

## POTENSI TANAMAN KIRINYUH (*Chromolaena odorata L*) DALAM MEREMEDIASI TANAH TERCEMAR MERKURI

Finarti<sup>1</sup>, Abraham Mariwy<sup>1\*</sup>, Sunarti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departement of Chemistry –FKIP, Pattimura University Ambon

[\\*abrahammariwy@gmail.com](mailto:*abrahammariwy@gmail.com)

Received: 01 November 2021 / Accepted: 10 January 2022 / Published: 31 January 2022

### ABSTRACT

The focus of this research is the use of kirinyuh (*Chromolaena odorata L.*) plants to remediate land that has been contaminated with mercury. The kirinyuh plant is in a reactor that is powered by a 10 ppm mercury solution and is made with a variety of harvesting times of one, two, and three weeks. Mercury content analysis using mercury analyzer instrument ability of mercury accumulation and translocation in kirinyuh plant is determined from the value of BCF and TF. The results of the analysis showed mercury content in the plant kirinyuh reactor one on the soil, roots and leaves respectively: 0.70 ppm, 0.03463 ppm and 0.03595 ppm. In the second reactor is 1.89 ppm, 0.18 ppm and 1.45 ppm. For the third reactor is 9.63 ppm, 11.34 ppm and 10.95 ppm. While in the control reactor for soil samples is not detected, at the root of 0.20 ppm and on the leaves is 0.78 ppm. The BCF value of the kirinyuh plant in reactor one is 0.100828, in reactor two the BCF value is 0.862434 and in reactor three the BCF value is 2.3146. Tf values on reactor one, reactor two and reactor three in a row were 1.038117; 8.06 and 0.96560. the results of calculation of BCF and TF values show that kirinyuh plants tend to absorb and accumulate heavy metals, especially at the roots and headers so that this plant has accumulator properties or can absorb mercury so that it can be used as a phytoremediation agent of mercury-contaminated soil.

**Keywords:** Mercury, Phytomediation, Kirinyuh (*Chromolaena odorata L.*), Mercury Analyzer

### ABSTRAK

Fokus penelitian ini adalah pemanfaatan tanaman kirinyuh (*Chromolaena odorata L.*) untuk meremediasi lahan yang telah tercemar merkuri. Tanaman kirinyuh ditanam dalam reaktor yang dialiri larutan merkuri 10 ppm dan dibuat dengan variasi waktu pemanenan satu, dua, dan tiga minggu. Analisa kandungan merkuri menggunakan instrument *mercury analyzer* sementara kemampuan akumulasi dan translokasi merkuri pada tanaman kirinyuh ditentukan dari nilai BCF dan TF nya. Hasil analisis menunjukkan kandungan merkuri pada tanaman kirinyuh reaktor satu pada tanah, akar dan daun masing-masing: 0.70 ppm, 0.03463 ppm dan 0.03595 ppm, reaktor dua yaitu 1.89 ppm, 0.18 ppm dan 1.45 ppm, reaktor tiga yaitu 9.63 ppm, 11.34 ppm dan 10.95 ppm. Sedangkan pada reaktor kontrol untuk sampel tanah tidak terdeteksi, pada akar sebesar 0.20 ppm dan pada daun yaitu 0.78 ppm. Nilai BCF tanaman kirinyuh pada reaktor satu yaitu 0,100828, pada reaktor dua nilai BCF sebesar 0,862434 dan pada reaktor tiga nilai BCF ialah sebesar 2.3146. Nilai TF pada reaktor satu, reaktor dua dan reaktor tiga berturut-turut adalah 1.038117; 8.06 dan 0.96560. Hasil perhitungan nilai BCF dan TF menunjukkan bahwa tanaman kirinyuh cenderung untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat terutama pada akar dan tajuk sehingga tanaman ini memiliki sifat akumulator atau dapat menyerap merkuri sehingga dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi tanah tercemar merkuri.

**Kata kunci:** Merkuri, Fitoremediasi, Kirinyuh (*Chromolaena odorata L.*), Mercury Analyzer

## PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) merupakan logam berat dan termasuk dalam bahan pencemar yang paling berbahaya. Salah satu sumber pencemaran logam merkuri dalam tanah dapat berasal dari proses pelapukan batuan termineralisasi atau akibat proses penguapan merkuri pada penambangan atau pengolahan emas dalam tahap penggilingan dan pencucian. Penggilingan menyebabkan merkuri terpecah menjadi butiran halus yang sifatnya sukar dipisahkan sehingga dapat lepas dari tromol. Pencemaran tersebut terjadi ketika sebagian merkuri yang digunakan sebagai bahan pengikat emas yang terbuang bersama air limbah pencucian ke lokasi pembuangan, baik di tanah maupun sungai (Irsyad dkk, 2014).

Merkuri yang mencemari lingkungan sangat berbahaya bagi lingkungan dan manusia sehingga banyak penelitian pada beberapa tahun terakhir khususnya pada kasus pencemaran logam merkuri diarahkan pada upaya remediasi lingkungan akibat pencemaran yang dilakukan oleh pabrik atau pertambangan tradisional yang membuang limbahnya langsung ke lingkungan tanpa melalui perlakuan tertentu (Mariwy, dkk, 2020). Salah satu teknologi yang mudah diterapkan dan ramah lingkungan dalam mengakumulasi logam merkuri dari tanah yang telah tercemar adalah fitoremediasi dengan memanfaatkan tumbuhan. Teknologi ini sangat berguna untuk membersihkan lingkungan yang telah terkontaminasi logam berat (Tangahu et al., 2011 dalam Mariwy dkk, 2021)

Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) merupakan tumbuhan yang sangat mudah tumbuh dan mendominasi suatu area karena dapat menghasilkan biji yang sangat banyak. Tanaman ini terbukti mampu bertahan hidup di area yang miskin unsur hara dan telah terkontaminasi logam berbahaya seperti sianida dan merkuri, sesuai dengan penelitian terdahulu bahwa tanaman *Chromolaena odorata* merupakan tanaman yang hipertoleran karena mampu bertahan hidup di kawasan penambangan emas yang memiliki tanah dengan kandungan sianida sekitar 0,009 sampai 0,238 ppm dan merkuri mencapai 675,1 sampai 980,4 ppm (Juhaeti dkk, 2005). Penelitian yang dilakukan juga oleh Harison (2011) menunjukkan bahwa *C. odorata* L memiliki kemampuan berkembang pada tanah yang terkontaminasi logam berat merkuri.

