

**KEEFEKTIFAN MEDIA ECENG GONDOK *Eichornia crassipes* DAN *Eichornia azurea*
SEBAGAI FITOREMEDIATOR DALAM MENGABSORBSI Cr⁶⁺
DI LIMBAH CAIR PERTAMBANGAN NIKEL**

*The Effectiveness of Water Hyacinth *Eichornia Crassipes* And *Eichornia Azurea* as Phytoremediator in Absorbing Cr⁶⁺ from Liquid Waste of Nickel Mining*

Dewi Safitri^{1*}, Baharuddin², M. Syahrul³

¹Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, Sekolah Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar

²Departemen Hama dan Penyakit, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar

³Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar

*Corresponding email: dewissafitri@gmail.com

Doi: 10.20956/ecosolum.v10i1.13689

ABSTRACT

Nickel is part of mining products. Nickel can be used for various human needs, but extracting nickel ore uses an open-pit method that produces liquid waste. CV. Unaha Bakti Persada uses *sediment pond* method and has 1.02 ppm of Cr⁶⁺, which is still above the standard quality standard of 0.1 ppm. This phenomenon is the basis for the need for Cr⁶⁺ liquid waste treatment through the phytoremediation method. The objectives of this study were to determine (1) the toxicity of Cr⁶⁺, (2) the reproduction of water hyacinths, (3) the absorption of Cr⁶⁺, and (4) the effectiveness of the phytoremediation method. The research used phytoremediation media of water hyacinth *E. crassipes* and *E. azurea* for 12 days and the experimental design was RAL with 2 factorials, 3 treatments and 2 repetitions. The results showed signs of toxicity in water hyacinth *E. crassipes* from Cr⁶⁺, such as the faster the leaves dry out, the plants rot. The propagation of the vegetative phase only occurs in water hyacinth *E. azurea*, which is indicated by the presence of new stems and leaves. The absorption of water hyacinth *E. crassipes* 0.49 ppm, *E. azurea* 0.92 ppm and a combination of *E. crassipes* and *E. azurea* -0.47 ppm. The effectiveness of water hyacinth *E. crassipes* 48.04%, *E. azurea* 90.02% and the combination of *E. crassipes* and *E. azurea* -8.82%.

Keywords: Cr⁶⁺, phytoremediation, water hyacinth

PENDAHULUAN

Nikel (Ni) merupakan bagian hasil pertambangan dalam kategori logam. Nikel yang memiliki warna keperakan ini mulanya dianggap sebagai logam pengotor pada tembaga (Abdi, 2020). 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).

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 mengendapkan 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 Cr^{6+} yang dihasilkan adalah 1.02 ppm yang masih berada diatas standar baku mutu Permen Lingkungan Hidup no 9 tahun 2006 yaitu 0.1 ppm, jika Cr^{6+} 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 Cr^{6+} dapat menggunakan metode fitoremediasi Saha *et al.* (2017) menemukan kandungan Cr^{6+} pada akar, batang dan daun eceng gondok. Widodo *et al.* (2019) menggunakan media eceng gondok menghasilkan tingkat efektivitas metode fitoremediasi adalah 69% dari nilai konsentrasi awal Cr^{6+} 0,88 ppm menjadi 0,28 ppm. Penelitian Nursari *et al.* (2019) dengan parameter berat tanaman dan fase tanaman yang menghasilkan nilai konsentrasi awal Cr^{6+} 0,56 ppm menjadi 0,23 ppm. Tiga penelitian sebelumnya belum ada yang berhasil mencapai konsentrasi Cr^{6+} sesuai baku mutu yaitu 0.1 ppm dan tidak memperhatikan kondisi tanaman eceng gondok maka dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui tingkat toksisitas Cr^{6+} terhadap eceng gondok, perkembangbiakan eceng gondok, absorpsi konsentrasi Cr^{6+} dan efektifitas metode fotoremediasi media limbah cair Cr^{6+} pengolahan bijih nikel.

