

**KEEFEKTIFAN MEDIA ECENG GONDOK *EICHORNIA CRASSIPES*  
DAN *EICHORNIA AZUREA* SEBAGAI FITOREMEDIATOR  
DALAM MENGABSORPSI  $\text{Cr}^{6+}$  DI LIMBAH CAIR  
PERTAMBANGAN NIKEL**

***THE EFFECTIVENESS OF WATER HYACINTH *EICHORNIA*  
*CRASSIPES* AND *EICHORNIA AZUREASA* AS  
PHYTOREMEDIATOR IN ABSORBING  $\text{Cr}^{6+}$   
FROM LIQUID WASTE OF NICKEL MINING***

**DEWI SAFITRI  
P032182003**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**KEEFEKTIFAN MEDIA ECENG GONDOK *EICHORNIA CRASSIPES*  
DAN *EICHORNIA AZUREA* SEBAGAI FITOREMEDIATOR  
DALAM MENGABSORPSI Cr<sup>6+</sup> DI LIMBAH CAIR  
PERTAMBANGAN NIKEL**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Pengelolaan Lingkungan Hidup

Disusun dan Diajukan oleh;

DEWI SAFITRI

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KEEFEKTIFAN MEDIA ECENG GONDOK *EICHORNIA CRASSIPES***

**dan *EICHORNIA AZUREA* SEBAGAI FITOREMEDIATOR**

**MENGABSORPSI Cr<sup>6+</sup> DI LIMBAH CAIR**

**PERTAMBANGAN NIKEL**

Disusun dan diajukan oleh

**DEWI SAFITRI  
P032182003**

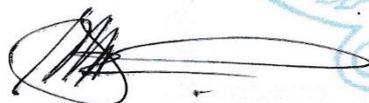
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup Fakultas Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada tanggal 7 April 2022

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

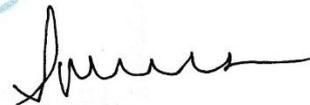
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Sc.Agr. Ir. Baharuddin  
Nip. 196012241986011001



Prof. Dr. M. Syahrul, M. Agr  
Nip. 194508211971081002

Ketua Program Studi  
Pengelolaan Lingkungan Hidup



Dr. Ir. Muh. Fard Samawi, M.Si  
Nip. 196508101991031106

Dekan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc  
Nip. 196703081990031001

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dewi Safitri

NIM : P032182003

Program Pendidikan : S2

Program Studi : Pengelolaan Lingkungan Hidup

Dengan ini menyatakan bahwa jika ditemukan ketidaksinkronan data pada forlap Dikti maka untuk kepentingan pengurusan Surat Izin Ujian Tesis, saya tidak keberatan jika Ijazah dan Transkrip Nilai akan diproses setelah data akademik dinyatakan sinkron dengan data yang forlap Dikti.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 20 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



Dewi Safitri

## PRAKATA

Bismillahi Rahmani Rahim, Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh, Alhamdulillah Hirobbil Alamin. Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT pengatur alam semesta, kehidupan dan manusia, hanya atas karunianya dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul "Keefektifan media eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* sebagai fitoremediator dalam mengabsorpsi  $Cr^{6+}$  di limbah cair pertambangan nikel" merupakan syarat untuk menyelesaikan studi pada program Pasca Sarjana Pengelolaan Lingkungan Hidup Universitas Hasanuddin.

Penulis memahami bahwa dalam proses penyusunan tesis ini masih terdapat berbagai kesalahan yang tidak disengajai sehingga mungkin ada belum terkoreksi mengingat keterbatasan pada penulis.

Tak lupa pula penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Sc.Agr. Ir. Baharuddin dan Prof. Dr. M. Syahrul, M. Agr selaku tim pembimbing serta kepada keluarga kecil saya, organisasi LDK LDM UMI dan teman PLH Angkatan 2018-2 yang telah memberikan semangat, bantuan, nasehat, kritikan dan saran selama penyusunan tesis ini.

Akhir kata penulis memohon maaf atas segala kekurangan. Atas perhatiannya penulis mengucapkan terima kasih.

Makassar, Februari 2022

Dewi Safitri

## ABSTRAK

**DEWI SAFITRI.** Keefektifan Media Eceng Gondok *Eichornia Crassipes* dan *Eichornia azurea* Sebagai Fitoremediator dalam Mengabsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  Di Limbah Cair Pertambangan Nikel. (dibimbing oleh **Baharuddin** dan **M. Syahrul**)

Nikel merupakan bagian hasil pertambangan. Nikel dapat dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan manusia, tetapi proses pengambilan bijih nikel menggunakan metode tambang terbuka yang menghasilkan limbah cair. CV. Unaha Bakti Persada menggunakan metode *sediment pond* dan menghasilkan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  yaitu 0.78 ppm yang masih diatas standar baku mutu yaitu 0.1 ppm. Fenomena ini menjadi landasan diperlukannya pengolahan limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  melalui metode fitoremediasi sistem in vitro. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui (1) efektivitas metode fitoremediasi, (2) tingkat kerusakan eceng gondok dan (3) tingkat pertumbuhan tanaman eceng gondok. Penelitian menggunakan metode fitoremediasi media eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* selama 15 hari dan rancangan percobaan yaitu RAL dengan 2 faktorial, 3 perlakuan dan 3 kali pengulangan.