Berdasarkan sifat dari kemampuan beradaptasi tersebut maka tanaman kirinyuh dapat dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi untuk mengakumulasi merkuri dari tanah yang telah tercemar. Dalam penelitian ini tanaman kirinyuh dijadikan fitoremediator pada skala laboratorium. Kemampuan tanaman ini dalam mengakumulasi merkuri diukur melalui nilai BCF dan TF.

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

#### 1. Alat

Alat –alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: Spektrofotometri Serapan Atom Mercury Analyzer, (Analytic Jena) Neraca analitik (*Cyberscan CON 110*), Oven (memmert), Mortar dan alu, Reaktor, Peralatan gelas (pyrex), Hot plate (Cimarec), Food Container.

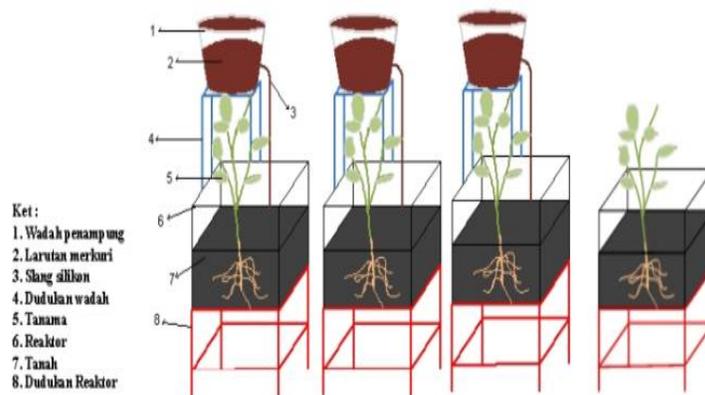
#### 2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: Aquades, HNO<sub>3</sub> pekat 65 %, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95 %, HCl 1M, KMnO<sub>4</sub> 5%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30%, SnCl<sub>2</sub> . 2H<sub>2</sub>O, *Hydroxyl-aminehydrochloride* 10%, Tanah, Tanaman Kirinyuh (*chromolaena odorata* L.) Larutan merkuri 10 ppm, Kertas saring whatman no 42.

## Prosedur Kerja

### 1. Pembuatan Reaktor

Reaktor ini terbuat dari bahan kaca yang berbentuk persegi dengan ketebalan 5 mm dengan ukuran 20 x 20 x 20 cm. Dalam penelitian ini terdapat dua reaktor, yang salah satunya dilengkapi dengan tabung yang dibuat untuk menampung larutan merkuri yang akan dialirkan pada media tanam. Reaktor yang dibuat mengacu pada reaktor yang telah diaplikasikan oleh Mariwy, dkk 2020 dalam studi akumulasi logam berat merkuri oleh tanaman awar-awar (*Ficus Septica* Burm. F). Ilustrasi reaktor yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut:



**Gambar 1. Ilustrasi Reaktor Fitoremediasi** (Mariwy dkk, 2020)

### 2. Proses Analisis Kandungan Merkuri Awal pada Media Tanam

Sebelum proses fitoremediasi, dilakukan pengujian awal kandungan merkuri pada tanah yang akan digunakan sebagai media tanam pada reaktor menggunakan *Mercury Analyzer*.

### 3. Pembuatan Larutan Merkuri

Proses pembuatan larutan merkuri 10 ppm dengan memipet 1 ml larutan merkuri 1000 ppm ke dalam labu takar 100 ml kemudian diencerkan dengan aquades dan dihomogenkan. Larutan merkuri yang telah diencerkan kemudian dialirkan pada reaktor yang telah ditanami kirinyuh sebagai sampel dalam proses fitoremediasi.

### 4. Proses Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kirinyuh

Pengoperasian reaktor dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: wadah yang berisi larutan merkuri 10 ppm dialirkan pada reaktor satu, dua dan tiga yang berisi tanaman kirinyuh (*Chromolaena odorata* L) dengan umur tanaman adalah dua sampai lima bulan. Kemudian pada minggu pertama, minggu kedua dan minggu ketiga dilakukan pengambilan sampel tanah, akar dan daun. Selama proses fitoremediasi berlangsung dilakukan pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman dan ciri fisik tanaman setelah dialiri merkuri.

### 5. Proses Preparasi Sampel Tanah Dan Tanaman Kirinyuh

Setelah proses fitoremediasi dilakukan, diambil bagian tanah, akar, dan daun untuk dilakukan proses analisis selanjutnya. Pada tahap pertama, sampel tanah, dipanaskan di dalam oven pada suhu 40°C, kemudian digerus hingga halus dan dimasukkan ke dalam kertas label. Sedangkan untuk sampel tanaman, diambil akar dan daun. Setelah itu dibersihkan dengan aquades dan

dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C. Setelah itu, sampel dipotong hingga berukuran kecil dan mudah untuk dihaluskan. Sampel yang telah berukuran kecil ini kemudian dihaluskan dengan menggunakan mortal dan alu dan selanjutnya dimasukkan dalam wadah yang diberi label.

