

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sumber Air Bersih

1. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer. Pergerakan air tanah sangat lambat, kecepatan arus berkisar antara 10^{-10} – 10^{-3} m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas dari lapisan tanah, dan pengisian kembali air (*recharge*).^{21,22} Karakteristik utama yang membedakan air tanah dari air permukaan adalah pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang sangat lama, dapat mencapai puluhan bahkan ratusan tahun. Pergerakan yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama tersebut, air tanah akan sulit untuk pulih kembali jika mengalami pencemaran.²

Air tanah dibagi menjadi tiga, yaitu

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan. Pengotoran juga masih terus berlangsung selama penyaringan, terutama pada air yang dekat dengan permukaan tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul yang merupakan air tanah dangkal dimana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur - sumur dangkal. Air tanah dangkal didapat pada kedalaman 15 meter. Air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.^{2,21}

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam tidak semudah pada air tanah dangkal, harus digunakan bor dan memasukkan pipa ke dalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (100-300 m) akan didapatkan suatu lapisan air. Kualitas air tanah dalam lebih baik dari air tanah dangkal karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur - unsur kimia tergantung pada lapis - lapis tanah yang dilalui. ²Jika melalui tanah kapur, maka air itu akan menjadi sadah, karena mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Jika melalui batuan granit, maka air tersebut lunak dan agresif karena mengandung gas CO_2 dan $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$.

c. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas atau kualitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya ke permukaan tanah) dibedakan menjadi dua yaitu rembesan, dimana air keluar dari lereng-lereng dan umbul, dimana air keluar ke permukaan pada suatu dataran.²³

2. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri dan sebagainya. Beberapa pengotoran ini untuk masing-masing air permukaan akan berbeda, tergantung pada daerah pengaliran air permukaan ini. ^{2, 24}

Air permukaan yang baik berupa sungai, danau, waduk adalah air yang kurang baik untuk langsung dikonsumsi oleh manusia karena itu harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi oleh manusia. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia

dan bakteriologi.¹⁷ Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air permukaan ini akan mengalami suatu proses pembersihan sendiri yakni udara yang mengandung oksigen akan membantu mengalami proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang mengalami pengotoran, karena selama dalam perjalanan oksigen akan meresap ke dalam air permukaan.²⁵

3. Air Hujan

Air hujan adalah uap air yang mengalami kondensasi kemudian jatuh ke bumi dalam bentuk air atau tetesan embun. Air hujan memiliki pH yang sangat rendah dan bersifat agresif terhadap pipa-pipa yang menyalur maupun reservoir, sehingga dapat mempercepat terjadinya korosi.²⁶ Dari segi kuantitas air hujan tergantung dengan besar atau kecilnya curah hujan yang turun sehingga air hujan tidak bias mencukupi untuk persediaan yang umum karena jumlahnya berfluktuasi.^{25, 27, 28}

4. Air Laut

Air laut adalah air yang mempunyai sifat asin karena pada air laut terdapat garam (NaCl). Kadar (NaCl) dalam air laut mencapai 30% sehingga tidak dapat dipilih sebagai sumber air bersih.²⁸

B. Kualitas Air

Kualitas Air Minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berwarna, tidak berasa maupun tidak berbau. Selain itu juga tidak mengandung kandungan yang berbahaya bagi kesehatan manusia serta mengandung zat kimia yang mengganggu fungsi tubuh. Standar Nasional Indonesia yang mengatur tentang Persyaratan Kualitas Air Minum mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor. 492/MENKES/PER/IV/2010, yang menyatakan bahwa air minum harus memenuhi persyaratan parameter mikrobiologi, kimia dan fisika.³

Peraturan tersebut dibuat bertujuan untuk air yang memenuhi syarat kesehatan mempunyai peran sangat penting dalam rangka pemeliharaan, perlindungan serta nempertinggi derajat kesehatan masyarakat.³

