

Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi

Irhamni¹, Setiaty Pandia², Edison Purba³, Wirsal Hasan⁴

¹ Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

² Fakultas Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Medan

³ Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan

⁴ Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatera Utara, Medan

Corresponden e-mail: irhamni.icut@yahoo.co.id

Abstrak. Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tanaman yang potensial yang dapat digunakan sebagai tanaman yang mempunyai kemampuan untuk mendegradasi dan mengakumulasi logam berat (hiperaccumulator). Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Pemulihan lahan tercemar oleh logam berat secara biologi dengan menggunakan tanaman (fitoremediasi). Maka peneliti tertarik mengkaji tentang kajian akumulator tumbuhan air dalam menyerap beberapa logam berat dengan menggunakan metode teknik fotoremediasi. Hasil penelitian tumbuhan air yang dapat dijadikan tumbuhan akumulator dalam menyerap logam berat yaitu tumbuhan *Typha latifolia* menyerap logam Cr, Hg, tumbuhan *Eichornia crassipes* menyerap logam Cr, Hg, tumbuhan *Salvinia molesta*, tumbuhan *Hydrilla verticillata* menyerap logam Hg, tumbuhan *Ipomea aquatic* menyerap logam Hg, tumbuhan hias lidah mertua menyerap logam Pb. Rata-rata tumbuhan air dalam menyerap logam berat banyak terdapat pada bagian akar. Tanaman air hiperaccumulator ini telah berevolusi melalui struktur dan fisiologinya, yaitu membentuk jaringan lakuna atau aerenkhima didalam akar dan batangnya untuk pertukaran materi dari bagian batang ke akar. Saat ini walaupun teknologi fitoremediasi belum banyak diterapkan dalam pemulihan pencemaran tanah dan air, kedepan diharapkan akan menjadi teknologi pembersih lingkungan yang potensial dengan keanekaragaman hayati tanaman di Indonesia yang dapat digunakan sebagai tanaman hiperakumulator, sehingga program pembangunan yang berkelanjutan (sustainable development) dapat tercapai.

Kata Kunci: Akumulator, Tumbuhan Air, Logam Berat, dan Fitoremediasi

Abstract. Indonesia has the potential of plant biodiversity that can be used as a plant that has the ability to degrade and accumulate heavy metals (hiperaccumulator). Hiperakumulator plants are plants that have the ability to concentrate the metals in the biomass levels are unusually high. Absorption and accumulation of heavy metals by plants can be divided into three processes, namely the metal absorption by the roots, metal translocation from roots to other plant parts, and localization of the metal at the particular cell to keep not inhibit the metabolism of the plant. Restoration of land contaminated by heavy metals in biology by using plants (phytoremediation). So researchers interested in the study examines accumulator aquatic plants to absorb heavy metals using fotoremediasi techniques. The results of the study of aquatic plants that can be used as plant accumulator in menyerap heavy metals namely plants *Typha latifolia* absorb Cr, Hg, plants *Eichornia crassipes* absorb Cr, Hg, plant *Salvinia molesta*, plant *Hydrilla verticillata* absorb Hg, plant *Ipomea aquatic* absorb Hg, ornamental plants menyerap Pb tongue-in-law. Average water plants to absorb heavy metals found in many parts of the roots. Hyperaccumulator aquatic plants have evolved through the structure and physiology, which form a network of lacunae or aerenkhima in roots and stems for the exchange of material from the trunk to the roots. Currently fitoremediasi although technology has not been widely applied in the recovery of soil and water pollution, the future is expected to be a potential environmental cleaning technology with plant biodiversity in Indonesia that could be used as a plant hiperakumulator, so that the program of sustainable development (sustainable development) can be achieved.

Keywords: Accumulator, Water Plant, Heavy Metal, and Fitoremediation

1. Pendahuluan

Kebijakan tentang pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia mengalami perubahan dengan dikeluarkannya Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Keluarnya Undang-undang ini adalah karena dirasakan kerusakan lingkungan makin menjadi. Pencemaran lingkungan banyak menjadi perhatian dan topik pembicaraan global, karena berhubungan dengan kehidupan baik manusia, tumbuhan, hewan, maupun organisme lainnya. Salah satu pencemaran lingkungan yang menjadi perhatian adalah pencemaran logam berat. Persoalan spesifik logam berat adalah dapat terakumulasi dalam makhluk hidup melalui rantai makanan. Logam berat umumnya bersifat racun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil.