## 6. Proses Destruksi Sampel Tanah dan Tanaman Kirinyuh serta Analisis Sampel

### a. Destruksi sampel Akar dan Daun

Sampel akar dan daun ditimbang masing-masing  $\pm 1$  gram kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 10 mL HNO<sub>3</sub> : HClO<sub>4</sub> (1:1) setelah itu dipanaskan di atas hotplate hingga jernih dan keluar asap putih, campuran kemudian disaring dan ditepatkan dengan aquades dalam labu takar 50 mL. Larutan kemudian siap untuk dibaca serapannya menggunakan mercury analyzer (LPPT-UGM, 2021).

### b. Destruksi sampel Tanah

Sampel tanah ditimbang  $\pm 1$  gram kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 10 mL HNO<sub>3</sub> : HClO<sub>4</sub> (1:1) setelah itu dipanaskan di atas hotplate hingga jernih dan keluar asap putih, campuran kemudian disaring dan ditepatkan dengan aquades dalam labu takar 50 mL. Larutan kemudian siap untuk dibaca serapannya menggunakan mercury analyzer (LPPT-UGM, 2021).

### c. Analisis sampel

Larutan sampel akar, daun dan tanah masing-masing di pipet 10 mL kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan berturut-turut 0,1 mL KMnO<sub>4</sub> 0,1 % ; 0,1 mL HONH<sub>3</sub>Cl 10 % dan 0,5 mL SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O dan dihomogenkan, selanjutnya larutan dibaca serapannya menggunakan *mercury analyzer* (LPPT-UGM, (2018) dalam Samar, 2019).

## 7. Pembuatan Larutan Standar Hg dan Analisis Deret Larutan Standar

Larutan standar dibuat dari larutan induk merkuri 100 ppm dengan cara larutan induk Hg 100 ppm dipipet sebanyak 1 mL. Kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL, dan ditepatkan dengan aquades sampai tanda batas. Larutan ini mengandung larutan merkuri 1000 ppb. Kemudian dari larutan induk dipipet sebanyak 0,1 mL dan dimasukkan ke dalam labu takar 10 mL. Larutan ditepatkan dengan aquades hingga batas tanda batas. Larutan ini mengandung larutan merkuri 10 ppb. Pengenceran secara seri menjadi larutan standar merkuri dengan konsentrasi (ppb): 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,6 dan 3,2 dengan cara memipet masing-masing (mL) 0,05 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,6 dan 3,2. Kemudian dimasukkan masing-masing ke dalam labu takar 10 mL dan ditepatkan hingga tanda batas dengan aquades. Larutan ini selanjutnya dituang dalam tabung reaksi dan ditambahkan 0,1 mL KMnO<sub>4</sub> 5%, dikocok, ditambahkan lagi 0,1 mL hidrosilamin hidroklorida 10%, dikocok, dan ditambahkan 0,5 mL SnCl<sub>2</sub> 10%. Masing-masing larutan ini kemudian diukur serapannya pada panjang gelombang 253,7 nm dengan *Mercury Analyzer*. (LPPT-UGM, 2021)

## Analisis Data

Data yang diperoleh dari uji dengan spektrofotometri serapan atom kemudian ditentukan konsentrasinya berdasarkan persamaan garis regresi linier dari kurva standar. Data pembuatan kurva standar memiliki hubungan antara konsentrasi (C) dan absorbansi (A) maka nilai yang dapat diketahui adalah nilai slope (kemiringan) dan intersep, kemudian nilai konsentrasi sampel dapat diketahui dengan memasukkan ke dalam persamaan regresi linear dengan menggunakan hukum Lambert-Beer, yaitu:

$$y = ax + b \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, y = absorbansi sampel  
x = konsentrasi sampel

a = slope(kemiringan)  
b = Intersep

Data hasil analisis *Mercury Analyzer* kemudian dihitung menggunakan rumus BCF (*Bioaccumulation Concentration Factor*), dan TF (*Translocation Faktor*).

a. BCF (*Bioaccumulation Concentration Factor*)

Analisis BCF dilakukan untuk mengetahui tingkat akumulasi logam berat Hg dari tanah ke tanaman Yoon *et al* (2006) dalam Mariwy, dkk 2020. yaitu:

$$BCF = \frac{C \text{ merkuri pada akar atau daun (mg/Kg)}}{C \text{ merkuri pada tanah mg/kg}} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan katagori tanaman dibagi menjadi 3, yaitu:

- 1. Akumulator : Apabila nilai BCF >1
- 2. Excluder : Apabila nilai BCF <1
- 3. Indikator : Apabila nilai BCF mendekati 1

b. TF (*Translocation factor*)

Analisis TF (*Translocation Faktor*) digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat merkuri dari akar ke daun. Perhitungan TF (*Translocation Faktor*) yang digunakan oleh Baker (1981) dalam Mariwy dkk, 2020. yaitu :

$$TF = \frac{C \text{ merkuri dalam daun } (\frac{mg}{kg})}{C \text{ merkuri dalam akar } (\frac{mg}{kg})} \dots\dots\dots (3)$$

Nilai TF menurut Baker (1981) dalam Mariwy dkk, 2020 memiliki kategori yaitu:

- TF >1 : Mekanisme Fitoekstraksi
- TF <1 : Mekanisme Fitostabilisasi

## HASIL PENELITIAN

### A. Fitoremediasi Merkuri menggunakan Tanaman Kirinyuh (*Chromolaena odorata L.*)

Pada proses fitoremediasi, larutan merkuri 10 ppm dialirkan pada reaktor satu, dua dan tiga. Proses fitoremediasi ini dilakukan di dalam rumah kaca kecuali reaktor kontrol yang dibiarkan berada di luar rumah kaca agar tanaman yang berada di reaktor kontrol tidak ikut terkontaminasi merkuri yang berada pada reaktor uji. Tanaman pada reaktor uji ditempatkan dalam rumah kaca bertujuan agar tanaman terhindar dari sinar matahari langsung serta dapat meminimalisir kemungkinan kesalahan yang terjadi seperti adanya penambahan volume air pada reaktor saat kondisi hujan atau adanya penambahan material yang tidak diinginkan berasal dari lingkungan sekitarnya yang ikut masuk ke dalam reaktor uji.

