

FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT MERKURI (Hg) MENGGUNAKAN TUMBUHAN KERSEN (*Muntingia Calabura* L) DENGAN SISTEM REAKTOR

Silvia M. Borolla¹, A. Mariwy¹, dan J. Manuhutu¹

¹Departement of Chemistry-FKIP, Pattimura University Ambon

E-mail: Silviaborolla@gmail.com

Diterima 14 Februari 2019/Disetujui 18 Maret 2019

ABSTRACT

Heavy metal pollution is a serious problem to environment in this time. Mercury is a dangerous wastes that make desecrate environment. So the restoration have to do to make a contaminated soil can reuse safety through fitoremediation process using Kersen. This study to analyze the reductions of heavy metal (Hg) in soil after fitoremediation process. The result of this study was showing that connections between degree reductions of heavy metal (Hg) in soil and adsorptions of Mercury (Hg) in Kersen that is concentration mercury in soil more high reductions than in the soil will following of higher Mercury concentrations in Kersen, in this study showing that adsorptions of Kersen in week – 1 after mercury treatment on a sample is in soil 6,80 ppm, root 1,14 ppm, leaf 0,86 ppm in week - 2 for soil sample is 7,31 ppm, root 3,73 ppm, leaf 4,64 ppm and for the last week in soil is 7,98 ppm, root 0,07ppm and leaf is 0,78 ppm. From that result showing Kersen (*Muntingia Calabura* L) is a accumulator plant and this plant can using for hyperaccumulation because the value of BCF and TF in day 14 or week – 2 is > 1.

Keyword: Mercury (Hg), Fitoremediation, Kersen (*Muntingia Calabura* L)

ABSTRAK

Pencemaran logam berat merupakan masalah yang serius terhadap kondisi lingkungan saat ini. Merkuri (Hg) merupakan buangan limbah berbahaya yang mencemari lingkungan, untuk itu tindakan pemulihan perlu dilakukan agar tanah yang tercemar dapat digunakan kembali dengan aman melalui proses fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya penurunan logam berat Merkuri (Hg) tanah setelah proses fitoremediasi menggunakan tanaman Kersen (*Muntingia Calabura* L) Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara penurunan kadar logam Merkuri (Hg) pada tanah dan penyerapan logam Merkuri (Hg) pada tanaman Kersen, dimana semakin tinggi penurunan kadar Merkuri (Hg) pada tanah diikuti oleh peningkatan kadar Merkuri (Hg) pada tanaman Kersen, dari hasil penelitian menunjukkan daya serap pada tanaman Kersen dalam minggu pertama setelah perlakuan pada sampel tanah yaitu 6,80 ppm, akar 1,14 ppm, daun 0,86 ppm. Pada minggu kedua untuk sampel tanah yaitu 7,31 ppm, akar 3,73 ppm, daun 4,67 ppm dan pada minggu terakhir untuk sampel tanah mencapai 7,97 ppm, akar 0,07 ppm dan daun 0,78 ppm. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa Kersen (*Muntingia Calabura* L) merupakan tanaman yang bersifat akumulator yang dapat dijadikan tanaman hiperakumulator terhadap logam berat Merkuri (Hg) karena nilai BFC > 1 dan TF > 1 yang dapat dilihat pada hari ke empat belas.

Kata Kunci: Merkuri (Hg), Fitoremediasi, Kersen (*Muntingia Calabura* L)

PENDAHULUAN

Merkuri (Hg) adalah salah satu jenis logam berat yang banyak ditemukan di alam dan tersebar dalam batu-batuan, biji tambang, tanah, air dan udara sebagai senyawa anorganik dan organik. Merkuri dalam jumlah yang tinggi mempunyai potensi polutan yang bersifat toksik. Merkuri

merupakan unsur pertama yang banyak dilakukan studi spesiasinya dalam lingkungan hidup. Hal ini terkait dengan beberapa penelitian pada tahun terakhir yang menunjukkan pencemaran tanah akibat merkuri yang telah melewati ambang batas, seperti pada daerah di Sulawesi Tengah pada kawasan pengolahan tambang emas di kota Palu yang menunjukkan tingkat pencemaran merkuri pada tanah yang mencapai 0,057 ppm sampai 8,19 ppm (Mirdat, 2013), sedangkan pencemaran tanah pada Rumah susun pantai Losari Kota Makassar yang dekat dengan Rumah Sakit Siloam menunjukkan kadar Merkuri pada tanah mencapai 37,49 ppm sampai 38,83 ppm (A. Rahmat, 2016).

Tindakan pemulihan perlu dilakukan agar tanah yang tercemar dapat digunakan kembali dengan aman. Banyak teknologi yang digunakan untuk remediasi tanah yang tercemar logam berat. Salah satu cara adalah dengan menggunakan tanaman, yaitu dengan cara menanam tanaman yang mampu menyerap logam berat dari dalam tanah.

Metode ini dikenal dengan nama fitoremediasi (Smith dkk, 1997 dalam Bayu, 2010). Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan termasuk pohon, rumput-rumputan, dan tumbuhan air. Pencucian bisa berarti penghancuran, inaktivasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney *et al.* 1995). Fitoremediasi merupakan satu-satunya metode pengolahan limbah yang menggunakan tanaman sebagai indikator, mudah untuk diaplikasikan, tidak memakan biaya banyak dan tanaman yang digunakan juga banyak terdapat di alam (Melethia dkk, 1996).

