II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Morfologi dan Taksonomi Kayu Apu (*Pistia stratiotes*)

Pada mulanya tumbuhan kayu apu hanya dikenal sebagai tumbuhan pengganggu an di danau. Akar tanaman berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian itu (Yusuf, 2001). Selain itu, karena kayu apu mempunyai daya mengikat butiran-butiran lumpur yang halus maka dapat digunakan untuk menjernihkan air bagi industri maupun keperluan sehari-hari. Menurut Pusat Litbang PU Sumberdaya Air (2008), tanaman kayu apu mampu menurunkan unsur N dan P secara berturut-turut yaitu 25 % dan 12 % per minggu dengan penyerapan kadar awal 0,847 mg/l dan 0,493 mg/l setiap minggunya. Berikut ini klasifikasi kayu apu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Subkelas : Arecidae
Ordo : Arales
Famili : Araceae
Genus : Pistia
Spesies : *Pistia stratiotes* L

Jenis tumbuhan air yang mengapung sering dianggap gulma dan tidak memiliki nilai ekonomis, namun jenis tumbuhan ini sering digunakan untuk pengolahan limbah karena tingkat pertumbuhannya yang tinggi dan

kemampuannya untuk menyerap hara langsung dari kolom air (Saeni 1989 dalam Suryati Dan Budhi 2003). Pistia stratiotes termasuk dalam famili Araceae yang tumbuh mengapung pada permukaan air dengan akar-akarnya yang menggantung terendam di bawah bagian daunnya yang mengambang. Lebar daun tumbuhan ini antara 5-14 cm dan jarak antar nodusnya 0,1-0,5 cm sehingga membuat susunan daun pada tumbuhan ini terdapat pada tiap bagian rosetnya (Don, 2006). Menurut Mamonto (2013), Pistia stratiotes sebanyak 200 gr dengan konsentrasi awal 5 ppm dapat mengakumulasi polutan sianida (CN) dalam pertambangan emas di wilayah pesisir sungai di areal tambang Bulawa, Gorontalo sebanyak 63,96% dengan proses fitoremidiasi.

B. Tanah yang Tercemar Logam Berat

Penyerapan logam oleh tanaman dipengaruhi oleh efisiensi penyerapan, kecepatan transpirasi, dan konsentrasi lgam di dalam larutan tanah (Schnoor, 1997). Efisiensi penyerapan logam oleh tanaman dipengaruhi oleh sifat fisika-kimia tanah, spesies kimia dari logam yang diserap, dan sifat tanaman penyerapnya. Transpirasi juga merupakan variabel yang menentukan kecepatan penyerapan suatu senyawa kimia pada suatu rancangan fitoremediasi dan dipengaruhi oleh jenis tanaman, luas permukaan daun, nutrisi yang tersedia, kelebaban tanah, suhu udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara.Interaksi yang kompleks antara tanah, logam dan tanaman, yang dikendalikan oleh iklim, mengharuskan adanya strategi fitoremediasi

yang bersifat loka spesifik. Hal ini menunjukan bahwa perlunya pemahaman terhadap mekanisme dan proses yang mengendalikan penyerapan serta akumulasi logam di dalam tanaman. Pemahaman terhadap hal tersebutberguna dalam kaitan dengan upaya optimasi keefiktifan proses fitoremediasi. Pemahaman tersebut juga merupakan langkah awal untuk memulai upaya mendapatkan gen atau gen-gen yang berperan dalam memunculkan sifat-sifat yang berkaitan dengan kemampuan mengakumulasi logam berat.

Logam berat dapat memasuki tanah melalui sumber yang berbeda-beda sehingga menjadi polutan.Pupuk, pestisida, penambahan bahan organik dan anorganik, residu limbah dan lumpur aktif mengandung sejumlah logam berat (Yulipriyanto, 2010).

Logam berat dapat membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi makanan yang berasal dari tanaman yang ditanam di tanah yang tercemar logam berat. Akumulasi bahan polutan tersebut akan menyebabkan toksik bagi tanaman, atau juga diambil dan diserap oleh tanaman lalu dikonsumsi oleh hewan atau manusia sehingga bersifat toksik juga pada hewan atau manusia yang mengkonsumsinya (Setyorini et al. 2009).

Logam Fe merupakan logam essensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Tingginya kandungan logam Fe akan berdampak terhadap kesehatan manusia diantaranya bisa

menyebabkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, insomnia (Parulian, 2009).

Besi bersifat keras, rapuh, dan umumnya mudah dicampur, dan digunakan untuk menghasilkan alloy lainnya, termasuk baja. Besi tempa yang mengandung kurang dari 0.1% karbon, sangat kuat, dapat dibentuk, tidak mudah campur dan biasanya memiliki struktur berserat.