Melalui berbagai perantara, seperti udara, makanan, maupun air yang terkontaminasi oleh logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasikan. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia [1]. Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasanya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Kebanyakan tumbuhan umumnya mengakumulasi logam, misalnya nikel sebesar 10 mg/kg berat kering (setara dengan 0,001 %), tetapi tumbuhan hiperakumulator logam mampu mengakumulasi hingga 11 % berat kering. Batas kadar logam yang terdapat di dalam biomassa agar suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator berbeda-beda tergantung pada jenis logamnya. Kadmium kadar setinggi 0,01 % (100 mg/kg BK) dianggap sebagai batas *hiperakumulator*, sedangkan batas bagi kobalt, tembaga, dan timbal adalah 0,1 % (1.000 mg/kg BK) serta untuk seng dan mangan adalah 1 % (10.000 mg/kg BK) [2].

Faktor utama konsentrasi nutrisi dalam larutan tanah dan transpor ke akar tanaman adalah pH tanah, unsur-unsur pembentukan khelat dan kecepatan penguapan. Akumulasi logam oleh tumbuhan bergantung pada banyak

faktor yaitu :

- (1) Sifat alamiah tumbuhan, seperti: spesies, kecepatan tumbuh, ukuran dan kedalaman akar, kecepatan penguapan, serta kebutuhan nutrisi untuk metabolisme,
- (2) Faktor tanah, seperti: pH, kandungan dan sifat alamiah zat organik, status nutrisi, jumlah ion-ion logam dan anion-anion tertentu seperti fosfat, sulfat, kadar mineral lempung, dan tipe tanah, dan
- (3) Variabel-variabel lingkungan dan pengelolaan yaitu temperatur, kelembaban, sinar matahari, curah hujan, pemupukan dan lain-lain.

Jenis tanaman air di Indonesia sangat beraneka ragam dan hampir semuanya memiliki kemampuan untuk menyerap limbah misalnya: *Typha sp*, *Ipomeous sp*, *Eichornia crassipies* dan lain-lain. Di Indonesia lahan basah alami sebenarnya cukup banyak. Namun jarang ditemukan lahan basah buatan, padahal perkembangan pengendalian limbah saat ini menggunakan tumbuh-tumbuhan air dengan menggunakan lahan basah buatan. Limbah domestik atau industri yang dihasilkan saat ini maka diperlukan suatu pengolahan limbah tersebut dengan metode yang mudah dan sederhana yaitu dengan menerapkan lahan limbah. Logam berat merupakan logam yang mempunyai massa jenis lebih dari 5g/cm³.

Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, sebagian dari logam-logam tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Tetapi bila kebutuhan dalam jumlah yang sangat kecil itu tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari setiap makhluk hidup. Karena logam-logam tersebut ada yang dibutuhkan tubuh, maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Akan tetapi, bila jumlah dari logam-logam esensial ini masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan maka akan berubah fungsi

menjadi zat racun bagi tubuh [3,4].

Pencemaran logam berat di Indonesia cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, dan tanaman, maupun lingkungan. Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain.
- b. Logam berat tidak esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat racun. Contohnya yaitu: Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

Logam berat yang mencemari lingkungan, baik dalam udara, air, dan tanah berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Proses alami dapat berasal dari bebatuan gunung berapi yang memberikan kontribusi ke lingkungan udara, air, dan tanah. Kegiatan manusia yang bisa menambah pencemaran lingkungan berupa kegiatan industri, pertambangan, pembakaran bahan bakar, serta kegiatan domestik lain yang mampu meningkatkan kandungan logam di lingkungan udara, air, dan tanah [5,4].

Dalam konsentrasi yang rendah logam berat dapat membunuh organisme hidup dan proses ini diawali dengan penumpukan logam berat dalam tubuh biota. Lama-kelamaan penumpukan yang terjadi pada organ target dari logam berat akan melebihi daya toleransi dari biotanya dan hal ini menjadi penyebab dari kematian biota terkait [3]. Selain bersifat racun bagi organisme, logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi, biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi oleh biota air [6].