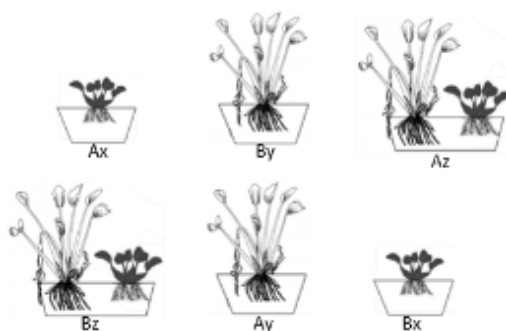
METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari 3 variable bebas dan 4 variable terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu limbah cair Cr^{6+} , air sumur, tipe tanaman eceng gondok. Variable terikat fase perkembangan eceng gondok, toksisitas terhadap eceng gondok, tingkat absorpsi logam berat Cr^{6+} dan persentase efektifitas absorpsi logam berat Cr^{6+} pada air limbah bijih nikel.

Sampel air penelitian berasal dari *inlet* kolam pengendapan *sediment pond* CV. UBP dan tanaman yang digunakan adalah eceng gondok *E. crassipes* dan eceng gondok *E. azurea* yang diperoleh di sungai Jeneberang Kota Makassar. Rancangan percobaan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) 2 faktorial dan 3 perlakuan. Faktorial pertama media limbah cair

Cr^{6+} dan media air sumur, sedangkan faktorial kedua jenis eceng gondok dengan perlakuan pertama eceng gondok *E. crassipes*, kedua eceng gondok *E. azurea* dan ketiga eceng gondok kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* dengan ulangan sebanyak 2 kali, tampak denah penelitian metode fitoremediasi terdapat pada Gambar 1.

Percobaan penelitian dilakukan di Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar. Langkah awal penelitian melakukan aklimatisasi selama 7 hari sebelum media eceng gondok dipindahkan ke limbah cair Cr^{6+} dan metode pengelolannya yaitu fitoremediasi pada ember sebagai bak penampung bervolume 7 liter air yang berisikan air limbah dan air sumur dengan jenis tanaman eceng gondok *E. crassipes*, *E. azurea* dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* pada masing-masing bak penampung selama 12 hari.



Gambar 1. Tampak denah penelitian metode fitoremediasi.

Parameter Pengamatan

Metode Aklimatisasi

Tahap ini berfungsi sebagai metode yang dapat menyiapkan tanaman sebelum dimasukkan ke media baru sehingga mengurangi kondisi gagal dalam penelitian. Metode aklimatisasi dilakukan 7 hari sebelum metode fitoremediasi.

Metode Fitoremediasi

Tahap ini berfungsi mereduksi limbah cair Cr^{6+} ke media tanaman. Metode fitoremediasi dalam penelitian ini menggunakan limbah cair Cr^{6+} dan air sumur dengan media tanaman eceng gondok *E. crassipes* dan eceng gondok *E. azurea*. Metode fitoremediasi dilakukan selama 12 hari. Penelitian ini menggunakan 385 gram tanaman eceng gondok dalam 1 bak penampungan yang berisikan 5 Liter limbah cair Cr^{6+} dan air sumur dengan jenis tanaman eceng gondok yang berbeda.

Pengambilan Sampel Air Limbah Cair Cr⁶⁺

Metode pengambilan yang digunakan adalah 'grab sample' yaitu pengambilan contoh sesaat yang dilakukan sebanyak 5 sampel pada masing-masing bak penampungan yaitu pada hari ke-0, 3, 6, 9, 12 sebanyak 200 ml setiap sampel, kemudian dimasukkan kedalam botol sampel.

Pengamatan Toksisitas Cr⁶⁺ Terhadap Eceng Gondok

Pengamatan dilakukan menggunakan metode observasi. Pengamatan berfungsi mengetahui pengaruh *toxic* pada eceng gondok (*E. crassipes*, *E. azurea* dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea*) saat melakukan metode fitoremediasi pada air limbah Cr⁶⁺ dengan perbandingan air sumur. Pengamatan eceng gondok dilakukan hari ke-0, 3, 6, 9, 12.

Pengamatan Perkembangbiakan Terhadap Eceng Gondok

Pengamatan perkembangbiakan tanaman eceng gondok dilakuakn menggunakan metode observasi pada hari ke-12. Parameter pengamatan meliputi pertambahan jumlah, bentuk dan ukuran pada daun dan batang serta pengamatan adanya bunga baru.

