

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Lingkungan oleh Logam Berat

Menurut Susio (2003), pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang terjadi karena perubahan tata lingkungan (tanah, udara, dan air) menjadi keadaan yang tidak menguntungkan (merusak dan merugikan kehidupan manusia, binatang, dan tumbuhan). Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal menjadi kondisi yang buruk dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan yang disebabkan oleh adanya benda-benda asing seperti sampah, limbah industri, minyak, logam berbahaya, dan sebagainya, karena perbuatan manusia, sehingga mengakibatkan lingkungan tidak berfungsi seperti semula (Susilo, 2003). Bahan polutan tersebut umumnya mempunyai sifat racun (toksik) yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas dari polutan inilah yang menjadi pemicu terjadinya pencemaran (Asmiri, 2010). Suatu tatanan lingkungan hidup dapat tercemar atau menjadi rusak oleh banyak hal. Namun, penyebab yang paling utama adalah limbah (Palar, 1994).

Kontaminasi pada tanah dan perairan diakibatkan oleh banyak penyebab antara lain limbah industri, limbah penambangan, residu pupuk, pestisida, dan bekas instalasi senjata kimia (Squires 2001; Matsumoto 2001; Wise dkk, 2000). Kontaminasi oleh logam berat seperti kadmium (Cd), seng (Zn), plumbum (Pb), kuprum (Cu), kobalt (Co), selenium (Se), dan nikel (Ni) mendapat perhatian serius karena dapat menjadi potensi pencemaran pada permukaan tanah maupun

air tanah, dan dapat menyebar ke daerah sekitarnya melalui air, angin, dan bioakumulasi pada rantai makanan (Chaney dkk, 1998; Knox dkk, 2000).

Pencemaran tanah merupakan keadaan yang terjadi saat bahan kimia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, dan penggunaan pestisida. Selain itu, air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah juga memberikan kontribusi besar dalam pencemaran lingkungan. Berikut adalah tabel kisaran logam berat sebagai pencemar dalam tanah dan tanaman:

Tabel 1. Kisaran logam berat sebagai pencemar dalam tanah dan tanaman

Unsur	Kisaran kadar logam berat (ppm)	
	Tanah	Tanaman
As	0,1-40	0,1-5
B	2-100	30-75
F	30-300	2-20
Cd	0,1-7	0,2-0,8
Mn	100-4000	15-200
Ni	10-1000	1
Zn	10-300	15-200
Cu	2-100	1-15
Pb	2-200	0,1-10

Sumber: Soepardi (1983) dalam Brachia (2009).

Bahan pencemar tanah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bahan anorganik dan bahan organik. Bahan anorganik terutama logam berat seperti seng (Zn), kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), arsenikum (As), dan merkuri (Hg). Logam berat tersebut cenderung berada di dalam tanah dalam waktu yang lama (Sutanto, 2005).

Dalam lapisan tanah terdapat dua fraksi besar yaitu fraksi organik dan fraksi mineral. Fraksi organik merupakan lapisan yang terbentuk akibat penumpukan dan pelapukan dari bangkai-bangkai makhluk hidup yang sudah mati. Fraksi mineral terdiri atas lapisan silikat dan hidroksida-hidroksida logam (Pratiwi, 2012). Ion-ion negatif yang dihasilkan oleh residu lapisan silikat harus diimbangi oleh kation-kation yang bermuatan positif yang banyak terdapat di luar struktur lapisan. Dalam lapisan tanah, kandungan bahan-bahan organik mengalami perubahan secara mendasar. Hal ini disebabkan oleh bermacam-macam proses yang melibatkan mikroorganisme tanah (Pratiwi, 2012).

Menurut Palar (2008), buangan organik yang berlebihan dapat memengaruhi kondisi organik tanah dan kemudian mencemari lapisan tanah. Namun, tanah juga dapat mengangkut bahan pencemar (polutan) dengan proses pengaliran (*flow on*), peresapan (*absorption*), dan pelumeran (*leaching*). Peresapan dan pelumeran adalah proses ketika bahan-bahan pencemar yang paling dominan diangkut (Palar, 2008). Proses ini dipengaruhi oleh banyak hal yaitu:

1. Karakterisasi dari struktur bahan pencemar.
2. Kandungan bahan organik yang terdapat dalam lapisan tanah, yang menentukan apakah bahan pencemar akan ditahan atau diteruskan oleh lapisan tanah.
3. pH tanah, yang dipengaruhi oleh besar kecilnya kadar lapisan lempung pada tanah.

