

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Cair

1. Definisi Limbah Cair

Limbah cair adalah gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan dan perdagangan), sumber industri dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan.¹⁹ Air limbah (*waste water*) adalah kotoran dari manusia dan rumah tangga serta berasal dari industri, air permukaan serta buangan lainnya.²

2. Sumber Air Limbah

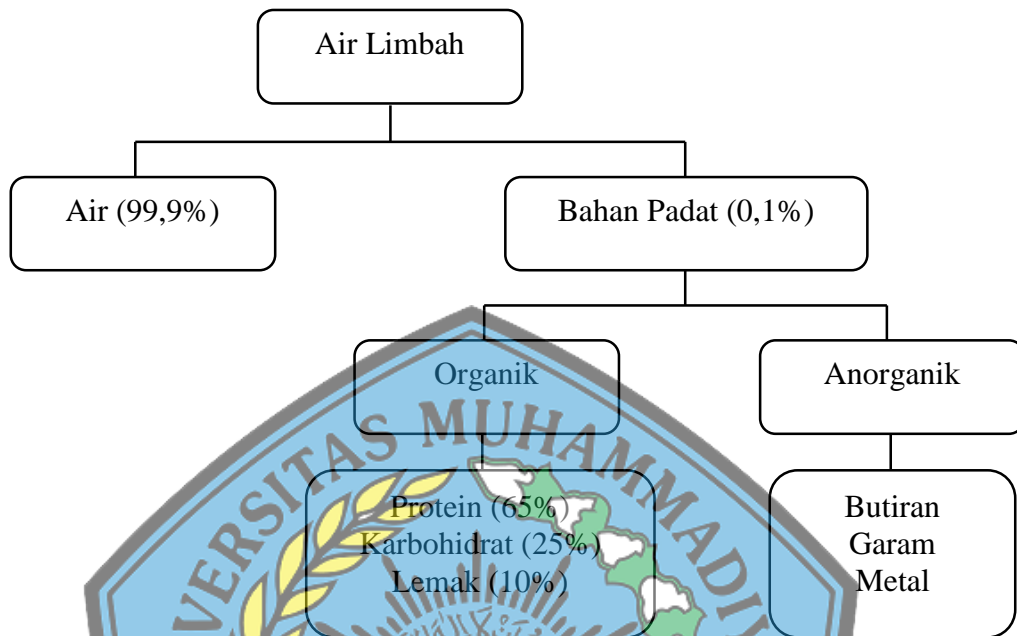
Air limbah sebagai sumber pencemar dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain¹ :

- a. Air buangan rumah tangga (*domestic wastes water*), air limbah dari pemukiman ini umumnya mempunyai komposisi yang terdiri dari ekskreta (tinja dan urin), air bekas cucian, air bekas memasak, air bekas mandi dimana sebagian besar merupakan bahan organik.¹⁹
- b. Air buangan kotapraja/perkotaan (*municipal wastes water*), air limbah ini umumnya berasal dari daerah perkotaan, perdagangan, hotel, sekolah, restoran, tempat-tempat umum, tempat ibadah dan sebagainya.²
- c. Air buangan industri (*industrial wastes water*), air limbah ini berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi dan pada umumnya lebih sulit dalam pengolahannya, misalnya air limbah dari pabrik baja, pabrik tinta, pabrik cat dan dari pabrik karet.²

3. Komposisi Air Limbah

Sesuai dengan sumbernya, air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi, secara

garis besar zat-zat yang terdapat dalam air limbah adalah sebagai berikut ini :



Gambar 2.1 Komposisi Air Limbah²

4. Karakteristik Limbah Cair

Karakteristik limbah cair diketahui dari berbagai parameter kualitas limbah cair tersebut. Karakteristik limbah cair tersebut adalah sebagai berikut²⁰ :

a. Karakteristik Fisik

Beberapa parameter karakteristik fisik meliputi :

1) Total Zat Padat (*Total Solids*)

Kandungan total zat padat dalam limbah cair didefinisikan sebagai seluruh bahan yang tertinggal dari penguapan pada suhu 103°C sampai 105°C, sedangkan zat padat yang menguap pada suhu tersebut tidak dinyatakan sebagai zat padat.²⁰

2) Total Padatan Terlarut (*Total Dissolved Solids*)