Hasil penelitian menunjukkan efektivitas eceng gondok *E. azurea* yaitu 87% yang mampu menurunkan konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  0.78 ppm menjadi 0.1 ppm dalam 15 hari sedangkan *E. crassipes* dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* yaitu 64%. Tingkat kerusakan eceng gondok pada limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  lebih cepat pada *E. azurea* yaitu 40%, dibandingkan *E. crassipes* adalah 27% dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* adalah 13%. Pertumbuhan eceng gondok pada limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  lebih cepat pada kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* yaitu berat tanaman 45%, panjang akar 38%, tinggi tanaman 23%, dibandingkan *E. azurea* yaitu berat tanaman 35%, panjang akar 32%, tinggi tanaman 17%, dan *E. crassipes* yaitu berat tanaman 45%, panjang akar 38%, tinggi tanaman 7%.

Kata kunci :  $\text{Cr}^{6+}$ , fitoremediasi, eceng gondok

## ABSTRACT

**DEWI SAFITRI.** The Effectiveness of Water Hyacinth *Eichornia crassipes* and *Eichornia azureasa* as Phytoremediator in Absorbing Cr<sup>6+</sup>. (supervised by **Baharuddin** and **M. Syahrul**)

Nickel is part of mining products. Nickel can be used for various human needs, but the process of extracting nickel ore uses an open pit method that produces liquid waste. CV. Unaha Bakti Persada uses *sediment pond* method and produces 0.78 ppm of Cr<sup>6+</sup> which is still above the standard quality standard of 0.1 ppm. This phenomenon is the basis for the need for Cr<sup>6+</sup> liquid waste treatment through the system in vitro of phytoremediation method. The objectives of this study were to determine (1) the effectiveness of the phytoremediation method, (2) damage rate of water hyacinth and (3) water hyacinth plant growth rate. The research used phytoremediation media of water hyacinth *E. crassipes* and *E. azurea* for 15 days and the experimental design was RAL with 2 factorials, 3 treatments and 3 repetitions.

The results showed the effectiveness of water hyacinth *E. azurea* was 87% which was able to reduce the concentration of Cr<sup>6+</sup> 0.78 ppm to 0.1 ppm in 15 days, while *E. crassipes* and the combination of *E. crassipes* and *E. azurea* were 64%. The rate of water hyacinth damage to Cr<sup>6+</sup> wastewater was faster in *E. azurea* was 40%, compared to *E. crassipes* was 27% and the combination of *E. crassipes* and *E. azurea* was 13%. The growth of water hyacinth in Cr<sup>6+</sup> wastewater was faster in the combination of *E. crassipes* and *E. azurea* was plant weight 45%, root length 38%, plant height 23%, compared to *E. azurea* was plant weight 35%, root length 32%, height 17% plants, and *E. crassipes* was plant weight 45%, root length 38%, plant height 7%.

Key words: Cr<sup>6+</sup>, phytoremediation, water hyacinth

**DAFTAR ISI**

	<b>halaman</b>
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Pengolahan Bijih Nikel	6
B. Fitoremediasi	10
C. Aklimatisasi	13
D. Tanaman Eceng Gondok	14
E. Kerangka Pikir Penelitian	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Rancangan Penelitian	21
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	22
C. Parameter Pengamatan	22
D. Tahapan Pengolahan dan Analisa Data	25
E. Diagram Alir Penelitian	29
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Hasil	30

B. Pembahasan	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
A. Kesimpulan	39
B. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	44

**DAFTAR GAMBAR**

<b>Nomor</b>		<b>halaman</b>
1	Proses terbentuknya limbah cair logam berat	8
2	Profil tanah laterit	8
3	<i>E. crassipes</i>	16
4	<i>E. azurea</i>	16
5	Ringkasan mekanisme seluler potensial yang tersedia untuk doksifikasi dan toleransi logam	19
6	Kerangka Pikir Penelitian	20
7	Tampak rencana penelitian metode fitoremediasi.	22
8	Diagram Alir Penelitian	29
9	Tingkat Absorpsi Konsentrasi Cr <sup>6+</sup>	31
10	Tingkat pertumbuhan eceng gondok	34

**DAFTAR TABEL**

Nomor		Halaman
1	Komposisi kimia eceng gondok	15
2	Skala kategori kerusakan	27
3	Absorpsi konsentrasi Cr <sup>6+</sup>	30
4	Efektivitas absorpsi limbah cair Cr <sup>6+</sup> metode fitoremediasi	32
5	Tingkat kerusakan eceng gondok akibat limbah cair Cr <sup>6+</sup>	32
6	Tingkat pertumbuhan eceng gondok	33

