara, yaitu;<sup>41,42</sup>

- a) Secara fisika, dapat dilakukan dengan cara: *Filtrasi, Evaporasi, Screening, Sentrifugasi, Flotasi, Reverse Osmosis*
- b) Secara kimia, dapat dilakukan dengan cara: *Koagulasi, Ion-Exchange Resin, Klorinasi, Ozonisasi*
- c) Secara biologi, dapat dilakukan dengan cara: *Lumpur Aktif, Tricking Filter, fitoremediasi, Kolam Oksidasi, Fermentasi Metan (Penguraian Anerobic), Dekomposisi Materi Toksik, Denitrifikasi.*

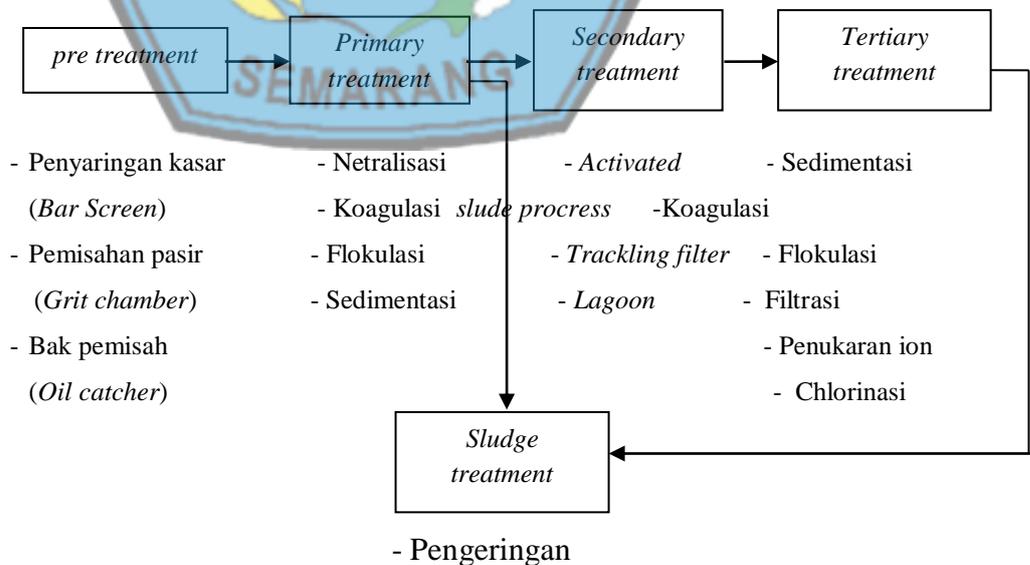
### 3. Tahapan Dalam Pengolahan Air Limbah

Secara garis besar proses pengolahan air limbah dapat dikelompokkan menjadi enam bagian, antara lain;<sup>43,44</sup>

- a) *Pre treatment* (pengolahan pendahuluan), yang bertujuan untuk pengambilan benda terapung dan pengambilan benda yang mengendap seperti pasir, sampah, kayu .
- b) *Primary treatment* (pengolahan pertama), merupakan proses pengolahan secara kimiawi atau fisika yang berfungsi untuk menetralkan dan memisahkan zat yang tersuspensi atau

menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengendapan atau pengapungan

- c) *Secondary treatment* (pengolahan kedua), merupakan tahap pengolahan biologis untuk menghilangkan koloid senyawa organik atau senyawa organik terlarut melalui oksidasi biokimia dengan bantuan mikroorganisme
- d) *Tertiary treatment* (pengolahan ketiga), merupakan kelanjutan dari pengolahan terdahulu. Pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Pada tahap ini dilakukan koagulasi, flokulasi dan filtrasi (saringan pasir) setelah itu baru bisa dialirkan ke badan air.
- e) *disinfection* (pembunuhan bakteri) ini bertujuan untuk membunuh atau mengurangi mikroorganisme patogen yang ada pada air limbah
- f) *Ultimate Disposal* (pengolahan lanjut), dari setiap tahap pengolahan air limbah maka hasilnya akan berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan



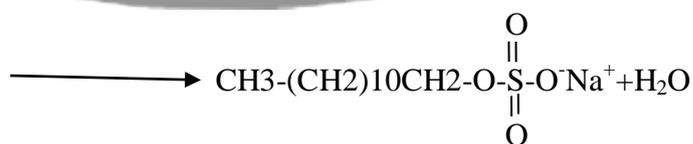
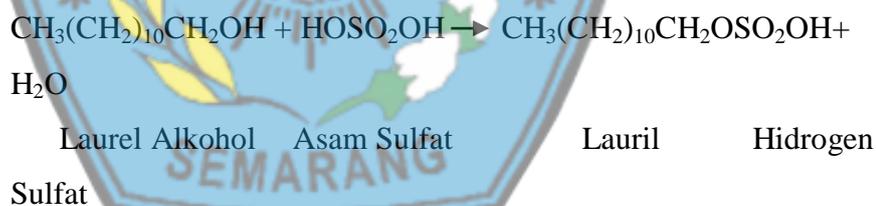
**Gambar 2.2 Kerangka Proses Pengolahan Air Limbah.**<sup>45</sup>

## D. Detergen

### 1. Definisi Detergen

Detergen merupakan suatu senyawa kimia yang keberadaannya sangat dekat dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan detergen selain untuk mencuci pakaian, juga untuk membersihkan alat-alat kebutuhan rumah tangga dan industri. Detergen dapat berbentuk cair, pasta atau bubuk yang terbuat dari senyawa kimia buatan serta dilakukan penambahan zat aditif, sehingga terlihat lebih menarik.<sup>46</sup>

Detergen pertama kali disintesis yaitu garam natrium dari alkil hydrogen sulfat. Alkohol berantai panjang di buat dengan cara penghidrogenan lemak dan minyak. Alkohol berantai panjang ini direaksikan dengan asam sulfat dan menghasilkan alkin hydrogen sulfat yang kemudian dinetralkan dengan basa.<sup>47</sup>



umumnya deterjen yang digunakan sebagai pencuci pakaian merupakan deterjen anionik karena memiliki daya bersih tinggi. Berdasarkan dapat tidaknya zat aktif terdegradasi, deterjen memiliki dua jenis yang berbeda-beda yaitu;<sup>48</sup>

#### a. Detergen keras

Detergen ini mengandung zat aktif yang sukar dirusak oleh mikroorganisme meskipun bahan itu telah dipakai dan telah

dibuang. Hal ini disebabkan adanya rantai cabang pada atom karbon, yang akibatnya zat tersebut masih aktif dan jenis inilah yang dapat menyebabkan pencemaran air, seperti Alkil Benzene Sulfonat (ABS)

b. Detergen lunak

Detergen ini mengandung zat aktif yang relative mudah untuk dirusak mikroorganisme karena umumnya zat aktif ini memiliki rantai karbon yang tidak bercabang, sehingga setelah dipakai, zat aktif ini akan rusak, contohnya Linier Alkil Benzene Sulfonat (LAS).

## 2. Formulasi Penyusun Deterjen

Larutan deterjen adalah larutan pencuci yang harus mempunyai formulasi atau komponen yang terdiri dari ;

a. Surfaktan

merupakan senyawa yang dapat menurunkan tegangan pada permukaan air surfaktan memiliki rantai atom karbon yang panjang yang merupakan bagian yang hidrofobik, oleh karena adanya kedua bagian ini dalam suatu senyawa maka disebut dengan ampifilik. Secara garis besar terdapat empat kategori surfaktan yaitu;

1) Surfaktan anionik

Surfaktan anionik, merupakan surfaktan dengan bagian aktif pada permukaannya mengandung muatan negative. yang tersusun dari beberapa bahan pembentuk, seperti *Alkyl Benzene Sulfonat (ABS)*, *Linier Alkyl Benzene Sulfonate (LAS)*, dan *Alpha Olein Sulfonat (AOS)*, Beserta Bahan Kationik Berupa Asam Ammonium.<sup>49</sup>

2) Surfaktan kationik

Surfaktan ini, merupakan surfaktan dengan bagian aktif pada permukannya mengandung muatan positif, surfaktan ini terionisasi dalam air serta bagian pada permukaannya

adalah bagian kationnya. contoh jenis surfaktan ini adalah ammonium kuartener. Surfaktan nonionik

Surfaktan nonionik, merupakan surfaktan dengan bagian aktif permukannya tidak mengandung muatan apapun. Surfaktan ini tidak terionisasi di dalam air. contohnya alkohol etoksilat, polioksietilen. (R-OCH<sub>2</sub>CH).