Tabel 2.1 Persyaratan Air Bersih

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan
1. Parameter Fisik			
1.	Bau		Tidak berbau
2.	Warna	TCU	15
3.	Total zat padat terlarut(TDS)	Mg/l	500
4.	Kekeruhan		
5.	Rasa	NTU	5
6.	Suhu	°c	Tidak ada rasa Suhu udara ⁰ 3
2. Parameter Kimiawi			
1.	Alumunium	mg/l	0,2
2.	Besi	mg/l	0,3
3.	Kesadahan	mg/l	500
4.	Khlorida	mg/l	250
5.	Mangan	mg/l	0,4
6.	pH	mg/l	6,6-8,5
7.	Seng	mg/l	3
8.	Sulfat	mg/l	250
9.	Tembaga	mg/l	2
10.	Amonia	mg/l	1,5

Sumber ³

Standart kualitas air secara global dapat menggunakan, Standart Kualitas Air WHO, yaitu:

1. Pesryaratan fisik ²

Pesyaratan fisik meliputi:

- a. Air tidak berwarna
- b. Air tidak berasa
- c. Air tidak berbau
- d. Suhu air harus dibawah suhu udara

2. Persyaratan kimia

Air minum tidak boleh mengandung zat-zat berbahaya atau racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah tidak melampaui batas yang telah ditentukan. ¹⁷

3. Persyaratan biologi

Air minum yang dikonsumsi tidak boleh mengandung bakteri-bakteri atau pathogen sama sekali dan tidak boleh mengandung bakteri

yang mengandung E. Coli yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan yaitu harus 0/100 ml air.¹⁸

C. Pengertian Logam berat

1. Kadar Besi (Fe)

Besi adalah logam yang berasal dari biji besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam table unsur periodik susunan unsur logam besi golongan VII dan No atom 26.

Air yang mengandung unsur besi yang tinggi apabila ingin dikonsumsi terus menerus akan mengakibatkan akumulasi logam didalam tubuh dan dapat menyebabkan keracunan, kerusakan usus, batu ginjal, kematian mendadak. Air minum dibatasi maksimum 1.0 mg/liter dan 0,5 ppm akan menimbulkan bau maupun rasa yang tidak enak, warna air menjadi kemerahan oksida besi baik dalam senyawa ferri atau ferro akan dapat merusak saringan air dan pelunak resin. Salah satu kelemahan besi adalah mudah mengalami korosi, korosi pada air dapat menimbulkan banyak kerugian karena mengurangi umur pakai berbagai barang atau bangunan yang menggunakan besi dan mudah berkarat.²⁹

Besi merupakan komponen logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal tersebut disebabkan karena beberapa hal, sebagai berikut:³⁰

- a. Kelimpahan besi pada kulit bumi sangatlah besar
- b. Pengolahannya relative mudah dan murah
- c. Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah untuk dimodifikasi.

Kondisi asam, ferro akan larut didalam air, sedangkan ferri akan sukar larut yang biasanya berwarna kuning kecoklatan, berikut ini beberapa penyebab yang mempengaruhi tingginya kandungan besi didalam air:

a. Kedalaman resapan air

Air hujan yang jatuh ke tanah akan mengalami infiltrasi masuk ke dalam tanah yang mengandung FeO yang kemudian bereaksi dengan H₂O dan CO₂ dalam tanah dan membentuk Fe(HCO₃)₂. Semakin dalam air yang diserap oleh tanah maka akan semakin tinggi pula kandungan besi didalam air.²⁹

b. pH air

pH air yang akan mempengaruhi kandungan besi didalam air, pH yang rendah atau < 7 dapat menyebabkan korosif, sehingga akan mengakibatkan larutan besi. Dalam keadaan pH yang rendah besi didalam air akan mejadi ferri dan ferro.²⁹ Dimana bentuk ferri akan mengendap dan tidak larut didalam air dan berakibat terjadinya warna pada air, air menjadi bau adanya rasa karat pada air pH yang tidak dapat mempengaruhi kandungan besi yaitu 6,5-8,5.²

c. Bakteri besi

Bakteri besi adalah bakteri yang dapat mengambil unsur besi dari lingkungan hidupnya. Hasil dari aktifitas bakteri besi akan menghasilkan preipitat yang kemudian dapat menyebabkan warna kekuningan pada air. Bakteri besi adalah bakteri anaerob yang banyak terdapat pada air yang mengandung mineral, pertumbuhan bakteri besi akan sempurna apabila di dalam air banyak mengandung CO₂ dengan keadaan kadar besi yang tinggi.⁶