Proses pengambilan akar, tanah dan daun pada setiap reaktor dilakukan setelah tanaman dibiarkan terpapar merkuri selama satu minggu untuk reaktor uji satu, reaktor uji dua dibiarkan selama dua minggu dan reaktor uji tiga dibiarkan selama tiga minggu dengan asumsi bahwa selama tujuh hari tanaman sudah dapat menyerap merkuri pada media tanam. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ambarsari dan Qisthi (2017) yang menyatakan bahwa proses pengangkutan Hg pada umumnya membutuhkan waktu yang singkat, di mana terlihat dari penghilangan konsentrasi Hg pada beberapa variasi konsentrasi air limbah membutuhkan waktu

dalam rentan 3-5 hari. Selain itu juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Triastuti (2010) yang mana penyerapan merkuri pada hari ke tujuh oleh tanaman Akar wangi mencapai 0,933 ppm pada media tanam yang tercemar merkuri 10 ppm.

Tanaman pada reaktor satu (**Gambar 2**) tidak menunjukkan gejala kerusakan pada daun saat dibiarkan selama satu minggu dalam reaktor yang dialiri merkuri. Hal ini dikarenakan pada minggu pertama kadar merkuri yang diserap oleh tanaman masih banyak yang dialokasikan ke akar tanaman untuk ditranslokasikan ke daun tanaman kirinyuh sehingga daun tanaman kirinyuh belum mengalami kerusakan.



**Gambar 2. Kondisi Tanaman pada Reaktor 1** (dokumentasi pribadi)

Pada minggu kedua, tanaman pada reaktor 2 (**Gambar 3**) masih menunjukkan kondisi yang tidak jauh berbeda dari minggu pertama. Dari performa pertanaman ini menunjukkan bahwa tanaman *C. odorata* dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang tercemar Hg yang terlihat dari performa pertanamannya yang ditandai dengan bertambahnya tinggi tanaman serta jumlah anakan dan bertambahnya jumlah daun yang selalu meningkat seiring dengan periode waktu tanam. *C. odorata* merupakan salah satu tanaman liar yang memiliki adaptasi yang tinggi. Hal ini terlihat dari kemampuan adaptasinya pada tanah yang tercemar dan tidak menunjukkan gejala keracunan. Hasil ini sesuai dengan penelitian Harrison, (2011) yang melaporkan bahwa *C. odorata* (L) memiliki kemampuan untuk tumbuh subur di tanah yang tercemar logam berat.



**Gambar 3. Kondisi Tanaman pada Reaktor 2** (dokumentasi pribadi)

Pada reaktor Tiga kondisi tanaman secara fisiologis terutama terlihat pada kondisi daun, tinggi serta banyaknya anakan pada tanaman kirinyuh tidak mengalami kerusakan klorosis dan nekrosis meskipun kadar merkuri mengalami peningkatan selama penelitian. Kondisi fisik tanaman pada reaktor tiga ditunjukkan pada **gambar 4**.



**Gambar 4. Kondisi Tanaman pada Reaktor 3** (dokumentasi pribadi)

Sementara pada reaktor control (**Gambar 5**) tanaman kirinyuh dapat tumbuh dengan baik dan subur. Hal ini dapat diamati melalui ciri fisik tanaman di antaranya bertambahnya jumlah daun dan lebar daun, serta meningkatnya tinggi tanaman selama waktu penelitian.



**Gambar 5. Kondisi Tanaman pada Reaktor Kontrol** (dokumentasi pribadi)

#### **B. Akumulasi Merkuri (Hg) pada Tanaman kirinyuh**

Setiap tanaman yang mengakumulasi logam berat memiliki sensitivitas dan kemampuan yang berbeda-beda. Sama halnya dengan tanaman kirinyuh, Tanaman ini memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat merkuri. Hal ini dapat dilihat dengan menurunnya kadar merkuri pada tanah

tercemar setelah ditanami dengan tanaman kirinyuh. Data kandungan merkuri pada tanah, akar, dan daun dapat ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Kandungan Merkuri pada Tanah, Akar dan Daun**

Kandungan Merkuri (ppm)				
	Reaktor Kontrol	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3
Tanah	Tidak terdeteksi	0,70 mg/kg	1,89 mg/kg	9,63 mg/kg
Akar	0,20 mg/kg	0,03463 mg/kg	0,18 mg/kg	11,34 mg/kg
Daun	0,78 mg/kg	0,03595 mg/kg	1,45 mg/kg	10,95 mg/kg

Tanaman kirinyuh pada reaktor kontrol tidak menunjukkan perubahan yang berbeda dengan tanaman pada umumnya karena berdasarkan kondisi tanaman, tanaman ini bertumbuh dengan maksimal serta tidak terdapat kerusakan baik pada daun maupun akar tanaman. Pada reaktor kontrol yang tidak dialiri merkuri, untuk tanah hasil analisis yang diperoleh tidak terdeteksi. Hal ini diduga konsentrasi merkuri pada tanah sangat kecil di bawah limit deteksi alat *mercury analyzer* yang digunakan yaitu 0,05 µg/kg. Sementara itu, konsentrasi logam berat merkuri pada akar dan daun sebesar 0,20 mg/kg, dan 0,78 mg/kg. Kandungan merkuri pada akar masih di bawah nilai kritis sedangkan pada daun berada di atas nilai kritis kandungan merkuri pada tanaman sebagaimana yang ditetapkan oleh Alloway & Ayres (1995) yaitu berada pada kisaran nilai 0,3-0,5 ppm.