4. Ukuran partikel tanah, yang menentukan besar kecilnya pori-pori tanah, sehingga mempengaruhi peresapan bahan pencemar oleh lapisan tanah.
5. Kemampuan pertukaran ion, tergantung pada jumlah residu bermuatan dari bahan pencemar dan struktur lapisan lempung pada badan tanah.
6. Suhu, yang mempengaruhi laju peresapan (Pratiwi, 2012).

Logam berat di suatu lahan secara umum bisa berasal dari proses alam atau akibat kegiatan manusia. Proses alam yang mengalami perubahan siklus alamiah yang mengakibatkan batuan-batuan dan gunung berapi memberikan kontribusi yang sangat besar ke lingkungan (Suhendrayatna, 2001). Kegiatan-kegiatan manusia yang dapat menyebabkan masuknya logam berat lingkungan antara lain pertambangan (minyak, emas, batubara, dll), peleburan logam, pabrik-pabrik pupuk, dan kegiatan industri lainnya (USDA, 2011; Suhendrayatna, 2001).

Menurut Darmono (1995), sifat logam berat sangat unik karena tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya:

1. Berhubungan dengan estetika (perubahan bau, warna, dan rasa air)
2. Berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang
3. Berbahaya bagi kesehatan manusia
4. Menyebabkan kerusakan pada ekosistem

Kegiatan pertambangan memengaruhi kesehatan karena terjadinya kontaminasi sumber air setempat serta memiliki efek berbahaya pada lingkungan,

erosi pantai karena penambangan pasir, dan dalam jangka panjang dapat mengurangi keanekaragaman hayati atau populasi ikan (WHO, 2008). Pembuangan *tailing* ke lingkungan biasanya dibuang ke penampung buatan, sungai atau danau, dan laut (Purwani, 2013).

B. Logam Berat Kadmium (Cd)

Kadmium adalah unsur logam transisi golongan IIB dalam sistem periodik dengan nomor atom 48, berat atom 112,41, titik leleh $320,9^{\circ}\text{C}$, dan titik didih 765°C . Kadmium banyak digunakan pada industri baterai, pigmen, dan elektroplating. Kadmium berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan. Pemaparan kadmium oleh manusia ke lingkungan terutama adalah sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar fosil, dan limbah kadmium ini dapat mencemari makanan dan air. Kadmium merupakan unsur yang toksik bagi manusia. Ginjal merupakan organ yang paling rentan terhadap kadmium. Kadar kadmium sekitar 200 mg/L dapat menyebabkan kerusakan ginjal yang parah. Keracunan kadmium juga dapat menyebabkan penyakit degeneratif tulang (Mohamad, 2011).

Sifat kadmium tahan panas dan tahan terhadap korosi sehingga logam kadmium banyak digunakan untuk elektrolisis, sebagai bahan pigmen untuk industri cat, *enamel*, dan plastik. Kadmium sering digunakan sebagai bahan utama atau tambahan materi dalam industri, antara lain industri baterai nikel-kadmium (50-55% konsumsi dunia), pigmen (18-20%), bahan coating (8-12%), bahan stabilizers dalam industri plastik dan barang sintetis lain (6-10%) (Setiawati, 2009). Logam kadmium biasanya selalu dalam bentuk campuran dengan logam

lain, terutama dalam pertambangan timah hitam dan seng (Lu, 1995 dalam Cahaya, 2012).

Logam berat merupakan komponen alami tanah, sehingga elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan (Darmono, 1995). Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, dan udara. Logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar karena sifatnya yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi. Beberapa contoh logam berat yang sering mencemari habitat adalah Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Arsenik (As), dan Timbal (Pb) (Am.geol. Inst., 1976).

Kadar logam berat di dalam tanah tidak selalu menandakan fitotoksisitas dari logam berat tersebut karena laju serapan oleh tumbuhan tidak berhubungan langsung dengan laju peningkatan kadar logam berat dalam tanah. Nilai ambang gawat unsur logam berat bagi tanaman adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai ambang gawat unsur logam berat bagi tanaman

Logam berat	Kadar gawat ($\mu\text{g/g}$ bahan kering dalam tanaman)
Cr	1-2
Hg	2-5
Cd	5-10
Pb	10-20
Cu	15-20
Ni	20-30
Zn	150-200

Sumber: Mengel dan Kirby, 1987.