Persoalan spesifik logam berat di lingkungan terutama karena akumulasinya sampai pada rantai makanan dan keberadaannya di alam. Suatu organisme akan kronis apabila produk yang dikonsumsinya mengandung logam berat [7]. Kecemasan yang berlebihan terhadap hadirnya logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang sangat tinggi dalam seluruh

aspek kehidupan makhluk hidup. Walaupun pada konsentrasi yang sedemikian rendah efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Beberapa jenis logam yang dapat terlibat dalam proses bioakumulasi adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, dan Zn [3]. Phyto asal kata Yunani *phyton* yang berarti tumbuhan/tanaman, *remediation* asal kata Latin *remediare* yaitu memperbaiki, menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Berdasarkan hal tersebut fitoremediasi (*phytoremediation*) dapat diartikan suatu sistem di mana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Konsep mengolah air limbah dengan menggunakan media tanaman atau lebih populer disebut “phytoremediasi” yang telah lama dikenal oleh manusia, bahkan digunakan juga untuk mengolah limbah berbahaya (B3) atau untuk limbah radioaktif lingkungannya. Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan/pencemar yang berada di sekitarnya. Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi.

Kebanyakan tumbuhan mengakumulasi logam (setara dengan 0,001%), tetapi tumbuhan hiperakumulator logam mampu mengakumulasi hingga 11% BK. Batas kadar logam yang terdapat di dalam biomassa agar suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator berbeda – beda bergantung pada jenis logamnya. [8].

2. Penerapan Fitoremediasi

Fitoremediasi dapat dibagi menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi.

(1) *Phytoaccumulation (phytoextraction)* yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dan media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga *Hyperaccumulation*.

(2) *Rhizofiltration* adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar

untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radio aktif di Chernobyl Ukraina.

- (3) *Phytostabilization* yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat atau stabil pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- (4) *Rhizodegradation* disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*, *oiplant-assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan, misalnya ragi, fungi dan bakteri.
- (5) *Phytodegradation (phyto transformation)* 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 yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi.
- (6) *Phytovolatilization* yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang [9].

Sesungguhnya ide mengenai penggunaan tumbuhan sebagai agensia pembersih lingkungan bukan hal yang baru. Sejak lama kita telah mengenal manfaat tumbuhan sebagai “pengusir zat beracun dari udara” sehingga adanya tumbuhan dianggap sebagai penyegar udara di sekitarnya. Pemahaman fisiologi dan genetika tumbuhan yang semakin baik menyebabkan pemanfaatan tumbuhan sebagai agensia pembersih lingkungan dapat makin diperluas cakupannya dan diperhitungkan manfaatnya dari segi rekayasa

serta nilai ekonominya.

Faktor pendorong bagi penerapan fitoremediasi adalah biaya yang relatif murah dibanding dengan teknologi berbasis fisika dan kimia. Sebagai suatu teknologi yang sedang berkembang, fitoremediasi telah menarik banyak pihak termasuk peneliti dan pengusaha. Di Indonesia masalah pencemaran terus dihadapi sesuai dengan kemajuan industri sehingga usaha remediasi serta pencegahan pencemaran perlu diperhatikan. Fitoremediasi diharapkan dapat memberikan sumbangan yang nyata dan praktis bagi usaha mempertahankan dan memperbaiki kualitas lingkungan di Indonesia.

Fitoremediasi merupakan suatu sistem di mana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral, dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Sebagai salah satu teknologi yang sedang dikembangkan fitoremediasi telah menarik minat banyak pihak termasuk peneliti dan pengusaha. Fitoremediasi diharapkan dapat memberikan sumbangan yang nyata bagi usaha mempertahankan dan memperbaiki kualitas lingkungan. Sebagai bagian dari teknik fitoremediasi, proses fitoakumulasi dapat menarik zat kontaminan dan media sehingga dapat terakumulasi di sekitar akar tumbuhan, proses ini disebut juga Hyperakumulasi.

Fitodegradasi juga merupakan bagian dari teknik fitoremediasi yaitu proses yang dilakukan oleh tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan dengan rantai molekul kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul menjadi lebih sederhana dan dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang dapat mempercepat proses degradasi. Enzim ini diperlukan oleh tanaman terutama pada sejumlah biomassa dan area permukaan akar pada media hidroponik [10,11]. Pendekatan ini sesuai proses remediasi untuk sebagian besar logam seperti Pb,

Cd, Ni, Cu, dan Cr.

Tanaman air *hyperaccumulator* ini telah berevolusi melalui struktur dan fisiologinya, yaitu membentuk jaringan lakuna atau aerenkhima didalam akar dan batangnya untuk pertukaran materi dari bagian batang ke akar. Perubahan ini terlihat pada tanaman air yang mengapung, dengan membentuk daun yang bulat penuh untuk menjaga agar tidak mudah sobek, tekstur yang kuat dan permukaan atas hidrofobil untuk menjaga agar tidak basah. Tidak seperti tanaman darat pada umumnya, letak stomata tanaman mengapung ditemukan di bagian sisi sebelah atas daun. Salah satu tanaman air yang cukup signifikan untuk menyerap untuk menyerap logam berat adalah enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) [12].