### 3) Surfaktan ampoterik

Surfaktan ampoterik ini dapat bersifat sebagai nonionik, kationik, dan anionik didalam larutan. Jadi surfaktan ini mengandung muatan negative maupun muatan positif pada bagian aktif pada permukaannya. Contohnya sulfobetain (RN<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>SO<sub>3</sub><sup>-</sup>).<sup>50</sup>

surfaktan yang terakumulasi di perairan akan mengakibatkan difusi oksigen dari udara akan berlangsung lambat, sehingga oksigen yang terlarut dalam air menjadi sedikit.<sup>51</sup>

#### b. Builer

Builer (bahan penguat) ), atau disebut juga pembentuk. Bahan ini berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan pada air. builer terbuat dari kumpulan beberapa bahan dasar seperti; fosfat dalam ikatan *Sodium Tri Poly Phosphate* (STPP), dan bahan asetat dalam ikatan *Nitril Tri Acetate* (NTA) Dan *Ethylene Diamine Tetra Acetat* (EDTA).<sup>52</sup> bahan pendukung lainnya yaitu silikat dan asam sitrat. Bahan lain yang terkandung dalam detergen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas atau dapat memadatkan dan memantapkan, contohnya sulfat.<sup>53</sup>

c. *Filler*

Filler (pengisi/Pengental), bahan yang berfungsi sebagai pengisi dari seluruh campuran bahan baku. Pemberian bahan ini berguna untuk memperbanyak atau memperbesar volume. Filler dalam campuran bahan baku sabun semata-mata ditinjau dari aspek ekonomis. Namun selain berguna sebagai pembantu proses, bahan pengisi ini juga berfungsi sebagai meningkatkan kekuatan ionic dalam larutan pencuci. Umumnya digunakan sebagai bahan pengisi yang digunakan sodium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ).<sup>54</sup>

d. *Buffer*

buffer, dan zat adiktif ditambahkan lebih untuk maksud komersialisasi produk. Beberapa contoh bahan tersebut yaitu, enzim boraks, sodium klorida, carboxyl merhayl cellulose (CMC) dipakai agar kotoran yang telah dibawa oleh detergen ke dalam larutan tidak kembali ke bahan cucian pada waktu mencuci (anti redeposisi), wangi-wangian atau parfum dipakai agar cucian pada waktu mencuci berbau harum, sedangkan air sebagai bahan pengikat.<sup>55</sup>

surfaktan (bahan surface active) dalam detergen mencakup 15%-40% dari total formulasi detergen.<sup>56</sup> surfaktan juga senyawa yang dapat menurunkan tegangan pada permukaan air. Karena struktur kimianya dapat menyebabkan larutan detergen dapat memasuki serat, menghilangkan, dan membersihkan kotoran dan minyak yang menempel pada pakaian.<sup>57</sup>

## E. Fosfat

### 1. Definisi fosfat

Fosfat adalah sebuah ion poliatomik atau radikal terdiri dari satu atom fosforus dan empat oksigen, dalam bentuk ionic. Fosfat membawa sebuah -3 muatan formal, dan dinotasikan  $\text{PO}_4^{3-}$

Fosfor. Fosfor terdapat dalam air limbah sebagai fosfat dalam bentuk ortofosfat dan polifosfat. Dengan demikian unsur ini terdapat sebagai senyawa mineral dan senyawa organik. Walaupun sejumlah kecil fosfat terlarut terdapat dalam air alamiah, bila jumlahnya meningkat akan berbahaya terhadap kehidupan air.<sup>58</sup>

## 2. Sumber fosfat diperairan

Sumber fosfat di perairan dan sedimen adalah deposit fosfor, industri, limbah domestik, aktifitas pertanian dan pertambangan batuan fosfat serta penggundulan hutan. Fosfor di perairan dan sedimen berada dalam bentuk senyawa fosfat yang terdiri atas fosfat terlarut dan fosfat partikulat.<sup>59</sup>

## 3. Faktor yang mempengaruhi kadar fosfat

Fosfat banyak terdapat di alam yang masih berbentuk-bentuk ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Ion Fosfat pada umumnya terdapat dalam bebatuan, akibat terjadinya peristiwa erosi dan pelapukan memungkinkan fosfat terbawa menuju sungai bahkan hingga laut yang membentuk sedimen. Terjadinya pergerakan dasar bumi memicu sedimen yang mengandung fosfat naik ke permukaan.<sup>60</sup> tumbuhan pada umumnya mengambil fosfat yang masih terlarut dalam air tanah. Kadar fosfat tertinggi biasanya terdapat pada aliran air sungai, danau, dan laut. Keberadaan fosfat didalam air akan terurai menjadi senyawa ionisasi, antara lain dalam bentuk  $\text{H}_2\text{SPO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . Fosfat diabsorpsi oleh fitoplankton dan seterusnya masuk kedalam rantai makan.<sup>61</sup>

Faktor-faktor yang mempengaruhi daur nutrient fosfat, ada dua faktor yang terdapat di alam yaitu:

- a. Senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) yang mati diuraikan oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik

- b. Senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah) yang terlarut di air tanah atau air laut akan terkikis kemudian mengendap di sedimen laut.

Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di air tanah dan laut, fosfat anorganik ini kemudian diserap oleh akar tumbuhan lagi. Siklus ini berulang terus menerus

#### 4. Dampak fosfat terhadap kesehatan manusia

Dalam badan air, limbah phosphate banyak ditemukan pada deterjen. Detergen anionik sering ditambahkan zat aditif lain seperti golongan ammonium kuartener ini dapat membentuk senyawa nitrosamin. Senyawa nitrosamin diketahui bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan kanker. Selain itu beberapa jenis surfaktan seperti *sodium lauryl sulfate* (sls) yang dapat menyebabkan iritasi kulit, memperlambat penyembuhan dan penyebab katarak pada mata orang dewasa,<sup>24</sup> dalam penelitian sebelumnya kandungan fosfat bisa menyebabkan gatal dan alergi, kulit tangan menjadi kering, panas, melepuh, retak-retak serta kulit mudah mengelupas.<sup>62</sup>

Cyanobacteria (*blue-green-algae*) mengandung toksik sehingga membawa resiko kesehatan bagi manusia. Detergen dengan kadar fosfat yang rendah dapat beresiko menyebabkan iritasi pada tangan dan kaustik (karena lebih bersifat alkalis).<sup>63</sup> saat mencuci baju dengan tingkat keasaman (pH) antara 10-12, dapat mengakibatkan kulit tangan menjadi kering, panas, melepuh, retak-retak, gampang mengelupas hingga mengakibatkan gatal dan kadang menjadi elergi.<sup>64</sup>

## 5. Dampak fosfat terhadap lingkungan

Akibat pencemaran air zat nitrogen dan jumlah zat phosphate yang terlalu banyak dan berlebihan di badan air bisa menyebabkan eutrofikasi tumbuhan air.<sup>65</sup> kondisi eutrofik ini mengakibatkan alga dapat berkembangbiak dengan pesat. Semakin banyak alga yang tumbuh semakin banyak oksigen yang digunakan untuk pernafasan alga. Kondisinya tersebut bisa menyebabkan oksigen berkurang. Akibatnya spesies makhluk hidup akan berkurang sehingga mengganggu ekosistem.<sup>66</sup> misalnya enceng gondok yang tumbuh pesat diperairan sungai. Sehingga ikan yang hidup disungai tidak mendapatkan oksigen di dalam air dan mengakibatkan banyak ikan mati diperairan tersebut.

## F. Fitoremediasi

### 1. Definisi fitoremediasi

Fitoremediasi, dapat didefinisikan sebagai penggunaan tanaman atau tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, menghilangkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar khususnya bahan-bahan kimia atau logam berat maupun senyawa organik lainnya.<sup>67</sup>

Tumbuhan air yang muncul di permukaan air mampu mengasimilasi senyawa organik yang terdapat dalam air limbah. Oksigen ditransformasi melalui tanaman ke jaringan dibawah tanah dan keluar dari akar, kemudian mengoksidasi substrat di sekeliling akar.<sup>68</sup> dengan metode fitoremediasi. Pada proses fitoremediasi, tanaman meremediasi polutan organik melalui tiga cara yaitu:<sup>69</sup>

- a. Menyerap secara langsung bahan kontaminan
- b. Mengakumulasi metabolisme non fitotoksik ke sel-sel tanaman, dan melepaskan eksudat dan enzim yang dapat menstimulasi aktivitas mikroba.

- c. Menyerap mineral pada daerah rizosfer Tanaman juga dapat menguapkan sejumlah uap air. Penguapan ini dapat mengakibatkan migrasi bahan kimia. Tanaman akan mampu meremediasi polutan jika tanaman tersebut sudah mencapai usia dewasa.

## 2. Proses fitoremediasi oleh tumbuhan air

Proses Fitoremediasi yang terjadi adalah seperti yang disajikan pada gambar



Gambar 2.3 Proses Fitoremediasi pada Tanaman

Ada enam tahap proses yang terjadi ketika fitoremediasi berlangsung, yaitu;<sup>19</sup>

- Phytoaccumulation* merupakan proses dimana tumbuhan menarik zat pencemar dari media sehingga terkumpul pada bagian akar tumbuhan (hyperaccumulation)
- Rhizofiltration* merupakan penyerapan zat pencemar dan membuatnya mengendap di akar tumbuhan
- Phytostabilization* yaitu menstabilkan zat-zat yang tidak dapat terserap masuk ke dalam akar tumbuhan
- Rhizodegradation* merupakan tahapan penguraian zat pencemar oleh mikroba yang terdapat pada bagian akar tumbuhan.