Penelitian Laboratorium

Kegiatan fitoremediasi yang dilakukan menghasilkan botol sampel limbah cair Cr⁶⁺ yang terdiri dari 1 botol sampel konsentrasi awal, 30 botol sampel limbah cair Cr⁶⁺ *treatment* eceng gondok dari jumlah sampel untuk 12 hari fitoremediasi. Pengujian laboratorium dilakukan di Laboratorium Air dan Lingkungan BBIHP (Balai Besar Industri Hasil Perkebunan). Prinsip dari pengujian konsentrasi Cr⁶⁺ dilakukan berdasarkan SNI 6989.71.2009 tentang air dan air limbah bagian 71: Cara uji kromium heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri.

Tahapan Pengolahan dan Analisi Data

Penentuan Penyisihan Konsentrasi Cr⁶⁺

Tahapan ini untuk mengetahui hari keberapa tanaman eceng gondok mampu mengabsorbsi Cr⁶⁺ paling maksimum pada setiap fasenya, yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (1) berikut.

$$P.Cr^{6+}_n = \text{Conc. } Cr^{6+n-1} - \text{Conc. } Cr^{6+n} \quad (1)$$

Keterangan :

$P.Cr^{6+}_n$: Penyisihan Cr^{6+} hari ke-n (ppm)

$\text{Conc. } Cr^{6+}_n$: Konsentrasi Cr^{6+} pada hari ke-n (ppm)

$\text{Conc. } Cr^{6+}_{n-1}$: Konsentrasi Cr^{6+} pada hari ke-n-1/ hari sebelumnya (ppm)

Penentuan Persentase Efektifitas Metode Fitoremediasi

Penentuan persentase efektifitas metode fitoremediasi dilakukan untuk mengetahui persentasi yang dihasilkan setelah melakukan *treatment*. Perhitungan persentase efektifitas setelah menggunakan metode fitoremediasi menggunakan Persamaan (2) di bawah ini.

$$E2 = \frac{Co-Clab}{Co} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

E2 : Efektifitas yang actual (%)

Co : Konsentrasi awal (mg/L)

Clab : Konsentrasi sesuai baku mutu (mg/L)



























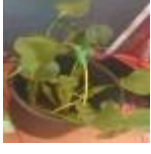
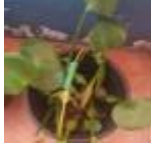
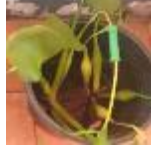

Penentuan Perkembangbiakan Eceng Gondok

Penentuan dilakukan untuk mengetahui perkembangbiakan fase vegetatif dan fase generatif pada masing-masing eceng gondok *E. crassipes*, *E. azurea* dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* saat melakukan metode fitoremediasi pada air limbah Cr^{6+} dengan perbandingan air sumur. Fase vegetatif ditandai adanya pertambahan jumlah, bentuk dan ukuran pada daun dan batang dan fase generatif ditandai adanya bunga baru (Pujawati, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap toksisitas media terhadap eceng gondok untuk mengetahui kemampuan eceng gondok (*E. crassipes*, *E. azurea* dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* setelah mengaplikasikan metode fitoremediasi selama 12 hari menggunakan limbah cair Cr^{6+} pertambangan bijih nikel yang mempunyai konsentrasi yaitu 1.02 ppm, dan air sumur sebagai pembanding. Hasil penelitian diketahui bahwa eceng gondok yang mengalami toksisitas adalah eceng gondok *E. crassipes*, seperti yang disajikan Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik toksikitas terhadap eceng gondok

Sampel	Hari Ke-n				
	0	3	6	9	12
Ax					
Ay					
Az					
Bx					
By					
Bz					

Keterangan: A = Limbah cair Cr⁶⁺ ; B = Air sumur; x = eceng gondok *E. crassipes*; y = eceng gondok *E. azurea*; z = kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea*.