Total Dissolved Solids (TDS) merupakan jumlah dari padatan terlarut yang terdiri dari garam anorganik (kalsium, magnesium, potassium, sodium, *bicarbonates*, *chlorides*,

sulfates) dan sebagian kecil jumlah organik lain yang larut dalam air.¹

3) TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan hasil dari penyaringan padatan terlarut yang merupakan partikel koloid yang pengendapannya dilakukan dengan gravitasi.⁴

4) Bau

Bau limbah cair tergantung dari sumber limbah. Bau dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia, ganggang, plankton atau tumbuhan dan hewan air baik yang hidup maupun mati.²⁰

5) Temperatur/suhu

Limbah cair mempunyai temperatur lebih tinggi daripada asalnya. Tingginya temperatur disebabkan oleh pengaruh cuaca, pengaruh kimia dalam limbah cair dan pengaruh kondisi bahan yang dibuang ke dalam saluran limbah.²⁰

6) Warna

Warna limbah cair menunjukkan kesegaran limbah tersebut. Apabila warna berubah menjadi hitam maka hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi pencemaran.²¹

b. Karakteristik Kimia

Sifat kimia disebabkan oleh adanya zat-zat organik di dalam limbah cair yang berasal dari buangan manusia. Zat-zat organik tersebut dapat menghasilkan oksigen di dalam limbah serta akan menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap. Bahan kimia yang ada dalam limbah cair pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut :

1) Kandungan organik

Kandungan organik dalam limbah cair pada umumnya terdiri dari kombinasi karbon, hidrogen dan oksigen. Untuk menentukan kandungan organik dalam limbah cair diperlukan parameter berikut ini :

a) BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbondioksida dan air.⁴ Pemeriksaan BOD dilakukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan untuk merancang sistem pengolahan biologis bagi air tercemar. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme pada waktu melakukan penguraian. Dalam penguraian bahan organik apabila tersedia oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup, maka proses penguraian akan berlangsung dalam suasana aerobik sampai semua bahan organik dikonsumsi dan sebaliknya.²²

b) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan agar limbah organik yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik.²³ Pengukuran COD memerlukan waktu yang singkat yaitu sekitar dua hingga tiga jam sehingga COD menjadi parameter dengan respon yang cepat dibandingkan dengan BOD, namun tidak melihat respon penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam air.²¹

2) Kandungan anorganik

a) DO (*Dissolve Oxygen*)

DO (*Dissolve Oxygen*) adalah oksigen terlarut yang terkandung dalam air yang berasal dari udara dan hasil fotosintesis tumbuhan air. Jika sungai menjadi tempat pembuangan limbah yang mengandung bahan organik, sebagian besar oksigen terlarut akan digunakan bakteri

aerob untuk mengoksidasi karbon dan nitrogen dalam bahan organik menjadi CO_2 dan H_2O . Sehingga kadar oksigen terlarut akan berkurang dengan cepat dan akibatnya hewan-hewan yang hidup di dalamnya akan mati.

b) pH

pH limbah cair adalah ukuran keasaman atau kebasaan limbah cair. pH menunjukkan perlu tidaknya pengolahan pendahuluan untuk mencegah terjadinya gangguan pada proses pengolahan limbah cair secara konvensional. Secara umum, pH limbah domestik adalah mendekati netral.²³ Air dengan pH kurang dari 4 dapat menyebabkan kematian pada organisme air akibat ketidakmampuan beradaptasi dengan kondisi air yang sangat asam.²²

c) NH_3 (Ammonia)

Ammonia merupakan senyawa alkali yang berupa gas tidak berwarna dan dapat larut dalam air. Ammonia berasal dari reduksi zat organik (HOCNS) secara mikrobiologis. Kadar ammonia yang tinggi dalam air selalu menunjukkan adanya pencemaran.¹³

c. Karakteristik Biologi

Penentuan kualitas biologi ditentukan oleh kehadiran mikroorganisme terlarut dalam air seperti kandungan bakteri, algae, cacing, serta plankton. Penentuan kualitas mikroorganisme didasari pemikiran bahwa air tersebut tidak akan membahayakan kesehatan. Dalam konteks ini maka penentuan kualitas biologi air didasarkan pada analisis kehadiran mikroorganisme indikator pencemaran.²²