- e. *Phytodegradation* adalah menguraikan zat pencemar yang memiliki rantai molekul kompleks menjadi rantai yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan bagi pertumbuhan hidup tanaman itu sendiri.
- f. *Phytovolatilization* adalah menguapkan zat pencemar yang telah diurai ke atmosfer

### 3. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan fitoremediasi

Faktor yang berhubungan dengan penurunan kadar fosfat pada limbah laundry dengan menggunakan metode fitoremediasi:

- a. Tanaman, kemampuan tanaman khususnya tanaman air mampu mengasimilasi senyawa organik.<sup>70</sup> Semakin banyaknya jumlah tanaman maka semakin besar pula polutan yang diserap oleh tanaman. berdasarkan penelitian sebelumnya dengan menggunakan tanaman kapu dan genjer, jumlah tanaman yg efisien menyerap phospat pada limbah dengan konsentrasi 50% adalah berjumlah 5 tanaman (dari 10 tanaman) dengan lama waktu kontak selama 7 hari.<sup>19</sup>
- b. Derajat keasaman (pH) deterjen didalam air limbah dapat mengganggu karena larutan sabun akan menaikkan pH air. nilai pH dalam air limbah karena detergen yang masih diperbolehkan untuk dibuang dilingkungan sekitar 6-9ml/L. Apabila pH lebih tinggi atau lebih rendah (kurang) maka pertumbuhan tanaman akan terhambat.<sup>71</sup>
- c. Umur tanaman, dapat mempengaruhi penyerapan pada tanaman. semakin tua usia tanaman maka semakin tinggi pula konsentrasi polutan yang akan diserap. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah menjelaskan bahwa tanaman dapat menurunkan kadar fosfat pada air limbah dengan menggunakan tanaman yang berumur kira-kira satu bulan dan dengan berat masing 300g.<sup>19</sup>

- d. Waktu kontak, semakin lama waktu kontak maka semakin besar pula polutan yang diserap oleh tumbuhan air. berdasarkan penelitian sebelumnya telah menjelaskan bahwa lama waktu kontak juga dapat mempengaruhi penurunan kadar fosfat pada limbah cair dengan kontak waktu 9 hari dengan 3kali pengulangan.<sup>72</sup>
- e. Jenis Tanaman, tanaman air biasanya digunakan dalam proses fitoremediasi yaitu, poplar (*populus deltoids*), kiambang, bunga matahari, kangkung, aturium merah/kuning *anthurium*, jarak pagar (*jatropha curcas* L), bamboo air, hipertoleran.<sup>73, 74, 75</sup> dipilihnya tanaman kapu dan melati air dalam penelitian ini karena berdasarkan penelitian sebelumnya tanaman kayu apu dan melati air merupakan tanaman yang dapat di manfaatkan untuk proses fitoremediasi yang dapat mengikat butiran-butiran lumpur halus, dan suatu mekanisme yang dapat mempengaruhi bahan-bahan yang terkandung didalam limbah cair yang nantinya akan meningkatkan kualitas limbah cair.<sup>18,19</sup>

#### G. Tanaman Kayu Apu



Gambar 2.4 Tanaman Kapu-Kapu

## 1. Klasifikasi Tanaman Kayu apu

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (berpembuluh)

Superdivisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

Divisi : Magnoliophyta (berbunga)

Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)

Sub-kelas : Arecidae

Ordo : Arales

Famili : Araceae (suku talas-talasan)

Genus : Pistia

Spesies : Pistia stratiotes L

Tanaman Kayu apudisebut juga dengan Kiambang yang masuk dalam spesies *Pistia stratiotes* L. ini merupakan tumbuhan air tawar yang umum tumbuh di daerah tropis. tumbuhan ini mengapung bebas di perairan kecuali menempel pada lumpur, tumbuhnya di genangan air yang tenang atau yang mengalir dengan lambat.<sup>76</sup> bentuk dan ukuran daunnya sangat bervariasi, dapat menyerupai sendok, lidah atau rompong dengan ujung daun yang melebar. Susunan daun terpusat berbentuk roset. Buah buninya bila telah masak pecah sendiri serta berbiji banyak. Selain dengan biji, kayu apu berkembang biak dengan selantar atau stolonya.<sup>77</sup>