Pengaruh kadmium (Cd) pada konsentrasi tertentu terhadap tanaman juga telah diamati oleh beberapa peneliti. Lamensdorf dkk (1991) dan Misra dkk (1994) melaporkan bahwa Cd memberikan efek negatif berturut-turut terhadap pertumbuhan akar pohon cemara dan tanaman *Vicia faba*. Pertumbuhan biji dan

daun *Betula pendula* juga dipengaruhi oleh Cd (Gussarsson, 1994). Ouzounidou dkk (1997) dan Garate dkk (1993) mengamati adanya pengaruh negatif terhadap pertumbuhan akar dan daun *Triticum aestivum* (gandum) dan pertumbuhan akar tomat serta *Lactuca seriola*, L. (salada).

Menurut Bryan (1976), daya racun logam berat ditentukan oleh faktor-faktor sebagai berikut: bentuk senyawa logam berat yang terdapat dalam air, adanya unsur logam berat lain dan faktor lingkungan yang memengaruhi fisiologis organisme, misalnya suhu, oksigen terlarut (DO), cahaya dan salinitas, perubahan siklus hidup, umur, seks, makanan dan adaptasi terhadap logam berat.

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, yang dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, tetapi dalam jumlah yang berlebihan yaitu melebihi nilai ambang gawat dari logam tersebut, maka dapat menimbulkan efek racun (Asmiri, 2010). Contoh logam berat esensial adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain. Jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun. Keberadaan logam berat tidak esensial dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, atau bahkan dapat bersifat racun seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan pada manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus (Asmiri, 2010).

Unsur utama logam berat dan sumbernya di alam ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 3. Daftar unsur utama dari logam berat dan sumbernya di alam

No	Unsur	Sumber logam di alam
1.	Antimony	Stibnite (Sb_2S_3), geothermal springs, mine drainage
2.	Arsenic	Metal arsenides and arsenates, sulfide ores, arsenite (HAsO_2), volcanic gases, geothermal springs
3.	Beryllium	Beryl ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$), phenacite (Be_2SiO_4)
4.	Cadmium	Zinc carbonate and sulfide ores, copper carbonate and sulfide ores
5.	Chromium	Chromite (FeCr_2O), chromic oxide (Cr_2O_3)
6.	Copper	Free metal (Cu^0), copper sulfide (CuS_2), chalcopyrite (CuFeS_2), mine drainage
7.	Lead	Galena (PbS)
8.	Mercury	Free mercury (Hg^0), cinnabar (HgS)
9.	Nickel	Ferromagnesian minerals, ferrous sulfide ores, nickel oxide (NiO_2), pentladite [$(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$], nickel hydroxide [$\text{Ni}(\text{OH})_3$]
10.	Selenium	Free element (Se^0), ferroselite (FeSe_2), uranium deposits, black shales, chalcopyrite-pentladite-pyrrhotite deposits
11.	Silver	Free metal (Ag^0), silver chloride (AgCl_2), argentide (AgS_2), copper, lead, zinc ores
12.	Thalium	Copper, lead, silver residues
13.	Zinc	Zinc blende (ZnS), willemite (ZnSiO_4), calamite (ZnCO_3), mine drainage

Sumber: Novotny (1995)

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena unsur ini sangat beresiko terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Kadmium memiliki waktu paruh (*biological life*) yang panjang dalam tubuh organisme hidup yaitu sekitar 10-30 tahun karena tidak dapat didegradasi (Lu, 1995). Pada umumnya, sekitar 50-75% dari beban Cd dalam tubuh terdapat pada organ hati dan ginjal. Apabila hati dan ginjal tidak

mampu lagi melakukan detoksifikasi maka akan terjadi kerusakan sel hati dan ginjal (Lasut, 2002; Widowati dkk, 2008).

Keracunan kadmium disebabkan karena kadmium bergabung dengan molekul protein dan terakumulasi di dalam ginjal dan organ reproduktif lainnya. Dosis yang sangat rendah ($< 1\mu\text{g/dL}$) dapat menyebabkan muntah-muntah dan diare. Penyebaran yang lebih lanjut dari kadmium, dapat menyebabkan hipertensi, pembesaran hati, dan kematian prematur (Tetttersal, 1973).

