

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah

Limbah merupakan salah satu masalah yang saat ini sering diperincangkan diberbagai tempat, baik dari dampaknya terhadap lingkungan maupun cara pengolahan limbah tersebut. Bagi sebagian orang limbah merupakan suatu hal yang merugikan bagi sumber hayati yang ada pada suatu daerah atau lingkungan tertentu yang mana mengancam keberlangsungan hidup masyarakat dan makhluk hidup lainnya. Limbah mampu menyebabkan pencemaran baik pada tanah, air, dan udara yang mengancam kondisi lingkungan bagi makhluk hidup (Ahmad dan Adiningsih, 2019).

Limbah cair adalah jenis limbah yang merupakan hasil dari proses produksi, umumnya limbah cair ini akan dikumpulkan terlebih dahulu, kemudian baru diproses atau dibuang ke lingkungan. Terkait dengan pembuangan limbah cair ini ke lingkungan sekitar, memberi efek yang cukup membahayakan bagi lingkungan karena adanya bahan-bahan yang berbahaya ataupun kandungan dari limbah itu sendiri yang tidak dapat dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan (Hidayat, 2016). Klasifikasi limbah cair dibedakan berdasarkan asal dari limbah tersebut di bagi menjadi 3, ada limbah cair rumah tangga seperti limbah organik, limbah sayur-sayuran, limbah buah-buahan, limbah gelas, limbah kaleng, limbah anorganik, limbah yang ke-2 ada limbah cair industri dengan nilai DO yang tinggi, padatan terlarut dalam jumlah rendah, konsentrasi logam

berat sangat tinggi atau senyawa organik, yang sangat tinggi, dan yang ke 3 adalah limbah cair dari industri dengan nilai COD yang tinggi, namun nilai DO rendah (Atima, 2015). Cemaran limbah hasil olah industri sukar dilakukan perbaikan karena adanya kandungan beberapa senyawa yaitu pelarut organik, zat padat terlarut, dan *suspended solid* (Ahmad dan Adiningsih, 2019).

B. Limbah Penyamakan Kulit

Salah satu limbah industri yang berbahaya yaitu limbah penyamakan kulit, limbah ini dikatakan berbahaya karena dari mengandung beberapa unsur logam berat dengan toksisitas yang tinggi salah satunya yaitu logam berat krom. Pada penyamakan 1ton kulit basah diperlukan air $\pm 40 \text{ m}^3$ dan kemudian dibuang sebagai limbah cair yang tercampur dengan bahan kimia sisa proses dan komponen kulit yang terlarut selama penyamakan. Industri penyamakan kulit sebagian besar menggunakan proses *chrome tanning* yang memproduksi limbah cair yang dengan kandungan *chromium*. Kromium merupakan salah satu logam berat yang dapat merusak kondisi air, keberadaan kromium dalam suatu perairan mampu menimbulkan penurunan kualitas air serta membahayakan ataupun merusak ekosistem disuatu perairan tertentu. Efek yang dihasilkan pada beberapa biota diair yaitu adanya kesalahan pada sistem atau siklus metabolisme tubuh akibat terhalangnya kerja enzim dalam proses fisiologis. Kadar kromium yang tertimbun dalam tubuh dapat menimbulkan kematian pada organisme suatu

perairan. Logam kromium (Cr) merupakan logam berat yang bersifat toksik (Setiyono & Gustaman, 2017).

Karakteristik dari limbah cair penyamakan kulit pada umumnya yaitu berwarna coklat pekat, berkeruh, beraroma tidak sedap. Suhu pada limbah ini berkisar 20- 26°C dengan kandungan oksigen terlarut yang rendah yaitu kurang dari 1 mg/L. Cemaran limbah penyamakan kulit umumnya memiliki pH basa dengan kurang lebih 12,48. Konsentrasi kromium dalam limbah cair penyamakan kulit tergolong cukup tinggi, yaitu 2.71 mg/L. Hal ini disebabkan karena hampir sebagian besar proses penyamakan kulit menggunakan kromium dioksida pada proses *chrome tanning* (Hartanti dkk., 2014). Dalam proses penyamakan, kulit hanya dapat menyerap 60-80% krom, yang artinya sekitar 20- 40% krom akan terikut dalam limbah cair maupun limbah padat industri penyamakan (Mayasari dan Sholeh, 2016). Standar baku mutu limbah cair penyamak kulit menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Industri Penyamakan Kulit

Parameter	Proses Penyamakan Menggunakan Krom		Proses Penyamakan Menggunakan Daun-Daunan	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (mg/L)	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (mg/L)
DO	50	2,0	70	2,8
COD	110	4,4	180	7,2
TSS	60	2,4	50	2,0