## 2. Marfologi Tanaman Kayu Apu

Tanaman kayu apu merupakan tumbuhan herbal yang hidup mengapung di permukaan air yang tenang atau yang mengalir lebih lamban (pelan).Tanaman kayu apu sering disebut juga selada air karena secara keseluruhan tumbuhan ini mirip dengan selada namun berukuran kecil, mengapung dan terbuka ke atas. Tumbuhan ini cenderung untuk memperluas dan melancak serta membentuk koloni besar yang dapat menutupi seluruh permukaan air yang tersedia.<sup>78</sup>

Marfologi tanaman kayu apu.

a. Batang

Tanaman kayu apu tidak memiliki batang yang jelas dan bahkan tidak memiliki batang.<sup>75</sup>

b. Daun

Daun-daun tanaman kayu apu tersusun secara roset didekat akar, sehingga sering disebut roset akar. daunnya merupakan daun tunggal, ujung daunnya membulat namun pangkal daun rancing, tepi daun belengkuk dan tertutupi dengan rambut tebal dan lembut, panjang daun sekitar 2-10cm, sedangkan lebar daun sekitar 2-6cm, daunnya membentuk suatu pahatan seperti mahkota bunga mawar dan sedikit kenyal, pertulangan daunnya sejajar dimana tulang daun tipis dan terselubung. Daun-daunnya berwarna hijau bila sudah tua agak berwarna kuning. Daunnya yang lebar membantu tanaman apu untuk melakukan penguapan air secara berlebihan.<sup>79</sup>

c. Bunga

Bunga merupakan bunga rumah satu, yang berada di tengah roset dan tumbuh berwarna putih namun tidak begitu jelas. Panjang bunga kurang lebih 1cm memiliki rambut yang dilindungi oleh seludang, serta bunga bersembunyi sehingga tidak nampak jelas. Perkembangbiakan yang dilakukan selain generatif juga dapat terjadi secara vegetatif, yang dilakukan dengan menghasilkan stolon membran pada bunga memisahkan antara bunga jantan dan bunga betina.<sup>80</sup>

d. Buah

Buah dari kayu apu merupakan buah buni. Buah berbentuk bulat dan berwarna merah dengan ukuran 5-8cm, sedangkan biji dari tumbuhan ini berbentuk bulat, berwarna hitam, dan berukuran kecil (2mm), dengan sisi membujur dan ujung meruncing.<sup>81</sup>

e. Akar

Akar yang dimiliki tanaman kayu apu yaitu akar serabut, akar panjang berwarna putih menggantung dibawah roset yang mengembang bebas disepanjang saluran air. akar memiliki stolon, rambut-rambut akar membentuk suatu struktur berbentuk seperti keranjang dan dikelilingi segelmbung udara, sehingga meningkatkan daya apung tumbuhan ini. Akar dapat tumbuh panjang hingga mencapai 80cm.<sup>82</sup>

f. Perkembang biakan

*Water lettuce* merupakan tumbuhan yang dapat berkembang biak tidak hanya secara generatif yaitu penyuburan pada bunga, namun juga secara vegetatif. Perkembang biakan secara vegetatif dapat dilakukan karena mampu membentuk stolon. Stolon tersebut dapat terpotong pada ujungnya dan akan terlepas dan tumbuh menjadi individu baru.<sup>79</sup>

**3. Penyerapan Tanaman Kayu Apu**

Kayu apu termasuk *floating aquatic plant* seperti tanaman eceng gondok. Akar tanaman berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu, tanaman kayu apu sama halnya dengan tumbuhan air lainnya yang dimana tanaman air berperan aktif memompa oksigen kedalam sistem perairan, hal ini dapat terjadi karena organ tanaman air memiliki ruang antar sel yang membentuk lubang-lubang saluran udara untuk menyimpan oksigen bebas.<sup>83</sup>

**4. Manfaat Tanaman Kayu Apu**

Manfaat tanaman kayu apu sebagai pakan ternak, obat dan pupuk. Selain itu, karena kayu apu mempunyai daya mengikat butiran-butiran lumpur yang halus maka dapat digunakan untuk menjernihkan air bagi industri maupun keperluan sehari-hari. Menurut Pusat Litbang PU Sumberdaya Air, Tanaman kayu apu

mampu menurunkan unsur N dan P secara berturut turut yaitu 25% dan 12% per minggu dengan penyerapan kadar awal 0,847 mg/l dan 0,493 mg/l setiap minggunya.<sup>84</sup>

#### H. Tanaman melati air



Gambar 2.5 Tanaman Melati Air

##### 1. Klasifikasi Tanaman Melati Air

Tanaman melati air (*Echinodorus Palaefolius*) merupakan tanaman air yang hidup di dalam air yang tenang.<sup>85</sup>

Klasifikasi Melati Air;

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (berpembuluh)

Superdivisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

Divisi : Magnoliophyta (berbunga)

Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)

Sub-kelas : Alismatidae

Ordo : Alismateles

Famili : Alismataceae

Genus : Echinodorus

Spesies : Echinodorus palaefolius var.latifolius

##### 2. Morfologi Tanaman Melati Air

Tanaman melati air merupakan tanaman hias yang hidup menahun dan berupa perdu. Tanaman melati air banyak disukai bahkan

dijadikan untuk hiasan dirumah karena bunganya yang indah dan beraroma wangi, sehingga sering juga di manfaatkan dalam industri parfum, kosmetik, bahkan farmasi.