Kadmium di transportasikan dalam darah yang berikatan dengan sel darah merah dan protein khususnya oleh albumin. Kadar kadmium dalam darah pada orang dewasa yang terpapar secara berlebihan biasanya $1\mu\text{g/dL}$, sedangkan bayi yang baru lahir mengandung kadmium cukup rendah yaitu kurang dari 1 mg dari total tubuh. Absorpsi kadmium melalui gastrointestinal lebih rendah dibandingkan absorpsi melalui respirasi, yaitu sekitar 5-8%. Absorpsi akan meningkat bila terjadi defisiensi Ca, Fe dan rendah protein di dalam makanannya. Defisiensi Ca dalam makanan akan merangsang sintesis ikatan Ca-protein sehingga akan meningkatkan absorpsi Cd, sedang kecukupan Zn dalam makanan bisa menurunkan absorpsi Cd. Hal tersebut diduga karena Zn merangsang produksi metalotionin (Mohamad, 2011).

C. Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan. Konsep pemanfaatan tumbuhan untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi polutan adalah teknik pengolahan limbah yang murah,

efisien, dan ramah lingkungan sehingga sangat berkembang pesat (Schanoor dan Cutcheon, 2003). Tanah yang ditanami tumbuhan hijau kandungan senyawa kimia organiknya lebih sedikit dibandingkan dengan tanah yang tidak ditanami tumbuhan hijau. Fitoremediasi dapat diaplikasikan pada limbah organik maupun anorganik dalam bentuk padat, cair, dan gas (Salt dkk, 1998).

Waktu yang diperlukan oleh tanaman untuk mengurangi jumlah logam berat dalam tanah yang terkontaminasi tergantung pada dua faktor. Faktor pertama adalah banyaknya biomassa yang diproduksi tanaman dan faktor biokonsentrasi logam dari tanaman tersebut, yang merupakan rasio dari konsentrasi logam di dalam jaringan pucuk terhadap tanah (McGrath & Zhao, 2003). Faktor yang terakhir ditentukan oleh kemampuan dan kapasitas dari akar untuk menyerap logam dan mengirimkan ke dalam xilem, aliran massa dari xilem ke pucuk dalam arus transpirasi, dan kemampuan untuk mengakumulasi, menyimpan dan mendetoksifikasi logam-logam sementara tanaman tersebut mempertahankan metabolisme, pertumbuhan dan produksi biomassa (Guerinot & Salt, 2001; Clemens dkk, 2002).

Teknologi fitoremediasi ini paling efisien untuk tanah yang terkontaminasi dekat akar tanaman dengan kedalaman 1 meter (Wilde dkk, 2005). Tanaman adalah komponen penting dari ekosistem karena tanaman membawa unsur-unsur dari lingkungan abiotik ke lingkungan biotik (Chojnacka dkk, 2005). Tanaman lebih tahan dibandingkan kebanyakan mikroorganisme apabila terkontaminasi logam berat. Selain itu, tanaman juga menyerap dan mengurangi toksisitas kontaminan jauh lebih cepat (Schanoor dan Cutcheon, 2003).

Menurut Juhaeti dkk (2009), fitoremediasi adalah pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan berfotosintesis, termasuk pohon, rumput-rumputan dan tumbuhan air. Teknologi ini telah terbukti lebih mudah diaplikasikan dan menawarkan biaya lebih rendah. Salah satu strategi fitoremediasi yang sudah digunakan secara komersial maupun masih dalam taraf riset adalah fitoekstraksi, yaitu berlandaskan pada kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi kontaminan (Kabata Pendias dan Pendias, 2001; Kayser dkk, 2000; Pivetz, 2001).

Di Indonesia sudah banyak dilakukan remediasi lahan tercemar dengan menggunakan medium tanaman, seperti reklamasi lahan bekas penambangan dengan menggunakan jenis rumput impor (di Freeport, Papua) dan menggunakan jenis tanaman tumbuh cepat (pada bekas penambangan emas rakyat di Jampang, Sukabumi, Singkep, dan Riau), tetapi belum secara khusus mengarah kepada fitoremediasi. Tanaman cukup mampu untuk menyerap kontaminan dalam konsentrasi tinggi tanpa kerusakan yang lebih besar untuk pertumbuhan tanaman (Purwani, 2013).

Menurut Yang dkk (2005), ada beberapa mekanisme akumulasi yang bekerja dalam tumbuhan yang berhubungan dengan pemaparan logam pada tanah-tanah terkontaminasi. Jenis mekanisme akumulasi logam oleh tanaman terdiri atas fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitostabilisasi, fitovolatilasi, dan fitodegradasi:

1. Fitoekstraksi, dikenal juga sebagai fitoakumulasi yang meliputi pengambilan logam-logam ke dalam akar tumbuhan, yang selanjutnya logam-logam tersebut ditranslokasi ke pucuk, batang, dan daun melalui jaringan xylem dan floem tumbuhan (Anderson dkk, 1999).

