

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Teoretis

1. Logam Berat

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Sebagai contoh, bila unsur logam besi (Fe) masuk ke dalam tubuh, meski dalam jumlah agak berlebihan biasanya tidaklah menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh. Karena unsur besi (Fe) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen. Sedangkan unsur logam berat, baik itu logam berat beracun yang dipentingkan seperti tembaga (Cu), bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh. Jika yang masuk ke dalam tubuh organisme hidup adalah unsur logam berat beracun seperti *hidragyrum* (Hg) atau disebut juga air raksa, maka dapat dipastikan bahwa organisme tersebut akan langsung keracunan.

Istilah logam berat sebetulnya telah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah, sebagai suatu istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

- a. Memiliki spesifikasi graviti yang sangat besar (lebih dari 4).



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- b. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
- c. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Niebor dan Richardson menggunakan istilah logam berat untuk menggantikan pengelompokan ion-ion logam ke dalam 3 kelompok biologi dan kimia (bio-kimia), pengelompokan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur oksigen atau disebut juga dengan *oxygen-seeking metal*.
- b. Logam-logam yang dengan mudah mengalami reaksi kimia bila bertemu dengan unsur nitrogen dan atau unsur belerang (sulfur) atau disebut juga *nitrogen/ sulfur seeking metal*.
- c. Logam antara atau logam transisi yang memiliki sifat khusus (spesifik) sebagai logam pengganti (ion pengganti) untuk logam-logam atau ion-ion logam dari kelas A dan logam dari kelas B.²¹

Di Indonesia, pencemaran logam berat cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, tanaman, maupun lingkungan. Terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia di muka bumi ini. Logam berat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu:

²¹ Heryando Palar, *Op.Cit*, hlm. 23-24.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- a. Logam berat esensial ; yakni logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Dalam jumlah yang berlebihan, logam tersebut bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan sebagainya.
- b. Logam berat tidak esensial ; yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain.

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.²²

Logam berat bersifat toksik karena tidak bisa dihancurkan (*non-degradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan sehingga logam-logam tersebut terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap didasar perairan dan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik. Toksisitas logam berat bisa dikelompokkan menjadi 3, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn; bersifat toksik sedang, yang terdiri dari unsur-unsur Cr,

²²Wahyu Widowati, Astiana Sastiono dan Raymond Jusuf R., *Efek Toksik Logam* (Yogyakarta: Andi, 2008), hlm. 2.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ni, dan Co; dan bersifat toksik rendah, yang terdiri atas unsur Mn dan Fe.²³

Kuprum atau tembaga (Cu) termasuk golongan logam, berwarna merah, serta mudah berubah bentuk. Tembaga (Cu) bisa masuk ke lingkungan melalui jalur alamiah dan nonalamiah. Pada jalur alamiah, logam mengalami siklus perputaran dari kerak bumi ke lapisan tanah, ke dalam makhluk hidup, ke dalam kolom air, mengendap, dan akhirnya kembali lagi ke dalam kerak bumi. Sedangkan jalur nonalamiah dalam unsur Cu masuk ke dalam tatanan lingkungan akibat aktivitas manusia, antara lain berasal dari buangan industri yang menggunakan bahan baku Cu, industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, serta limbah rumah tangga.²⁴

Tembaga merupakan salah satu unsur yang penting dan berguna untuk metabolisme. Konsentrasi batas dari unsur ini dapat menimbulkan rasa pada air bervariasi antara 1-5 mg/L. Konsentrasi 1 mg/L merupakan batas konsentrasi tertinggi untuk mencegah timbulnya rasa yang tidak menyenangkan. Dalam jumlah kecil Cu diperlukan untuk pembentukan sel-sel darah merah, namun dalam jumlah besar dapat menyebabkan rasa yang tidak enak di lidah, selain dapat menyebabkan kerusakan pada hati. Konsentrasi standar maksimum yang ditetapkan oleh Dep. Kes. R.I. untuk

²³*Ibid.*, hlm. 138.

²⁴*Ibid.*, hlm. 183-184.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Cu ini adalah sebesar 0,05 mg/L untuk batas maksimal yang dianjurkan, dan sebesar 1,5 mg/L sebagai batas maksimal yang diperbolehkan.²⁵

2. Limbah

Suatu tatanan lingkungan hidup dapat tercemar atau menjadi rusak disebabkan oleh banyak hal. Namun yang paling utama dari sekian banyak penyebab tercemarnya suatu tatanan lingkungan adalah limbah.²⁶ Menurut Endang Wijajanti (2009), limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga), yang lebih dikenal sebagai sampah, yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis.²⁷ Sementara itu, dalam konotasi sederhana, limbah dapat diartikan sebagai sampah. Limbah atau dalam bahasa ilmiahnya disebut juga dengan *polutan*, dapat digolongkan atas beberapa kelompok berdasarkan pada jenis, sifat dan sumbernya.