3. Prospek Fitoremediasi di Indonesia

Pemulihan lahan tercemar oleh logam berat secara biologi dengan menggunakan tanaman (fitoremediasi) merupakan teknik yang paling sederhana dan secara ekonomis paling murah bila dibanding dengan teknik remediasi lainnya (fisika-kimia). Walaupun saat ini aplikasi teknik fitoremediasi dalam penyempurnaan terus menerus, namun banyak peneliti dan perusahaan komersial yang tertarik untuk mengembangkan secara komersial terutama di negara maju seperti Amerika dan Eropa.

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tanaman yang potensial yang dapat digunakan sebagai tanaman yang mempunyai kemampuan untuk mendegradasi dan mengakumulasi logam berat (*hiperaccumulator*). Sampai saat ini telah ditemukan 120 jenis tanaman yang dapat digunakan untuk teknik phytoremedias antara lain *Alamanda sp*, *Canasp*, Pisang mas, Padi-padian, Anturium merah dan kuning, Bambu air dan sebagainya. Menurut [13]. di Malaysia telah ditemukan sekitar 400 jenis tanaman yang mempunyai kemampuan untuk digunakan dalam teknik fitoremediasi.

Menurut Aiyen, [14]. dari berbagai jenis tanaman yang telah ditemukan dan dapat digunakan sebagai tanaman hiperakumulator ternyata secara agronomi termasuk dalam kriteria tanaman yang syarat tumbuhnya

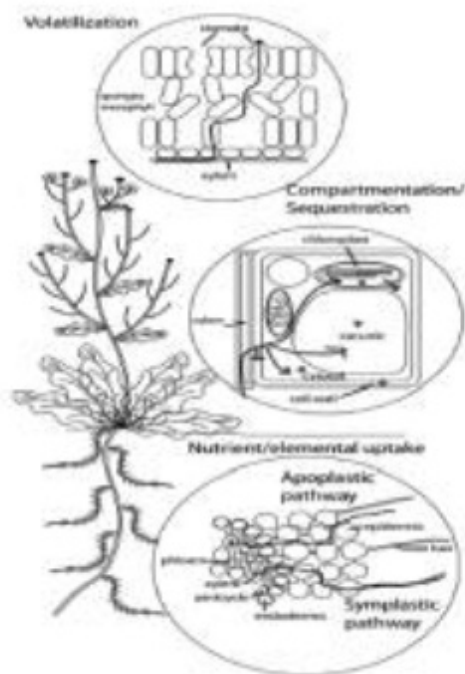
tidak membutuhkan nutrisi tinggi, tidak rewel dan mudah tumbuhnya, dengan demikian prospek phytoremediasi cukup besar untuk dikembangkan di Indonesia. Beberapa tanaman telah menunjukkan pola respon terhadap kehadiran konsentrasi logam yang tinggi dalam tanah. Kebanyakan tanaman sensitif terhadap konsentrasi logam yang tinggi dan sebagian lain mengalami resistensi, toleransi, dan akumulasi dalam jaringan akar hingga ke seluruh bagian tanaman seperti tunas, bunga, batang, dan daun [15].

Mengingat Indonesia kedepan masih tetap dihadapkan dengan masalah pencemaran lingkungan sebagai akibat dari pembangunan industri maka usaha-usaha pemulihan dan rehabilitasi lahan yang tercemar perlu mendapat perhatian kita bersama. Saat ini walaupun teknologi fitoremediasi belum banyak diterapkan dalam pemulihan pencemaran tanah dan air, kedepan diharapkan akan menjadi teknologi pembersih lingkungan yang potensial dengan ditunjang oleh keanekaragaman hayati tanaman di Indonesia yang dapat digunakan sebagai tanaman hiperakumulator, sehingga program pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) dapat tercapai.

4. Mekanisme Penyerapan Logam oleh Tumbuhan

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan beberapa cara tergantung pada spesies tumbuhannya.

Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam diangkut melalui jaringan pengangkut *xilem* dan *floem* ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat. Berbagai jenis molekul khelat yang berfungsi mengikat logam dihasilkan oleh tumbuhan seperti *histidin* yang dapat mengikat Cr, sebagaimana dinyatakan



Gambar 1. Mekanisme penyerapan logam oleh akar [16,17].

dalam Gambar 1. Lokalisasi pada jaringan dalam mencegah peracunan logam terhadap sel, tumbuhan mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam bagian tertentu seperti akar dan lateks.

Keterangan Gambar 1: Cara pengambilan logam dalam tanaman. Cara pengambilan logam/nutrisi dalam tanaman. Logam yang dapat larut dapat masuk ke dalam akar symplast dengan melewati membran plasma dari sel-sel akar endodermal atau logam dapat masuk ke dalam akar apoplast (jaringan jarak antar sel-sel tanaman) melalui jarak antar sel. Jika logam ditranslokasi ke jaringan aerial (antena), kemudian harus masuk ke dalam xylem. Untuk masuk ke dalam xylem, solute (zat yang tidak diurai dalam zat yang lain) harus melewati casparian, suatu lapisan lilin yang tidak dapat ditembus menjadi solute, kecuali melewati sel-sel endodermis yang kemungkinan melalui tindakan pemompaan membran atau saluran. Sesuatu yang bermuatan masuk ke dalam xylem, arus getah xylem akan membawa logam menuju daun, yang mana harus bermuatan masuk ke dalam sel-sel daun, dengan melewati sebuah membran. Suatu kali dalam tunas atau jaringan daun, logam dapat disimpan dalam berbagai jenis sel, tergantung pada spesies dan bentuk logam,

karena ini dapat diubah ke dalam bentuk-bentuk toksik (untuk tanaman) melalui konversi kimia atau kompleksasi. Logam dapat dipisahkan dalam beberapa bagian sub sel (dinding sel, Sitosol, vakuola) atau volatilisasi melalui stomata.

5. Tumbuhan Hiperakumulator Logam

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasanya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Kebanyakan tumbuhan umumnya mengakumulasi logam, misalnya nikel sebesar 10 mg/kg berat kering (setara dengan 0,001 %), tetapi tumbuhan hiperakumulator logam mampu mengakumulasi hingga 11 % berat kering. Batas kadar logam yang terdapat di dalam biomassa agar suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator berbeda-beda tergantung pada jenis logamnya. Kadmium kadar setinggi 0,01 % (100 mg/kg BK) dianggap sebagai batas *hiperakumulator*, sedangkan batas bagi kobalt, tembaga, dan timbal adalah 0,1 % (1.000 mg/kg BK) serta untuk seng dan mangan adalah 1 % (10.000 mg/kg BK) [2]. Faktor utama konsentrasi nutrisi dalam larutan tanah dan transpor ke akar tanaman adalah pH tanah, unsur-unsur pembentukan khelat dan kecepatan penguapan. Akumulasi logam oleh tumbuhan bergantung pada banyak faktor yaitu :

- 1). Sifat alamiah tumbuhan, seperti: spesies, kecepatan tumbuh, ukuran dan kedalaman akar, kecepatan penguapan, serta kebutuhan nutrisi untuk metabolisme,
- 2). Faktor tanah, seperti: pH, kandungan dan sifat alamiah zat organik, status nutrisi, jumlah ion-ion logam dan anion-anion tertentu seperti fosfat, sulfat, kadar mineral lempung, dan tipe tanah, dan
- 3). Variabel-variabel lingkungan dan pengelolaan yaitu temperatur, kelembaban, sinar matahari, curah hujan, pemupukan dan lain-lain.

Jenis tanaman air di Indonesia sangat beraneka ragam dan hampir semuanya memiliki kemampuan untuk menyerap limbah

misalnya: *Typha sp*, *Ipomeous sp*, *Eichornia crassipies* dan lain-lain. Di Indonesia lahan basah alami sebenarnya cukup banyak. Namun jarang ditemukan lahan basah buatan, padahal perkembangan pengendalian limbah saat ini menggunakan tumbuh-tumbuhan air dengan menggunakan lahan basah buatan.

Limbah domestik atau industri yang dihasilkan saat ini maka diperlukan suatu pengolahan limbah tersebut dengan metode yang mudah dan sederhana yaitu dengan menerapkan lahan limbah. Banyak tanaman yang telah diuji pada lahan basah, namun hasilnya menunjukkan bahwa tanaman air *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites australis* dan beberapa jenis spesies *Bulrush* adalah tanaman yang paling baik untuk ditanami pada lahan basah [18]. Tumbuhan-tumbuhan tersebut terbukti mudah ditanam dan ditangani sehingga tidak memerlukan terlalu banyak biaya serta memiliki ketahanan yang tinggi terhadap perubahan cuaca dan kondisi lingkungan.