2. Rizofiltrasi, merupakan proses kombinasi antara fitoekstraksi dan fitostabilisasi. Metode ini dikembangkan untuk meremediasi air dan sedimen yang terkontaminasi. Kontaminan-kontaminan diserap dan dipekatkan oleh akar dan diendapkan sebagai fosfat atau karbonat. Tumbuhan tidak mentransfer kontaminan-kontaminan ke bagian pucuk, batang, dan daun tetapi hanya di bagian akar (Salt dkk, 1995).
3. Fitostabilisasi, merupakan penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar. Zat-zat tersebut menempel erat pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam medium.
4. Fitovolatilisasi, merupakan proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk larutan terurai, sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer.
5. Fitodegradasi, yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks, menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana, dan dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri.

Penyerapan dan akumulasi kontaminan tergantung pada sifat dan jenis tanaman (Singh dkk, 2007). Seleksi tanaman yang sesuai sangat penting untuk mengembangkan teknologi fitoremediasi (Fischerova dkk, 2006; Deng dkk, 2006). Tanaman fitoremediasi harus tumbuh secara lokal, memiliki tingkat toleransi yang memadai terhadap kontaminan serta hubungan korelasi tinggi

antara tingkat kontaminasi dalam lingkungan dan jaringan tanaman (Krolak, 2003).

Menurut Rismawati (2012), penurunan kandungan logam berat dalam tanah mengindikasikan bahwa telah terjadi pemindahan logam dari tanah ke tumbuhan. Akar merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dan sekaligus merupakan organ yang kontak langsung dengan media tanam, sehingga tingginya konsentrasi logam pada tanah akan mempengaruhi tingginya kandungan logam pada akar tanaman yang ada di dalamnya (Lahudin, 2007).

Menurut Chen dan Cutright (2002), ada dua fungsi utama yang terlibat dalam penyerapan logam. Pertama adalah produksi senyawa logam pengkhelat oleh tanaman itu sendiri untuk membentuk senyawa kompleks yang lebih *mobile* dan kurang beracun bagi tanaman. Kedua adalah kelarutan logam yang mengasamkan *rhizosphere*. Ketika tanaman terkontaminasi logam berat, maka tanaman tersebut dapat menghasilkan fitokhelatin yang membantu dalam kedua fungsi di atas untuk memfasilitasi penyerapan logam.

Fitokhelatin merupakan reaktif peptide-tiol yang terdiri dari glutation, sistein, dan glisin. Glutation adalah antioksidan alami dan digunakan dalam reaksi enzim selama pembentukan fitokhelatin (Gallego dkk, 2005). Fitokhelatin kemudian menyimpan logam berat di dalam vakuola yang merupakan sel, tempat penyimpanan dalam sel-sel tumbuhan. Penghilangan glutation dapat berfungsi sebagai sebuah mekanisme untuk toleransi logam (Alkorta dkk, 2004). Sebagai contoh, kadmium diketahui tidak memiliki fungsi dalam tanaman tetapi kadmium

terdapat di tanah dan karena itu mudah diangkut ke sel-sel akar. Penghilangan glutathione dan glutathione reduktase dengan adanya kadmium dapat membatasi pengambilan logam ke akar dan mengurangi reaksi toksisitas di dalam tanaman (Alkorta dkk, 2004).

D. Tanaman Biduri (*Calotropis gigantea*, Willd)

Menurut Steenis (1992), *Calotropis gigantea*, Willd atau biduri merupakan jenis tumbuhan semak liar di daerah tropis termasuk Indonesia. Tanaman biduri ini banyak tumbuh pada lahan kering dan sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan, bahkan pada beberapa daerah dianggap sebagai gulma. Klasifikasi biduri menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2013) adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Gentianales
Suku	: Asclepiadaceae
Marga	: <i>Calotropis</i>
Jenis	: <i>Calotropis gigantea</i> , Willd.



Gambar 1. *Calotropis gigantea*, Willd(sumber dok. pribadi, 2014)

Biduri merupakan tanaman perdu berakar tunggang, dengan daun berbentuk tunggal tidak bertangkai. Daunnya berwarna hijau keputih-putihan, dengan panjang 8-20 cm dan lebar 4-15 cm. Bunga tanaman biduri berbentuk payung dan majemuk, dengan kelopak berwarna hijau dan mahkota berwarna putih keunguan (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013). Tanaman biduri (*Calotropis gigantea* Willd) merupakan tanaman liar yang dapat tumbuh dimana saja, dan sangat sulit untuk dibasmi karena perkembangbiakannya yang cepat.