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Nikel (Ni) merupakan bagian hasil pertambangan dalam kategori logam. Nikel yang memiliki warna keperakan ini mulanya dianggap sebagai logam pengotor pada tembaga (Husnul, 2020). Kemudian pada akhirnya menjadi satu logam tersendiri yang memiliki nilai tinggi, setelah adanya penelitian oleh Steele dkk (2012) yang menyimpulkan nikel dapat ditemukan dalam meteorit. Menurut Arif (2018), mengungkapkan bahwa nikel memiliki beberapa kelebihan, seperti memiliki resistensi terhadap karat (korosi) dan kekerasan yang lebih kuat, meskipun berada pada suhu 1455 °C. Nikel dapat dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan manusia seperti bahan campuran dalam pembuatan *stainless steel* dan bahan baku pembuatan baling-baling pada kapal laut (Aprisal dan Abadi, 2019).

Pertambangan nikel di Indonesia memproduksi dan menyumbang kebutuhan nikel dunia berjumlah 800 ribu ton Ni dalam kurun waktu sepanjang tahun 2019 (Yasyi, 2020). Sumber cadangan logam nikel di Indonesia berjumlah 50.872.304 ton Ni (Rosyadi dan Wardhana, 2019).

Proses pengambilan bijih nikel biasanya menggunakan metode *open pit* atau metode tambang terbuka yang membuka lahan baru seperti pemotongan pohon untuk mengambil endapan bijih nikel. Selama proses

pengambilan bijih nikel menghasilkan kerusakan lingkungan berupa air limbah hasil pengolahan bijih nikel. Pengolahan limbah cair perusahaan tambang bijih nikel menggunakan *sediment pond* untuk mengendapan air limbah.

Salah satu perusahaan yang menggunakan metode *sediment pond* untuk pengelolaan limbah cair pertambangan bijih nikel adalah perusahaan CV. Unaha Bakti Persada, tetapi parameter limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  yang dihasilkan adalah 0.78 ppm (Lampiran 6) yang masih berada diatas standar baku mutu Permen Lingkungan Hidup no 9 tahun 2006 yaitu 0.1 ppm, jika kromium heksavalen dikonsumsi dapat mengganggu saluran pernapasan, perut, usus kecil, reproduksi pria, kanker dan tidak mudah terurai di lingkungan (U.S. Department Of Health And Human Services, 2012).

Pengolahan limbah cair pada logam berat  $\text{Cr}^{6+}$  dapat menggunakan metode fitoremediasi Saha dkk (2017), menemukan kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  pada akar, batang dan daun eceng gondok. Widodo dkk (2019), menggunakan media eceng gondok menghasilkan tingkat efektivitas metode fitoremediasi adalah 69% dari nilai konsentrasi awal  $\text{Cr}^{6+}$  0,88 ppm menjadi 0,28 ppm. Penelitian Nursari dkk (2019), dengan parameter berat tanaman dan fase tanaman yang menghasilkan nilai konsentrasi awal  $\text{Cr}^{6+}$  0,56 ppm menjadi 0,23 ppm. Tiga penelitian sebelumnya belum ada yang berhasil mencapai konsentrasi  $\text{Cr}^{6+}$  sesuai baku mutu yaitu 0.1 ppm dan tidak memperhatikan kondisi tanaman eceng gondok maka dilakukan penelitian lanjutan dengan

mengkombinasikan media eceng gondok yang berbeda tipe yaitu *E. crassipes* dan *E. azureas* karena belum adanya penelitian sebelumnya mengenai demikian dan keterdapatannya media dua tipe yang berada di Indonesia.

## **B. Rumusan Masalah**

Pertambangan bijih nikel sering mengakibatkan kerusakan lingkungan khususnya limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  yang tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan, jika dikonsumsi dapat menimbulkan penyakit bagi tubuh. Dalam pengelolaan air limbah bijih nikel ada berbagai macam metode, salah satunya metode fitoremediasi dengan media tanaman eceng gondok yang berbeda jenis disekitar manusia.

Maka dirumuskan beberapa permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Berapa efektivitas absorpsi yang dihasilkan dari metode fitoremediasi sebagai pengolahan limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  bijih nikel ?
2. Berapa tingkat kerusakan tanaman eceng gondok akibat limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  pengolahan bijih nikel ?
3. Berapa tingkat pertumbuhan eceng gondok setelah menggunakan air limbah pengolahan bijih nikel pada metode fitoremediasi ?

### **C. Tujuan Penelitian**

Berlandaskan pada pembahasan rumusan masalah diatas, maka penelitian ini dengan bertujuan mengetahui :

1. Efektivitas absorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  metode fitoremediasi media limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  pengolahan bijih nikel.
2. Tingkat kerusakan eceng gondok akibat limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$ .
3. Tingkat pertumbuhan eceng gondok setelah metode fitoremediasi.

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif lain untuk mengelola air limbah pertambangan bijih nikel tanpa menggunakan bahan kimia yang dapat merusak lingkungan.

### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

1. Secara khusus penelitian ini menganalisis mengenai :
  - a. Efektifitas absorpsi dari 2 jenis eceng gondok metode fitoremediasi sebagai pengolahan air limbah bijih nikel
  - b. Tingkat kerusakan eceng gondok akibat limbah cair  $\text{Cr}^{6+}$  pengolahan bijih nikel dan menggunakan air sumur pada metode fitoremediasi.

- c. Tingkat pertumbuhan tanaman eceng gondok setelah menggunakan air limbah pengolahan bijih nikel dan menggunakan air sumur pada metode fitoremediasi.
2. Penelitian dalam skala laboratorium dilaksanakan dipekarangan rumah peneliti dan Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Kota Makassar.
3. Sampel penelitian mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 09 Tahun 2006 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Bijih Nikel

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pengolahan Bijih Nikel**

##### **1. Pengambilan Bijih Nikel**

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang (Menteri Hukum Dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, 2009).

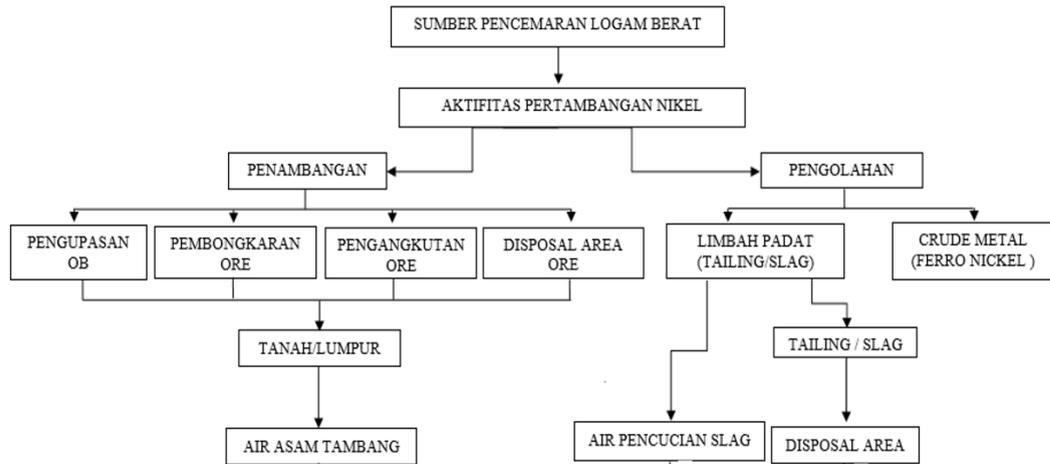
Pertambangan bijih nikel CV. Unaha Bakti Persada mempunyai izin usaha pertambangan operasi produksi tahun 2011 saat ini sedang melakukan tahap operasi produksi, melakukan pengupasan tanah penutup dan pengumpulan top soil, penambangan nikel laterit dan tak lupa melakukan pemantauan lingkungan disekitar lokasi penambangan yang dikelola seluas 6 Ha dan memproduksi bijih nikel 500 rb WMT pada tahun 2019 (CV. UBP, 2019).

CV. UBP menggunakan sistem pertambangan terbuka (*open pit mining*). Menurut Subowo (2011), sistem pertambangan terbuka dilakukan dengan cara pengupasan tanah penutup dan pembongkaran bahan tambang. Bahan tambang digali dan diangkut keluar. Kemudian bahan

galian bijih nikel diangkut menggunakan *dump truck* ke tempat pengumpulan (*disposal area ore*) untuk mengetahui kadar nikelnya dan dipindahkan ke *tailing* atau limbah tambang jika tidak mengandung bahan galian yang diinginkan. Setelah diketahui nilai kadar bijih nikel sesuai dengan kadar yang diinginkan maka bijih nikel diangkut kembali ke tongkang kapal untuk diperjual belikan sesuai kontak penjualan (CV. UBP, 2019).

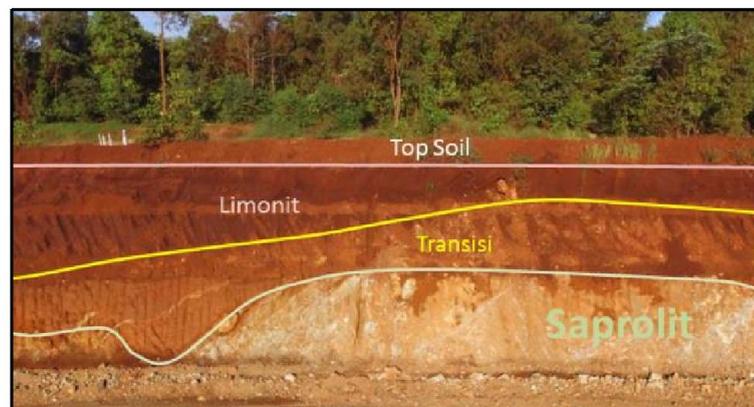
## **2. Air Limbah bijih nikel**

Tanah disekitar pertambangan bijih nikel mengandung logam As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn (Sanghoon, 2006). Kegiatan pengupasan tanah pucuk dan penggalian tanah untuk mengambil laterit nikel dari kegiatan penambangan menimbulkan dampak penurunan kualitas air permukaan dan kualitas air laut dipantai Morombo Kecamatan Lasoso Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara (CV. UBP, 2019). Logam-logam yang terdapat di alam awalnya tidak berbahaya tetapi setelah adanya proses pengupasan dari kegiatan pertambangan, kemudian bercampur dengan air permukaan dan mata air maka berubah menjadi ancaman berupa limbah cair ketika terurai di lingkungan bersama tailing yang dibuang (Zubayr, 2009). Proses terbentuknya limbah cair logam berat dapat dilihat di gambar 1.