Konsentrasi merkuri yang sangat kecil pada tanah disebabkan lokasi pengambilan sampel tanah yaitu di desa Hitu yang sangat jauh dari pusat kota dan juga tidak terdapat kegiatan industri yang menjadi salah satu sumber pencemaran terhadap lingkungan. Selain itu juga masyarakat bercocok tanam tanpa menggunakan pupuk dan bahan pencemar seperti peptisida, sehingga menjadi pertimbangan pengambilan sampel tanah di desa Hitu. Kandungan merkuri pada akar sebesar 0,20 mg/kg, dan daun 0,78 mg/kg. Hal ini sejalan dengan penelitian Yusuf dkk, (2014) bahwa tanaman dan tanah yang belum mengalami proses fitoremediasi juga dapat mengandung Hg dengan jumlah tertentu. Adanya logam berat Hg dalam tanaman disebabkan karena kemungkinan terjadi proses penyerapan Hg pada media tanam sebelumnya. Selain itu juga menurut Hastuti dkk, (2013) terdapatnya kandungan logam berat merkuri dalam akar dan daun menunjukkan bahwa secara alami tanaman kirinyuh dapat menyerap kandungan logam berat di alam.

Pada Reaktor satu, proses fitoremediasi berlangsung selama 1 minggu dan proses pengambilan akar, batang dan daun dilakukan pada hari ke tujuh setelah tanaman dialiri merkuri. Hasil yang diperoleh menunjukkan kadar Merkuri (Hg) dalam tanah ialah sebesar 0,70 mg/kg, tingginya kandungan merkuri pada tanah disebabkan kandungan logam berat merkuri yang diserap sangat kecil karena tanaman masih dalam masa pertanaman awal sehingga bahan pencemar yang dalam hal ini adalah merkuri (Hg) masih terendapkan di tanah dan belum banyak diserap atau bahkan ditranslokasikan ke bagian tanaman yang lain seperti akar dan daun. (Samar dkk., 2019).

Sedangkan pada akar 0,03463 mg/kg dan pada daun yaitu 0,03595 mg/kg. Bila dibandingkan dengan kandungan merkuri pada media tanam reaktor satu lebih tinggi dari pada kandungan merkuri awal pada media tanam pada reaktor kontrol yaitu sebesar 0,70 mg/kg, hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kandungan logam berat merkuri dalam tanah yang digunakan sebagai media tanam. Peningkatan kandungan logam berat merkuri dalam tanah terkontaminasi menunjukkan bahwa logam telah terendapkan dalam tanah. Selain itu juga pada reaktor satu dengan durasi penanaman selama satu minggu ini dimulainya proses pengaliran merkuri sehingga proses akumulasi dan translokasi logam berat Hg masih belum diserap secara maksimal ke seluruh bagian tubuh tanaman. (Samar, 2019).

Pada reaktor dua, pengambilan sampel tanah, akar, dan daun dilakukan pada hari ke- 14 setelah media tanam dialiri merkuri 10 ppm. Hasilnya menunjukkan kadar Merkuri (Hg) dalam tanah adalah sebesar 1,89 ppm pada akar 0,18 ppm dan pada daun yaitu 1,45 ppm. Hasil analisis tersebut menunjukkan kandungan merkuri pada akar dan daun lebih kecil dari pada tanah. Peningkatan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah terkontaminasi menunjukkan bahwa logam merkuri telah terendapkan dengan baik dalam tanah setelah 14 hari waktu pengaliran sehingga mengalami peningkatan konsentrasi. (Hardiani dkk.,2011). Selain itu, faktor yang juga turut mempengaruhi terjadinya peningkatan kandungan merkuri (Hg) dalam tanah pada reaktor kedua adalah kurangnya sirkulasi udara di dalam rumah kaca sehingga menyebabkan uap merkuri yang terbentuk dari proses penguapan tidak terlepas seluruhnya ke udara melainkan tetap berada di dalam rumah kaca dan pada akhirnya kembali terendapkan di tanah. Adanya merkuri pada daun diduga berasal dari hasil penguapan merkuri yang langsung diserap oleh stomata daun.

Tanaman pada reaktor tiga dengan masa pemanenan selama 21 hari ini diperoleh hasil yaitu pada tanah sebesar 9,63 mg/kg, sedangkan untuk akar yaitu 11,34 mg/kg dan pada daun yaitu sebesar 10,95 mg/kg. Besarnya kandungan logam berat merkuri pada reaktor tiga disebabkan oleh lamanya waktu remediasi serta tidak adanya sekat antara reaktor satu dengan reaktor dua maupun reaktor tiga sehingga menyebabkan konsentrasi merkuri mengalami peningkatan, hal ini diakibatkan adanya proses penguapan merkuri yang terjadi pada reaktor satu maupun reaktor dua sehingga tanaman pada reaktor tiga akan ikut menyerap uap merkuri tersebut melalui bagian atas tanaman yaitu stomata daun.