Hasil penelitian pada Tabel 1 diperoleh bahwa limbah cair Cr⁶⁺ terhadap eceng gondok *E. crassipes* lebih cepat mengalami toksik pada hari ke-3 yang ditandai daun mengering, hari ke-6 ada 1 induk eceng gondok membusuk dan hari ke-12 semua membusuk disertai terpisahnya akar dengan induk tubuh tanaman.

Eceng gondok *E. azurea* bisa menahan tostik, adanya daun yang mengering karena terjadinya evaporasi dan evapotranspirasi selama proses fitoremediasi berlangsung mengakibatkan berkurangnya volume air dalam bak penampungan dan eceng gondok yang

membusuk diakibatkan tidak adanya volume air dalam penampungan. Kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* yang dapat bertahan dari tostik Cr^{6+} adalah eceng gondok *E. azurea*, tetapi eceng gondok *E. crassipes* hari ke-3 daun kering, hari ke-9 membusuk dan terdapat hama pada akar.







Air sumur terhadap eceng gondok *E. crassipes* tetap bisa bertahan sampai hari ke-6, hari ke-9 daun mulai kering karena volume air dalam penampungan akan habis dan hari ke-12 semua induk eceng gondok membusuk akibat air habis. Eceng gondok *E. azurea* hari ke-9 terdapat daun kering di satu induk eceng gondok dan hari ke-12 satu induk eceng gondok membusuk. Kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* mengalami perbedaan daya tahan hidup, *E. crassipes* terdapat daun kering hari ke-6 dan lebih cepat membusuk pada hari ke-9, sedangkan *E. azurea* daun mengering hari ke-9 dan hari ke-12 membusuk karena tidak ada volume air dalam bak penambungan.

Perkembangbiakan Setelah Metode Fitoremediasi

Perkembangbiakan mengalami dua fase yaitu fase vegetatif dan fase generatif pada eceng gondok *E. crassipes* dan eceng gondok *E. azurea* terhadap media limbah Cr^{6+} pertambangan bijih nikel dan air sumur. Hasil pengamatan selama 12 hari setelah proses fitoremediasi dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengamatan pada eceng gondok *E. crassipes* di limbah cair Cr^{6+} dan air sumur tidak menunjukkan adanya perkembangbiakan fase vegetatif atau fase generatif, tetapi menunjukkan pembusukan tanaman di limbah cair Cr^{6+} . Terjadinya pembusukan karena tanaman mengalami nekrosis atau kematian sel pada organ hidup (Hasyim, 2016) karena mikroba rhizofera yang terdapat akar tanaman (Ni'ma dan Widyorini, 2014) tidak mampu mengabsorpsi logam berat Cr^{6+} .

Eceng gondok *E. azurea* di limbah cair Cr^{6+} dan air sumur mengalami perkembangbiakan fase vegetatif yang ditandai adanya tanaman batang dan daun baru walau tidak sempurna pertumbuhannya karena tidak cukupnya volume air. Perkembangbiakan eceng gondok didukung dengan adanya unsur nitrogen dan fosfat sebagai unsur yang mendukung perkembangan dan pertumbuhan tanaman (Juwitanti *et al.*, 2013) serta eceng gondok *E. azurea* dapat mentolerir konsentrasi logam Cr^{6+} yang terdapat pada air, kemudian diserap oleh akar dan digunakan sebagai kofaktor dari enzim plastosianin yang berguna dalam proses fotosintesis yang merangsang pembelahan sel pada eceng gondok (Djo *et al.*, 2018).

Tabel 2. Eceng gondok hari ke-12

Eceng Gondok	Media	
	Limbah Cair Cr ⁶⁺	Air Sumur
<i>E. crassipes</i>		
<i>E. azurea</i>		
Kombinasi <i>E. crassipes</i> dan <i>E. azurea</i>		

Pada kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* di limbah cair Cr⁶⁺ mengalami perkembangbiakan fase vegetatif yang ditandai adanya tanaman batang di eceng gondok *E. azurea*, eceng gondok *E. crassipes* telah membusuk. Air sumur perkembangbiakan hanya terjadi pada eceng gondok *E. crassipes* fase vegetatif yang ditandai adanya daun dan batang baru.