Gambar 1. Proses terbentuknya limbah cair logam berat (Zubayr, 2009)

Pembentukan *kromium heksavalen* ( $\text{Cr}^{6+}$ ) di area pertambangan nikel terdapat pada lapisan tanah laterit (gambar 2) . Awalnya kromium yang berkonsentrasi rendah berada pada lapisan tanah *top soil* dan secara bertahap konsentrasi meningkat pada lapisan tanah limonite, medium grade limonite dan akumulasi konsentrasi kromium terbanyak pada zona transisi lapisan yang bersifat kuat dan resisten, namun dengan adanya mangan di lapisan tanah limonite meningkatkan pelepasan ikatan kromium dan memproduksi  $\text{Cr}^{6+}$  (PT. Vale Indonesia Tbk, 2016).



Gambar 2. Profil tanah laterit (Kamaruddin, 2018)

Mengonsumsi makanan yang mengandung  $\text{Cr}^{6+}$  melampaui baku mutu yaitu 0.1 ppm maka akan mengakibatkan rusaknya saluran pernapasan, perut, usus kecil, reproduksi pria, kanker dan dapat berada di dalam sel selama beberapa tahun atau lebih. (U.S. Department Of Health And Human Services, 2012).

### **3. Tindakan Pengelolaan Air Limbah bijih nikel**

Pengelolaan air limbah akibat dampak penurunan kualitas air mengacu pada keputusan peraturan menteri negara lingkungan hidup nomor 09 tahun 2006 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pertambangan bijih nikel. Baku mutu terhadap parameter  $\text{Cr}^{6+}$  adalah 0.1 ppm. Berikut tindakan CV. UBP (2019) dalam pengelolaan air limbah bijih nikel :

- a. Pengupasan tanah puncak dan penambangan laterit nikel dilakukan secara bertahap sesuai kemajuan tambang
- b. Menyisakan beberapa pohon/vegetasi disepanjang pantai dan dekat sumber air
- c. Membuat drainase untuk mengalirkan aliran permukaan (*run off*) ke *sediment pond*
- d. Untuk pengelolaan dampak berupa sedimen, maka dilakukan tindakan berupa pembuatan kolam pengendap sedimen sebelum masuk ke badan sungai dan secara berkala dilakukan pengerukan untuk mencegah terjadinya penumpukan sedimen

- e. Memastikan air buangan (*outlet sediment pond*) tidak melebihi baku mutu.
- f. Buangan limbah cair buangan hasil pencucian kendaraan dan mesin atau peralatan konstruksi yang mengandung minyak dialirkan ke oil separator.
- g. Menempatkan petugas pengawas lingkungan yang mengawasi jika terjadi ceceran atau tumpahan minyak atau oli pada saat konstruksi
- h. Menjaga sanitasi lingkungan dengan mengendalikan penanganan limbah padataa dan limbah cair disekitar lokasi kegiatan agar tidak mencemari lingkungan.

## **B. Fitoremediasi**

Fitoremediasi juga dapat dikatakan bioremediasi (Lone dkk, 2008) yaitu proses pembersihan lingkungan yang tercemar polutan kimia yang menggunakan organisme hidup yang dapat menetralkan zat pencemar untuk mengurangi materi berbahaya (KBBI, 2016). Menurut Lone dkk, (2008), fitoremediasi sebagai teknologi baru yang lebih murah dan sedikit menimbulkan dampak berikutnya. Tingkat keberhasilan fitoremediasi terutama tergantung pada aktivitas foto-sintetik dan tingkat pertumbuhan tanaman (Saha dkk, 2017). Dapat disimpulkan bahwa fitoremediasi adalah teknologi pengelolaan limbah cair dari zat berbahaya menggunakan tanaman air yang ramah lingkungan dan ekonomis.