5. Karakteristik Limbah Cair Laundry

Air limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan *laundry* mempunyai komposisi dan kandungan yang bervariasi. Hal ini disebabkan variasi kandungan kotoran pada bahan yang akan dicuci, komposisi, jenis dan

jumlah deterjen yang digunakan serta teknologi yang dipakai untuk mencuci.²⁵

Karakteristik dari air limbah *laundry* dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Karakteristik Limbah *Laundry*^{22,25}

Parameter	Nilai		Satuan
	Hudori (2008)	Padmanabha (2015)	
Suhu	23,6-26,0	-	°C
pH	8,67-10,53	8,6	mg/L
Surfaktan	256,87-363,72	-	mg/L
COD	599,44-754,35	346,84	mg/L
BOD		182,78	mg/L
TSS		48,65	mg/L
Total Phospat	7,36-7,84	7,3	mg/L

6. Baku Mutu Limbah Cair Industri

Air limbah domestik yang dilepas ke lingkungan harus memenuhi standar baku mutu air limbah domestik. Baku mutu air limbah domestik adalah batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dari suatu usaha/kegiatan. Sesuai dengan lampiran Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, seperti pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah⁶

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)	
		Sabun	Deterjen
BOD ₅	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 ₄)	2	0,016	0,002
MBAS	3	0,024	0,003
pH		6,0-9,0	
Debit Maksimum		8 m ³ per ton produk sabun	1 m ³ per ton produk deterjen

Baku mutu air limbah industri daerah ditetapkan dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu

Air Limbah Industri Sabun dan Deterjen, seperti pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Baku Mutu Air Limbah Daerah Provinsi Jawa Tengah²⁶

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum kg/ton Produk	
		Sabun	Deterjen
BOD ₅	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 ₄)	2	0,016	0,002
MBAS	3	0,024	0,003
pH		6,0-9,0	
Debit Maksimum		8 m ³ /ton produk	1 m ³ /ton produk

B. Deterjen

1. Definisi Deterjen

Deterjen berasal dari bahasa latin *detergree* yang berarti membersihkan. Deterjen merupakan penyempurnaan dari produk sabun. Kelebihan deterjen dibanding sabun adalah dapat mengatasi air sadah dan larutan asam. Deterjen disebut juga dengan deterjen sintesis karena dibuat dari bahan-bahan sintesis.³ Berdasarkan dapat tidaknya zat aktif terdegradasi, deterjen dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. Deterjen Keras

Deterjen ini mengandung zat aktif yang sulit dirusak oleh mikroorganisme meskipun bahan itu telah dipakai dan dibuang. Hal ini dikarenakan adanya rantai cabang pada atom karbon yang mengakibatkan zat tersebut masih aktif. Jenis zat inilah yang dapat menyebabkan pencemaran air, seperti *Alkil Benzene Sulfonat* (ABS).

b. Deterjen Lunak

Deterjen ini mengandung zat aktif yang relatif mudah untuk dirusak oleh mikroorganisme, karena umumnya zat aktif ini memiliki rantai karbon yang tidak bercabang, sehingga setelah dipakai zat ini akan rusak. Contohnya: *Linier Alkil Benzene Sulfonat* (LAS).⁷

2. Komponen Penyusun Deterjen

Komponen penyusun deterjen diantaranya adalah :

a. Surfaktan

Surfaktan merupakan molekul senyawa organik yang mengandung hidrokarbon yang terdiri dari dua bagian dan memiliki sifat yang berbeda, yaitu tidak larut dalam air (hidrofobik) dan larut dalam air (hidrofilik). Surfaktan dalam deterjen berkisar antara 20-30%. Surfaktan berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan air sehingga kotoran dapat terlepas dari kain.²⁷ Tegangan permukaan merupakan gaya tarik menarik antar molekul dalam sebuah larutan. Ketika molekul surfaktan berada di dalam air, gugus hidrofiliknya akan berikatan kuat dengan molekul air, sedangkan gugus hidrofobiknya mempunyai kecenderungan untuk menjauh dari molekul air. Gugus hidrofilik surfaktan akan bergerak ke permukaan air dan berikatan dengan molekul udara, sehingga membuat tegangan permukaan air menurun.²⁸

b. Builder (Bahan Penguat)