Krom Total Cr	0,60	0,024	0,10	
Minyak dan Lemak	5,0	0,020	5,0	0,20
Nitrogen Total	10	0,40	15	0,60
Amonia Total	0.5	0,02	0,50	0,02
Sulfida	0,8	0,032	0,50	0,02
pH	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
Debit Limbah	40m ³ perton bahan baku	40m ³ perton bahan baku	40m ³ perton bahan baku	40m ³ perton bahan baku

C. Metode Fitoremediasi

Salah satu metode saat ini yang digunakan dalam mengatasi limbah cair industri khususnya limbah cair penyamakan kulit yaitu dengan adanya penggunaan tumbuhan hijau yang dapat mengakumulasi logam berat krom pada limbah penyamakan kulit. Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan terdiri dari 3 mekanisme yaitu penyerapan melalui akar, translokasi dan lokalisasi, supaya logam berat dapat diserap oleh tanaman maka logam berat tersebut harus berada pada sekitaran akar pada tumbuhan (rizosfer). Tahapan penyerapan unsur logam dilakukan dengan cara terbentuknya suatu senyawa yaitu senyawa khelat yang disebut fitosiderofor. Senyawa fitosiderofor nantinya akan berikatan kuat dengan unsur logam dan meneruskannya ke dalam sel akar yang dikenal dengan peristiwa transport aktif. Senyawa yang larut dalam air biasanya terambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar (Hartanti dkk., 2014).

Mekanisme kedua yaitu translokasi logam dari akar tanaman lain. Logam yang berhasil melewati endodermis akar, nantinya akan searah dengan laju transpirasi ke bagian atas tanaman yang dibawa oleh jaringan pengangkut (xylem dan floem) yang nantinya logam berat tersebut akan disebarkan ke bagian tanaman lainnya. Mekanisme ketiga yaitu lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini dilakukan supaya untuk mempertahankan keberadaan logam tidak mengganggu dalam proses respirasi dalam suatu tanaman dan mengurangi adanya penyerbaran racun logam terhadap jaringan tumbuhan (Hartanti dkk., 2014).

Untuk mengatasi cemaran limbah tersebut ada beberapa metode yang dilakukan salah satunya dengan menggunakan metode fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan metode yang pada dasarnya menggunakan tumbuhan dan asosiasi mikrobia tanah untuk mengurangi konsentrasi atau mengurangi pengaruh cemaran dalam lingkungan yang mana metode ini dapat digunakan untuk menghilangkan cemaran logam berat, radionuklida, dan cemaran organik seperti hidrokarbon, aromatik dan peptisida. Fitoremediasi terdiri dari dua kata yaitu 'phyto' yang berarti tumbuhan dan 'remedium' yang berarti memperbaiki atau membuang makhluk jahat. Tumbuhan hijau memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap bahan pencemar dari lingkungan tumbuhnya dan menetralkan racun pencemar. Prinsip dari fitoremediasi yaitu adanya penggunaan tanaman hijau sebagai penghilang bahan pencemar pada lingkungan tertentu (Handayanto dkk., 2017).

Mekanisme fitoremediasi terdiri dari 5 hal yaitu fitoekstraksi, fitofiltrasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi dan fitodegradasi (fitotransformasi). Fitoekstraksi merupakan teknik penyerapan senyawa pencemar unsur logam dari tanah atau air oleh akar tanaman dan mengakumulasi senyawa tersebut ke bagian atas tanaman yang dikenal dengan tajuk tanaman (Handayanto dkk., 2017). Fitostabilisasi merupakan mekanisme dimana tanaman dapat menstabilkan polutan dalam tanah sehingga menjadi tidak berbahaya. Fitofiltrasi yaitu mekanisme dimana akar dari tanaman tumbuh di air yang tercampur dengan endapan logam beracun yang terkena limbah. Fitovolatilisasi yaitu mekanisme dimana tumbuhan menyerpa logam (Hg dan Se) dari tanah dan diuapkan melalui dedaunan dari tumbuhan tersebut mekanisme terakhir yaitu fitotransformasi merupakan mekanisme dimana tumbuhan mampu mendegradasi bentuk atau valensi dari polutan sehingga tidak menjadi berbahaya dan bisa dimanfaatkan sebagai unsur hara (Sidauruk dan Sipayung, 2015).