## 1. Proses Fitoremediasi

Menurut Rao and Babu (2014), Berbagai proses fitoremediasi yang dimediasi oleh tanaman atau ganggang berguna dalam mengatasi masalah lingkungan, seperti :

- a. Ekstraksi fitoekstraksi: Serapan dan konsentrasi zat dari lingkungan ke dalam biomassa tanaman.
- b. *Phytostabilization*: Mengurangi mobilitas zat di lingkungan, misalnya, dengan membatasi pencucian zat dari tanah.
- c. *Phytotransformation*: Modifikasi kimiawi zat-zat lingkungan sebagai akibat langsung dari metabolisme tanaman, sering mengakibatkan inaktivasi, degradasi (*phododegradation*), atau imobilisasi (*phostabilization*).
- d. *Phytostimulation*: Peningkatan aktivitas mikroba tanah untuk degradasi kontaminan, biasanya oleh organisme yang berasosiasi dengan akar. Proses ini juga dikenal sebagai *rizosfer degradasi*.
- e. *Phytovolatilization*: Penghapusan zat dari tanah atau air dengan melepaskan ke udara, kadang-kadang sebagai akibat dari *phytotransformation* menjadi zat yang lebih mudah menguap dan / atau kurang polusi.
- f. *Rhizofiltrasi*: Menyaring air melalui banyak akar untuk menghilangkan zat beracun atau kelebihan nutrisi. Polutan tetap terserap atau teradsorpsi ke akar.

## 2. Kelebihan dan kekurangan fitoremediasi

Setiap kegiatan proses metode fitoremediasi mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- a. Lebih ekonomis saat diterapkam jika dibandingkan dengan penggunaan biaya kimia karena menggunakan tanaman sebagai media utama (Pratama, 2018)
- b. Prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu (Zulkoni dkk, 2017)
- c. Metode dapat bertahan lama tanpa ada pergantian tanaman baru (Wan dkk, 2106)
- d. Dapat menyediakan habitat satwa air, pengendalian erosi, meningkatkan kualitas tanah serta biomassa yang digunakan dapat dimanfaatkan kembali (Gomes, 2012)

Kerugian dan keterbatasan proses metode fitoremediasi sebagai berikut :

- a. Media tanaman fitoremediasi tidak dapat dikonsumsi makhluk hidup karena mengandung zat berbahaya (Cheng dkk, 2015).
- b. Bergantung pada kondisi iklim.
- c. Sulit menentukan waktu yang tepat untuk mengetahui tingkat keberhasilan (Hrynkiewicz dkk, 2018)
- d. Dapat menyebabkan penumpukan logam berat pada jaringan dan biomassa tumbuhan dan mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Zulkoni dkk, 2017)

### **3. Pengolahan limbah cair pada logam berat Cr<sup>6+</sup> menggunakan metode fitoremediasi**

Penggunaan eceng gondok sebagai salah satu media metode fitoremediasi telah sebelumnya telah dilakukan oleh Nursari dkk (2019), jangka waktu penelitian yaitu 7 hari yang mempunyai konsentrasi kromium heksavalen yaitu 0.56 ppm menjadi 0.23 ppm dan menyatakan bahwa Fase tumbuh tanaman eceng gondok yang paling efektif dalam fitoremediasi Cr<sup>6+</sup> pada limbah cair pertambangan nikel adalah fase tumbuh sedang dengan nilai efektifitas.

Menurut widodo dkk (2019), tingkat efektivitas metode fitoremediasi dengan media eceng gondok pada *cromium heksavalen* (Cr<sup>6+</sup>) adalah 69% dari nilai konsentrasi awal 0,88 ppm menjadi 0,28 ppm. Tingkat efektivitas metode fitoremedisi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, adalah berat tanaman, lebat akar tanaman dan fase pertumbuhan tanaman.

Logam berat yang terabsorpsi ke tumbuhan eceng gondok akan tersimpan ke tubuh tanaman eceng gondok seperti akar, batang dan daun. Hal tersebut dibuktikan oleh Saha dkk (2017), kandungan kromium pada akar yaitu 3.5 ppm, batang yaitu 1.5 ppm dan daun yaitu 1 ppm.

### **C. Aklimatisasi**

Aklimatisasi adalah salah satu metode adaptasi tumbuhan akan iklim atau suhu pada lingkungan yang baru dimasuki (Ratnani dkk, 2010). Menurut Dwiyani (2015), Aklimatisasi adalah masa adaptasi tanaman hasil

kultur jaringan yang semula kondisinya terkendali menjadi lingkungan yang tidak terkendali. Tujuan dari aklimatisasi adalah untuk mengkondisikan tanaman agar tidak terjadi stress pada waktu ditanam di lapangan. Hal ini diperlukan karena kondisi tanaman hasil kultur jaringan berbeda dengan tanaman normal di lingkungan baru dan kondisi lingkungan baru tersebut meliputi suhu, cahaya dan kelembaban.

Perubahan kondisi lingkungan yang drastis seperti lingkungan terkontrol ke tidak terkontrol, suhu relatif stabil ke suhu lingkungan yang fluktuatif, kelembapan tinggi ke rendah dan fluktuatif, dan cahaya rendah ke cahaya tinggi pada umumnya menyebabkan tanaman mudah mengalami cekaman atau stres, kehilangan air, layu, dan mati (Muhit, 2007).

Tingkat keberhasilan metode aklimatisasi ditandai dengan memberikan kondisi tumbuhan yang minim kerusakan dalam proses kultur jaringan sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan pembentukan tanaman baru (Hazarika dkk, 2006).