Keberhasilan sistem fitoremediasi ditentukan oleh jenis tumbuhan, iklim, dan kondisi *tailing*. Semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Tetapi tidak semua tumbuhan dapat dikatakan hiperakumulator. Jenis tumbuhan hiperakumulator ini sangat terbatas. Salah satu jenis tumbuhan dikategorikan sebagai spesies hiperakumulator ketika memenuhi syarat tertentu salah satunya yaitu mampu menghasilkan biomasa yang tinggi dalam waktu yang cepat (cepat tumbuh), mudah dibudidayakan dan mudah dipanen serta dapat hidup pada daerah yang beriklim tropis dan juga berair.

Tidak sedikit tumbuhan dari daerah tropis terbukti mampu untuk dijadikan sebagai tanaman hiperakumulator yaitu spesies yang berasal di antaranya *Thlaspi calaminare* untuk seng (Zn), *Thlaspi caerulescens* untuk cadmium (Cd), *Aeolanthus biformifolius* untuk tembaga (Cu), *Phyllanthus serpentines* untuk nikel (Ni), *Haumaniastrum robertii* untuk kobalt (Co) *Astragalus racemosus* untuk selenium (Se), dan *Alyxia rubricaulis* untuk mangan (Mn) (Wise *et al.*, 2000). Untuk hasil remediasi menggunakan metode fitoremediasi dari tanaman *Typha* sp. sebesar 84,18%; tanaman *Eichhornia crassipes* sebesar 81,19%; *Nelubium nelumbo* sebesar 80,78%; *Ipomoea aquatic* sebesar 83,84%; dan *Hydrilla verticillate* sebesar 83,96% dalam meremediasi logam Hg (Sendy B. Rondonuwu).

Hasil penelitian Elvira dkk (2015) menunjukkan bahwa salah satu tanaman yang mampu mengakumulasi logam berat adalah Tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans*) karena mudah menyerap logam berat Cu dari media tumbuhnya. Dari hasil analisis diperoleh konsentrasi logam berat Cu tertinggi pada semua usia panen terletak pada akar, kemudian pada batang setelah itu pada daun kangkung. Konsentrasi logam Cu yang diserap oleh tanaman kangkung pada usia 2 minggu pada akar, batang dan daun berturut-turut 5,3403 ppm; 5,1117 ppm; dan 2,6637 ppm. Pada usia tanam 4 minggu pada akar, batang dan daun yaitu 10,6998 ppm; 5,8281 ppm; 2,0666 ppm. Dan pada usia 6 minggu berturut-turut 10,4605 ppm; 9,1863 ppm dan 7,7839 ppm.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah tanaman Kersen (*Muntingia calabura* L) dapat mengurangi kadar merkuri (Hg) pada tanah tercemar logam berat merkuri (Hg)
2. Untuk mengetahui seberapa besar kadar merkuri yang dapat diserap oleh tanaman Kersen (*Muntingia calabura* L) dalam mengakumulasi merkuri.
3. Untuk mengetahui nilai BCF dan TF dari tanaman Kersen (*Muntingia calabura* L) agar dapat dijadikan tanaman hiperakumulator.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Spektrofotometri Serapan Atom Uap Dingin (CV-AAS) (Analytic Jena), Neraca analitik (Cyberscan CON 110), Oven (memmert), Mortar dan alu, Reaktor, Peralatan gelas (pyrex), Hot plate (Cimarec), Food Container.

2. Bahan

Akuades, Asam nitrat pekat (HNO₃) 65%, Asam sulfat (H₂SO₄) 95%, Asam klorida (HCl) 1M, Kalium permanganat KMnO₄ 5%, Hidrogen Peroksida H₂O₂ 30%, Tin (II) clorida dihidrat SnCl₂. 2H₂O, Hydroxyl-aminehydrochloride 10%, Tanah, Tumbuhan kersen (*Muntingia calabura* L), Larutan merkuri 10 ppm, Kertas saring *whatman* no 42

Proses pembuatan Reaktor

Reaktor yang terbuat dari kaca dengan ukuran ketebalan 5 mm dengan ukuran 62 x 20 x 15 cm (volume 6 liter) sebanyak empat reaktor. Terdapat tiga reaktor yang dilengkapi dengan tabung yang akan menampung larutan merkuri untuk fitoremediasi dan satu reaktor lainnya untuk tanaman yang akan diuji tanpa perlakuan dialiri merkuri guna pengamatan terhadap ciri fisik tanaman.