Berdasarkan pada jenis, limbah dikelompokkan atas golongan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat adalah semua bahan sisa atau bahan buangan yang sudah tidak berguna dan berbentuk benda padat. Limbah padat dapat berupa kaleng bekas minuman, daun bekas pembungkus, kertas dan lain sebagainya. Limbah cair adalah semua jenis bahan sisa yang dibuang dalam bentuk larutan baku atau berupa zat cair. Berdasarkan pada sifat yang dibawanya, limbah dikelompokkan atas limbah organik dan limbah an-organik. Limbah organik adalah semua jenis

²⁵C. Totok Sutrisno dan Eni Suciastuti, *Op.Cit.*, hlm. 38-39.

²⁶Heryando Palar, *Loc.Cit.*

²⁷Endang Widjajanti, *Loc.Cit.*

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

bahan sisa atau bahan buangan yang merupakan bentuk-bentuk organik, dalam arti bahan buangan tersebut akan dapat terurai dan habis dalam tatanan lingkungan dengan adanya organisme-organisme pengurai (dekomposer). Limbah an-organik adalah semua jenis bahan sisa atau bahan buangan yang tidak dapat terurai dan habis dalam tatanan lingkungan.

Sedangkan bila berdasarkan pada sumbernya, limbah dikelompokkan atas limbah rumah tangga atau limbah domestik dan limbah industri. Limbah industri adalah semua jenis bahan sisa atau bahan buangan yang berasal dari hasil samping suatu proses perindustrian. Limbah industri dapat menjadi limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan hidup dan manusia.²⁸ Industri mempunyai potensi pembuat pencemaran karena adanya limbah yang dihasilkan baik dalam bentuk padat, gas maupun cair yang mengandung senyawa organik dan anorganik dengan jumlah melebihi batas yang ditentukan.²⁹

Pencemaran yang dapat ditimbulkan oleh limbah ada bermacam-macam bentuk. Ada pencemaran berupa bau, warna, suara dan bahkan pemutusan mata rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu jenis organisme yang pada tingkat akhirnya akan menghancurkan tatanan ekosistemnya. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup biasanya berasal dari limbah-limbah yang sangat berbahaya dalam arti memiliki daya racun (toksisitas)

²⁸Heryando Palar, *Op.Cit.*, hlm. 11-12.

²⁹Perdana Ginting, *Sistem Pengelolaan lingkungan dan limbah industri* (Bandung: Yrama Widya, 2010), hlm. 44.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang tinggi. Limbah-limbah yang sangat beracun pada umumnya merupakan limbah kimia, apakah itu berupa persenyawaan-persenyawaan kimia atau hanya dalam bentuk unsur atau ionisasi. Biasanya senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup dan manusia adalah senyawa-senyawa kimia yang mempunyai bahan aktif dari logam-logam berat. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif dari logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Sehingga proses metabolisme terputus. Di samping itu bahan beracun dari senyawa kimia juga dapat terakumulasi atau menumpuk dalam tubuh, akibatnya timbul problema keracunan kronis.³⁰

Sifat beracun dan berbahaya dari limbah ditunjukkan oleh sifat fisik dan sifat kimia bahan itu, baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Beberapa kriteria berbahaya dan beracun telah ditetapkan, antara lain mudah terbakar, mudah meledak, korosif, bersifat sebagai oksidator dan reduktor yang kuat, mudah membusuk, dan lain-lain. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadirannya dapat berdampak negatif terhadap lingkungan untuk waktu tertentu. Kandungan pencemar didalam limbah terdiri dari berbagai parameter. Semakin kecil jumlah parameter dan semakin kecil konsentrasinya menunjukkan semakin kecilnya peluang untuk terjadinya pencemaran lingkungan. Faktor-faktor

³⁰Heryando Palar, *Loc.Cit.*



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang mempengaruhi kualitas limbah adalah volume limbah, konsentrasi bahan pencemar dan frekuensi pembuangan limbah.³¹

3. Pencemaran Air

Pencemaran atau polusi adalah suatu kondisi yang telah berubah dari bentuk asal pada keadaan yang lebih buruk. Pergeseran bentuk tatanan dari kondisi asal pada kondisi yang buruk ini dapat terjadi sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Bahan polutan tersebut pada umumnya mempunyai sifat racun (toksik) yang berbahaya bagi organisme hidup. Toksisitas atau daya racun dari polutan itulah yang kemudian menjadi pemicu terjadinya pencemaran.³²

Air merupakan zat yang penting dalam kehidupan makhluk hidup di dunia ini, dari hewan yang berspesies terendah sampai yang tertinggi, juga manusia dan tanaman. Apabila air sudah tercemar logam-logam yang berbahaya akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan. Berbagai macam kasus pencemaran logam berat pernah dilaporkan baik di negara maju maupun negara yang sedang berkembang. Beberapa macam logam biasanya dominan daripada logam lainnya dalam air dan ini tergantung pada sumber airnya. Jenis air juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya. Logam di dalam air, baik logam ringan maupun logam berat, kecil kemungkinan berbentuk atom sendiri tetapi biasanya terikat oleh senyawa lain sehingga berbentuk molekul.³³

³¹Philip Kristanto, *Ekologi Industri; Edisi Kedua* (Yogyakarta: Andi, 2013), hlm. 231.

