

LAPORAN PENELITIAN

KERJA SAMA UNG-EHIME UNIVERCITY DANA PNBP TAHUN 2014



POTENSI TANAMAN GENJER (*Lamncharis Flava*) SEBAGAI AKUMULATOR LOGAM Pb DAN Cu

Pengusul

Prof. Dr. Ishak Isa, M.Si
Dr. rer.nat Mohamad Jahja, M.Si
Prof. Masayuki Sakakibara, PhD

FAKULTAS MATEMATIKA DAN IPA
LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

SEPTEMBER 2014

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PENELITIAN KERJASAMA (PEMDA, BUMD/N,SWASTA)

Judul Kegiatan : POTENSI TANAMAN GENJER (*Lamncharis Flava*)
 SEBAGAI AKUMULATOR LOGAM Pb DAN Cu

KETUA PENELITIAN

A. Nama Lengkap : Prof. Dr. Ishak Isa, M.Si
 B. NIDN : 0026056106
 C. Jabatan Fungsional : Guru Besar
 D. Program Studi : Pendidikan Kimia
 E. Nomor HP : 081356139399
 F. Email :

ANGGOTA PENELITIAN (1)

A. Nama Lengkap : Dr. rer. nat. Mohamad Jahja, S.Si., M.Si.
 B. NIDN : 0017027401
 C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Lama Penelitian Keseluruhan : 6 bulan
 Penelitian Tahun Ke : 1
 Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 50.000.000,-
 Biaya Tahun Berjalan :
 - Diusulkan Ke Lembaga : Rp 50.000.000,-
 - Dana Internal PT : -
 - Dana Institusi Lain : -

Mengetahui
 Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam


 (Prof. Dr. Fyfe P. Hulucati, M.Pd)
 NIP/NIK. 196005301986032001
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN IPA

Gorontalo, 20 Agustus 2014
 Ketua Peneliti,


 (Prof. Dr. Ishak Isa, M.Si)
 NIP/NIK. 196105261987031005

Menyetujui,
 Ketua Lembaga Penelitian

 (K. Dr. Iriyane Lihawa, M.Si)
 NIP/NIK. 196912091993032001
 LEMBAGA PENELITIAN

ABSTRAK

Fitoremediasi merupakan salah satu metode pemulihan kualitas lingkungan yang tercemar dengan cara dekontaminasi lingkungan dengan menggunakan tanaman. Tujuan jangka panjang yang ingin dicapai dalam penelitian adalah dapat dimanfaatkannya tanaman genjer (*Lamncharis flava*) sebagai agen Fitoremediasi dalam membersihkan lingkungan air yang tercemar logam berat. Tujuan khusus adalah mempelajari tanaman genjer sebagai agen Fitoremediasi terhadap logam Pb dan Cu, serta mengetahui daya serap tanaman genjer terhadap logam Pb dan Cu yang dipanen pada umur 10, 15, 20, 25, dan 30 hari. Penelitian ini dilakukan dengan menumbuhkan tanaman genjer dalam polybag yang berisi media tumbuh dan disiram dengan larutan logam berat Pb dan Cu dengan kadar 15 ppm. Kadar logam Pb dan Cu yang diserap oleh tanaman genjer pada waktu panen 10, 15, 20, 25, dan 30 hari. Diukur dengan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu meremediasi logam Pb dan Cu. Daya serap tanaman genjer terhadap Pb berkisar 24,67%-30,0%, penyerapan tertinggi pada waktu tanam 10 hari dan terendah 30 hari. Untuk daya serap tanaman genjer terhadap Cu berkisar 30,28% -55,78% daya serap tertinggi pada waktu tanam 10 hari. Daya serap tanaman genjer terhadap campuran logam Pb dan Cu berkisar 19,19%-38,78% dengan serapan tertinggi pada 15 hari dan teendah 30 hari.

Kata Kunci: Fitoremediasi, genjer (*Lamncharis flava*), Plumbum, Cuprum

KATA PENGANTAR

Punji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai agen Fitoremediasi terhadap limbah logam berat Pb dan Cu. Untuk mengetahui daya serap tanaman genjer (*Limnocharis flava*) terhadap logam Pb dan Cu yang dipanen pada umur kontaminan 10, 15, 20, 25, dan 30 hari. Proses Fitoremediasi merupakan teknologi alternative yang dapat dikembangkan sebagai salah satu alternatif untuk membersihkan limbah logam berat di masa datang.