Teknik analisis data

Potensi tanaman sebagai remediator dilakukan dengan menghitung akumulasi dalam tanah, akar, dan daun serta menghitung kandungan logam berat Hg dalam tanah, baik tanah sebelum perlakuan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

BCF (Bioaccumulation Concentration Factor)

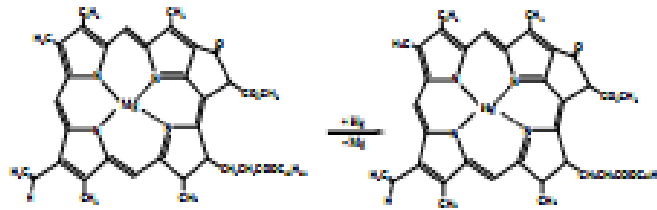
$$BFC = \frac{\text{Konsentrasi Hg pada tanaman kersen } \left(\frac{mg}{kg}\right)}{\text{Konsentrasi Hg tanah } \left(\frac{mg}{kg}\right)}$$

TF (Translocation Factor)

$$TF = \frac{\text{Konsentrasi Hg pada tanaman daun } \left(\frac{mg}{kg}\right)}{\text{Konsentrasi Hg akar } \left(\frac{mg}{kg}\right)}$$

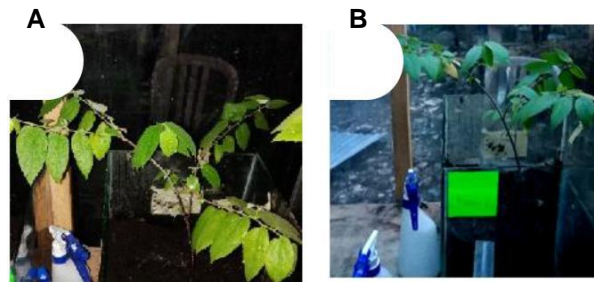
HASIL PENELITIAN

Dalam proses fitoremediasi ada beberapa hal yang dapat diperhatikan yaitu bentuk fisik tanaman di antaranya tinggi tanaman dan kondisi tanaman yang telah terkontaminasi oleh logam Merkuri (Hg), pada minggu ketiga tanaman menunjukkan perubahan secara fisik diantaranya beberapa daun mengalami perubahan dari yang berwarna hijau menjadi menguning. Hal ini menunjukkan bahwa logam Merkuri (Hg) telah menggantikan Unsur Mg pada klorofil dalam daun. Seperti ditunjukkan dengan Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi Klorofil dengan Hg

Penurunan kadar klorofil seiring terjadi dengan kenaikan konsentrasi Merkuri (Hg). Meningkatnya konsentrasi Merkuri (Hg) mengakibatkan rusaknya struktur kloroplas yang membuat perubahan warna pada daun. Pembentukan struktur kloroplas sangat dipengaruhi oleh nutrisi mineral seperti Mg dan Fe. Masuknya logam berat secara berlebihan pada tumbuhan akan mengurangi asupan Mg dan Fe sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas (Kovacs, 1992). Unsur Mg termasuk unsur hara makro, yang merupakan penyusun molekul klorofil. Di sisi lain, Unsur Mg ini termasuk paling kalah bersaing dengan kation lainnya (Jones 1991 dalam Yuwono dkk, 2002). Oleh karena itu serapan logam berat dalam jumlah kecil-pun dapat menggantikan Mg dalam klorofil yang selanjutnya merusak struktur kloroplas sebagai bahan warna hijau pada batang dan daun, mengalami klorosis, menguning, dan kehilangan hijau daun seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (A) Tanaman Kersen awal penanaman pada reaktor tiga untuk minggu pertama, (B) Tanaman Kersen awal penanaman pada reaktor dua untuk minggu ketiga dalam proses fitoremediasi

Pengaruh logam berat Merkuri (Hg) pada pertumbuhan tanaman lainnya yaitu tinggi tanaman yang tidak mengalami perubahan secara signifikan dibandingkan dengan tanaman kontrol. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Minggu	Tinggi tanaman dalam reaktor (cm)			
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4
1	55	34,5	34	50
2	56	35	35,5	51,5
3	57,5		37	52
4	58,7			53

Keterangan: Reaktor 1: Reaktor sampel yang tidak di aliri larutan Merkuri (Hg),
Reaktor 2, Reaktor 3, Reaktor 4: Reaktor sampel yang di aliri larutan Merkuri (Hg)

Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan unsur hara dalam tanah masih terpenuhi, adapun reaksi dimana terjadi pertukaran ion-ion dalam tanah atau KTK (Kapasitas Tukar Kation) yang menunjang kebutuhan unsur hara dalam tanah. Reaksi pertukaran kation adalah sebagai berikut:



Unsur Ca dalam tanah akan bereaksi dengan ion NH_4^+ karena dalam penukaran kation NH_4^+ yang merupakan ion monovalen memiliki daya penukaran kation yang kuat.