³²Heryando Palar, *Op.Cit.*, hlm. 10.

³³Fitri Refelita, *Kimia Lingkungan* (Pekanbaru: Cadas Press, 2013), hlm. 31.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Sementara itu, yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam air dan/atau berubahnya tatanan (komposisi) air oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Dengan kata lain, pencemaran air merupakan penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam semesta tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, tetapi bukan berarti bahwa semua air sudah tercemar. Misalnya, walaupun di daerah pegunungan atau hutan yang terpencil dengan udara yang bersih dan bebas pencemaran, air hujan yang turun di atasnya selalu mengandung bahan-bahan terlarut, seperti CO₂, O₂, dan N₂, serta bahan-bahan tersuspensi, misalnya debu dan partikel-partikel lain yang terbawa air hujan dari atmosfer.³⁴

4. Fitoremediasi

a. Pengertian Fitoremediasi

Tingginya tingkat pencemaran logam pada lingkungan air, darat, dan udara di beberapa wilayah Indonesia perlu ditanggulangi demi mengurangi risiko toksisitas terhadap manusia. Salah satu metode untuk mengurangi limbah pencemaran adalah dengan metode fitoremediasi.³⁵ Istilah fitoremediasi berasal dari kata Inggris *phytoremediation*, kata ini tersusun atas dua bagian kata, yaitu *phyto* yang berasal dari kata Yunani *phyton* (= tumbuhan) dan

³⁴Philip Kristanto, *Op.Cit.*, hlm. 118.

³⁵Wahyu Widowati, Astiana Sastiono dan Raymond Jusuf R., *Op.Cit.*, hlm. 10.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

remediation yang berasal dari kata latin *remedium* (= menyembuhkan), dalam hal ini juga berarti “menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan atau kekurangan”. Dengan demikian fitoremediasi merupakan penggunaan tanaman untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik.

Konsep fitoremediasi bukanlah hal baru. Penggunaan tanaman untuk perlakuan limbah cair telah dipraktikkan lebih 300 tahun dan metode remediasi menggunakan tanaman untuk menghilangkan kontaminan logam berat pada tanah dan air telah dilakukan pada tahun tujuh puluhan. Remediasi menggunakan tanaman juga digunakan dalam kontrol polusi udara dan kabut asap kota. Dengan kata lain fitoremediasi didefinisikan sebagai suatu teknologi pembersihan, penghilangan, atau pengurangan polutan berbahaya, seperti logam berat, pestisida, dan senyawa organik beracun. Fitoremediasi dapat digunakan untuk membersihkan limbah organik seperti peptisida dan minyak bumi, atau untuk logam berat.

Walaupun fitoremediasi memanfaatkan tanaman, tetapi proses pelepasan zat pencemar dapat terjadi melalui proses biologis, kimia, dan fisik dalam tanaman itu. Teknologi ini mulai berkembang dan banyak digunakan karena memberikan banyak keuntungan. Fitoremediasi merupakan bioteknologi yang menggunakan tanaman hijau untuk membersihkan kontaminan di lingkungan, seperti halnya



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

bioteknologi dalam remediasi polutan organik dan logam berat dengan menggunakan mikroorganisme.³⁶

Banyak penelitian yang telah dilaporkan tentang kemampuan tanaman air dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat. Rumput bebek (*Lemna minor*) dan Azolla (*Azolla pinnata*) merupakan akumulator yang baik untuk Fe dan Cu. Juga telah dilaporkan *Polygonum hydropiperoides* dapat menyerap beberapa jenis logam berat yang diakumulasikan di akar dan jaringannya dengan efisiensi yang tinggi. *Pistia stratiotes* dapat menyerap dan mengakumulasi Hg, Cu, dan As. Tanaman air memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap dan mengakumulasi logam. Beberapa tanaman merupakan akumulator logam yang spesifik, misalnya *Salvinia natans* merupakan akumulator yang baik untuk Hg dan *Lenma polyrrhiza* merupakan akumulator yang baik untuk Zn. Namun ada beberapa tanaman yang dapat menyerap beberapa jenis logam. *Ceratophyllum demersum*, *Spirodela plyrrhiza*, *Bacopa monnieril*, *Hygrorrhizha aristata* dapat menyerap dan mengakumulasi Cu, Cr, Fe, Mn, Cd, dan Pb.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu jenis tanaman air yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat. Banyak peneliti yang tertarik pada potensi tumbuhan ini dalam menyerap logam berat karena eceng gondok merupakan tanaman dengan toleransi tinggi, dapat tumbuh