Builder merupakan komponen terbesar dalam deterjen berkisar antar 70-80%. Builder merupakan komponen penting kedua dalam deterjen karena berfungsi meningkatkan efisiensi kinerja surfaktan.²⁸ Builder digunakan untuk melunakkan air sadah dengan cara mengikat mineral-mineral yang terlarut, selain itu builder juga berfungsi sebagai buffer yang dapat membantu mempertahankan pH larutan.²⁹ Jenis builder dalam deterjen umumnya dalam bentuk sodium tripolifosfat (STTP). Builder dalam deterjen akan melindungi/menghalangi redoposisi kotoran kembali ke permukaan.²⁸

c. Additives (Bahan Tambahan)

Bahan tambahan dalam deterjen (2-8%) digunakan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelembut, pewarna dan lain sebagainya. Bahan tambahan ini bertujuan untuk

melengkapi dan memaksimalkan pembersihan dan perawatan pada serat pakaian.^{22,29} Pewangi dan pemutih mengandung bahan-bahan berupa senyawa berbasis sodium. Keunggulan sodium adalah mudah melarutkan partikel-partikel dalam air, namun sodium sulit dipisahkan dari air. Kandungan sodium tersebut akan mempengaruhi kadar garam dalam air dan akan berdampak pada penurunan kualitas air apabila langsung dibuang ke badan air.²⁹

C. Phospat

1. Definisi Phospat

Phospat merupakan senyawa yang tersusun atas dua unsur, yaitu unsur P (fosfor) dan O (oksigen). Phospat adalah senyawa fosfor yang anionnya mempunyai atom fosfor yang dilengkapi oleh empat atom oksigen yang terletak pada sudut tetrahedron. Untuk melepaskan phospat dari senyawa organisme akan diperlukan proses peleburan dengan asam serta reaksi oksidasi.⁸

2. Jenis-jenis Phospat

Senyawa fosfor terbagi menjadi dua yaitu :

a. Senyawa organik

Senyawa fosfor organik biasanya berupa padatan yang telah bereaksi dengan bahan-bahan organik, misalnya tinja dan sisa makanan pada air buangan pemukiman.²⁹

b. Senyawa anorganik

Bentuk fosfor anorganik dalam air limbah berupa:

1) Poliphospat ($\text{Na}_2(\text{PO}_4)^{6-}$)

Poliphospat merupakan senyawa fosfor kompleks yang memerlukan hidrolisis untuk mengubah senyawa tersebut menjadi orthophospat.²²

2) Orthophospat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-})

Orthophospat merupakan bahan utama pembentuk deterjen dan bahan pembersih lainnya. Orthophospat adalah senyawa fosfor sederhana yang mudah dipisahkan dari air.²²

3. Fosfat Dalam Limbah Cair

Dalam air limbah senyawa fosfat biasanya berasal dari limbah penduduk (domestik), industri dan pertanian. Di daerah industri dan domestik fosfat berasal dari air bekas mandi dan cuci (*laundry*) yang langsung masuk ke badan air.⁸ Fosfat anorganik terlarut biasanya terkandung dalam limbah cair. Fitoplankton dan tumbuhan air lainnya akan mengabsorpsi fosfat ini dan membentuk senyawa, misalnya adenosine triphospat (ATP). Seperti halnya nitrogen, fosfor memasuki air melalui berbagai jalan: kotoran, limbah, sisa pertanian, kotoran hewan dan sisa tumbuhan dan hewan yang mati.⁹ Tahapan pencemaran terdiri dari empat tahap, yaitu:³⁰

a. Pencemaran tingkat pertama

Pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian pada manusia, baik dilihat dari kadar polutannya maupun waktu kontak dengan lingkungan.

b. Pencemaran tingkat kedua

Pencemaran yang mulai menimbulkan iritasi ringan pada panca indra dan alat vegetatif lainnya serta menimbulkan gangguan pada komponen ekosistem lainnya.

c. Pencemaran tingkat ketiga

Pencemaran yang sudah mengakibatkan reaksi pada tubuh dan menyebabkan sakit yang kronis.

d. Pencemaran tingkat keempat

Pencemaran yang telah menimbulkan dan mengakibatkan kematian dalam lingkungan karena kadar polutan terlalu tinggi.