A. Pembuatan Kurva Standar Hg

Kurva kalibrasi diperoleh dari hasil serapan larutan standar terhadap konsentrasi yang sudah ditentukan sehingga dari kurva ini akan diperoleh persamaan regresinya. Pembuatan kurva kalibrasi diawali dengan pembuatan larutan standar Merkuri (Hg), dengan tujuan untuk mengukur tingkat ketelitian data. Dilakukan pengenceran dari larutan induk Merkuri (Hg) dengan teliti dan hati-hati, agar kesalahan dalam pengenceran relative kecil. Menurut Nasir (2017), pengujian larutan standar menggunakan larutan kalium permanganat untuk mengoksidasi senyawa merkuri klorida, sehingga menjadi ion merkuri. Reaksi kalium permanganat dengan merkuri klorida adalah sebagai berikut:



Untuk analisis kelebihan permanganat dihancurkan dengan hidrosilamin hidroklorida. Selain itu, penggunaan hidrosilamin hidroklorida untuk menghilangkan warna pada KMnO_4 . Reaksinya adalah sebagai berikut:



Larutan standar yang digunakan juga ditambahkan dengan larutan SnCl_2 yang digunakan sebagai pereduksi untuk mengurangi ion merkuri pada raksa. Reaksinya adalah sebagai berikut:

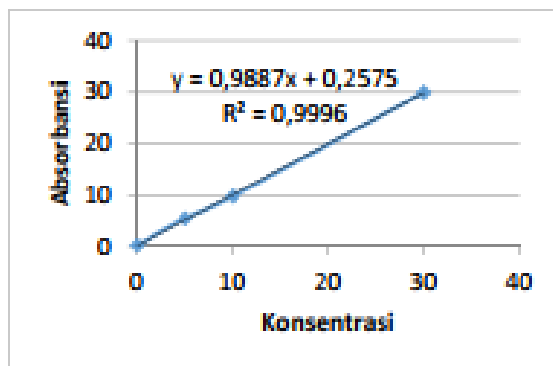


setelah proses analisis maka akan ditampilkan hasil absorbansi standar yang terbaca, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Absorbansi

Konsentrasi standar (ppm)	Absorbansi
0	0,261
5,0	5,485
10,0	9,784
30,0	29,991

Dari absorbansi yang diperoleh selanjutnya dibuat kurva kalibrasi yang menyatakan hubungan antara absorbansi (A) dengan konsentrasi (C) dari zat standar yang telah diketahui konsentrasinya. Kurva kalibrasi larutan merkuri ditunjukkan pada gambar 3.



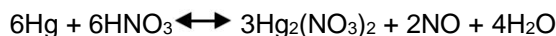
Gambar 3. Kurva standar Merkuri (Hg)

Dari kurva kalibrasi pada Gambar 3 diperoleh persamaan regresi $y = 0,0071x + 0,0649$ dengan koefisien korelasi (r) adalah 0,9996. Harga koefisien korelasi menunjukkan bahwa variasi konsentrasi terhadap serapan mempunyai hubungan yang erat, yaitu semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula absorbansi.

B. Proses Destruksi Sampel

Penentuan kandungan mineral dalam suatu sampel tumbuhan dapat dilakukan dengan metode destruksi. Salah satunya yaitu destuksi kering karena lebih sesuai dengan sampel yang akan dianalisis yaitu logam Hg. Destruksi kering merupakan yang paling umum digunakan dengan cara membakar habis bagian organik dan meninggalkan residu anorganik sebagai abu untuk analisis lebih lanjut. Pada destruksi kering pengabuan harus diperhatikan karena banyak abu yang dapat menguap pada suhu tinggi, selain itu suhu pengabuan juga dapat menyebabkan dekomposisi senyawa tertentu. Oleh karena itu, suhu pengabuan untuk setiap bahan berbeda-beda bergantung komponen yang ada dalam bahan tersebut. Pengabuan kering dapat diterapkan pada hampir semua analisa mineral, kecuali merkuri dan arsen. Cara ini lebih membutuhkan sedikit ketelitian sehingga mampu menganalisa bahan lebih banyak dari pada pengabuan basah (Hidayati, 2013).

Larutan yang digunakan campuran Asam Sulfat (H_2SO_4) pekat dan Asam Nitrat (HNO_3) pekat secara berturut-turut adalah untuk mempercepat proses destruksi. Kedua asam ini merupakan oksidator yang kuat. Dengan penambahan oksidator ini akan menurunkan suhu destruksi sampel sehingga komponen yang menguap atau terdekomposisi pada suhu tinggi dapat dipertahankan sehingga hasilnya dapat lebih baik. Adapun reaksi asam nitrat dengan logam Merkuri sebagai berikut:



Selanjutnya ditambahkan H_2O_2 yang berfungsi sebagai reagen pereduksi yang nantinya akan membuat larutan menjadi bening. Kemudian sampel akan ditambahkan dengan larutan $HNO_3 : HCl$ pekat dengan perbandingan 3:1 larutan ini digunakan untuk melarutkan logam-logam mulia seperti emas dan platina yang tidak larut dalam asam klorida pekat dan asam nitrat pekat. Reaksi yang terjadi dengan 3 volume asam klorida pekat dicampurkan dengan 1 volume asam nitrat adalah:



Gas klor dan gas nitrosil klorida ($NOCl$) inilah yang mengubah logam menjadi senyawa logam klorida dan selanjutnya diubah menjadi kompleks anion yang stabil dan selanjutnya bereaksi lebih lanjut dengan Cl^- .