d. Adanya gas-gas terlarut

Gas-gas yang terlarut dalam air biasanya berupa CO₂. Di dalam air gas CO₂ dibedakan menjadi 3 adalah CO₂ bebas, CO₂ dalam keadaan keseimbangan dan CO₂ agresif sangatlah berbahaya karena dapat menyebabkan terjadinya korosif.³¹

e. Temperatur air

Temperatur air adalah temperatur yang sama dengan temperatur udara disekitarnya. Temperatur yang tinggi dapat menyebabkan menurunkan kadar O₂ dalam air, yang kemudian

dapat menguraikan derajat kelarutan mineral. Sehingga kelarutan Fe akan menjadi tinggi. Temperatur air bersih sebaiknya sama dengan temperature udara atau kurang lebih 25°C. ^{6,31}

Penurunan kadar besi di dalam air, perlu dilihat terlebih dahulu apakah besi didalam air disebabkan oleh pencemaran dari luar atau memang konsentrasinya sudah sangatlah tinggi. Adapun upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kadar besi dalam air dapat berupa upaya preventif dan kuratif. ³¹ Upaya kuratif yang dapat dilakukan dengan cara aerasi, pmbubuhan bahan koagulan, pembubuhan bahan pengatur pH, filtrasi. ⁶

Metode analisis besi yang sering digunakan adalah dengan cara spektrofotometri (sinar tampak), karena mampu mengukur konsentrasi besi yang sangat rendah.

2. Kesadahan

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh senyawa ion-ion kation logam valensi dua yang mampu bereaksi dengan sabun yang kurang membusa dan dapat membentuk kerak pada air. ³² Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara bersama-sama. Kesadahan dapat menimbulkan dampak pada kesehatan seperti penyumbatan pembuluh darah di jantung dan batu ginjal, menyebabkan pengerakan pada peralatan logam untuk memasak sehingga dapat menjadi pemborosan energi. ²¹

Penanggulangan kesadahan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Pemanasan dilakukan untuk mengatasi terjadinya kesadahan sementara.
- b. Proses pengendapan senyawa ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang akan mengendap sebagai CaCO_3 dan Mg(OH)_2 , ion CO_3^{2-} berasal dari karbon dioksida (CO_2) dan bikarbonat (HCO_3).
- c. Proses pertukaran Ion Ca^{2+} , Mg^{2+} dengan ion Na^+ , K^+ atau H^+ pada proses ini sangatlah cepat hanya (20-30 menit), tidak dapat belangsung dengan reaksi lain dan air baku tidak boleh keruh.

- d. Proses kontak air dengan pasir, batu dan kapur adalah proses yang sangat lambat membutuhkan waktu selama 1 jam, tidak bias bersamaan dengan proses lain.

Satuan ukuran kesadahan ada 3 macam yaitu derajat Jerman, dilambangkan dengan °D. Derajat Inggris, dilambangkan dengan °E. Derajat Perancis, dilambangkan dengan °F.

Metode analisis kesadahan yang sering digunakan adalah dengan cara titrasi dengan EDTA sebagai titran dan menggunakan indikator yang peka terhadap semua kation tersebut.

D. Fitoremediasi

1. Definisi Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah suatu teknologi yang memanfaatkan tanaman untuk membersihkan wilayah polutan dari tanah dan perairan yang tercemar logam.³³ Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman atau bagian-bagian untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran baik secara *ex-situ* dengan menggunakan kolam buatan maupun *in-situ* secara langsung pada daerah yang terkontaminasi limbah. Semua tumbuhan dapat menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi.^{33 34, 35}

2. Proses Fitoremediasi Tanaman Air

Fitoremediasi berlangsung secara alami, terdapat enam tahap proses yang dilakukan oleh tanaman atau tumbuhan terdapat zat yang terkontaminasi maupun tercemar yang berada di sekitarnya, adalah:^{34, 36}

- a. *Phytoaccumulation (phytoextraction)* adalah proses tumbuhan menarik zat yang terkontaminasi dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan.
- b. *Rhizofiltration* adalah proses pengendapan zat yang terkontaminasi oleh akar untuk menempel pada akar tumbuhan.