Menurut Ahmed dkk (2005), tanaman biduri merupakan semak tegak yang umumnya tumbuh di musim kemarau pada lahan-lahan kering. Tanaman biduri termasuk tumbuhan tahunan dengan tinggi mencapai 0,5-3 m. Helaian daun memiliki bentuk bulat telur atau bulat panjang, dan pertulangan daunnya menyirip. Daunnya bertipe tunggal dengan tangkai pendek menempel langsung

pada batang, dan tersusun berselang-seling. Tanaman ini cukup adaptif di lingkungan yang sangat kering dan panas.

Organ tumbuhan biduri mengandung beberapa senyawa aktif yang bisa dimanfaatkan dalam pengobatan beberapa penyakit luar atau penyakit dalam (Kongkow, 2007). Secara umum, akarnya mengandung saponin, sapogenin, kalotropin, kalotoksin, uskarin, kalaktin, gigantini, dan harsa. Organ daun mengandung bahan aktif seperti saponin, flavonoid, polifenol, tanin, dan kalsium oksalat. Kandungan pada organ batang berupa tanin, saponin, dan kalsium oksalat (Kongkow, 2007).

Menurut Harbone (1996), flavonoid merupakan senyawa polar yang mudah larut dalam pelarut polar seperti etanol, methanol, butanol dan sebagainya. Flavonoid dalam tumbuhan terikat pada gula sebagai glikosida dan aglikon flavonoid. Gula yang terikat pada flavonoid menyebabkan flavonoid mudah larut dalam air. Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenol, senyawa fenol mempunyai sifat efektif menghambat pertumbuhan virus, bakteri dan jamur (Harborne, 1996).

Beberapa pengguna juga sudah memanfaatkan tanaman biduri untuk pengendalian hama, sebagai insektisida, antinematoda, serta antirayap (Jayashankar dkk, 2002). Selain itu, penelitian oleh Chobchuenchum dkk (2004), menggunakan ekstrak *Calotropis gigantea* dengan beberapa pelarut, sebagai agen biomoluskisida pada keong mas.

E. Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) atau *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) merupakan metode yang berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom (Basset, 1994). Atom-atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode SSA ini sangat tepat untuk menganalisis zat pada konsentrasi rendah dan logam-logam yang membentuk campuran kompleks (Khopkar, 1990).

Prinsip kerja SSA ini yaitu berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono 1995). Tahap penting dalam metode SSA ini adalah atomisasi, karena keberhasilan dalam atomisasi akan berpengaruh terhadap keberhasilan analisa (Skoog dkk, 1998).

Pada prinsipnya, peralatan pada SSA sama dengan peralatan pada alat spektrofotometer lain seperti UV-Vis. Beberapa hal yang membedakannya antara lain:

1. SSA menggunakan sumber sinar yang spesifik dari tiap unsur, yang dipancarkan melalui *Hollow Cathode Lamp* (HCL) dari unsur yang akan dianalisis.

2. Pada SSA terdapat unit atomizer untuk mengatomisasi sampel yang akan dianalisis. Pada spektrofotometer jenis lain menggunakan kuvet.
3. Monokromator untuk memilah panjang gelombang. Pada spektrofotometer jenis lain, sinar dimonokromatiskan dari sumber cahaya (Pratiwi, 2012).

Keunggulan menggunakan metode SSA ini antara lain analisisnya cepat dan sebelum pengukuran tidak selalu diperlukan pemisahan unsur yang akan ditentukan karena kemungkinan dengan kehadiran unsur lain, maka penentuan suatu unsur logam tertentu dapat dilakukan, dengan syarat katoda berongga yang diperlukan tersedia (Basset, 1994).

Menurut Rochman (2001), cara untuk menentukan konsentrasi larutan sampel adalah dengan membandingkan absorbansi larutan sampel dengan absorbansi larutan standar yang diketahui konsentrasinya. Setelah itu, kurva kalibrasi dibuat. Kurva kalibrasi ini merupakan grafik hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi konsentrasi larutan standar yang berupa garis lurus. Larutan sampel diukur absorbansinya, kemudian diplot pada kurva kalibrasi tersebut. Selanjutnya konsentrasi sampel dapat ditentukan.

F. Hipotesis

1. Tanaman biduri mempunyai kemampuan untuk meremediasi tanah tercemar logam berat kadmium (Cd).
2. Logam berat kadmium memberi pengaruh terhadap pertumbuhan biduri.