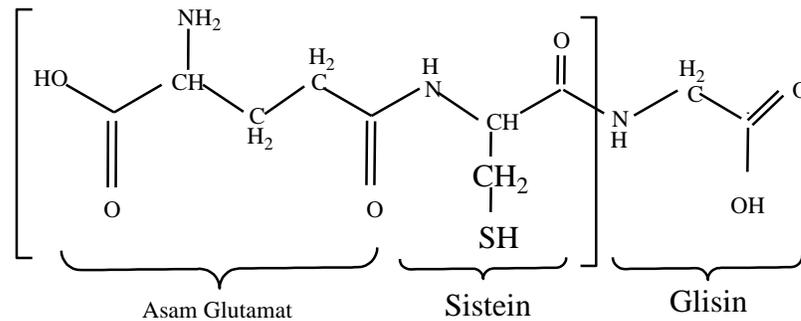
Secara fisiologis tanaman pada reaktor tiga ini tidak mengalami kerusakan dikarenakan tanaman sudah melakukan mekanisme toleransi terhadap logam berat merkuri yang di serap walaupun terjadi peningkatan konsentrasi merkuri baik pada tanah, akar dan daun. Menurut Junaid (2012) tanaman melakukan mekanisme toleransi dengan mensintesis kembali polipeptida pengikat logam yaitu fitokelatin dan terbentuk bersama glutathione sintetase.

Pada reaktor tiga proses penyerapan merkuri pada daun meningkat lebih tinggi hal ini dikarenakan waktu kontak yang lama dengan tanah tercemar sehingga daun tanaman kirinyuh juga dapat menyerap logam melalui proses adsorpsi oleh stomata pada daun berupa interaksi tarik menarik (adhesi) antara logam dengan jaringan daun bagian luar. Seperti yang dinyatakan dalam penelitian Dewi, dkk. (2013) bahwa proses absorpsi dapat terjadi pada beberapa organ di antaranya akar, daun, dan stomata. Selain itu Hal ini dapat terjadi karena penyerapan presipitat logam berat oleh akar. Presipitat logam Merkuri (Hg) diimobilisasi oleh akar tanaman dengan cara diakumulasi, diadsorpsi pada permukaan akar dan diendapkan dalam zona akar. Proses inilah yang kemudian disebut fitostabilisasi. Dari akar ini, Merkuri (Hg) dalam tanah di translokasikan menuju ke arah organ-organ lain yang disebut proses fitoekstraksi (Wang, 2004).

Berdasarkan hasil analisis, kandungan merkuri pada reaktor satu, dua dan tiga mengalami peningkatan seiring lamanya waktu remediasi. Dalam proses pengakumulasi logam berat merkuri (Hg) yang diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Ketika proses penyerapan logam berat, tanaman membentuk suatu enzim reduktase pada membran akarnya yang berfungsi untuk mereduksi logam dari akar kemudian merkuri (Hg) diangkut melalui jaringan pengangkut, yaitu xylem dan floem ke bagian lain tanaman (Triastuti, 2010).

Handayanto dkk, (2017) menyatakan bahwa secara alami tanaman yang mampu mengakumulasi logam berat umumnya melepaskan senyawa pengkhelat logam (fitokhelator) ke rizosfer (daerah di sekitar akar). Fitokhelatin adalah kelompok peptide dengan berat molekul rendah yang terlibat dalam akumulasi, detoksifikasi dan metabolisme beberapa ion logam berat seperti Cd, Hg, Zn, Cu dan Pb. Fitokhelator dapat meningkatkan ketersediaan hayati logam yang semula terikat kuat oleh tanah dan membantu mengangkat logam ke jaringan tanaman. Pada peningkatan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat (molekul pengikat) yang mana selanjutnya

diakumulasi ke seluruh bagian tanaman yaitu akar, batang dan daun. Logam berat merkuri (Hg) akan terakumulasi oleh tanaman kirinyuh setelah membentuk senyawa kompleks dengan unsur dan senyawa lain seperti fitokhelatin yang tersusun dari beberapa asam amino seperti glisin, asam glutamate (Patandungon dkk.,2015). Struktur fitokhelatin ditunjukkan pada **Gambar 6**.



**Gambar 6. Struktur fitokhelatin dalam tanaman**

Fitokhelatin berfungsi sebagai pembentuk senyawa kompleks dengan logam berat dalam tubuh tanaman serta berfungsi sebagai detoksifikasi terhadap tanaman dari logam berat. Tanaman tidak dapat mensintesis fitokhelatin menyebabkan terjadinya penghambatan proses pertumbuhan dan berujung pada kematian tanaman (Patandungon dkk.,2015). Saat fitokhelatin berikatan dengan Hg maka fitokhelatin kemudian membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks sehingga Hg akan terbawa atau ditranslokasikan ke dalam jaringan tanaman melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem.

Proses translokasi logam ke dalam tubuh tanaman menyebabkan konsentrasi pada akar menjadi menurun dan poses penyerapan menjadi meningkat pada daun seperti yang terdapat pada reaktor dua, kandungan Hg pada daun mulai meningkat karena Hg yang diikat oleh molekul kelat (molekul pengikat) telah di bawa ke tajuk dan keseluruhan bagian tanaman (Mariwy, dkk 2020). Besarnya kadar Merkuri (Hg) pada tanah disebabkan karena kemampuan Merkuri (Hg) sebagai jenis logam berat yang mampu menguap ke atmosfer, di mana polutan Merkuri (Hg) dari dalam tanah yang diserap oleh tanaman Kirinyuh ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer dan kemudian diserap oleh daun sehingga kadar Merkuri (Hg) dalam daun lebih tinggi dibanding akar dan tanah, proses ini yang kemudian disebut fitovolatilisasi (Follage Filtration) (Borolla dkk., 2019).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hamzah & priyadarshini (2019), mendapatkan bahwa sistem perakaran tanaman kirinyuh mempunyai cabang yang banyak dan adventif. Sistem perakaran seperti inilah menjadikan tanaman mampu menyerap unsur yang terikat kuat dalam tanah. Kirinyuh juga memiliki fotosintesa dan transpirasi yang sangat efektif sehingga membantu penyerapan dan penyimpanan unsur di daun maupun bagian hijau lainnya.