³⁶Fahrudin, *Op.Cit.*, hlm. 140-141.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

baik dalam limbah, pertumbuhannya cepat, dapat menyerap dan mengakumulasi logam dengan baik dan dalam waktu yang singkat. Metode ini lebih efektif dan dapat diandalkan untuk sistem pengolahan limbah cair karena lebih murah, mudah dioperasikan dan mudah pemeliharaannya.³⁷

b. Jenis-jenis Tumbuhan untuk Fitoremediasi

Terdapat berbagai macam jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai agen fitoremediator, diantaranya:

1) Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) termasuk famili *Pontederiaceae*. Awalnya didatangkan dari Brazil pada tahun 1894 untuk koleksi Kebun Raya Bogor. Ternyata tanaman ini cepat sekali menyebar ke berbagai pengairan di Pulau Jawa. Setelah banyak dikaji ternyata tanaman ini menjadi sangat berguna karena sebagai *Biofilter* yang dapat menyerap logam-logam berat. Selain itu dapat digunakan untuk kerajinan dan pakan ternak.³⁸

a) Klasifikasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Suku	: <i>Pontederiaceae</i>
Marga	: <i>Eichornia</i>

³⁷*Ibid.*, hlm. 144-145.

³⁸Nurhajati Ansori Mattjik, *Budidaya Bunga Potong dan Tanaman Hias* (Bogor: IPB Press, 2010), hlm. 403.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Jenis : *Eichornia crassipes* Solms

b) Morfologi Eceng Gondok(*Eichornia crassipes*)

Eceng gondok hidup mengapung bebas bila airnya cukup dalam tetapi berakardi dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkaltangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopakya berbentuk tabung.³⁹



Gambar 2.1. Eceng Gondok (Sumber: Kholidiyah., 2010)

Bunganya cukup besar hampir sama dengan daunnya. Warna bunga ungu muda. Setiap tangkainya mempunyai 4-6 kuntum bunga, yang tersusun pada sebuah malai. Bentuk daunnya bundar berwarna hijau cerah dengan garis-garis tipis berwarna kehijauan di permukaan. Permukaan daun tersebut

³⁹Noviana Kholidiyah, “*Respon Biologis Tumbuhan Eceng Gondok (Eichornia crassipes Solms) sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo*”, Skripsi, Perpustakaan UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, hlm. 22-23.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilapisi dengan lilin. Tangkai yang menyangga daun menggelembung seperti balon karena tersusun dari rongga udara, oleh karena itu dapat mengapung di air. Akarnya menggantung pada pangkal batang, panjangnya berkisar antara 30-60 cm. Perbanyak dengan memisahkan anakan atau menggunakan sulur.⁴⁰

c) Manfaat Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes Mart.Solms*) merupakan tanaman yang dapat digunakan sebagai agen pembersih bagi perairan yang tercemar oleh logam-logam berat, limbah organik, limbah anorganik dan mengurangi kekeruhan air dengan cara mengadsorpsi dan mengurangi pergerakan sehingga memudahkan terjadinya sedimentasi. Eceng gondok tergolong ke dalam jenis *rhizofiltration* yang dapat diartikan sebagai proses penyerapan pada akar tanaman dari *efluen* yang terkontaminasi.

Eceng gondok dapat hidup mengapung bebas di atas permukaan air dan berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Kemampuan tanaman inilah yang banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi kadar BOD, partikel suspensi secara

⁴⁰Nurhajati Ansori Mattjik, *Op.Cit.*, hlm. 403-404.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering eceng gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Syaputra (2005), dijelaskan bahwa eceng gondok mampu menyerap bahan pencemar seperti logam Cu dan Zn serta mengakumulasi logam pada organ akar, batang dan daun. Kemampuan Eceng gondok untuk menyerap logam disebabkan Eceng gondok mempunyai akar yang bercabang-cabang halus yang berfungsi sebagai alat untuk menyerap senyawa logam, sehingga toksisitas logam yang terlarut semakin berkurang.