Beberapa jenis tanaman air mempunyai kemampuan untuk mengurangi logam berat di dalam air seperti *Eichhornia crassipes* [19,20]. dan *Hydrocotyle umbellata l.* [10,11]. namun tumbuhan ini masih memiliki keterbatasan dalam kemampuan akumulasinya. Tumbuhan lain adalah *Typha latifolia* yang merupakan tumbuhan yang dapat hidup pada kondisi *wetland*. Tumbuhan ini dapat digolongkan kepada jenis tumbuhan hiperakumulator. Kemampuan tumbuhan *Typha latifolia* dalam menyerap logam berat besar, menjadikan tumbuhan ini digunakan sebagai alternatif dalam menyerap limbah logam [21,2].

Tumbuhan air lainnya yang dapat menyerap logam berat adalah *Salvonella mullestam*, Anturium Merah/Kuning, Alamanda Kuning/Ungu, Akar Wangi, Bambu Air, Cana Presiden Merah/Kuning/Putih, Dahlia, *Dracenia* Merah/Hijau, *Heleconia* Kuning/Merah, Jaka, Keladi Loreng/Hitam, Lotus Kuning/Merah, Padi-padian, Papyrus, Pisang Mas, Spider Lili, dan lainnya (Anonymous, 2003), yang banyak ditemukan di daerah persawahan dan genangan air.

Sayuran merupakan salah satu jenis tumbuhan yang juga dapat menyerap logam berat dari tanah. Kebanyakan logam berat berkumpul di bagian akar tumbuhan, termasuk sayuran berdaun,



Gambar 2. Tanaman obor (*Typha latifolia*)

berbuah, dan berubi, seperti Sawi (*Brassica nigra*), Tembikai (*Citrullus lonatus*), Labu (*Cucurbita moshata*) dan Ubi kayu (*Manihot esculenta*) [22].

5.1. Tumbuhan Obor (*Typha latifolia*)

Tumbuhan Obor (*Typha latifolia*) seperti yang terlihat pada Gambar 2. merupakan tanaman dari suku *Typhaceae* dan bangsa *Typhales* yang mempunyai rizoma, beramilum, sering membentuk koloni padat, menjulang dari air dangkal atau tumbuh di tempat yang basah, sel-sel bertanin tersebar, batang tegak, serta berakhir dengan pembungaan. Daun berbentuk dua garis, kebanyakan di dasar, pelepah laminalinear. Habitat dari *Typha latifolia* ini adalah lingkungan yang mempunyai nilai pH 4 – 10 dan temperatur 10 – 30° C.

Tanaman *Typha latifolia* dapat ditemukan di rawa dan *wetland* yang terdapat di hampir setiap benua. Tumbuhan *Typha latifolia* adalah salah satu tumbuhan yang dapat hidup pada kondisi *wetland*. Tumbuhan ini banyak kita jumpai pada daerah tropis dan biasanya *Typha latifolia* tumbuh berkelompok pada daerah yang tergenang air. Tumbuhan *Typha latifolia* memiliki daya tahan yang tinggi terhadap perubahan cuaca dan kondisi lingkungan lainnya.

Tumbuhan *Typha latifolia* dapat digolongkan kepada jenis tumbuhan hiperakumulator. Kemampuan tumbuhan *Typha latifolia* dalam menyerap logam yang begitu besar menjadikan tumbuhan ini digunakan sebagai alternatif dalam menyerap limbah logam [21,2]. Tanah yang paling baik tumbuhnya *Typha latifolia* adalah *hydric soil* yang merupakan tanah yang selalu tergenang dalam waktu yang cukup lama. Hal ini disebabkan *Typha latifolia* membutuhkan air yang banyak untuk mendukung pertumbuhannya.

Tumbuhan *Typha latifolia* yang juga mendukung berlangsungnya suatu ekologi dan



Gambar 3. Enceng gondok (*Eichhornia crassipes*)

kontrol biotik. Hal ini dapat kita lihat dari begitu banyaknya binatang lain yang hidup di dalam komunitas tumbuhan *Typha latifolia*.