C. Analisis Merkuri (Hg) Pada Sampel Tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*)

Konsentrasi logam Merkuri (Hg) yang diteliti dalam penelitian ini adalah konsentrasi Merkuri (Hg) dalam tanah dalam empat minggu dengan tujuh hari awal dijadikan sebagai tanaman yang akan dijadikan variabel kontrol dan minggu berikutnya merupakan minggu perlakuan terhadap sampel yang dimulai selama tujuh hari, empat belas hari, dan dua puluh satu hari. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Kadar Merkuri (Hg) Pada Tanaman

Reaktor	Jenis tanaman	Konsentrasi(ppm)
I	Tanah	0,07
	Akar	0,07
	Daun	0,78
II	Tanah	6,80
	Akar	1,14
	Daun	0,86
III	Tanah	7,31
	Akar	3,73
	Daun	4,67
IV	Tanah	7,97
	Akar	0,07
	Daun	0,08

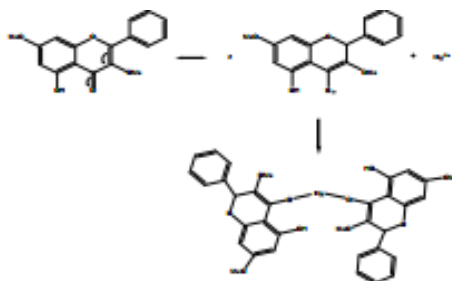
Berdasarkan pada data Tabel 3 minggu pertama yang dijadikan sebagai tanaman kontrol tidak menunjukkan perubahan yang berbeda dengan tumbuhan pada umumnya karena berdasarkan tinggi tanaman, tanaman ini bertumbuh dengan maksimal serta tidak terdapat kerusakan baik pada daun maupun akar tumbuhan. Selain itu tanaman pada minggu pertama ini diperuntukan sebagai tanaman yang akan dilakukan pengujian terhadap media tanam (tanah) dan tanaman kersen (*Muntingia Calabura L*) untuk mengetahui kandungan logam yang terdapat pada tanah dan tanaman. Pengujian awal kadar logam berat Merkuri (Hg) pada tanaman diperlukan untuk mengetahui besarnya nilai konsentrasi kadar logam berat Merkuri (Hg) pada tanah dan tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*) yang akan digunakan dan juga untuk mengetahui apakah tanah dan tanaman yang akan digunakan layak untuk diteliti. Menurut Alloway, 1995. 0,3 – 0,5 ppm adalah konsentrasi kritis untuk tanaman yang telah terakumulasi Merkuri (Hg). Hasil yang didapat dari analisis tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*) pada minggu pertama menunjukkan tanah dan akar yang digunakan memiliki kadar Merkuri (Hg) yang sangat rendah yaitu pada tanah dan akar berturut-turut 0,07 ppm, 0,07 ppm. Hasil ini menunjukkan juga bahwa pada tanah tanpa perlakuan telah memiliki kadar Hg 0,07. Hal ini karena Merkuri (Hg) mengalami serangkaian reaksi kimia dan transformasi fisik yang kompleks dalam siklusnya di atmosfer, tanah dan air. Merkuri mengalami transformasi fisik seperti pencucian, erosi dan penguapan serta mengalami transformasi biokimia seperti metilisasi dan reduksi fotokimia. Mobilisasi Hg dapat terjadi melalui reaksi naiknya larutan Hg di dalam tanah (Essa, 2002). Sehingga tanah yang dijadikan sebagai kontrol pun telah mengandung logam Hg meski dalam konsentrasi yang rendah. Namun pada daun konsentrasi Merkuri (Hg) sebesar 0,78 ppm. Nilai konsentrasi Merkuri (Hg) yang besar pada daun dikarenakan letak antara reaktor satu dengan reaktor yang lain saling berdekatan dan kersen diketahui memiliki stomata daun yang lebih banyak di permukaan bawah

daun dibandingkan dengan permukaan atas dan stomata daun kersen memiliki jumlah kerapatan yang tinggi sehingga semakin tinggi pula potensi menyerap logam berat. (Campbell, dkk 1999).

Pada minggu kedua dalam kurun waktu tujuh hari tanaman dialirkan larutan Merkuri (Hg) 10 ppm. Hasilnya menunjukkan kadar Merkuri (Hg) dalam tanah adalah sebesar 6,80 ppm, pada akar 1,14 ppm dan pada daun yaitu 0,86 ppm. Menurut Pivetz (2001) yang dipublikasikan oleh EPA (*Environmental Protection Agency*) 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 Kersen (*Muntingia Calabura L*) ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer dan kemudian diserap oleh daun sehingga kadar Merkuri (Hg) dalam daun lebih sedikit dibanding akar dan tanah, proses ini yang kemudian disebut fitovolatilisasi (*Follage Filtration*).

Berbeda halnya dengan konsentrasi Merkuri (Hg) pada akar dari hasil analisis yaitu menunjukan sekitar 1,14 ppm dimana lebih kecil kadar Merkuri (Hg) pada akar dari pada tanah 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 ditranslokasikan menuju ke arah organ-organ lain yang disebut proses fitoekstraksi (Wang, 2004). Dalam menyerap logam berat, tumbuhan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi mereduksi logam dari akar, kemudian Merkuri (Hg) harus diangkat melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem ke bagian tumbuhan yang lain untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan. Setelah itu, Merkuri (Hg) diakumulasikan di seluruh bagian seperti pada daun tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*) (Gosh dan Singh, 2005). Hal ini juga yang menjelaskan kecilnya kadar Merkuri (Hg) pada daun karena logam Merkuri (Hg) telah terakumulasi pada tanah dan akar sehingga penyerapannya pada daun hanya sedikit yaitu sekitar 0,86 ppm.