Marfologi Tanaman Melati Air;<sup>23</sup>

a. Daun

Daun melati air terlihat agak kaku, permukaan dan bagian bawah daun ditumbuhi bulu-bulu yang kasar. Pada jenis tanaman ini terdapat tiga macam bentuk daun yang sering dijumpai yaitu bulat besar, lonjong besar, dan lonjong kecil. Tanaman ini tidak tahan dengan dengan sinar matahari,

b. Bunga

Bunga *double* atau satu kuncup bisa muncul hingga 3 bunga dengan petal putih yang tipis, dari bunga-bunga yang mekar inilah terdapat bakal individu baru

c. Akar

akarnya terletak pada dasar perairan dan produksinya secara fleksibel

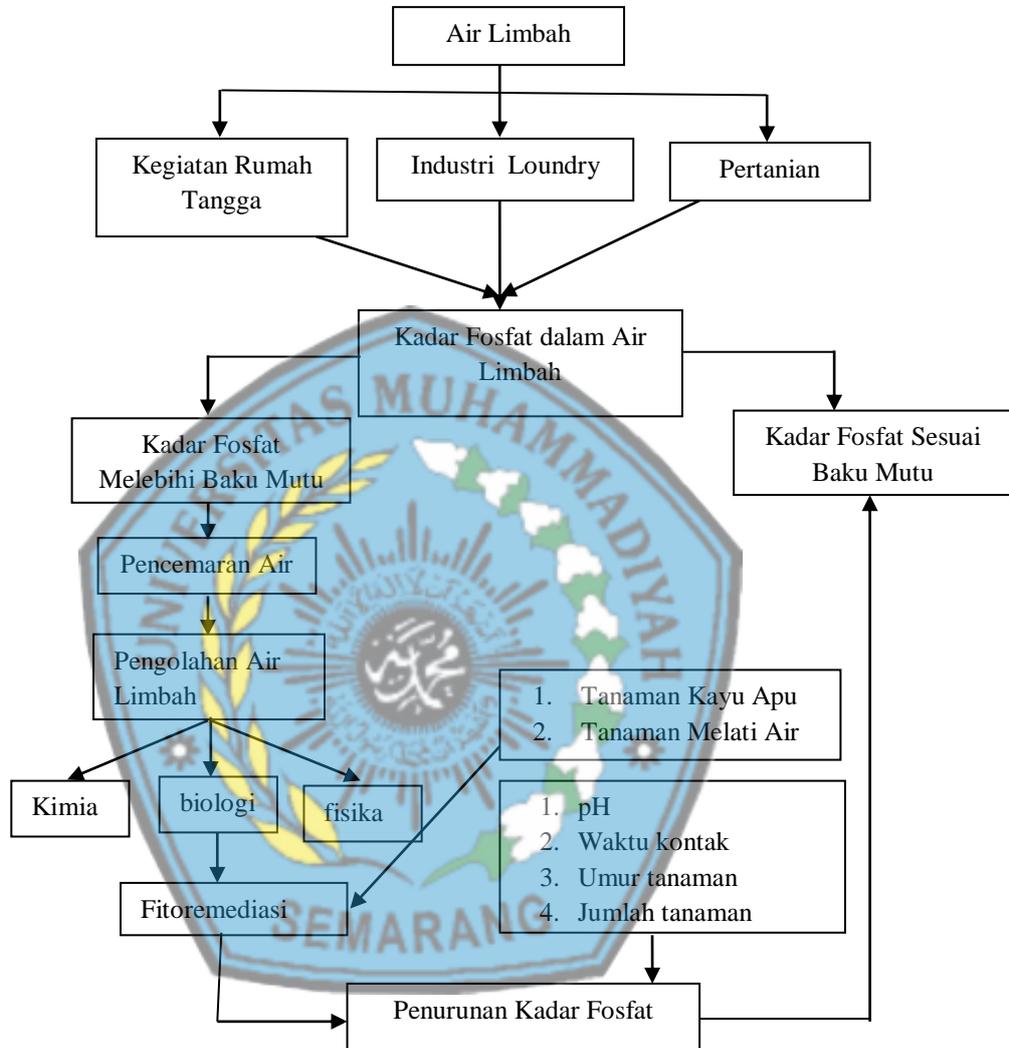
### 3. Penyerapan Tanaman Melati Air

Melati air mempunyai kemampuan yang cukup baik dalam menyerap dan mengurai polutan yang dapat menurunkan kandungan polutan itu sendiri.<sup>82</sup>