5.2. Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Enceng gondok atau *Eichhornia crassipes* adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung. Enceng gondok pertama kali ditemukan secara tidak sengaja oleh seorang ilmuwan bernama Carl Friedrich Phillip von Mantius, seorang ahli botani berkebangsaan Jerman pada tahun 1824 ketika sedang ekspedisi di sungai Amazon Brasil. Enceng gondok memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi sehingga tumbuhan ini dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Enceng gondok dengan mudah menyebar melalui saluran air ke badan air lainnya. [23].

Walaupun enceng gondok dianggap sebagai gulma di perairan, tetapi sebenarnya ia berperan dalam menangkap polutan logam berat. Rangkaian penelitian seputar kemampuan enceng gondok oleh peneliti antara lain dalam waktu 24 jam enceng gondok mampu menyerap logam cadmium, merkuri, nikel, dan logam kromium. Diantara 3 tumbuhan air yang dicobakan, *Eichhornia 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%. [24].

5.3. Kiambang (*Salvinia molesta*)

Salvinia Molesta atau kiambang merupakan salah satu tanaman fitoremediator logam berat Cd dan Cr yang terdapat pada limbah cair, serta mampu beradaptasi pada lingkungan dengan kondisi salinitas rendah (<10%). Pemilihan *S. Molesta* sebagai tumbuhan fitoremediator pada



Gambar 4. Kiambang (*Salvinia molesta*)

penelitian ini didasarkan pada pertimbangan bahwa *S. Molesta* mampu tumbuh pada nutrisi yang rendah. Selain itu secara morfologi *S. Molesta* memiliki diameter daun yang relatif kecil (rata-rata 2-4 Cm), tetapi memiliki perakaran yang lebat dan panjang [25].

Berdasarkan hal tersebut diatas *S. Molesta* dapat secara efektif menyerap polutan, namun tidak menghalangi penetrasi cahaya kedalam perairan. Aktivitas tanaman ini mampu mengolah air limbah dengan efisien tinggi. Selain itu juga dapat menurunkan partikel tersuspensi secara biokimiawi (berlangsung lambat) dan mampu menyerap logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn dan Zn. Kemampuan menyerap logam berat persatuan berat kering lebih tinggi pada tanaman umur muda dibanding umur tua, [26].

6. Kesimpulan

Tumbuhan air yang dapat dijadikan tumbuhan akumulator dalam menyerap logam berat yaitu tumbuhan *Typha latifolia* menyerap logam Cr, Hg, tumbuhan *Eichhornia crassipes* menyerap logam Cr, Hg, tumbuhan *Salvinia molesta*, tumbuhan *Hydrilla verticillata* menyerap logam Hg, tumbuhan *Ipomea aquatic* menyerap logam Hg, tumbuhan hias lidah mertua menyerap logam Pb. Rata rata tumbuhan air dalam menyerap logam berat banyak terdapat pada bagian akar. Tanaman air *hyperaccumulator* ini telah berevolusi melalui struktur dan fisiologinya, yaitu membentuk jaringan lakuna atau aerenkhima didalam akar dan batangnya untuk pertukaran materi dari bagian batang ke akar. Saat ini walaupun teknologi fitoremediasi belum banyak diterapkan dalam pemulihan pencemaran tanah dan air, kedepan diharapkan akan menjadi teknologi pembersih lingkungan yang potensial dengan keanekaragaman hayati tanaman di Indonesia yang dapat digunakan sebagai tanaman hiperakumulator, sehingga program pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable deveelopment*) dapat tercapai.