Hasil yang telah diperoleh pada penelitian adalah tanaman genjer mampu menyerap logam berat Pb dan Cu, oleh karena itu tanaman ini dapat digunakan sebagai agen fitoremediasi terhadap limbah logam berat. Laporan ini dibuat sebagai bentuk pertanggungjawaban dana penelitian PNBPN UNG tahun 2014. Untuk itu saya menyampaikan terima kasih kepada Direktur DP2M beserta staf atas bantuan dana diberikan.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanaman Genjer	3
2.2. Logam Berat.....	5
2.3. Fitoremediasi.....	7
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1. Tujuan Penelitian.....	11
3.2. Manfaat Penelitian.....	11
BAB IV. METODE PENELITIAN	
4.1. Waktu dan Tempat.....	12
4.2. Alat dan Bahan Yang digunakan.....	12
4.3. Rancangan Penelitian.....	12
4.4. Prosedur Kerja.....	12
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1. Hasil Penelitian.....	15
5.2. Pembahasan.....	17
BAB VI. PENUTUP	
6.1. Kesimpulan.....	23
6.2. Saran.....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	24
LAMPIRAN.....	25

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 5.1. Data Serapan Pb dan Cu.....	15
Tabel 5.2. Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu pada Tanaman Genjer.....	16
Tabel 5.3 Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Setelah Perlakuan.....	17

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1. Alur Penelitian.....	14
Gambar 5.1. Kurva Kalibrasi Pb.....	16
Gambar 5.2. Kurva Kalibrasi Cu.....	16
Gambar 5.3. Persentase Kandungan Logam Pb Pada Tanaman Genjer....	17
Gambar 5.4. Persentase Kandungan Logam Cu Pada Tanaman Genjer....	17
Gambar 5.5. Pengaruh Waktu Terhadap Penyerapan Logam Pb.....	20
Gambar 5.6. Pengaruh Waktu Terhadap Penyerapan Logam Cu.....	20
Gambar 5.7. Perbandingan Penyerapan Logam Pb dan Cu.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Biodata Peneliti.....	25
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dekontaminasi air dari unsur-unsur logam berat dapat dilakukan dengan teknik fitoremediasi, yaitu dengan menggunakan tanaman yang mempunyai kemampuan lebih untuk menyerap unsur-unsur tersebut. Secara lengkap istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air, untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik di lingkungan. Kemampuan tanaman untuk mengakumulasi bahan-bahan kimia tertentu dapat dimanfaatkan untuk kajian indikator biologis dan fitoremediasi dalam kasus pencemaran bahan logam-logam berat di lingkungan.

Beberapa jenis tumbuhan ditemukan mempunyai kemampuan untuk hidup pada lingkungan yang memiliki akumulasi logam cukup tinggi. Pada lingkungan yang mempunyai kandungan logam cukup tinggi diperlukan jenis tanaman yang mampu menurunkan (*detoksifikasi*) atau akumulasi logam sehingga kualitas lingkungan meningkat. Penurunan konsentrasi polutan dengan menggunakan aktivitas tanaman dikenal dengan istilah fitoremediasi (Widyati, 2011). Beberapa tanaman akuatik (air) dan semiaquatic seperti eceng gondok, *Hydrocotyle umbellata*, *lemna minor*, *Azolla pinnata*, genjer, dan *Mikania cordata* mampu menyerap logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), besi (Fe) dan merkuri (Hg) dari lingkungan tercemar. Kemampuan ini sekarang digunakan dalam beberapa kontruksi lahan basah dan mungkin mejadi efektif dalam menghilangkan beberapa logam berat dari air.

Salah satu tanaman yang berpotensi penyerap (akumulator) logam pencemar adalah tanaman genjer (*Limnocharis flava*). Tanaman ini dapat tumbuh dengan subur pada daerah rawa baik yang tercemar maupun tidak, disamping itu perkembangbiakannya yang sangat cepat sering menjadi gulma di persawahan. Kemampuannya yang dapat tumbuh pada lingkungan tercemar, dengan pola adaptasi khusus sehingga mampu bertahan pada lingkungan yang mengandung unsur-unsur toksik atau logam-logam berat (Kurniawan, 2008). Hasil penelitian Priyanti dan Yunita (2013) menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu menyerap logam Fe 2,24 – 9,72 ppm (20,32%-63,99%) dan logam Mn 0,31-1,66

ppm (20,45%-63,21%). Disisi lain tanaman genjer (umbi) sering dikomsumsi oleh petani karena secara alami tanaman ini mudah tumbuh dan ditanam di daerah persawahan atau daerah rawa.

