

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Logam Berat Pb

Timbal merupakan logam berwarna kelabu keperakan, putih kebiruan. Logam ini memiliki nomor atom 82, bobot atom 207,20 g/mol, titik leleh 327°C, dan titik didih 1755°C. Timbal di alam ditemukan pada tanah, dan sangat beracun untuk organisme lain. Penggunaan timbal yang luas, menyebabkan pencemaran lingkungan. Timbal dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa-senyawa timbal, seperti timbal oksida (PbO), timbal klorida (PbCl<sub>2</sub>) dan lain-lain (BSN, 2009).

Unsur Pb merupakan logam berat tidak esensial, bahkan bagi tanaman dapat mengganggu siklus penyerapan hara dalam tanah. Logam timbal sampai saat ini masih dipandang sebagai bahan pencemar yang dapat menimbulkan pencemaran tanah dan lingkungan (Juhaeti dkk, 2004). Menurut *Ministry of State for Population and Environmental of Indonesia, and Dalhousie, University Canada* (1992) ambang batas maksimum keberadaan logam Pb adalah 100 ppm didalam tanah.

Logam timbal secara alami terdapat dalam jumlah kecil pada batuan, tanah dan tanaman. Timbal komersial dihasilkan melalui penambangan, peleburan, pengilangan dan pengolahan ulang sekunder (Suyono, 1995). Sumber lain yang menyebabkan timbal terdapat dalam udara ada berbagai macam. Diantara sumber alternative. Sumber alternatif yang tergolong besar yaitu pembakaran batu bara, asap pabrik yang mengelola senyawa timbal, peleburan biji timbal, pembakaran bahan bakar dari motor. Timbal dari sumber alamiah sangat rendah dibandingkan

dengan timbal yang berasal dari pembuangan gas kendaraan bermotor (Palar, 2004).

## **B. Fitoremediasi**

Bioremediasi merupakan mekanisme penyerapan dengan bantuan organisme dalam mengatasi pencemaran di tanah (Leyval dkk., 2002). Fitoremediasi merupakan upaya pemilihan jenis tumbuhan khusus dan teknik pemanfaatannya dalam akumulasi logam untuk membersihkan lingkungan dari hamparan logam berat yang bersifat toksik (Salt dkk., 1995). Penyerapan merupakan proses fisiologi yang menentukan keberhasilan fitoremediasi pada tanaman, dan bagian tanaman membantu proses ini adalah akar (Kartika, 1997).

Fitoremediasi memiliki keuntungan dimana prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dengan biaya yang murah, ramah lingkungan dan dapat mengakumulasi kontaminan dengan jumlah besar. Namun fitoremediasi juga memiliki kekurangan yaitu proses yang relative lama, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan tanaman, dan dapat mengganggu keseimbangan rantai makanan (Caroline dan Moa, 2015).

Secara alami tumbuhan memiliki beberapa keunggulan salah satunya yaitu memiliki sifat toleran dan mampu mengakumulasi logam berat (hiperakumulator). Logam berat dapat terakumulasi di permukaan melalui akar, daun dan bagian lainnya. Mekanisme penyerapan logam berat oleh akar terjadi jika dalam bentuk terlarut. Penyerapan logam berat oleh daun terjadi karena partikel logam berat di udara yang jatuh pada permukaan daun kemudian terserap melalui stomata menuju jaringan lainnya. (Rangkuti, 2004).

Mekanisme akumulasi logam berat oleh tumbuhan diikuti dengan pembentukan senyawa kelat dengan protein yang disebut fitokelatin. Senyawa kelat merupakan senyawa dari hasil kombinasi senyawa yang mengandung gugus elektron donor dan ion logam. Fitokelatin merupakan suatu protein yang mengandung elektron donor yang berfungsi untuk mengikat logam berat. Sintesis fitokelatin dalam tumbuhan dikatalisis oleh enzim fitokelatin sintetase ( $\gamma$ -glutamylcystein dipeptidyl transpeptidase) dari glutation. Fitokelatin berhubungan dengan glutation mempunyai struktur umum  $(\gamma\text{-Glu-Cys})_n - \text{Gly}$  atau gamma-glutamyl-cysteinyl-glycine. Aktivitas sintesis fitokelatin meningkat sejalan dengan meningkatnya logam-logam berat seperti Cd, Ag, Pb, Cq Hg, Zn, Sn, Cu, dan As (Sudding dan Salempa, 2010).