#### **D. Tanaman Eceng Gondok**

Eceng gondok atau *water-hyacinth* salah satu tumbuhan air yang sering dianggap gulma karena pertumbuhannya yang begitu cepat menutupi permukaan air dan menyebabkan berkurangnya oksigen yang terlarut (Ratnani, 2010). Eceng gondok dapat mengabsorpsi air dan unsur bersifat racun yang terdapat didalamnya dapat digunakan sebagai

bioindikator dalam penyebaran radionuklida dan depolutan pada limbah radioaktif (Setiawati, 2004).

Kandungan kimia eceng gondok terdiri dari beberapa komponen diantaranya adalah belerang, kalsium, karbon, kalium, hidrogen, mangan. Jumlah kandungan kimia yang terdapat pada eceng gondok tergantung pada unsur hara tempat tumbuhnya dan kemampuan menyerap tanaman. Eceng gondok dapat menyerap logam berat dan senyawa sulfida, mengandung protein lebih dari 11,5%, dan selulosa yang lebih tinggi dibandingkan non selulosanya seperti lignin, abu, lemak dan zat-zat lain (Faizal dkk, 2015).

Tabel 1. Komposisi kimia eceng gondok  
(Faizal dkk, 2015)

No	Senyawa kimia	Persentase (%)
1	Selulosa	64,51
2	Pentosa	15,61
3	Abu	12
4	Lignin	7,69
5	Silika	5,56

## 1. Jenis Eceng gondok

Di Indonesia terdapat 2 jenis eceng gondok yaitu *E. crassipes* dan *E. azurea* yang sering dianggap sama oleh masyarakat tetapi secara penampakannya berbeda, ciri perbedaan eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* yaitu :

1. Eceng gondok *E. crassipes*

*E. crassipes* adalah eceng gondok yang batang pendek sekitar dan berongga. Tanaman ini dapat tumbuh pada tingkat pH 4-12, perairan yang terkontaminasi bahan kimia dan tempat perkembangbiakan eceng gondok terdapat di air yang diam atau bergerak lambat (Lusweti, 2012).



Gambar 3. *E. crassipes*. (Bulelengkab, 2018)

## 2. Eceng gondok *E. azurea*

*E. azurea* adalah eceng gondok yang berbatang panjang dan daun lebih lebar (Swearingen, 2018).



Gambar 4. *E. azurea* (Theconversation, 2018)

## **2. Media Metode Fitoremediasi Mengabsorpsi Logam Berat**

Teknik pengolahan limbah menggunakan tanaman dikenal dengan istilah fitoremediasi. Secara lengkap istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air untuk menghilangkan atau menyerap bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan (Suryati, 2003).

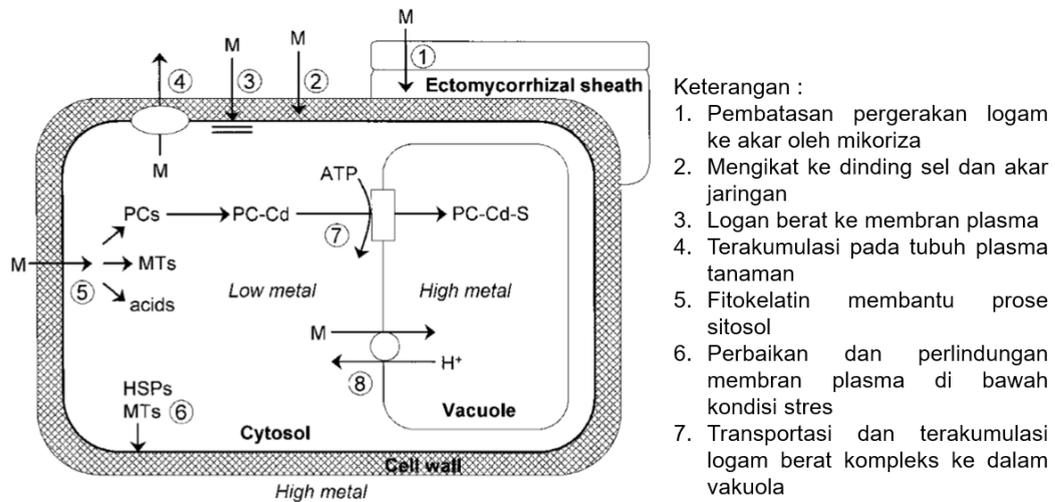
Tanaman eceng gondok adalah salah satu tanaman air yang dapat digunakan sebagai media metode Fitoremediasi untuk mengabsorpsi logam berat kadmium (Cd), timbal (Pb), seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), nikel (Ni), merkuri (Hg) dan kromium heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) (Pratama, 2014).