Kandungan bahan kimia aktif pada eceng gondok adalah saponin, flavonoida dan polifenol. Dari penelitian, telah diketahui bahwa eceng gondok mengandung protein sebanyak 17,1 persen dan lemak 3,6 persen dan mengandung selulosa yang mencapai 18,2 persen dari total berat kering. Serat eceng gondok sebagian besar tersusun dari selulosa. Selulosa merupakan senyawa organik yang terdapat pada dinding sel bersama dengan lignin berperan untuk mengokohkan struktur tumbuhan. Struktur selulosa terdiri atas rantai panjang dari unit-unit glukosa yang terikat dengan ikatan 1,4- β -glukosida.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Ditinjau dari strukturnya, selulosa memiliki potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai media menyerap karena kaya akan gugus $-OH$ yang dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat.⁴¹

2) Ganggang(*Hydrilla verticillata*)

Ganggang berasal dari Afrika, dibawa ke Amerika Serikat sebagai tanaman akuarium. Kemudian tersebar luas di negara-negara selatan Washington, Indiana dan Maine.

a) Klasifikasi Ganggang(*Hydrilla verticillata*)

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub Kingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Liliopsida</i>
Sub Kelas	: <i>Alismatidae</i>
Ordo	: <i>Hydrocharitales</i>
Famili	: <i>Hydrocharitaceae</i>
Genus	: <i>Hydrilla</i>
Spesies	: <i>Hydrilla verticillata (L.f) Royale</i>
Nama Umum	: <i>Hydrilla verticillata (L.f) Royale</i>
Indonesia	: Ganggang
Inggris	: <i>Water Thyme</i>

⁴¹Andika Endah Valentina, Siti Sundari Miswadi dan Latifah, *Op.Cit.*, hlm. 86.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b) Morfologi Ganggang(*Hydrilla verticillata*)

Ganggang adalah jenis tanaman air yang hanya terdiri dari satu spesies, *Hydrilla verticillata*. Panjang batang yang tumbuh sekitar 1-2 m. Daun yang terdiri dari 2-8 ulir di sepanjang batang, masing-masing daun panjangnya 5-20 mm dan lebar 0,7-2 mm dengan gerigi atau duri kecil disepanjang tepi daun; pelepah daun biasanya berwarna merah ketika masih segar. Tanaman air ini termasuk *monoecious* (kadang *dioecious*), yaitu bunga jantan dan betina diproduksi secara terpisah di sebuah tanaman tunggal. Bunga-bunga kecil dengan tiga sepal dan tiga kelopak, panjang kelopak 3-5 mm, transparan dengan garis-garis merah.⁴²



Gambar 2.2. Ganggang (Sumber: <https://en.m.wikipedia.org>., 2015)

c) Manfaat Ganggang (*Hydrilla verticillata*)

Salah satu tanaman air yang dapat digunakan sebagai biomassa adalah *Hydrilla verticillata*. Tanaman ini dapat

⁴²Wikipedia, *Hydrilla*, <http://en.m.wikipedia.org/wiki/Hydrilla>, (diakses tanggal 24 Januari 2016).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

mentolerir toksisitas logam berat, sehingga dapat tumbuh walaupun media tumbuhnya terkontaminasi oleh logam berat. Tanaman gulma ini memiliki keunggulan dalam fotosintesis, menyediakan banyak oksigen, menyerap karbon dari air dengan efisien, menyimpan banyak fosfor, serta dapat mentoleransi salinitas. *Hydrilla verticillata* tumbuh liar di irigasi Riam Kanan Kalimantan Selatan, yang sangat berpotensi sebagai biosorben untuk mengurangi kandungan logam berat di lingkungan perairan.⁴³

c. Keuntungan Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan suatu teknik yang menjanjikan dapat mengatasi pencemaran dengan murah, efektif, dan dapat digunakan secara langsung di tempat yang tercemar, serta dapat digunakan secara langsung di tempat yang terkena pencemaran dengan menggunakan pepohonan, tanaman pangan dan tanaman berbunga. Teknologi ini potensial untuk diaplikasikan, aman digunakan dengan dampak negatif kecil, memberikan efek positif yang multiguna terhadap kebijakan pemerintah, komunitas masyarakat dan lingkungan, biaya relatif rendah, mampu mereduksi volume kontaminan, dan memberikan keuntungan langsung bagi kesehatan masyarakat. Keuntungan paling besar dalam penggunaan fitoremediasi adalah

⁴³Noer Komari, Azidi Irwan dan Eka Susilawati, "Kajian Adsorpsi Cu(II) dengan Biomassa *Hydrilla verticillata* Teraktivasi", Jurnal sains MIPA, Vol. 13, No. 1, ISSN: 1978-1873, hlm. 37.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

biaya operasi lebih murah bila dibandingkan pengolahan konvensional lain seperti insenerasi.

d. Mekanisme Fitoremediasi

Metode remediasi yang dikenal sebagai fitoremediasi ini mengandalkan pada peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar, baik itu logam berat maupun senyawa organik. Berdasarkan mekanisme tanaman dalam proses remediasi maka fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi, dan fitotransformasi.