Menurut Hardiani (2009), mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman, diantaranya:

1. Penyerapan logam berat oleh akar. Penyerapan logam berat dapat terjadi melalui proses difusi yaitu proses perpindahan molekul atau ion konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah oleh akar (*rizofer*). Logam larut dalam air yang akan diserap oleh akar melalui unsur hara dan air.
2. Translokasi tumbuhan. Setelah logam menembus endodermis akar, logam menuju akan berpindah ke jaringan lain melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) dan ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada jaringan tanaman. Tujuan lokalisasi untuk menjaga jaringan tanaman tetap dalam kondisi yang prima dan tidak menghambat metabolisme tanaman. Dalam upaya untuk mencegah tanaman keracunan logam

mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Menurut Fitter dan Hay (1991) dalam Zakiyyah (2013), mekanisme tanaman untuk mengakumulasi logam berat adalah:

- a. Penanggulangan (ameliorasi), untuk mengurangi pengaruh akumulasi logam dengan empat pendekatan:
  1. Lokalisasi (intraseluler dan ekstraseluler), biasanya terjadi pada akar.
  2. Ekskresi, melalui jaringan pada tajuk dan dengan akumulasi pada daun tua yang di ikuti dengan absisi daun (lepasnya daun).
  3. Dilusi (melemahkan), yaitu melalui pengenceran.
  4. Inaktivasi secara kimia.
- b. Toleransi, tumbuhan mempunyai sistem metabolik yang dapat mentoleransi konsentrasi toksik.

### **C. Fungi Mikoriza Absukular (FMA)**

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) adalah salah satu kelompok fungi yang hidup di dalam tanah (Hidayat, 2003). Mikoriza berperan untuk meningkatkan penyerapan hara oleh tanaman dan dapat memproduksi zat pengatur tumbuh yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman (Hidayat, 2016). Peran FMA meningkatkan penyerapan P dan pertumbuhan, serta meningkatkan hasil tanaman (Sartini, 2004). Mikoriza dapat membantu dalam proses fitoremediasi pada lahan tercemar logam berat (Suharno dan Sancayaningsih, 2013).

Asosiasi fungi dengan akar tanaman memiliki potensi untuk meningkatkan luas permukaan akar yang kemudian dapat meningkatkan penyerapan logam oleh akar

(Khan dkk., 2000). Mikoriza membentuk hubungan simbiosis mutualisme antara jamur (*mykus*) tanah kelompok tertentu dan perakaran (*rhiza*) tumbuhan tingkat tinggi (Hidayat, 2016). Pada simbiosis ini, fungi mikoriza arbuskula berhubungan langsung oleh tanaman dengan tanah. Hara dan mineral diangkut dari tanah ke tanaman serta senyawa karbon (C) dari tanaman ke dalam tanah menjadikan mikoriza sebagai agensia nutrisi tanaman dan tanah (Kabirun, 2004).

FMA melindungi tanaman inang dari logam berat melalui efek filtrasi menonaktifkan secara kimiawi melalui eksudat akar yang dikeluarkan tanaman inang, dan akumulasi di dalam hifa (Rissiana, 2003). Mekanisme fitoekstraksi FMA meliputi, FMA membantu akumulasi logam oleh tanaman, memfasilitasi pertumbuhan dan produksi biomassa dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap logam (Javaid, 2011). Efektivitas FMA dalam fitoremediasi sangat dipengaruhi oleh *strain* dan ekotipe FMA, tipe dan ekotipe tanaman serta logam dan ketersediaannya (Muleta dan Woyessa, 2012).