Secara biologi proses penyerapan unsur-unsur kimia oleh tanaman air dilakukan lewat membran sel. Kation dari unsur-unsur kimia tersebut terdapat di dalam molekul air dan dikelilingi oleh molekul air lainnya. Jumlah ion yang berdifusi ke rambut-rambut akar tergantung pada jumlah molekul air yang berdifusi ke membran sel. Kemampuan eceng gondok dalam penyerapan logam berat karena adanya senyawa fitokhelatin. Senyawa fitokhelatin terbentuk memiliki asam amino pada akar tanaman (Hall, 2002) dan daun eceng gondok sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi, hal ini didukung dengan hasil analisa kimia dari eceng gondok dalam keadaan segar diperoleh bahwa kadar N total 0,28 %, bahan organik 36,59 %, C organik 21,23 %, P total 0,0011 % dan K total 0,016 % (Al-ayubi dkk 2007). Adanya asam amino membentuk peptide dan gugus sulfhidril yang dapat

mengikat logam berat pada senyawa fitokelatin, sehingga senyawa fitokelatin adalah suatu protein yang dihasilkan oleh tumbuhan dalam keadaan sangat tinggi kandungan logam berat di lingkungannya, dapat dikatakan bahwa fitokelatin adalah bentuk adaptasi tumbuhan terhadap logam berat di lingkungannya (kamriantiramli, 2011).

Logam berat yang telah diserap masuk ke jaringan akar akan masuk ke vakuola yang dapat menyebabkan vakuola menggelembung dan membuat sitoplasma terdorong ke bagian tepi sel sehingga menyebabkan protoplasma menjadi dekat dengan permukaan sel. Proses inilah yang menyebabkan pertukaran atau penyerapan logam kromium heksavalen antar sel menjadi lebih efisien. Setelah logam berat kromium heksavalen masuk ke dalam sel akar, kemudian logam akan diangkat melalui jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem ke bagian tanaman yang lain. Tanaman eceng gondok akan memindahkan logam dari akar lebih banyak ke bagian tangkai dibanding daun dalam upaya melindungi jaringan tanaman yang digunakan dalam proses fotosintesis agar bebas dari logam berat yang dapat mengganggu metabolisme (Herdina dkk, 2018).

Menurut Saha dkk (2017) eceng gondok dapat menyerap  $Cr^{6+}$  yang dibuktikan terdapat kandungan  $Cr^{6+}$  pada akar yaitu 3,5 ppm, batang yaitu 1.5 pmm dan daun yaitu 1 ppm dari konsentrasi awal pengujiann yaitu 5 ppm.

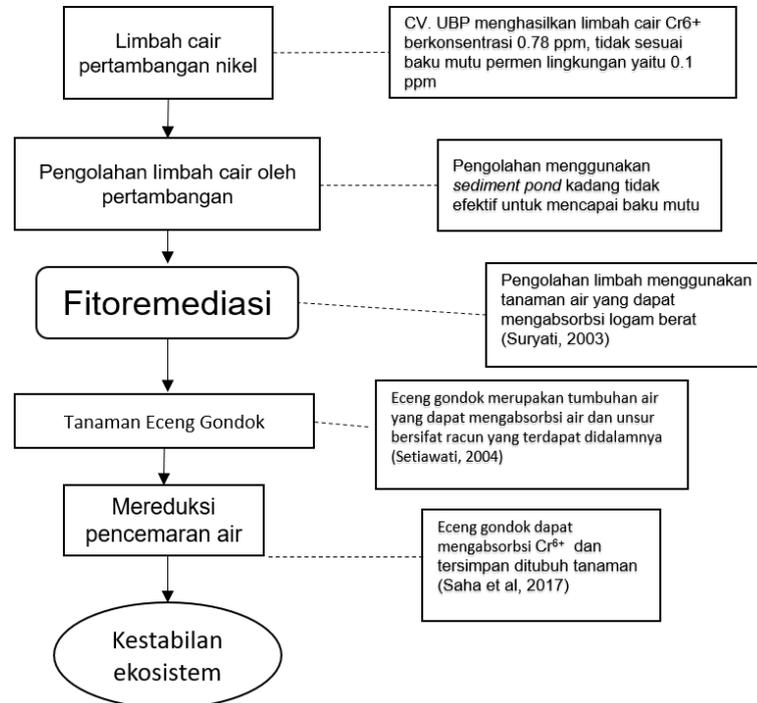


Gambar 5. Ringkasan mekanisme seluler potensial yang tersedia untuk doktoksifikasi dan toleransi logam (Hall dkk, 2002)

### 3. Pemanfaatan Eceng Gondok

Eceng gondok mengandung nutrisi, protein dan karbohidrat namun setelah proses fitoremediasi tidak dianjurkan dikonsumsi manusia dan pakan ternak karena terdapat logam beracun tetapi dapat dimanfaatkan sebagai biogas dan sebagai pupuk yang baik dengan tidak merugikan lingkungan (Saha dkk, 2017), kerajinan tas (Samsudin, 2017), bahan baku kerajinan anyaman (Rufaida, 2005), memproduksi biogas (Yonathan, 2013), pembuatan kompos (Syahdiman, 2012), bahan baku pembuatan kertas (Sembmarine, 2020).

## E. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 6. Kerangka Pikir Penelitian