Untuk mencegah terjadinya pencemaran terhadap lingkungan oleh berbagai aktivitas industri dan aktivitas manusia, maka diperlukan

pengendalian terhadap pencemaran lingkungan dengan menetapkan baku mutu lingkungan.³⁰

4. Dampak Fosfat di Perairan

Fosfor merupakan bahan yang menjadi nutrient bagi mikroorganisme dalam menyeimbangkan bahan organik dalam air serta menjadi nutrisi bagi pertumbuhan tanaman air. Dampak bagi kesehatan kandungan fosfat yang berlebih dalam deterjen akan mengakibatkan timbulnya penyakit kulit akibat iritasi, sedangkan jumlah kandungan fosfor yang berlebih dalam perairan dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman air menjadi tidak terkendali (*algae blooming*) sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi. Pada keadaan eutrofikasi, tanaman air dapat menghabiskan oksigen dalam air pada malam hari, sedangkan pada siang hari pancaran sinar matahari ke dalam air akan berkurang akibat terhalang oleh tanaman, sehingga proses fotosintesis berkurang dan oksigen terlarut dalam air juga berkurang.²¹ Oksigen terlarut dalam air dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Menurunnya kadar oksigen terlarut di perairan menyebabkan terganggunya ekosistem perairan dan mengakibatkan semakin berkurangnya populasi biota.³¹

Berdasarkan kadar orthophospat, perairan diklasifikasikan menjadi tiga yaitu⁴ :

a. Perairan oligotrofik

Merupakan perairan yang sangat rendah kandungan zat haranya untuk kehidupan binatang dan tumbuhan (memiliki kadar orthophospat 0,003-0,01 ppm).

b. Perairan mesotrofik

Merupakan perairan yang memiliki kesuburan pada tingkat pertengahan dari kedalaman air antara oligotrofik dan eutrofik (memiliki kadar orthophospat 0,011-0,03 ppm).

c. Perairan eutrofik

Memiliki kadar orthophospat 0,031-0,1 ppm.

5. Teknik Pengolahan Limbah Phospat

Senyawa phospat dalam air limbah akan menimbulkan permasalahan bagi lingkungan perairan. Tanah dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah dalam rangka mengurangi pencemaran lingkungan menyebabkan suatu fenomena yang disebut eutrofikasi (pengkayaan nutrien). Untuk mencegah kejadian tersebut, air limbah yang akan dibuang harus diolah terlebih dahulu untuk mengetahui kandungan phospat.^{2,20}

a. Fisika dan Kimia

1) Koagulasi garam logam/sedimentasi²⁰

a) Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Untuk menjernihkan air dan menurunkan alkalinitas air.

b) Zeolit (SiO_4 dan AlO_4)

Sebagai penukar ion dan sebagai penyaring melalui adsorpsi selektif atau penolakan molekul karena perbedaan dalam ukuran molekul.

2) Koagulasi kapur/sedimentasi²⁰

Penambahan kapur (CaO dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$) bertujuan untuk mereaksikan alkalibikarbonat dan mengatur pH air (6-8) sehingga menyebabkan pengendapan.

b. Kimia

1) *Chemical Phosphorus Removal*²⁰

Chemical Phosphorus Removal dengan cara penambahan koagulan seperti kapur, tawas dan filtrasi zeolit.

2) *Land treatment*²⁰

Land treatment adalah suatu proses dinamis dan pengelolaan intensif terhadap limbah, lokasi, tanah, iklim dan aktivitas biologi sebagai sebuah sistem untuk mengurai konstituen limbah.¹⁰

c. Biologi

1) *Enhanced Biological Phosphorus Removal (EBPR)*²⁰

EBPR adalah pengembangan dari *biological phosphorus removal* dengan metode dan proses untuk mereduksi konsentrasi fosfat dari outlet pengolahan biologis konvensional.