- c. *Phytostabilization* adalah perlekatan zat-zat terkontaminasi tertentu pada akar tumbuhan yang mungkin tidak terserap dalam batang.
- d. *Rhizodegradation* adalah penguraian zat-zat kontaminasi oleh aktivitas mikroorganisme yang berada di sekitar akar tumbuhan.
- e. *Phytodegradation* adalah proses penguraian zat kontaminasi yang memiliki rantai molekul kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya.
- f. *Phytovolatilization* adalah proses perubahan polutan oleh tanaman menjadi senyawa yang mudah menguap sehingga dapat dilepaskan ke udara.

3. Faktor yang mempengaruhi kemampuan fitoremediasi dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Kesadahan

a. Suhu

Suhu lingkungan yang semakin tinggi maka penyerapan tanaman akan semakin tinggi. Karena suhu lingkungan yang tinggi dapat menyebabkan proses fotosintesis meningkat. Pada umumnya suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman yaitu berkisaran 27-30°C.²¹

b. pH

Derajat keasaman (pH) adalah ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan. Nilai pH sangat menentukan pertumbuhan maupun produksi tanaman karena pada pH yang rendah maka pertumbuhan tanaman akan menjadi terhambat akibat rendahnya ketersediaan unsur hara. pH optimum untuk tanaman pada proses fitoremediasi adalah 5,5-7.³⁷

c. Umur Tanaman

Umur tanaman semakin lama semakin tua maka akan semakin tinggi pula konsentrasi polutan yang akan diserap.³⁸ Umur tanaman tanaman yang dipakai oleh peneliti sebelumnya sebagai penurunan Cu adalah 1 bulan.³⁹

d. Jenis Tanaman

Tanaman air yang digunakan dalam proses fitoremediasi adalah kangkung air, enceng gondok, kayu apu, genjer, kiambang.

Dipilihnya tanaman kiambang dalam penelitian ini karena berdasarkan peneliti sebelumnya tanaman kiambang merupakan salah satu tanaman fitoremediator yang baik dalam meremediasi limbah organik, anorganik dan logam berat non esensial. Kiambang dapat menghasilkan kadar nutrisi yang rendah.¹⁵

e. Lama Kontak

Semakin lama waktu kontak, maka akan semakin tinggi pula konsentrasi polutan yang akan diserap. Berdasarkan penelitian sebelumnya penyerapan Fe dalam air baku yang paling efektif dan efisien adalah pada waktu ke 5jam.¹⁹

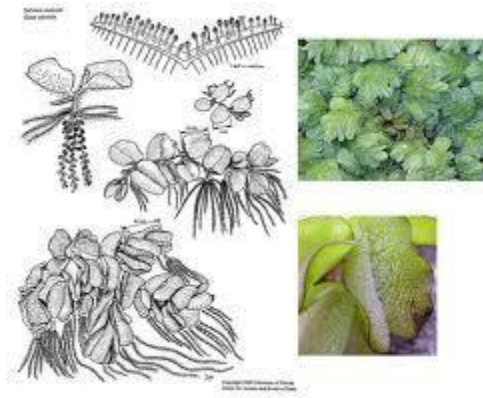
f. Jumlah Tanaman

Semakin banyak jumlah tanaman maka akan semakin besar pula polutan yang akan diserap oleh tanaman. Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan menggunakan tanaman kiambang jumlah tanaman yang efisien menyerap Cu pada air adalah berjumlah 5 tanaman.³⁹

E. Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*)

1. Morfologi Kiambang (*Salvinia molesta*)

Kiambang (*Salvinia molesta*) adalah paku air yang memiliki kemampuan untuk menyerap unsur-unsur logam yang ada pada air limbah. Kiambang batang, daun, dan akar. Batang kiambang betumbuh mendatar, berbuku-buku, ditumbuhi bulu, dan panjangnya dapat mencapai 30cm. Daun kiambang pertama berbentuk mengapung dan sebuah daun yang tenggelam. Daun yang mengapung berbentuk oval, alterna dengan panjang tidak lebih dari 3 cm, tangkai pendek ditutupi banyak bulu, dan berwarna hijau sedangkan daun yang tenggelam menggantung dengan panjang mencapai 8cm, berbelah serta terbagi-bagi dan berbulu halus. Sepintas penampilan seperti akar.