Absorpsi Konsentrasi Cr⁶⁺

Tanaman eceng gondok merupakan salah satu tanaman hiperakumulator atau tanaman yang dapat mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi (Irhamni *et al.*, 2017). Tabel 3 menunjukkan konsentrasi awal Cr⁶⁺ dan setelah menggunakan metode fitoremediasi selama 12 hari penelitian.

Tabel 3. Konsentrasi Cr⁶⁺

No	Sampel	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi hari ke-n (ppm)			
			3	6	9	12
1	Ax	1.02	0.93	0.76	0.60	0.53
2	Ay	1.02	0.85	0.80	0.57	0.10
3	Az	1.02	0.90	1.05	1.43	1.49

Keterangan : Ax = Limbah cair Cr⁶⁺ eceng gondok *E. Crassipes*; Ay = Limbah cair Cr⁶⁺ eceng gondok *E. Azurea*; Az = Limbah cair Cr⁶⁺ kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. Azurea*.

Eceng gondok yang paling banyak menyisihkan Cr⁶⁺ dapat dilihat pada Tabel 4. Penyisihan konsentrasi Cr⁶⁺ yang diakumulasi eceng gondok sebelum dan sesudah melakukan percobaan metode fitoremediasi pada masing-masing jenis tanaman selama 12 hari penelitian.

Tabel 4. Penyisihan Konsentrasi Cr⁶⁺

No	Sampel	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi hari ke-n (ppm)				Total
			3	6	9	12	
1	Ax	1.02	0.10	0.17	0.16	0.06	0.49
2	Ay	1.02	0.17	0.05	0.24	0.47	0.92
3	Az	1.02	0.13	-0.15	-0.39	-0.06	-0.47

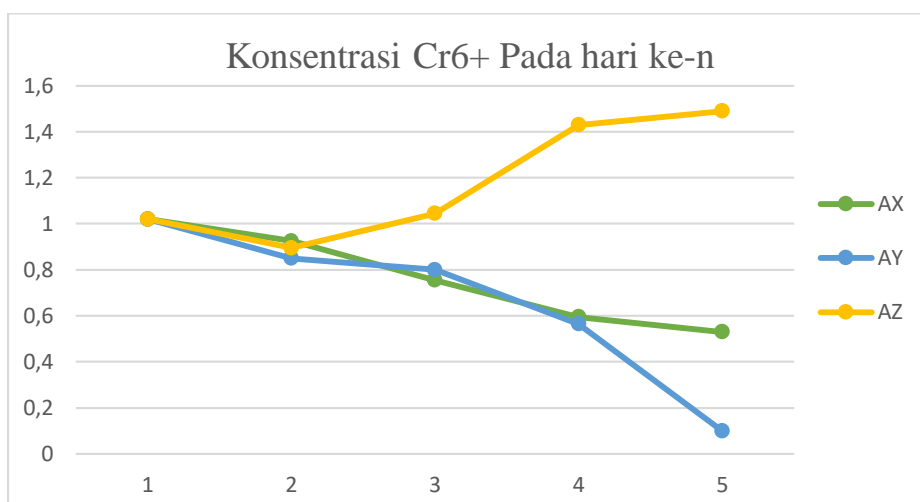
Keterangan : Ax = Limbah cair Cr⁶⁺ eceng gondok *E. Crassipes*; Ay = Limbah cair Cr⁶⁺ eceng gondok *E. Azurea*; Az = Limbah cair Cr⁶⁺ kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. Azurea*.

Setelah pengujian metode fitoremediasi pada limbah cair Cr⁶⁺ selama 12 hari terhadap tanaman eceng gondok *E. crassipes* mengalami perubahan yang stabil walaupun penurunan konsentrasi bergerak lambat dan belum mencapai baku mutu air limbah bijih nikel yang diterbitkan peraturan menteri lingkungan hidup nomor 09 tahun 2006, mensyaratkan konsentrasi Cr⁶⁺ yaitu 0.1 ppm. Konsentasi awal Cr⁶⁺ yaitu 1.02 ppm kemudian pada hari ke-12 konsentasi Cr⁶⁺ yaitu 0.53 ppm, kemudian penyisihan konsentasi Cr⁶⁺ tertinggi pada hari ke-6 yaitu 0.17 ppm dan penyisihan konsentasi Cr⁶⁺ terendah pada hari ke-12 yaitu 0.06 ppm.