Penambahan bahan organik seperti pupuk hayati mempunyai pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman karena terdapat senyawa yang mempengaruhi aktivitas biologis yakni senyawa perangsang tumbuh (auksin) dan vitamin (Atmojo, 2003). Pupuk hayati mikoriza juga memacu pembentukan hormone pertumbuhan tanaman, seperti sitokinin dan auksin yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel sehingga hal ini semakin mengoptimalkan pertumbuhan tinggi tanaman (Talaca, 2010). Sumber senyawa perangsang berasal dari pupuk kompos, pupuk kandang, sisa tanaman, dan juga berasal dari hasil aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Mikroba rizosfer dapat meningkatkan kesehatan tanaman dengan

menstimulasi pertumbuhan akar melalui produksi pengatur tumbuh tanaman, membantu dalam penyerapan air, hara dan mineral (Nwoko, 2010).

Menurut Andi (2015), pemberian kompos dapat memperbaiki sifat kimia tanah, pH dan C-organik tanah. Menurut Mustofa dkk. (2012) pemberian pembenah tanah berpengaruh terhadap kapasitas lapang dan pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, berat basah, berat kering tanaman, dan jumlah daun. Bahan organik dapat memperbaiki sifat tanah vertisol yang memiliki porositas, sehingga tanah dapat menjaga ketersediaan legas untuk serapan hara pupuk. Menurut Sutedjo (1991), pemberian bahan organik dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme, seperti bakteri dan cendawa didalam tanah yang berfungsi sebagai granulator yang dapat memperbaiki struktur tanah serta berperan dalam pengikatan air.

#### **D. Tanaman Pisang Mas kirana (*Musa paradisiaca* L.)**

Pisang merupakan salah satu buah dengan hasil produksi tertinggi dibandingkan dengan buah-buahan lainnya. Habitat yang tepat untuk tanaman pisang adalah Indonesia dikarenakan memiliki iklim yang tropis. Tanaman pisang mempunyai beberapa bagian yaitu akar, bonggol, batang, pelepah, daun, tandan, bunga, dan buah (Utami, 2008). Tanaman pisang dapat beradaptasi pada curah hujan optimal 2000-3000 mm/tahun dengan 2 bulan kering. Dengan suhu optimum untuk pertumbuhan adalah kisaran 27°C (Rismunandar, 1990).

Kelembapan tanah yang dibutuhkan tidak boleh kurang dari 60-70 % dari luas lahan (Satuhu dan Supriyadi, 2000). Karakter morfologi pisang mas adalah tinggi pohon mencapai 2 meter dengan lingkaran batang 20-28 cm dengan bercak coklat

tua kemerah-merahan (Rukmana, 1999). Pisang Mas Kirana merupakan salah satu varietas unggulan yang produksinya ada di Indonesia.

Menurut (Suprpti, 2005), klasifikasi tanaman pisang mas adalah sebagai berikut :

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Kelas : Liliopsida  
Bangsa : Zingiberales  
Suku : Musaceae  
Marga : *Musa*  
Jenis : *Musa paradisiaca* L

#### **E. Parameter Pertumbuhan Tanaman**

##### **1. Tinggi Tanaman**

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang diukur pada tanamana. Tinggi tanaman dihitung dari pangkal batang hingga ruas batang. Tinggi tanaman merupakan parameter yang sering diamati sebagai indikator pertumbuhan dan sebagai tolak ukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan karena tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat (Sitompul dan Guritno, 1995). Menurut Amir dkk. (2013), sifat tinggi tanaman dapat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan atau interaksi lingkungan dengan genetik.