Fitoekstraksi mencakup penyerapan bahan pencemar oleh akar tumbuhan dan translokasi atau akumulasi senyawa itu ke bagian tumbuhan seperti akar tumbuhan, daun, dan batang. Rizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tumbuhan untuk menyerap, mengendapkan, dan mengakumulasi logam dari aliran limbah ini umumnya dilakukan untuk membersihkan lingkungan akuatik yang tercemar. Fitodegradasi adalah metabolisme bahan pencemar di dalam jaringan tumbuhan, misalnya dikatalisis oleh enzim dehalogenase dalam merombak senyawa bergugus halogen atau oksigenase dalam perombakan senyawa aromatik. Fitostabilisasi adalah suatu fenomena diproduksinya senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi kontaminan di daerah rhizosfer atau akar untuk stabilisasi tanah yang tercemar. Fitovolatilisasi terjadi ketika tumbuhan menyerap

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kontaminan dan melepaskan ke atmosfer lewat daun. Tanaman dapat merombak bahan organik dari tanah dan air dan menjadikan bahan tersebut sebagai bahan bakar. Proses ini dikenal sebagai fitotransformasi.⁴⁴

Selain itu, mekanisme penyerapan logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi 3 proses yang sinambung, diantaranya:

- 1) Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan disekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil dari akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.
- 2) Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xylem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.
- 3) Lokalisasi logam pada sel jaringan. Hal ini bertujuan untuk mencegah peracunan logam terhadap sel. Tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu, seperti akar.⁴⁵

⁴⁴Fahrudin, *Op.Cit.*, hlm. 141-142.

⁴⁵Elvira T. Haruna, Ishak Isa dan Nita Suleman, "Fitoremediasi pada Media Tanah yang Mengandung Cu dengan Tanaman Kangkung Darat", Jurnal, Perpustakaan Universitas Negeri Gorontalo, hlm. 3.



5. Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

a. Prinsip Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan spektroskopi serapan atom (SSA) didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau ultraviolet. Dalam garis besarnya prinsip spektroskopi serapan atom sama saja dengan spektrofotometri sinar tampak dan ultraviolet. Perbedaannya terletak pada bentuk spektrum, cara pengerjaan sampel dan peralatannya. Metode Spektroskopi serapan atom (SSA) mendasarkan pada prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya.⁴⁶

Spektrofotometri serapan atom (SSA) sangat bermanfaat untuk analisis kuantitatif yaitu menentukan kadar total unsur logam dalam jumlah sekelumit (*trace*) dan sangat sekelumit (*ultratrace*). SSA termasuk ke dalam spektroskopi atom, dimana prinsip dasarnya adalah interaksi antara sinar REM (biasanya sinar UV/VIS) dengan materi kimia (yaitu dalam bentuk atom-atom netral) berupa absorpsi. Atom akan menyerap sinar UV/VIS pada panjang gelombang tertentu dan karakteristik tergantung pada sifat unsurnya.⁴⁷

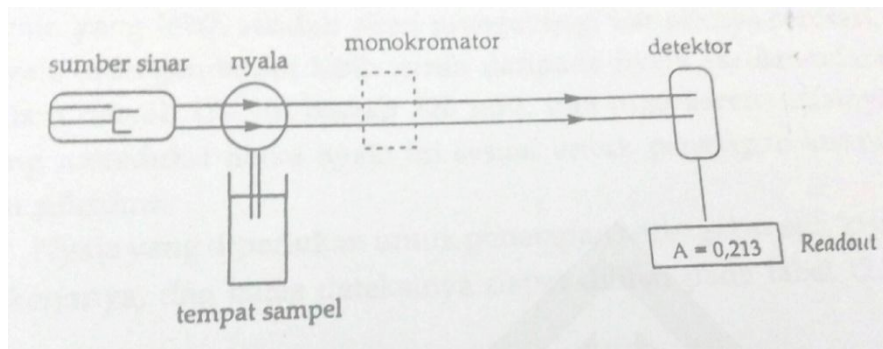
⁴⁶Ibnu Gholib Gandjar dan Abdul Rohman, *Kimia Farmasi Analisis* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2007), hlm. 298-299.

⁴⁷Yusbarina, *Analisis Instrumen Kimia; Metode Spektroskopi* (Pekanbaru: Pubhlisting and Consulting Company, 2014), hlm. 91.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. Instrumentasi *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS)



Gambar 2.3. Bagan instrumentasi SSA (Sumber: Gandjar dan Rohman., 2012)

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) atau spektroskopi serapan atom (SSA) terdiri dari 5 komponen utama. Lima komponen utama tersebut adalah sumber sinar, tempat sampel, monokromator, detektor dan *readout*.

1) Sumber sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda sendiri berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr).⁴⁸

Pada lampu katoda berongga terdapat empat tahapan sehingga dihasilkan sinar yang memiliki panjang gelombang tepat sama dengan panjang garis serapan unsur yang akan dianalisis.

⁴⁸Ibnu Gholib Gandjar dan Abdul Rohman, *Op.Cit.*, hlm. 305.