Penyisihan Cr⁶⁺ yang dapat dilakukan pada tanaman eceng gondok *E. azurea* telah mengalami perubahan yang signifikan dan telah mencapai baku mutu air limbah bijih nikel. Konsentasi awal Cr⁶⁺ adalah 1.02 ppm kemudian pada hari ke-12 konsentasi Cr⁶⁺ menjadi 0.10

ppm, kemudian penyisihan konsentrasi Cr^{6+} tertinggi pada hari ke-12 yaitu 0.47 ppm dan penyisihan konsentrasi Cr^{6+} terendah terjadi pada hari ke-6 yaitu 0.05 ppm.

Tanaman kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan eceng gondok *E. azurea* mengalami ketidakstabilannya tingkat penyisihan Cr^{6+} seperti yang ditunjukkan data grafik pada gambar 2 dan belum mencapai baku mutu air limbah bijih nikel. Konsentrasi awal Cr^{6+} 1.02 ppm kemudian pada hari ke-12 konsentrasi Cr^{6+} menjadi 1.49 ppm. Penyisihan konsentrasi Cr^{6+} tertinggi terjadi pada hari ke-3 yaitu 0.13 ppm dan penyisihan terendah konsentrasi Cr^{6+} terjadi pada hari ke-9 yaitu -0.39 ppm. Adanya nilai *mines* menunjukkan tidak terjadinya penyisihan konsentrasi Cr^{6+} melainkan peningkatan konsentrasi Cr^{6+} di air limbah, peningkatan terjadi karena tumbuhan eceng gondok telah mengalami titik jenuh sehingga yang menyebabkan tanaman eceng gondok tidak dapat mengabsorpsi limbah cair Cr^{6+} ke akar eceng gondok walaupun volume air berkurang karena diserap ke dalam tubuh eceng gondok selama proses fitoremediasi.



Gambar 2. Konsentrasi Cr^{6+} pada hari ke-n

Efektivitas Metode Fitoremediasi

Efektivitas metode fitoremediasi yang menggunakan tanaman eceng gondok pada limbah cair pertambangan untuk mengabsorpsi Cr^{6+} dapat dikatakan berhasil jika konsentrasi Cr^{6+} mencapai baku mutu air limbah bijih nikel yang diterbitkan peraturan menteri lingkungan hidup nomor 09 tahun 2006 yaitu 0.1 ppm atau 90.02%. Nilai efektivitas metode fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok pada limbah cair pertambangan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Efektivitas metode fitoremediasi

Enceng gondok	Efektivitas
<i>E. crassipes</i>	48.04 %
<i>E. azurea</i>	90.02 %
Kombinasi <i>E. crassipes</i> dan <i>E. azurea</i>	- 8.82 %

Nilai efektivitas enceng gondok metode fitoremediasi menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Eceng gondok *E. crassipes* belum mencapai efektivitas karena nilai yang dihasilkan 48.04%. Faktor belum tercapainya efektivitas karena senyawa fitokelatin pada tanaman eceng gondok yang berfungsi sebagai bentuk adaptasi tumbuhan terhadap logam berat di lingkungannya (Kamriantiramli, 2011) telah mencapai titik jenuh kemudian menyebabkan terhambatnya fotosintesis dan menyebabkan tanaman eceng gondok membusuk pada hari ke-6 dan ke-12.

Eceng gondok *E. azurea* telah mencapai efektivitas yang diharapkan yaitu 92.02%. Eceng gondok *E. azurea* dapat mentolerir limbah berat Cr^{6+} yang terakumulasi dalam air percobaan kemudian terabsorpsi ke dalam tubuh eceng gondok. Semakin banyak konsentrasi Cr^{6+} yang terserap berbanding lurus menaikkan efektivitas fitoremediasi.