Hasil penelitian pada minggu ke tiga menunjukkan perbedaan pada tanah, akar dan daun berturut-turut adalah 7,31 ppm, 3,73 ppm 4,67 ppm. Pada tanah kadar Merkuri (Hg) lebih tinggi dibandingkan dengan pada minggu pertama dan kadar Merkuri (Hg) pada tanah pada hari ke dua pun lebih besar dari pada bagian tumbuhan lainnya, hal ini karena pengaruh waktu remediasi terhadap konsentrasi Merkuri (Hg) pada tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*). Selain itu dalam penelitian ini diperoleh konsentrasi Merkuri (Hg) pada daun yang lebih besar dari akar yaitu pada daun sebesar 4,67 ppm dan pada akar 3,73 ppm. Berbeda dengan hasil lainnya pada minggu ke empat belas menunjukan penyerapan Merkuri (Hg) terbanyak berada pada daun (Tajuk) tumbuhan hal ini dikarenakan tanaman kersen ini kaya akan flavonoid, flavon dan flavonon. Hasil penelitian ekstraksi tanaman kersen menunjukkan bahwa simplisia tanaman Kersen mengandung senyawa golongan flavonoid, kuinon, polifenolat, saponin, steroid, triterpenoid, monoterpenoid dan seskuiterpenoid. Pada ekstraksi untuk daun menunjukkan hasil ekstrak tanaman kersen mengandung flavonoid sebesar 91.5 mg (William dkk.2015). Karena banyaknya flavonoid pada daun tumbuhan sehingga menyebabkan senyawa ini mampu menahan logam Hg pada daun sehingga reaksinya sebagai berikut:



Gambar 4. Reaksi Flavonoid dengan Merkuri

Senyawa flavonoid mampu mengikat logam Hg karena memiliki molekul Khelat yang berfungsi sebagai pengikat logam pada bagian tumbuhan sehingga logam Hg pada daun dapat tertahan dan menyebabkan akumulasi logam Hg pada daun meningkat hal ini juga menunjukkan bahwa Merkuri (Hg) terdistribusi meningkat dan mencapai waktu maksimum pada waktu remediasi empat belas hari dan mengalami penurunan pada waktu remediasi selanjutnya yaitu dua puluh satu hari. Peningkatan konsentrasi tersebut disebabkan tanaman Kersen (*Muntingia Calabura* L) berada dalam proses pertumbuhan sehingga proses penyerapan dan akumulasi Merkuri (Hg) masih berlangsung, hingga belum mencapai kondisi optimum (jenuh) (Chussetijowati dkk, 2012). Dari hasil Penelitian menunjukkan bahwa kemampuan Merkuri (Hg) yang terdistribusi ke daun tanaman Kersen (*Muntingia Calabura* L) memberikan nilai lebih besar, yaitu pada waktu remediasi empat belas hari.

Data pada Tabel menunjukkan hasil untuk hari ke dua puluh satu atau minggu ke empat menunjukkan hasil pada Akar tanaman Merkuri (Hg) yang terakumulasi sebesar 0,07 ppm, pada tanah sebesar 7,97 ppm dan pada daun 0,08 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar Merkuri (Hg) pada akar dan daun dibandingkan dengan hari ke tujuh dan hari ke empat belas. Terjadinya penurunan kadar logam Merkuri (Hg) yang drastis dikarenakan masa aklimatisasi yang lama yaitu dua puluh satu hari. Namun berbeda halnya dengan konsentrasi Merkuri (Hg) dalam tanah pada tanaman kersen (*Muntingia Calabura* L) pada hari ke dua puluh satu menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan hari ke tujuh dan ke empat belas.

Tingginya kadar Merkuri (Hg) pada tanah menunjukkan bahwa semakin lama waktu detensi maka akan semakin banyak kadar logam Merkuri (Hg) yang tersisihkan dalam tanah. Pada tanah hasil analisis menunjukkan bahwa akumulasi Merkuri (Hg) sebanyak 7,97 ppm yang jika di lihat pada tabel merupakan kadar Merkuri (Hg) tertinggi dibandingkan dengan hari-hari sebelumnya. Konsentrasi logam Merkuri (Hg) dalam tanah dapat meningkat karena tanaman dapat melepaskan kembali logam Merkuri (Hg) melalui proses eksudat akar. Eksudat akar adalah senyawa yang dikeluarkan oleh tanaman yang digunakan oleh mikroorganisme untuk berkembang biak (Al Khoiriah, 2015). Proses eksudat akar mengakibatkan logam Merkuri (Hg) dalam tanah kembali meningkat hal inilah yang menyebabkan pada hari ke dua puluh satu akar masih mampu untuk menyerap logam Merkuri (Hg). Namun karena pada akar dan daun tumbuhan telah mencapai titik jenuh dimana titik jenuh adalah batas waktu maksimum yang dapat ditolerir tanaman dalam menyerap logam berat sehingga penyerapannya maksimal. Setelah melewati titik jenuh, kemampuan tanaman dalam menyerap logam berat menurun penyebabnya juga dapat berupa akar tanaman yang mengalami stres atau jenuh sehingga penyerapan Merkuri (Hg) berkurang yang akibatnya transfer ke bagian daun tanaman pada minggu tersebut sangat kecil dan juga diakibatkan karena tanaman telah mengalami dampak toksisitas dari konsentrasi logam berat yang tinggi sehingga mengganggu penyerapan pada tanaman tersebut (Munawar, 2010).