Gambar 2.1 Tanaman Kiambang

Kiambang memiliki dua tipe daun yang berbeda. Daun yang tumbuh dipermukaan air berbentuk cuping sedikit melingka, berklorofil sehingga berwarna hijau dan permukaannya ditutupi rambut berwarna putih sedikit transparan. Rambut-rambut mencegah agar daun kiambang tidak basah dan mengapung. Daun tipe kedua tumbuh didalam air berbentuk sangat mirip akar, tidak berklorofil dan berfungsi menangkap hara dari air seperti akar. Tumbuhan kiambang biasanya ditemukan mengapung di air yang menggenang seperti kolam, sungai, sawah atau danau yang mengalir tenang.^{40, 41}

2. Klasifikasi Tanaman Kiambang

Klasifikasi dan identifikasi kiambang adalah sebagai berikut:⁴²

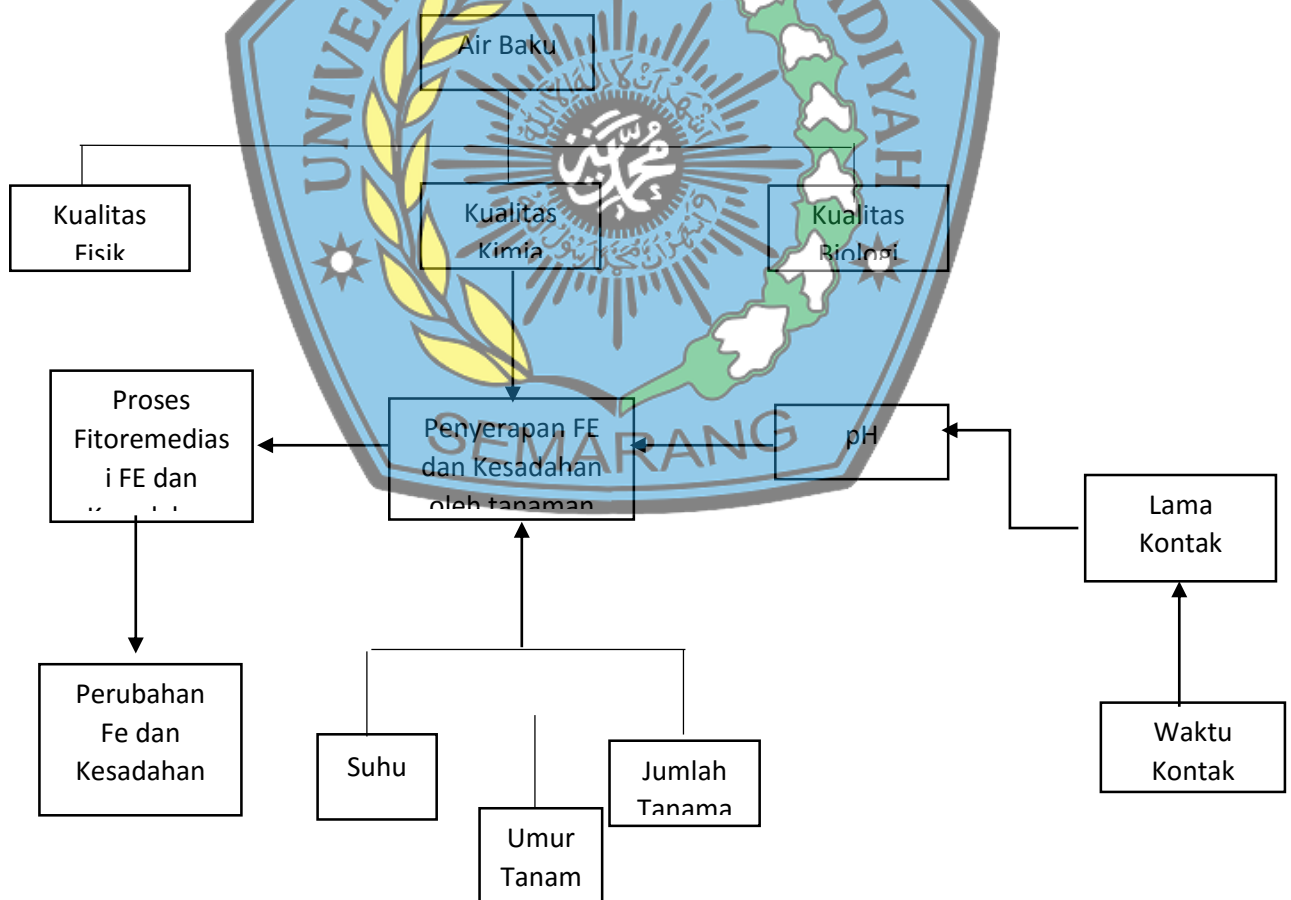
- Kingdom : Plantae (tumbuhan)
- Sub Kingdom : Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
- Divisi : Pteridophyta
- Kelas : Filicopsida
- Ordo : Hydropteridales
- Famili : Salviniaceae
- Genus : *Salvinia* Seg.
- Spesies : *Salvinia Molesta* Mitchell