2) 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* secara langsung di lapangan pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah.¹¹

6. Penentuan Metode Pemeriksaan Fosfat

Penentuan kadar fosfat yang terdapat dalam air/air limbah biasanya menggunakan metode asam askorbat dengan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 880 nm.⁴⁰ Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan analisis kualitatif. Senyawa fosfat dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, dimana panjang gelombang dapat terlihat berdasarkan sampel yang akan diserap oleh radiasi elektromagnetis.⁴¹

D. Fitoremediasi

1. Definisi Fitoremediasi

Fitoremediasi didefinisikan sebagai teknologi yang memanfaatkan tanaman sebagai penyerap polutan untuk membersihkan wilayah yang tercemar/terkontaminasi. Fitoremediasi berasal dari kata *Phyto*

(Yunani/Greek) “phyton” yang berarti tumbuhan/tanaman (*plant*), dan *remediare (to remedy)* yang berarti memperbaiki atau membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan sistem dimana tanaman tertentu yang bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media untuk mengubah polutan menjadi kurang atau tidak berbahaya, bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.¹⁰ 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* secara langsung di lapangan pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah.¹¹

2. Proses Fitoremediasi oleh Tumbuhan Air

Proses fitoremediasi berlangsung secara alami dengan enam tahap proses yang dilakukan tumbuhan terhadap polutan yang berada disekitarnya, meliputi¹⁰ :

- a. *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu proses tumbuhan menarik polutan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan. Proses ini disebut juga *hyperaccumulation*.
- b. *Rhizofiltration* (rhizo=akar) adalah proses pengendapan polutan oleh akar untuk menempel pada akar.
- c. *Phytostabilization* adalah penempelan polutan-polutan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap kedalam batang tumbuhan. Polutan-polutan tersebut menempel erat pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- d. *Rhizodegradation* yaitu penguraian polutan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan.
- e. *Phytodegradation* yaitu proses yang dilakukan oleh tumbuhan untuk menguraikan polutan yang memiliki rantai molekul kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana dan berguna bagi tumbuhan itu sendiri.

- f. *Phytovolatilization* adalah proses perubahan polutan oleh tumbuhan menjadi bahan yang tidak berbahaya yang kemudian dilepaskan ke udara.

3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kemampuan Fitoremediasi

a. Suhu

Semakin tinggi suhu lingkungan maka semakin tinggi penyerapan oleh tanaman. Hal ini terjadi karena suhu lingkungan yang tinggi akan menyebabkan proses fotosintesis meningkat, sehingga penyerapan tanaman akan meningkat pula. Pada umumnya tanaman dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu optimum, yaitu 25-30°C.¹²

b. pH

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran keasaman atau kebasahan yang dimiliki oleh suatu perairan. pH optimum untuk pertumbuhan tanaman adalah 5,5-7 karena pada pH tersebut penyerapan unsur hara dapat berlangsung dengan baik.¹² Apabila pH lebih tinggi atau kurang maka pertumbuhan tanaman akan terhambat.

c. Jumlah Tanaman

Semakin banyaknya jumlah tanaman maka semakin besar pula polutan yang diserap oleh tanaman.³³ Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan menggunakan tanaman kayu apu dan genjer, jumlah tanaman yang efisien menyerap fosfat pada limbah deterjen adalah berjumlah 8 tanaman.³³

d. Umur Tanaman

Semakin tua umur tanaman, maka semakin tinggi pula konsentrasi polutan yang akan diserap.³⁴ Berdasarkan penelitian sebelumnya penggunaan tanaman bunga matahari dapat menyerap polutan Pb lebih optimal pada umur 9-12 minggu daripada pada umur 1-8 minggu.³⁹

e. Waktu Tinggal

Semakin lama waktu penyerapan, maka semakin besar pula polutan diserap oleh tumbuhan air.³³ Namun faktor ini berlaku apabila tumbuhan air belum mencapai titik jenuh sehingga berapapun waktu kontak berikutnya apabila telah mencapai titik jenuh maka tumbuhan air tidak akan mampu menyerap polutan secara optimal.¹² Berdasarkan penelitian sebelumnya penyerapan fosfat dalam deterjen yang paling efektif dan efisien adalah pada hari ke-4 dengan menggunakan tanaman kangkung air, pada hari ke-8 dengan menggunakan tanaman kayu apu dan pada hari ke-2 dengan menggunakan tanaman genjer.^{12,17,33}

f. Jenis Tanaman

Tanaman air yang biasa digunakan dalam proses fitoremediasi yaitu kayu apu, genjer, kiambang, kangkung air, melati air serta eceng gondok.^{10,11} Dipilihnya tanaman kangkung air dalam penelitian ini karena berdasarkan penelitian sebelumnya kangkung air merupakan salah satu tanaman yang dapat memanfaatkan kandungan nutrient buruk suatu perairan untuk dimanfaatkan dalam proses hidupnya. Kangkung air dapat menghasilkan oksigen dan menyerap nutrient yang masuk ke perairan seperti nitrogen dan fosfor.^{12,13}

E. Tanaman Kangkung Air

1. Klasifikasi Tanaman Kangkung Air

Klasifikasi dan identifikasi kangkung air adalah sebagai berikut³⁵ :

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Sub Kingdom	: Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales

Famili : Convolvulaceae (suku kangkung-kangkungan)
Genus : *Ipomoea*
Spesies : *Ipomoea aquatica* Forsk.