Tanaman mempunyai kemampuan menyerap ion-ion dari lingkungan ke dalam tubuh melalui membran sel. Dengan sifat tersebut maka tanaman dapat mengakumulasi logam berat sampai pada konsentrasi tertentu atau bahkan dapat mencapai tingkat yang lebih besar dari konsentrasi ion logam pada mediumnya (Mariwy dkk, 2020).

### C. Nilai *Bioconcentration Factor* (BCF) dan *Translocation Factor* (TF)

BCF dan TF dihitung untuk mengetahui kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam, dimana analisis BCF dihitung untuk mengetahui tingkat akumulasi logam Hg dari tanah ke tanaman

sedangkan TF di hitung untuk mengetahui translokasi logam berat Hg dari akar ke daun. Data hasil perhitungan BCF dan TF dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Nilai Biocontrentaion Factor (BCF) Tanaman Kirinyuh**

Waktu	C <sub>daun + akar</sub> (ppm)	C <sub>Tanah</sub> (ppm)	Nilai BCF
Reaktor 1	0,07058	0,70	0,100828
Reaktor 2	1,63	1,89	0,862434
Reaktor 3	22,29	9,63	2,3146

Nilai BCF terendah berada pada reaktor 1 yaitu sebesar 0,100828. Nilai BCF pada reaktor kedua mengalami peningkatan yaitu sebesar 0,862434, dan nilai BCF tertinggi terdapat pada reaktor 3 yaitu sebesar 2,3146. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada reaktor 1 dengan masa remediasi satu minggu merkuri masih mengalami pengendapan pada tanah dengan mekanisme fitostabilisasi. Nilai BCF < 1 pada reaktor menunjukkan bahwa tanaman masih memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat. Hal ini diperkuat dengan peningkatan BCF pada reaktor 2 dengan waktu remediasi 2 minggu. Peningkatan konsentrasi merkuri pada akar karena adanya penyerapan oleh sel-sel akar melalui mekanisme fitoekstraksi, sedangkan peningkatan pada daun melalui mekanisme fitovolatilisasi. Pada reaktor 3 terjadi peningkatan konsentrasi merkuri yang cukup signifikan pada akar dan daun sehingga nilai BCF juga mengalami peningkatan. Nilai BCF > 1 menunjukkan bahwa pada minggu ketiga masa remediasi tanaman kirinyuh mampu mengakumulasi merkuri pada bagian akar dan daun lebih besar dari konsentrasi merkuri dalam tanah. Berdasarkan hal ini maka tanaman kirinyuh bersifat sebagai tanaman akumulator.

Nilai Translocation factor (TF) digunakan untuk melihat translokasi logam dari akar ke pucuk tanaman, yang dihitung dengan membagi konsentrasi logam dibagian pucuk dengan bagian akar (**Tabel 3**). Nilai TF yang diperoleh akan dibandingkan dengan standar nilai TF yang dikemukakan oleh Baker (1981) dalam Mariwy dkk, 2020 bahwa tanaman yang memiliki nilai TF lebih dari satu merupakan tanaman yang memiliki mekanisme fitoekstraksi sedangkan tanaman yang memiliki nilai TF kurang dari satu merupakan tanaman fitostabilisasi.

**Tabel 3. Nilai Translocation Factor (TF) Tanaman Kirinyuh**

Waktu	C <sub>daun</sub> (ppm)	C <sub>akar</sub> (ppm)	Nilai TF
Reaktor 1	0,03595	0,03463	1,038117
Reaktor 2	1,45	0,18	8,05
Reaktor 3	10,95	11,34	0,96560

Hal ini menunjukkan bahwa kirinyuh mampu menyerap Hg di akar untuk kemudian ditranslokasikan ke bagian atas (batang dan daun) sehingga kadar Hg di bagian atas tanaman yang lebih tinggi dibandingkan di bagian akar.

Penurunan nilai TF pada reaktor 3 disebabkan karena terjadinya peningkatan kandungan merkuri pada akar seiring lamanya proses fitoremediasi. Peningkatan ini sebagaimana dijelaskan di atas bahwa terjadinya pengendapan kembali merkuri pada tanah disertai penyerapan oleh akar. Menurut Susana dan Suswati (2013) nilai TF yang mengalami penurunan pada minggu ke empat menunjukkan bahwa tanaman kirinyuh mempunyai kemampuan menahan Hg pada akar lebih besar dan disimpan di vakuola atau dinding sel melalui mekanisme inaktivasi. Keadaan ini menyebabkan translokasi Hg ke daun menjadi berkurang. Berdasarkan nilai TF yang diperoleh kecenderungannya lebih dari satu sehingga mekanisme translokasi yang terjadi dikategorikan sebagai mekanisme

fitoekstraksi dimana tanaman kirinyuh memiliki kemampuan untuk mentranslokasikan merkuri dari akar ke bagian tanaman lainnya yaitu daun.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang diperoleh dapat disimpulkan:

1. Tanaman kirinyuh (*Chromolaena odorata* (L) King & Robins) dapat mengurangi kadar Hg dalam tanah yang tercemar logam berat merkuri karena mampu mengakumulasi dan mentranslokasikan logam Hg tersebut ke seluruh bagian tanaman serta tanaman kirinyuh merupakan tanaman hipertoleran terhadap logam berat.
2. Besarnya tingkat akumulasi logam berat merkuri (Hg) tertinggi pada tanaman kirinyuh (*Chromolaena odorata* L) terdapat pada reaktor ke-3 dengan waktu remediasi 21 hari, dan besarnya tingkat akumulasi logam berat merkuri (Hg) sesuai nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Faktor Translokasi (TF) berturut-turut adalah 2,3146 (BCF > 1) dan 0,96560 (TF < 1) sehingga tanaman kirinyuh dapat dikategorikan sebagai salah satu tanaman fitoremediator terhadap tanah tercemar logam berat merkuri (Hg) dalam mekanisme fitostabilisasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarsari H, Qisthy A., (2017). *Remediasi Merkuri (Hg) pada Air Limbah Tambang Emas Rakyat dengan Metode Lahan Basah Buatan Terpadu*. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 18, No 2, 148-156
- Alloway, B. J & D. C. Ayres., (1995). *Chemical Principle of Environmental Pollution, 2<sup>nd</sup> Edition*. Blackie Academic and Professional, Chapman & Hall, London.
- Baker, A. J. M., Brooks, R. R. dan Reeves, R. D. (1998). *Growing for gold, copper and zinc*. Journal New Scientist (117): 44-48
- Dewi A.R, Ria A, & Bambang Y., (2013). *Studi Akumulasi Logam Timbal Pb Dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangruv (Rhizophora Macronata)*. Journal of marine research. Vol 3, No 1. 44-53.
- Hamzah, F., & Priyadarsini., (2019). *Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove*. Jurnal Ilmu Kelautan: 0853-7291., Vol. 18(4)., Hal : 203-212.
- Hardayanto, E., Nuraini, Y., & Muddarisna, N., (2017). *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. UB-Press. Malang.
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S., (2011). *Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Vol. 10(1). Hal : 82-93.
- Harrison I.A (2011). *Bioremediation of Co-contamination of Crude Oil and Heavy Metals in Soil by Phytoremediation Using Chromolaena odorata (L) King & H.E. Robinson*. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11270-010-0476-z> 17th of April, 2015.
- Irsyad, M, Rismawati Sikana, & Musafira (2014). *Translokasi Merkuri (Hg) Pada Daun Tanaman Bayam Duri (Amarathus Spinosus L) Dari Tanah Tercemar* Online Journal of Natural Science, Vol. 3(1): 8-17 Universitas Tandulako, Palu.
- Juhaeti, T., F. Syarif & N. Hidayati. (2005). *Inventarisasi Tanaman Potensial Untuk Fitoremediasi Lahan Dan Air Terdegradasi Penambangan Emas*. Biodiversitas.6 (1): 31-33.
- Junaid U. Kandowanko N. Y & Hamidun M.S. (2012). *Kandungan Merkuri Pada Tanaman Yang Berada Di Kawasan Penambangan Emas Desa Hulawa Kecamatan Sumalata Kabupaten Gorontalo Utara*. FMIPA. Universitas Negeri Gorontalo.

- Mariwy, A., Y. H. Dulanlebit, Y., & Yulianti, F. (2020). Studi Akumulasi Logam Berat Merkuri Menggunakan Tanaman Awar-Awar (*Ficus Septica* Burm F). *Indonesia Journal of Chemical Research*, 7(2), 159–169. <https://doi.org/10.30598/ijcr>
- Mariwy, A., Manuhutu J.B, Frans. D. (2021). Bioaccumulated Mercury by Several Types of Plants in Ex-Traditional Gold Processing Area, Gogorea Village, Buru Island. *Indo. J. Chem. Res.*, 9(2), 105-110.
- Patandangan, A., Syamsidar, H. S., & Aisyah. 2015. *Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (Vetiver zizanioides) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar*. *Jurnal Al-Kimia*. Vol 1(2). Hal : 8-21.
- Samar Y.S, Mariwy A & Manuhutu J. B (2019). *Fitoremediasi merkuri (Hg) Menggunakan Tanaman Kacang Kalopo (Calopogonium mucunoides)*. *Scie Map J/Vol. 1 No. 2/November 2019/Hal. 93-98 e-ISSN 2684-9429 93*.
- Silvia M. Borolla, Abraham Mariwy, & Julita B. Manuhutu (2019). Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Merkuri (Hg) Menggunakan Tanaman Kersen (*Muntingia Calabua* L) Dengan Sistem Reaktor. *MJoCE/Vol 9 No 2/ Juli 2019/Hal. 78-89*
- Susana R & Suswati D. (2013). *Bioakumulasi dan Distribusi Cd Pada Akar dan Pucuk 3 Jenis Tanaman Famili Brassicaceae: Implementasinya Untuk Fitoremediasi*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 20, No. 2.
- Tangahu, B. V., Sheikh Abdullah, S. R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants Through Phytoremediation. *International Journal of Chemical Engineering*, 2011, 1–31. <https://doi.org/10.1155/2011/939161>
- Triastuti. (2010). *Fitoremediasi Tanah Tercemar Merkuri (Hg<sup>2+</sup>) Menggunakan Tanaman Akar Wangi (Vetiver Zizanioides) Pada Lahan EKS-TPA Keputih*. *Teknik Lingkungan*. ITS
- Wang, Y., and Geger, M., (2004). *Clonal differences in mercury tolerance, accumulation, and distribution in willow*. *J. of Environmental Quality*, 33: 1779–1785
- Yoon J.C., Xinde Z., Qixing, Ma L Q., (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site, *Science of the Total Environment*, 368(1-3), 456-464
- Yusuf, M., Achmad Z., dan Ardy A. (2014). *Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Dengan Menggunakan Tanaman Lidah Mertua (Sansevieria trifasciata)*