##### **2. Diameter Batang**

Diameter batang merupakan indikator pertumbuhan tanaman yang mudah diamati walaupun kurang efektif yang dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Tanaman setiap waktu terus tumbuh yang menunjukkan telah terjadi pembelahan dan pembesaran sel. Diameter batang dapat dipengaruhi oleh unsur hara terutama unsur hara makro (Simatupang, 2019). Menurut Jumin (2002) bahwa batang merupakan daerah akumulasi pertumbuhan tanaman khususnya pada tanaman muda. Unsur hara dapat mendorong pertumbuhan sehingga dapat memacu laju fotosintesis yang akan meningkatkan ukuran lingkaran batang yang besar.

### 3. Luas Daun

Luas daun merupakan faktor yang menentukan tinggi rendahnya fotosintesa yang terjadi, selain kadar klorofil yang dikandung daun tersebut (Hanafiah, 1997). Tanaman yang memiliki banyak jumlah daunnya maka semakin luas daunnya akan semakin lebar (Ifantri dan Ardiyanto, 2015). Interaksi juga terdapat pada interaksi bobot basah tanaman hal ini dapat berkaitan dengan biomassa tanaman yang dihasilkan oleh luas daun (Wijaya, 2010).

### 4. Jumlah Daun

Daun merupakan organ tanaman sebagai tempat mensintesis makanan dalam memenuhi kebutuhan tanaman untuk hidup dan sebagai stok cadangan makanan (Duaja, 2012). Jumlah daun dapat berpengaruh terhadap peningkatan bobot kering tanaman karena daun merupakan tempat mensintesis makanan (Ardiansyah, 2013). Selain itu semakin banyak helai daun maka luas daun dari suatu tanaman semakin besar (Wijiyanti dkk, 2019).

## 5. Berat Basah dan Berat Kering

Biomassa segar tanaman dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar nutrisi dan air dapat diserap tanaman (Benyamin, 2001). Berat kering tanaman merupakan hasil penimbunan hasil asimilasi yang dilakukan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Jadi semakin baik pertumbuhan tanaman maka berat kering juga semakin meningkat (Larcher, 1975). Berat kering yang berkurang diakibatkan karena terhambatnya pertumbuhan pada akar, dimana tanaman tidak mampu untuk mengatur pertumbuhan dengan sempurna akibat dari kurang unsur hara pada tanah (Hanum dkk., 2007).

## 6. Kandungan Klorofil Daun

Fotosintesis merupakan proses penting untuk mempertahankan pertumbuhan dan perkembangan tanaman produksi. Pengukuran karakter fisiologi seperti pengukuran kandungan klorofil, merupakan salah satu pendekatan terhadap pertumbuhan dan hasil produksi, karena parameter ini berkaitan erat dengan laju fotosintesis (Li dkk., 2006). Faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil antara lain cahaya, unsur N, Mg, Fe sebagai pembentuk dan katalis dalam sintesis klorofil (Subandi, 2008). Banyaknya klorofil dapat mempengaruhi berat basah tanaman karena pada daun akan menghasilkan fotosintat bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Salisbury dan Ross, 1995).

## F. Faktor Mempengaruhi Pertumbuhan

### 1. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan derajat keasaman tanah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pada tanah bersifat asam, maka penyerapan unsur hara oleh tanaman akan terhambat yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terlambat atau menjadi kerdil. Sebaliknya bila kondisi pH berada pada kondisi normal, maka penyerapan unsur hara oleh tanaman tidak mengalami hambatan, sehingga kecepatan tumbuh tanaman tersebut akan meningkat (Karoba dkk. 2015). Kenaikan nilai pH menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme yang terjadi dikarenakan adanya pelepasan ammonia dari substrat oleh fungi, sehingga besar bahan-bahan organik yang merupakan senyawa protein akan melepaskan  $\text{OH}^+$  sebagai hasil dekomposisinya (Astri dkk 2008).

#### **G. Hipotesis**

1. Pemberian fungi mikoriza arbuskula mampu meningkatkan pertumbuhan dan mengakumulasi logam timbal pada tanaman pisang mas yang terakumulasi logam Pb
2. Pemberian Tiga puluh gram mikoriza dapat meremediasi logam berat timbal dengan optimal.