2. Morfologi Tanaman Kangkung Air

Tanaman kangkung mempunyai daun licin dan berbentuk mata panah, sepanjang 5-6 inci. Tumbuhan ini memiliki batang yang menjalar dengan daun berselang serta batang yang menegak pada pangkal daun. Tumbuhan ini berwarna hijau pucat dan menghasilkan bunga berwarna putih yang menghasilkan kantong dan mengandung empat biji benih.³⁶

Akar tanaman kangkung tumbuh menjalar dengan percabangan yang cukup banyak. Pada bagian batang yang berbentuk menjalar di atas permukaan tanah basah atau terapung, kadang-kadang membelit. Tangkai daun melekat pada buku-buku batang. Bentuk daunnya seperti jantung, segitiga, memanjang, bentuk garis atau lanset, rata atau bergigi, dengan pangkal yang terpancung atau bentuk panah sampai bentuk lanset.^{36,37}

Tanaman ini memiliki karangan bunga di ketiak, berbentuk payung/terompet dan berbunga sedikit. Terdapat daun pelindung tapi berukuran kecil, daun kelopak berbentuk buah telur memanjang dan tumpul. Tonjolan dasar bunga berbentuk cincin, tangkai putik berbentuk benang, dan kepala putik berbentuk bola rangkap. Bentuk buahnya bulat telur yang di dalamnya berisi 3-4 butir biji. Bentuk bijinya bersegi-segi, agak bulat dan berwarna coklat atau kehitam-hitaman.³⁷

Tumbuhan kangkung air merupakan tumbuhan yang hidup di air (hydrophyta). Tumbuhan ini sistem perakarannya di tanah meskipun tempat tumbuhnya di perairan. Tumbuhan kangkung air biasa hidup di tempat yang lembab seperti di daerah rawa, parit, sawah, dan pinggir-pinggir jalan yang tergenang.

Morfologi tanaman kangkung air dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini :



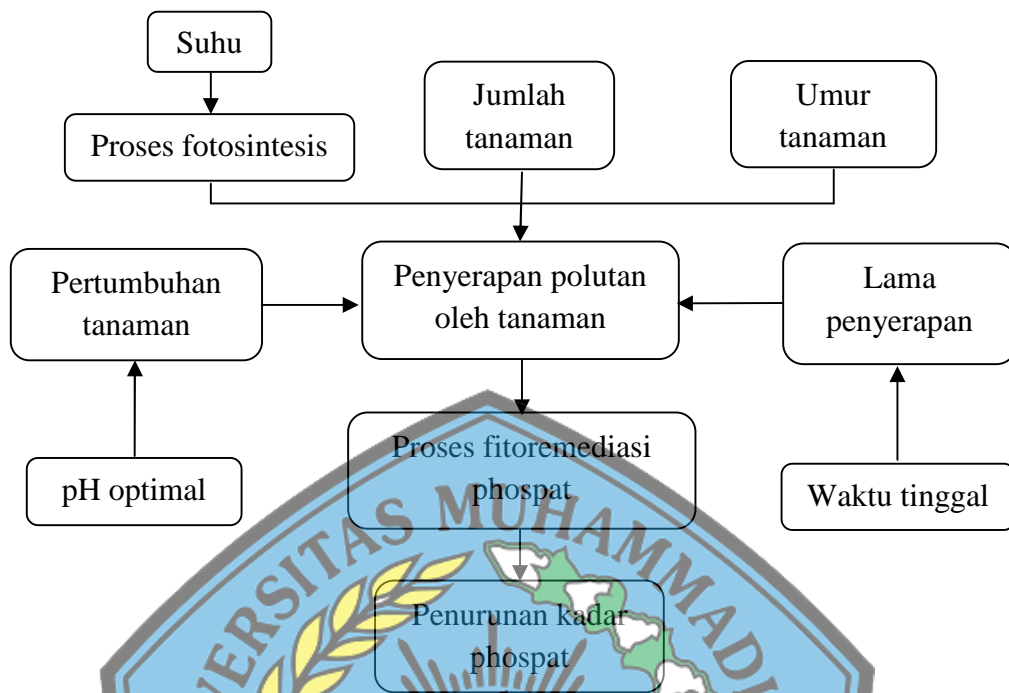
Gambar 2.2 Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk.)