Tahapan pertama adalah ionisasi gas mulia. Bila diantara katoda dan anoda dipasang tegangan listrik yang tinggi (sampai 600 volt), elektron-elektron di katoda bergerak dengan kecepatan tinggi menuju ke anoda. Dalam perjalanannya, elektron tersebut menabrak gas mulia sehingga menyebabkan gas mulia terionisasi. Tahapan kedua adalah *sputtering*. Ion gas mulia yang bermuatan positif bergerak menuju ke katoda dengan kecepatan tinggi dan menabrak unsur yang ada pada katoda sehingga terlempar keluar.

Tahapan ketiga adalah eksitasi atom-atom unsur bahan katoda, disini elektron atom unsur berpindah dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Tahapan ke empat adalah emisi. Keadaan tereksitasi ini tidak stabil dan akan kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan sinar yang panjang gelombangnya tepat sama dengan panjang garis serapan atom yang dianalisis sehingga terjadi serapan optimum.⁴⁹

Setiap pengukuran dengan SSA kita harus menggunakan *hollow cathode* (katoda berongga) khusus, misalnya pada saat akan menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan, maka kita harus menggunakan *hollow cathode* khusus. *Hollow cathode* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.⁵⁰

⁴⁹Yusbarina, *Op.Cit.*, hlm. 95-96.

⁵⁰Sumar Hendayana, *Kimia Analitik Instrumen*(Semarang: Semarang Press, 1994), hlm.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarangi mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2) Tempat Sampel

Sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan dasar. Atomisasi adalah proses perubahan analit dari fasa cair menjadi atom dalam fasa gas. Atomisasi dapat dilakukan dengan nyala dan tanpa nyala. Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi. Suhu yang dapat dicapai oleh nyala tergantung pada jenis dan komposisi perbandingan antara gas bahan bakar dan gas pengoksidasi yang digunakan.

Tabel 2.1. Kombinasi gas bahan bakar dan gas pengoksidasi pada SSA (Sumber: Gandjar dan Rohman., 2007)

Gas Bahan Bakar	Gas Pengoksidasi	Temperatur (C)	Kegunaan
Propana	Udara	1800	Untuk unsur-unsur yang mudah diatomkan (Na, K)
Asetilena	Udara	2200	Yang paling banyak digunakan untuk analisis kebanyakan unsur logam
Asetilena	N ₂ O	3000	Untuk analisis: Al, Si, V, Ti dan unsur-unsur lantanida

SSA nyala memberikan kemudahan dalam pengoperasian alat dengan ketelitian dan kepekaan yang cukup tinggi tetapi mempunyai kelemahan dalam penggunaan nyala yaitu efisiensi

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pengatoman rendah, penggunaan gas mempertinggi biaya operasional, kemungkinan bahaya ledakan dan memerlukan cuplikan dalam jumlah cukup banyak. Untuk mengatasi hal-hal tersebut, dikembangkan teknik tanpa nyala menggunakan tungku grafit sebagai pengganti nyala yang mempunyai efisiensi atomisasi 90% dibanding nyala efisiensi atomisasi 10%. Tungku grafit yang digunakan berupa tabung silinder dari grafit terkompresi dengan atau tanpa pelapisan grafit pirolitik.⁵¹

Sistem pemanasan dengan tanpa nyala ini dapat melalui 3 tahap, yaitu: pengeringan (*drying*) yang membutuhkan suhu yang relatif rendah; pengabuan (*ashing*) yang membutuhkan suhu yang lebih tinggi karena untuk menghilangkan matriks kimia dengan mekanisme volatilisasi atau pirolisis; dan pengatoman (*atomising*).

3) Monokromator

Pada SSA, monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Disamping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan chopper.⁵²

Spektrum emisi dari lampu katoda berongga, selain dari garis emisi untuk analit juga mengandung garis emisi dari pengotor yang ada pada logam katoda dan gas pengisi. Oleh

⁵¹Yusbarina, *Op.Cit.*, hlm. 96-98.

⁵²Ibnu Gholib Gandjar dan Abdul Rohman, *Op.Cit.*, hlm. 311.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

karena itu, dibutuhkan monokromator untuk mengeliminasi sinar yang tidak diharapkan dan meneruskan hanya sinar yang dibutuhkan untuk analisis.

4) Detektor

Detektor yang biasa digunakan ialah tabung pengganda foton (*photomultiplier tube*), terdiri dari katoda yang dilapisi senyawa yang bersifat peka cahaya dan suatu anoda yang mampu mengumpulkan elektron. Ketika foton menumbuk katoda maka elektron akan dipancarkan, dan bergerak menuju anoda. Antara katoda dan anoda terdapat dinoda-dinoda yang mampu menggandakan elektron. Sehingga intensitas elektron yang sampai menuju anoda besar dan akhirnya dapat dibaca sebagai sinyal listrik.