Kombinasi eceng gondok *E. crassipes* dan *E. azurea* tidak mencapai efektivitas yang diharapkan yaitu -8.82%. Kemampuan mikroba rhizosfera yang berfungsi mengakumulasi logam berat Cr^{6+} (Hasyim, 2016) terhadap eceng gondok *E. crassipes* tidak berfungsi, ditandai bertambahnya konsentrasi Cr^{6+} meningkat 1.49 yang sebelumnya konsentrasi awal Cr^{6+} 1.02 ppm.

KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah eceng gondok *E. crassipes*, eceng gondok *E. azurea* bisa menahan tostik dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* tidak bisa menahan tostik. Perkembangbiakan fase vegetatif terjadi pada eceng gondok *E. azurea* dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea*. Absorpsi konsentrasi Cr^{6+} pada eceng gondok *E. crassipes* adalah 0.49 ppm, *E. azurea* adalah 0.92 dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* adalah -0.47 ppm. Efektivitas metode fitoremediasi pada eceng gondok *E. crassipes* adalah 48.04%, *E. azurea* adalah 90.02% dan kombinasi *E. crassipes* dan *E. azurea* adalah -8.82%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, H. 14 Februari 2020. 7 Manfaat Nikel dalam Kehidupan Sehari-hari, Punya Peranan Penting, (Online), (<https://hot.liputan6.com/read/4179355/7-manfaat-nikel-dalam-kehidupan-sehari-hari-punya-peranan-penting>, diakses 24 Januari 2021).
- Aprisal, A., dan A.M. Abadi. 2019. Fuzzy sistem: estimasi harga nikel dunia. *JUMLAHKU: Jurnal Matematika Ilmiah STKIP Muhammadiyah Kuningan*. 5(1): 48-58.
- Arif, I. 2018. *Nikel Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.
- Djo, Y.H.W., D.A. Suastuti, Suprihatin, I.E., dan W.D Sulihingtyas. 2017. Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Untuk Menurunkan Cod Dan Kandungan Cu Dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*. 5(2): 137-144.
- Hasyim, N. A. 2016. Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Irhamni, I., S. Pandia, E. Purba, dan W. Hasan. 2017. Kajian akumulator beberapa tumbuhan air dalam menyerap logam berat secara fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*. 1(2): 75-84.
- Juwitanti, E., P. Soedarsono, dan C. Ain. 2013. Kandungan Nitrat dan Fosfat Air pada Proses Pembusukan Eceng Gondok (*Eichhornia Sp.*) (Skala Laboratorium). *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*. 2(4): 46-52.
- Kamriantiramli. 23 Mei 2011. Fitokelatin, (Online), (<https://kamriantiramli.wordpress.com/2011/05/23/fitokelatin/>, diakses 2 Mei 2021).
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2006. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 09 Tahun 2006 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pertambangan Bijih Nikel. Jakarta. Deputi Menlh Bidang Penataan Lingkungan
- Ni'ma, N., dan N. Widyorini. 2014. Kemampuan Apu-apu (*Pistia SP.*) Sebagai Bioremediator Limbah Pabrik Pengolahan Hasil Perikanan (Skala Laboratorium). *Journal of Management of Aquatic Resources*. 3(4): 257-264.
- Nursari, I., N. Jafar, F.N. Yusuf, dan M.S. Said. 2019. Analisis Pengaruh Fase Tumbuh Tanaman Eceng Gondok Terhadap Kemampuan Fitoremediasi Cr⁶⁺ Pada Limbah Cair Pertambangan Nikel. *Jurnal Geomine*, 7(1): 23-29.
- Pujawati, E. 2006. Pertumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart. Solm). Pada Air Bekas

Penambangan Batubara. 18: 94-103.

Saha, P., O. Shinde, dan S. Sarkar. 2017. Phytoremediation of Industrial Mines Wastewater Using Water Hyacinth. *International Journal of Phytoremediation*. 19 (1): 87-96.

U.S. Department of Health and Human Services. 2012. Toxicological Profile for Chromium. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Widodo, S., D. Safitri, N. Asmiani, A. Nawir, dan A. Bechtel. 2019. Treatment of Cr⁶⁺ Using Phytoremediation Method in Rante Pond of PT. Vale Indonesia Tbk. *International Journal of Engineering and Science Applications*. 5(2): 93-100.