Keuntungan adanya penggunaan metode fitoremediasi yaitu ekonomis, inovatif, ramah lingkungan dan menghasilkan buangan sekunder yang lebih rendah sifat toksiknya bagi lingkungan (Sidauruk dan Sipayung, 2015). Faktor yang mempengaruhi fitoremediasi yaitu konsentrasi pH hal ini disebabkan karena adanya perubahan pH pada berbagai macam media berkaitan dengan penyerapan nutrisi bagi pertumbuhan, kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman adalah 5,0-6,5. Faktor lain yaitu kemampuan daya akumulasi bermacam jenis tanaman untuk berbagai

macam polutan dan konsentrasi, sifat kimia dan fisika serta sifat fisiologi dari tanaman itu sendiri, mekanisme akumulasi dan hiperakumulasi yang ditinjau secara fisiologis, biokimia dan molekuler serta konsentrasi limbah yang dapat diserap pada saat fitoremediasi (Putra dkk. 2021).

D. Tanaman Hiperakumulator

Tanaman hiperakumulator merupakan tanaman yang digunakan dalam teknik fitoremediasi karena mampu mengakumulasi zat kontaminan di akar, batang, dan daun. Tidak semua tanaman penyerap kontaminan dapat dianggap sebagai hiperakumulator. Ciri-ciri tanaman ini termasuk ketahanan terhadap logam berat, siklus hidup yang pendek, distribusi yang luas, serta biomassa tunas yang besar dengan faktor translokasi lebih dari 1 (Mazumdar dan Das, 2015). Beberapa tanaman hias dan tanaman air memiliki potensi sebagai hiperakumulator untuk fitoremediasi. Penyerapan kontaminan, terutama logam berat, pada tanaman hiperakumulator berlangsung melalui mekanisme yang berbeda-beda tergantung pada jenis tanamannya. Akumulasi logam berat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk sifat alami tanaman hiperakumulator (seperti spesies dan fisiologi akar, batang, serta daun), kondisi tanah (pH dan kandungan nutrisi), serta faktor biotik dan abiotik (seperti suhu, kelembaban, sinar matahari, dan curah hujan).

Mekanisme akumulasi logam berat oleh tanaman hiperakumulator dapat dibagi menjadi tiga tahap (Widyasari, 2021):

1. Penyerapan oleh akar: dalam tahap ini, unsur logam harus berada dalam bentuk larutan agar dapat diserap oleh akar tanaman. Senyawa terlarut akan diserap bersama air, sementara senyawa hidrofobik akan diserap oleh permukaan tanaman.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian lain: setelah unsur logam melewati lapisan endodermis akar, proses translokasi membawa logam tersebut ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian lainnya.
3. Lokalisasi logam dalam sel dan jaringan: pada tahap ini, tanaman berupaya mencegah keracunan logam dengan menyimpan logam di organ tertentu, seperti akar, agar tidak mengganggu proses metabolisme tanaman.

E. *Cyperus alternifolius*

Cyperus alternifolius merupakan tanaman hias yang berasal dari Afrika dan banyak ditemukan di perairan serta daratan kolam (Wang dkk., 2021). *C. alternifolius* adalah tanaman yang tumbuh dengan cepat dan mudah berkembang biak. Tanaman ini dapat hidup di lingkungan darat maupun perairan. Selain berfungsi sebagai tanaman hias, rumput payung juga digunakan untuk mengolah air limbah domestik di lahan basah (Yoedono dkk., 2019). *C. alternifolius* berbatang segitiga yang tidak berongga, ketika berada didalam tanah terdapat rimpang yang merayap atau badan-badan seperti umbi dengan geragih yang merupakan alat perkembangbiakan *vegetative*, tanaman ini memiliki tangkai berbentuk

segitiga, dengan panjang batang dewasa 0,5 - 1,5 meter. Tangkai menyangga daun yang berbentuk sempit dan datar dan menyerupai payung dan panjang daun berkisar 12-15 cm karena efisiensi dalam pemurnian dan stabilitas pertumbuhannya, serta daya tahannya, *C. alternifolius* sering dipakai dalam penelitian penghilangan polutan pada teknologi lahan basah buatan. Selain itu, *C. alternifolius* sebagai tanaman hias dan bahan penelitian dapat memberikan manfaat dalam hal remediasi dan rekreasi (Gamary dan Moajeri, 2021). Gambar *C. alternifolius* dapat dilihat pada Gambar 1.

Hirarki	
Kerajaan	Plantae
Divisi	Tracheophyta
Kelas	Magnoliopsida
Bangsa	Poales
Suku	Cyperaceae
Marga	<i>Cyperus</i>
Spsies	<i>Cyperus alternifolius</i>



Gambar 1. Tanaman Rumput Payung *Cyperus alternifolius*.

F. Hipotesis

1. Tanaman *C. alternifolius* mampu menurunkan kadar logam Krom pada limbah penyamakan kulit sebesar 81%
2. Penurunan kadar krom dalam proses fitoremediasi terjadi dalam kurun waktu 4 hari.