5) Pengolah Signal/ Readout

Pada bagian ini sinyal listrik diubah menjadi data yang dapat dipahami oleh analis, biasanya dalam bentuk absorbansi.⁵³

c. Analisis Kuantitatif Menggunakan Metode Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dalam AAS dibuat dengan memasukkan sejumlah tertentu konsentrasi larutan dalam sistem dilanjutkan dengan pengukuran. Dalam prakteknya disarankan untuk membuat paling tidak 4 baku dan 1 blanko untuk membuat kurva kalibrasi linier yang menyatakan hubungan antara absorbansi (A) dengan konsentrasi analit

⁵³Yusbarina, *Op.Cit.*, hlm. 99.



untuk melakukan analisis. Disarankan absorbansi sampel tidak melebihi dari absorbansi baku tertinggi dan tidak kurang dari absorbansi baku terendah.⁵⁴

B. Penelitian yang Relevan

Adapun penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang peneliti lakukan diantaranya:

1. Titi Juhaeti, dkk (2005) dalam jurnalnya menjelaskan bahwa sudah banyak hasil penelitian yang membuktikan keberhasilan penggunaan tumbuhan untuk remediasi dan tidak sedikit tumbuhan yang dibuktikan sebagai hiperakumulator adalah spesies yang berasal dari daerah tropis. Spesies tersebut diantaranya: *Thlaspi calaminare* untuk seng (Zn), *T. Caerulescens* untuk kadmium (Cd), *Aeolanthus biformifolius* untuk tembaga (Cu), *Phylanthus serpentinus* untuk nikel (Ni), *Haumaniastrum robertii* untuk kobalt (Co), *Astragalus racemosus* untuk sesium (Se), dan *Alyxia rubricaulis* untuk mangan (Mn). Selain itu *Brachiaria mutica* untuk air raksa (Hg).⁵⁵
2. Wildan Sayuti Mustofa Marthana (2014) dalam jurnalnya menyimpulkan bahwa *Hydrilla* memiliki potensi untuk mengakumulasi logam Pb yang terkandung di dalam sedimen dengan nilai *bioaccumulation factor* sebesar 97,90 % dan efektif digunakan dalam jangka waktu dua minggu untuk remediasi.⁵⁶

⁵⁴Ibnu Gholib Gandjar dan Abdul Rohman, *Op.Cit.*, hlm. 313.

⁵⁵Titi Juhaeti, Fauzia Syarif dan Nuril Hidayati., *Loc.Cit.*

⁵⁶Wildan Sayuti Mustofa Marthana, Tri Retnaningsih Soeprobowati dan Muniffatul Izzati., *Loc.Cit.*

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Upit Ratna Puspita, dkk (2011) dalam jurnalnya menyimpulkan bahwa tumbuhan air mampu menjadi agen fitoremediator logam berat kromium. Di antara 3 tumbuhan air yang dicobakan, *Eichornia crassipes* merupakan tumbuhan yang paling mampu menurunkan kadar Cr air limbah batik, diikuti *Pistia stratiotes* dan *Hydrilla verticillata* dengan persentase penurunan secara berturut-turut : 49,56%, 33,61% dan 10,84%.⁵⁷
4. Andika Endah Valentina, dkk (2013) dalam jurnalnya juga menjelaskan bahwa arang aktif eceng gondok mempunyai kemampuan menyerap senyawa anorganik maupun organik. Selain itu juga mengandung selulosa yang berpotensi untuk dijadikan media penyerap karena kaya akan gugus

C. Konsep Operasional

Prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan
 - a. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian laboratorium.
 - b. Menyiapkan instrumen pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian di laboratorium dan di sekolah.
2. Tahap Pelaksanaan
 - a. Laboratorium
 - 1) Melakukan preparasi sampel.
 - 2) Melakukan uji pendahuluan.
 - 3) Melakukan uji fitoremediasi.

⁵⁷Upit Ratna Puspita, Asrul Sahri Siregar dan Nuning Vita Hidayati, *Loc.Cit.*.



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- 4) Melakukan destruksi.
 - 5) Melakukan analisis kadar logam berat.
 - 6) Mengumpulkan data penelitian laboratorium.
- b. Sekolah
- 1) Mempresentasikan video teknik fitoremediasi hasil penelitian di laboratorium yang telah divalidasi oleh validator (ahli materi pembelajaran dan ahli media pembelajaran) pada responden (guru kimia di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru).
 - 2) Membagikan angket uji praktikalitas kepada responden (guru kimia di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru).
 - 3) Responden (guru kimia di SMK Farmasi Ikasari Pekanbaru) memberikan saran terhadap video teknik fitoremediasi yang telah dibuat oleh peneliti.
 - 4) Mengumpulkan data penelitian sekolah.
3. Tahap Akhir
- Menganalisa data dan membuat kesimpulan.