F. Mekanisme Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Kesadahan

Mekanisme penyerapan kadar besi (Fe) dan Kesadahan oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu sebagai berikut:⁴³

1. Penurunan kadar Besi (Fe) dan Kesadahan pada proses fitoremediasi dimulai dengan penyerapan oleh akar tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar
2. Translokasi kadar besi (Fe) dan Kesadahan dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah kadar besi (Fe) dan kesadahan menembus endodermis akar, maka senyawa-senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut.
3. Lokalisasi kadar besi (Fe) dan Kesadahan pada sel dan jaringan. Bertujuan untuk menjaga agar Fe dan Kesadahan tidak menghambat metabolisme tanaman.

G. Kerangka Teori



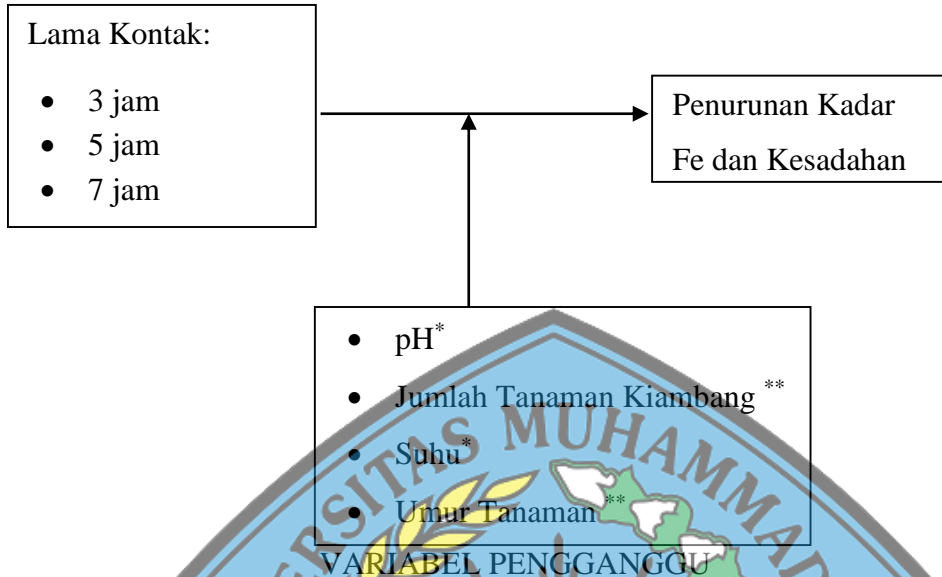
Gambar 2.2 Kerangka Teori

Sumber:^{2, 37}

H. Kerangka Konsep

VARIABEL BEBAS

VARIABEL TERIKAT



Keterangan:

* = dilakukan pengukuran

**= dikendalikan

I. Hipotesis

1. Ada pengaruh lama kontak tanaman kiambang terhadap penurunan kadar Fe dalam air baku.
2. Ada pengaruh lama kontak tanaman kiambang terhadap penurunan kadar kesadahan dalam air baku.