Hal ini sejalan dengan hasil yang di dapat karena pada akar dan daun menunjukkan konsentrasi kadar Merkuri (Hg) yang terendah dibandingkan dengan hari ke tujuh dan hari ke empat belas, dimana kadar Merkuri (Hg) yang terdapat pada daun dan akar adalah 0,07 ppm dan 0,08 ppm.

D. Konsentrasi Merkuri (Hg) Pada Akar Dan Daun, BCF Dan TF Pada Tanaman Kersen (*Muntingia Calabura* L)

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 4.

Tabel 4. Nilai BFC dan TF pada tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*)

Reaktor	Faktor Biokonsentrasi (BCF)	Faktor Translokasi(TF)
II	0,29	0,75
III	1,14	1,24
IV	0,01	1,14

Hasil penghitungan faktor biokonsentrasi (BCF) tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*) menunjukkan nilai BCF yang bervariasi setiap minggunya. Pada penelitian ini nilai BCF untuk minggu ke dua yaitu 0,29 yang menunjukkan bahwa terjadinya proses fitovolatilasi dimana Merkuri (Hg) menguap ke atmosfer dan diserap oleh tumbuhan. Hal ini yang menunjukkan bahwa tanaman masih memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat karena hasilnya < 1 maka dapat dikatakan BCF dapat dijadikan sebagai excluder.

Sedangkan pada minggu ke tiga atau hari ke empat belas nilai BCF menunjukkan hasil yang maksimum dimana nilai BCF yang diperoleh adalah sebesar 1,14 menurut literatur bahwa jika nilai BCF > 1 maka dapat dijadikan sebagai tanaman akumulator. Hasil yang sama pun di tunjukan oleh penelitain yang dilakukan oleh Rini dan Suswati. (2013) dimana hasil penelitian menggunakan sawi putih menunjukkan hasil yang sama yaitu nilai BCF > 1 , hal ini menunjukkan bahwa tanaman Kersen (*Muntingia Calabura L*) dapat memindahkan logam dari tanah ke akar dan bagian pucuk dengan Maksimal.

Pada minggu ke empat nilai BCF yang diperoleh adalah 0,01 atau dengan kata lain nilai BCF pada minggu ke empat merupakan nilai BCF terendah dibandingkan minggu-minggu sebelumnya. Hal ini dikarenakan waktu detensi yang lama sehingga akar tanaman tidak lagi mampu untuk menyerap logam dari tanaman kemudian di sebarakan ke pucuk tanaman atau dengan kata lain kemampuan akar untuk menyerap logam berat telah menurun serta tanaman telah mengalami dampak toksisitas yang mengganggu penyerapan pada tanaman tersebut.

Logam dari akar ke pucuk tanaman yang dihitung dengan membagi konsentrasi logam di bagian pucuk dengan bagian akar. Rasio translokasi Merkuri (Hg) dari akar ke pucuk (Nilai TF) dari tanaman ini pada minggu pertama yaitu kurang dari 1 (0,75), hal ini mengindikasikan bahwa Merkuri (Hg) tertahan pada jaringan akar dan hanya sedikit yang ditransfer ke pucuk atau menunjukkan mobilitas Merkuri (Hg) yang rendah dari akar ke pucuk dan immobilisasi Merkuri (Hg) di akar. Nilai TF paling rendah adalah 0,75 yang menunjukkan bahwa tanaman ini mempunyai kemampuan menahan Merkuri (Hg) di akar lebih besar. Gupta dan Sinha (2008) menyatakan bahwa tanaman yang mengakumulasi Merkuri (Hg) di akarnya lebih besar dari yang ditransfer di pucuk menunjukkan bahwa akar tanaman tersebut dapat mengenali Merkuri (Hg) sebagai unsur toksik sehingga terjadi mekanisme inaktivasi seperti sekuestrasi unsur tersebut di vakuola atau pada dinding sel.

Pada minggu kedua dan ketiga menunjukkan hasil mencapai 1,25 dan 1,14. Hasil TF pada ke dua minggu terakhir ini dengan hasil dari nilai TF > 1 . Hal ini menunjukkan bahwa pada minggu ke tiga dan ke empat tanaman memiliki kemampuan transfer logam dari akar ke pucuk tanaman yang maksimal sehingga pada ke dua minggu tersebut logam masih mampu untuk di akumulasi ke pucuk yang menyebabkan konsentrasi logam pada pucuk tanamam yang lebih besar dari pada akar tanaman dari kedua hasil tersebut menunjukkan nilai TF pada tanaman kersen terjadi melalui mekanisme fitostabilisasi.