7. Daftar Pustaka

- [1]. Halija. B, Anwar. D, Agus. B. 2012. *Studi Kandungan Loga Berat Kromium VI Pada Air dan Sedimen Di Sungai pangkajene Kabupaten Pangkep*
- [2]. Ye, Z. H., Baker, Wong and Willis. 199., *Copper and Nickel Uptake, Accumulation and tolerance in Typha Latifolia with and Without Iron Plaque on the Root Surface*. Department of Biology, Hongkong Baptist University, Kowloon Tong, Hongkong.
- [3]. Palar. 2004. *Pencemaran dan Toksiologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- [4]. Lisa. N. 2013. *Skripsi Profil Penyebaran Logam Berat Di Sekitar TPA Pakusari Jember*
- [5]. Widowati, Sastiono, dan R. Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Andi
- [6]. Warsinah, Suheryanto, Yuanita W. 2015. Kajian Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Kompartemen di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sukawinatan Palembang, *Jurnal Penelitian Sains*, Vol 17, No 2, 79-81
- [7]. Suhendrayatna. 2013. *Merkuri: Bahaya, Sumber Pencemar, Dan Pengelolaannya di Lingkungan*. Kampanye dan sosialisasi Dampak Merkuri Terhadap Lingkungan. Meulaboh, 9 Desember 2013
- [8]. Budhi, P., dan Joko, P. 2014. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. *TRIPOD, IPAL Biotech, Ipal Biofilter, Wwtp Ipal Rs, Ipal Industri*
- [9]. Ulfah J. Siregar dan Chairil A. Siregar. 2010. *Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya Dalam Restorasi Lahan Paska Tambang di Indonesia*, Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology, Bogor, Indonesia.
- [10]. Subhashini, V, dan V.S, Sswamy. 2014. Pythoremediation of Cadmium and Chromium Contaminated Soils By Cyperus Rotundus. L, *J. AURSTEM* (97-101), ISSN (Online):2328-3580.
- [11]. Faeiza, B., Kasmawati, M., Zuraimi, O., Darus, F., 2007, *The Used Of Aquatic Wetland Plant Phylidrum lanuginosum To Remove Lead From Aqueous Solution*, Faculty of Applied Science, University technology MARA Shah Alam, Selangor, Malaysia.
- [12]. Misbachul, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset: Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*. Vol.1 No.2, November 2010.
- [13]. Mohammad, I., Zhen-Li, Peter, J and Xiao-e. 2008. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water. *J. Zhejiang Univ Sci B*, March: 9(3): 210-220.
- [14]. Aiyen. 2005. *Ilmu Remediasi Untuk Atasi Pencemaran Tanah di Aceh dan Sumatera*, Peneliti Fitoremediasi Dosen pada Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu, http://www.kompas.com/kompas_cetak/05030/04/ilpeng/159282.htm.
- [15]. Muliadi, Deasy. L, Yanny, dan sabir. S. 2013. Fitoremediasi: Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Nikel, Cadmium dan Chromium Dalam Tanaman *Ipomoea reptana*. *Prosiding seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia HKI Sumatera Barat*, 7 Desember 2013
- [16]. Wendy, Ann P, Ivan R, John L, Angus S. 2005. *Phytoremediation and Hyperaccumulator Plants*, Center for Phytoremediation, Purdue Univeristy, West Lafayette, USA.
- [17]. Irhamni. 2009. *Aplikasi Phytoremediasi dalam Penyisihan Ion Logam Kromium (Cr) Dengan Menggunakan Tumbuhan Air (Typha Latifolia)*, (Thesis) Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
- [18]. Nandi. 2005. *Jurnal "GEA" Volume 5, No. 9*
- [19]. Ye, Z. H., Baker, Wong and Willis. 1997. *Zinc Lead and Cadmium Tolerance, Uptake and Accumulation by Typha Latifolia*, Department of Biology, Hongkong Baptist University, Kowloon Tong, Hongkong.
- [20]. Rahmaningsih, H.D. 2006. Kajian Penggunaan Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) pada Penurunan Senyawa Nitrogen Effluent Pengolahan Limbah Cair PT. CAPSUGEL INDONESIA. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor
- [21]. Neneng. 2015. *Analisa Kadar Logam Berat Kromium (VI) Hubunga Dengan pH, Suhu, DO, Salinitas dan Kecepatan Arus*

- Sebagai Upaya Pengendalian Pencemaran DiPerairan Belawan*. Thesis, Universitas Sumatera Utara, Medan
- [22]. Hairiah, K. dan Rahayu, A. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Center. Bogor.
- [23]. Sendi, B. 2014. *Phytoremediation Waste Mercury Using Plant And System Reactor*, Jurnal Ilmiah Sain Vol. 14 No.1.
- [24]. Upit R.P, Asrul S.S, dan Nuning V.H. 2011. *Kemampuan Tumbuhan Air Sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang Terdapat pada Limbah Cair Industri Batik*, Berkala Perikanan Terubuk, ISSN 0126-4265 Vol. 39, No. 1 Februari 2011
- [25]. Nurma. J.S, Tutik. N, Kristanti. I.P. 2016. *Profil Protein Tanaman Kiambag (Salvinia Molesta) Yang Dikulturkan Pada Media Modifikasi Air Lumpur Sidoarjo*. ITS Surabaya.
- [26]. <https://id.scribd.com/doc/259330242/Jenis-Tanaman-Hiperakumulator>. 2015