Air tanah dapat terkontaminasi dari beberapa sumber pencemar. Dua sumber utama kontaminasi air tanah ialah kebocoran bahan kimia organik dari penyimpanan bahan kimia dalam bunker yang disimpan dalam tanah, dan penampungan limbah industri yang ditampung dalam kolam besar diatas atau di dekat sumber air.

Persyaratan bagi masing-masing standar kualitas air masih perlu ditentukan oleh 4 (empat) aspek yaitu : persyaratan fisis, kimia, biologis, radiologis. Persyaratan fisis ditentukan oleh faktor-faktor kekeruhan, warna, bau maupun rasa. Persyaratan kimia ditentukan oleh konsentrasi bahan-bahan kimia seperti Arsen, Clhor, Tembaga, Cyanida, Besi dan sebagainya. Persyaratan biologis ditentukan baik oleh mikroorganisme yang pathogen, maupun yang non pathogen.

Buangan industri yang mengandung persenyawaan logam berat Fe bukan hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan tetapi juga terhadap hewan

dan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan, dapat terakumulasi dalam biota perairan termasuk kerang, ikan dan sedimen, memiliki waktu paruh yang tinggi dalam tubuh biota laut serta memiliki nilai faktor konsentrasi yang besar dalam tubuh organism (Endang dan Endrawati, 2013).

C. Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan, karena tanaman mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi atau sebagai fitoakumulator dan fitochelator.Konsep pemanfaatan tumbuhan dan mikroorganisme untuk meremediasi tanah yang terkontaminasi polutan adalah pengembangan terbaru dalam teknik pengolahan limbah.Fitoremediasi dapat diaplikasikan pada limbah organik maupun anorganik dalam bentuk padat, cair, dan gas (Salt *et al*., dalam Rossiana *et al.*, 2007).

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang bersifat biologi, yaitu pemanfaatan jasa tumbuhan hijau dan ataupun mikroorganisme yang berasosiasi, untuk mengurangi polutan lingkungan, baik pada air, tanah, maupun udara, baik yang disebabkan oleh polutan metal maupun organik (Firdaus, 2000 dalam Santriyana dkk, 2012).

Menurut Hidayati dkk, (2005) sejumlah tumbuhan terbukti dapat beradaptasi terhadap lingkungan marginal dan ekstrim seperti tanah limbah yang banyak terkontaminasi zat-zat beracun dan memiliki kualitas fisik, kimia maupun biologis sangat rendah.Tumbuhan yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat dari tanah dikenal sebagai tumbuhan hiperakumulator.

Tumbuhan akan menyerap unsur-unsur hara yang larut dalam air maupun dalam tanah melalui akarnya, baik sebagai bahan nutrisi untuk pertumbuhannya maupun unsur lain yang merupakan bahan pencemar. Tumbuhan air memberi tempat sebagai medium bagi mikrobia untuk melekat dan tumbuh pada akar dan batangnya yang berfungsi mengurai senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair. Secara alami, mikrobia patogen perusak akan terhambat pertumbuhannya karena adanya panas yang dihasilkan oleh tumbuhan air (Green dan Dhobie, 1996).

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi 3 proses yang saling berkaitan yakni penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar kebagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian tetentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme yang terjadi pada tanaman tersebut (Isa dkk, 2014).

Menurut Eddy (2008), bahwa fitoremediasi (phytoremediation) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu, secarasendiri atau bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media tanam, dapat mengubah zat

kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman hiperakumulator yang mampu mentranslokasikan unsur pencemar seperti logam Cu, Zn dan logam lainnya, dengan konsentrasi sangat tinggi ke jaringan dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal (kerdil dan mengalami fitotoksitas).

Keuntungan fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat estetik bagi lingkungan, serta dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar.Sedangkan kerugian fitoremediasi ini adalahprosesnya memerlukan waktu lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapatmenyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasatumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Isa dkk, 2014).

D. Mekanisme Fitoremediasi

Menurut Jenny dkk (2015), mekanisme kerja fitoremediasi mencakup proses sebagai berikut:

1) Fitoekstraksi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun.

2) Rhizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan, mengakumulasi logam berat dari aliran limbah.
3) Fitodegradasi adalah metabolisme logam berat di dalam jaringan tanaman oleh enzim seperti dehalogenase dan oksigenase.
4) Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengekkresikan (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah rizosfer (perakaran).
5) Fitovolatilisasiterjadi ketika tanaman menyerap logam berat dan melepaskannya ke udara lewat daun dan ada kalanya logam berat mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepas lewat daun.

E. Hipotesis

1. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) efektif menurunkan kadar logam Fe dan memperbaiki kualitas air yang lebih baik dalam waktu yang ditentukan.
2. Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes*) mampu menurunkan kadar logam Fe pada air sampai > 90%.