Berdasarkan hasil penghitungan BCF dan TF pada tanaman Kersen (*Muntngia Calabura L*) dapat dikatakan bahwa tanaman kersen (*Muntngia Calabura L*) dapat dijadikan sebagai tanaman hiperakumulator dengan waktu optimum empat belas hari. Karena pada hari keempat belas atau minggu ketiga nilai BCF dan TF > 1 . Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Rony Irawanto dan Sarwoko Mangkoedihardjo (2015). Pada tumbuhan *Acanthus ilicifolius* (Jeruju) dan *Coix lacryma-jobi*

(Jali) yang mampu mengakumulasi logam berat seperti Pb dan Cd terbesar pada bagian akar, dan berpotensi sebagai tumbuhan hiperakumulator dengan nilai TF dan BCF > 1.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Tanaman kersen (*Muntingia Calabura*) dapat mengurangi kadar Hg dalam tanah yang tercemar logam berat Hg karena mampu mengakumulasi dan mentranslokasikan logam Hg tersebut ke seluruh bagian tumbuhan serta tanaman kersen merupakan tanaman hipertoleran terhadap logam berat.
2. Tanaman kersen (*Muntingia Calabura* L) menyerap logam Hg pada hari ke tujuh di bagian akar tanaman kersen mampu menyerap logam sebesar 1,14 ppm pada bagian akar dan pada daun sebesar 0,86 ppm; pada hari ke empat belas bagian akar tanaman kersen menyerap logam Hg sebesar 3,73 ppm pada akar dan pada daun sebesar 4,64 ppm dan pada hari ke dua puluh satu akar tanaman kersen menyerap 0,07 ppm dan daunnya 0,08 ppm.
3. Nilai BCF dan TF berturut-turut adalah pada hari ke tujuh 0,29 dan 0,75; pada minggu ke empat belas 1,14, 1,24 dan pada minggu ke dua puluh satu 0,01 dan 1,14. Pada hari ke empat belas nilai BCF dan TF adalah 1 sehingga tanaman ini dapat dijadikan tumbuhan hiperakumulator pada hari ke empat belas.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Rahmat, AL Ramah, Kadar Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) Dan Seng (Zn) Pada Tanah Di Sekitar Rumah Susun Panta Losari Kota Makassar, 2016
- Bayu, I Made., Dwina Roosmini, Poppy Intan Tjahaja. 2010. Akumulasi Logam Kobalt Dari Tanah Andosol Menggunakan Tanaman Sawi India (*Brassica Juncea*). (diakses pada tanggal 03-07-2017 jam 08:15) <http://www.ftsl.itb.ac.id>
- Campbell, Reece, Mitchel. 1999 Flora eksotika Tanaman Peneduh. Yogyakarta: Kanisius
- Chaney, R.L., et al. 1995. Potential use of metal hyperaccumulators Mining Environ Manag 3:9-11.
- Chussetijowati, J., Tjahaya, P. I., dan P. Sukmabuana, 2012. Fitoremediasi Radionuklida 134Cs dalam Tanah.
- Essa, A.M.M., L. E. Macaskie and N. L. Brown. Mechanisms of mercury Bioremediation. Biochemical Society Transactions (2002) Volume 30, part 4.
- Ghosh M. and Singh S.P. 2005. Comparative uptake and phytoextraction study of soil induced chromium by accumulator and high Biomass weed species. Journal Applied Ecology and Environmental Research, Volume 3. No.2, page 67-79.
- Ghosh, M., S. P. Singh. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metal and Utilization of Its by Product. Applied Ecology and Environmental Research. 3 (2): 1-18
- Hidayati, N., Yulintina, D, R., Nuzula, S., Nurjanah, S., Dan P. S. Dewi. 2012. toksikologi Lingkungan Logam Berat Merkuri. Hidayati E.N. 2013. *Perbandingan Metode Destruksi Pada Analisis Pb Dalam Rambut Dengan AAS*. Skripsi Fakultas MIPA: Universitas Negeri Semarang.
- Kovacs, M. 1992. Biological Indicators in Environmental Protection. Market Cross House. England.
- Melethia, C. L.A. Jhonson, dan W. Amber. 1996. Ground Water Polution: In situ Biodegradation. http://www.cee.vt.edu/program_areas/enviromental_teach/gwprimer/group1/ind/ind.html. [Diakses pada 09 -8-2017, jam 11:30].
- Munawar., dan A. Rina. 2010. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). J. ilmu Teknik Lingkungan 2.

- Wang, Q.R., Cui Y.S., liu X.M., Dong Y.T., Christine P. 2003. Soil Contamination and Plant uptake of Heavy Metals at polluted Sited in China. *J. Environ, Sci. Health*, Vol. 38, No 5, hal. 823-838.
- Wise DL, Trantolo DJ, Cichon EJ, Inyang HI, Stottmeister U (ed). *Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. hlm 729-743.
- William Patrick Cruz Buhian, Raquel Orejudos Rubio. (2016): Bioactive Metabolite profiles and antimicrobial activity of ethanolic extracts from *Muntingia calabura* L. leaves and stems. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 684-685.