3. Penyerapan oleh Tanaman Kangkung Air

Secara anatomi tanaman kangkung memiliki akar serabut yang tumbuh disetiap ruas batang, sehingga memiliki daya hisap yang tinggi terhadap polutan yang ada di perairan. Struktur batang yang berongga berfungsi untuk mempercepat proses kapilaritas dari batang. Akibatnya kemampuan untuk mengangkut air limbah bisa terjadi dengan cepat.

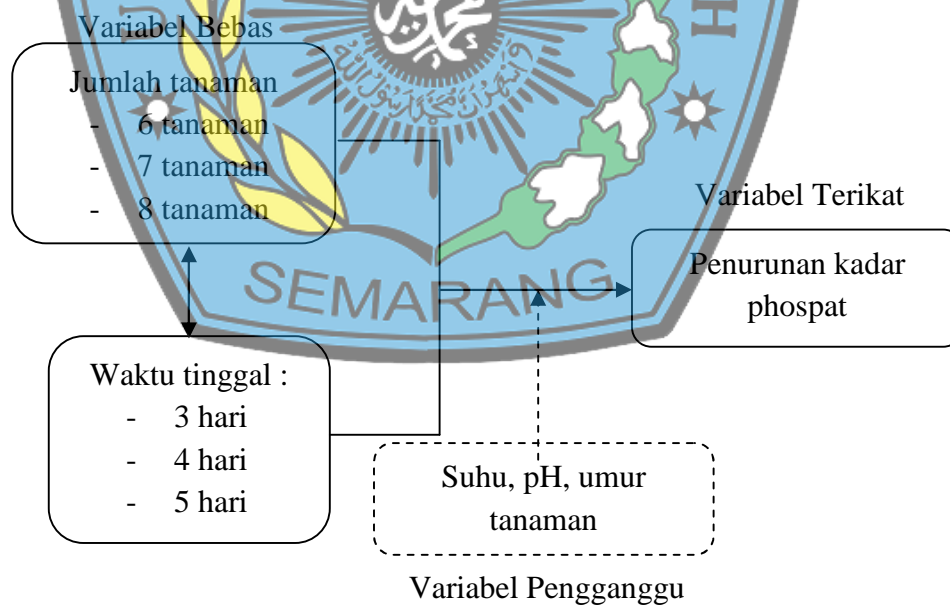
Struktur daun yang terdiri dari 3-5 lima helai dengan struktur daun yang tipis menyebabkan tumbuhan mudah kehilangan air karena air yang ada di dalam tumbuhan menguap. Hilangnya air yang menguap akan menyebabkan tekanan pada daun menjadi rendah sehingga menarik air yang ada di pembuluh. Isapan daun ini akan membuat air yang terdapat di akar naik ke atas. Dengan stuktur anatomi, morfologi dan fisiologi kangkung yang seperti ini sehingga tanaman ini dapat menyerap berbagai jenis polutan yang ada di perairan.³⁸

F. Kerangka Teori



Gambar 2.3 Kerangka Teori^{12,17,33,34,39}

G. Kerangka Konsep



Gambar 2.4 Kerangka Konsep

Keterangan :

- Suhu dan pH dilakukan pengukuran
- Umur tanaman disamakan

H. Hipotesis

1. Ada pengaruh jumlah tanaman kangkung air terhadap penurunan kadar fosfat dalam limbah cair *laundry*.
2. Ada pengaruh waktu tinggal tanaman kangkung air terhadap penurunan kadar fosfat dalam limbah cair *laundry*.
3. Ada pengaruh interaksi antara jumlah tanaman dengan waktu tinggal terhadap penurunan kadar fosfat dalam proses fitoremediasi pada limbah cair *laundry*.