Melati air mampu menghisap oksigen dan udara melalui daun, batang dan akar yang kemudian dilepaskan kembali pada daerah sekitar perakarannya (*rhizosphere*). Hal ini dikarenakan jenis tanaman melati mempunyai ruang antar sel atau lubang saluran udara sebagai alat transportasi dari atmosfer ke bagian perakaran. Oksigen ini nantinya digunakan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik yang ada.<sup>84</sup> Melati air atau *echinodorus paleaefolius* diketahui dapat digunakan sebagai alternatif metode fitoremediasi limbah cair karena dapat menurunkan nutrisi (eutrofikasi) pada perairan<sup>85</sup>

## I. Kerangka terori

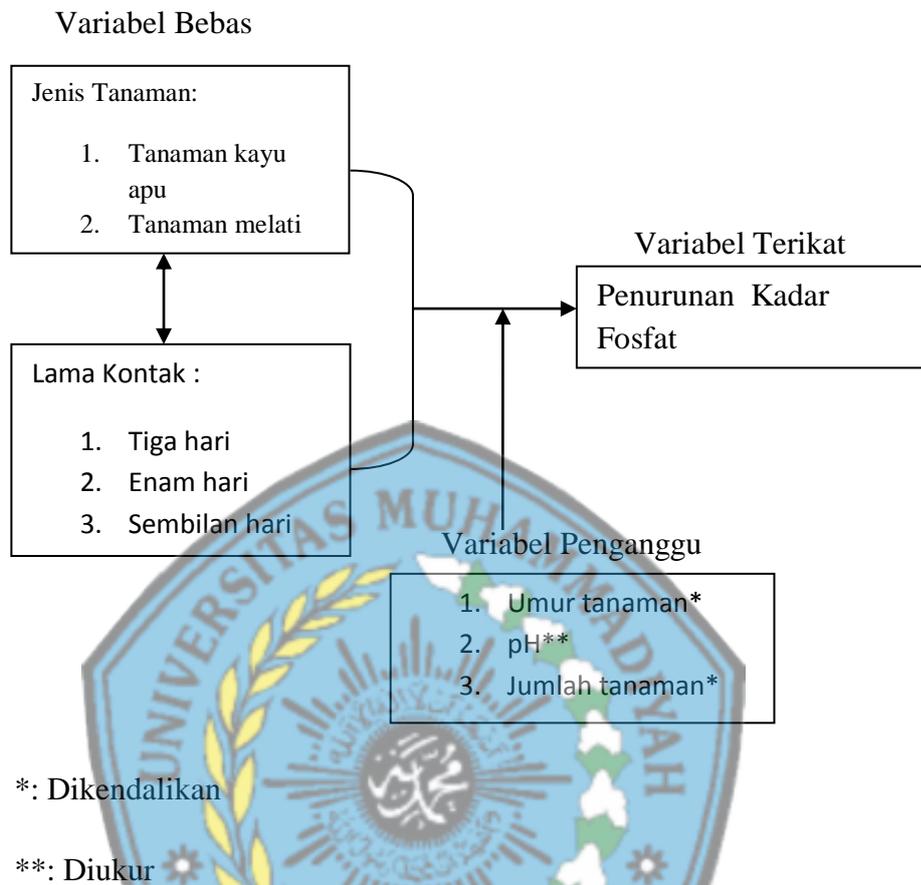
Berdasarkan teori yang dipaparkan maka kerangka teoritis dapat dikemukakan dengan gambar berikut :



**Gambar 2.6 kerangka teori**

**Sumber :** <sup>30,25,26,27,59,39,42,42,67</sup>

## J. Kerangka konsep



Gambar 2.7 kerangka konsep

## K. Hipotesis

1. Ada pengaruh jenis tanaman (kayu apu dan melati air) terhadap kadar fosfat
2. Ada pengaruh lama kontak (3hari, 6hari dan 9hari) terhadap kadar fosfat
3. Ada pengaruh interaksi antara jenis tanaman dan lama kontak terhadap penurunan fosfat