Limnocharis flava merupakan tumbuhan yang secara teroritis dapat menyerap air dan logam yang terdapat di dalamnya sehingga dapat digunakan sebagai akumulator maupun remediator dalam penyerapan logam. Kemampuan *Limnocharis flava* menyerap berbagai logam berat khususnya Timbal dan Tembaga perlu untuk dipelajari.

Dengan memperhatikan kemampuan membersihkan cemaran limbah logam berat, maka sangatlah perlu dilakukan penelitian tentang “Potensi Tanaman Gejer (*Lamncharis flava*) Sebagai Akumulator Logam Berat Pb dan Cu”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apakah tanaman Genjer (*Lamncharis flava*) dapat berperan sebagai agen Fitoremidiasi terhadap logam Pb dan Cu.
2. Berapakah daya serap tanaman (*Limnocharis flava*) terhadap logam Pb dan Cu yang dipanen pada umur kontaminan 10, 15, 20, 25, dan 30 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Genjer (*Lamncharis flava*)

Genjer (*Lamncharis flava*) merupakan tanaman yang hidup di daerah rawa atau kolam berlumpur yang banyak airnya. Tanaman ini berasal dari Amerika, terutama bagian negara beriklim tropis. Biasanya tanaman genjer ditemukan hidup bersama-sama dengan eceng gondok, seperti pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1. Tumbuhan Genjer (*Limnocharis flava*), Prayogi (2013)

Klasifikasi Tumbuahn Genjer (*Limnocharis Flava*) adalah sebagai berikut:

- Kerajaan : Plantae
- Devisi : Magnoliophyta
- Kelas : Alismatales
- Ordo : Alismatales
- Famili : Limnocharitaceae
- Genus : Limnocharis
- Spesies : *Limnocharis flava*

Tanaman genjer bisa menjadi gulma sawah yang serius jika tidak ditangani segera. Tanaman ini dapat diperbanyak secara vegetatif walaupun bijinya pun dapat ditanam. Tanaman genjer merupakan tanaman yang mempunyai daun termasuk kategori daun lengkap. Tunggal, roset akar, bertangkai persegi, lunak, panjang 15-25 cm, helai daun lonjong, memiliki ujung daun meruncing dengan

pangkal yang tumpul, tepi daun rata, panjang 5-50 cm, lebar 4-25 cm, pertulangan daun sejajar, dan berwarna hijau. Batang tanaman genjer memiliki panjang 5-75 cm, tebal, berbentuk segitiga dengan banyak ruang udara, terdapat pelapis pada bagian dasar. Berdasarkan pada letaknya, bunga pada tanaman genjer ini terdapat di ketiak daun, majemuk, berbentuk payung, terdiri dari 3-15 kuntum, kepala putik bulat, ujung melengkung ke arah dalam, dan berwarna kuning (Nuarisma, 2012).

Adapun batang tanaman genjer berbentuk bundar. Arah batang di atas tanah genjer memiliki batang yang tegak dengan berarah tegak lurus ke atas. Apabila dilihat tanaman ini mempunyai akar serabut. Akar lembaga dari tanaman ini dalam perkembangan selanjutnya mati atau kemudian disusul oleh sejumlah akar yang kurang lebih sama besar dan semuanya keluar dari pangkal batang. Akar-akar ini karena bukan berasal dari calon akar yang asli yang dinamakan akar liar, bentuknya seperti serabut, oleh karena itu dinamakan akar serabut .

Pemanfaatan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) oleh masyarakat khususnya Jawa Barat biasanya dikonsumsi sebagai sayuran. Tanaman ini biasanya tidak dikonsumsi mentah tetapi dipanaskan di atas api atau dimasak untuk waktu yang singkat. Pengolahan genjer sebagai sayuran adalah dengan pengukusan genjer segar hingga setengah matang yang dikonsumsi sebagai lalapan. Daun dan bunga genjer berkhasiat sebagai penambah nafsu makan. Daun dan bunga genjer banyak mengandung kardenolin, flavonoid, dan polifenol. Selain dikonsumsi, genjer digunakan sebagai pakan makanan ternak, batang genjer dicacah menjadi bagian kecil-kecil, kemudian dicampur dengan bekatul atau dedak (Nuarisma, 2012).

Tanaman genjer teridentifikasi sebagai tanaman akumulator terhadap beberapa logam berat. Beberapa peneliti yang menggunakan tanaman genjer sebagai fitoremediasi antara lain dilakukan oleh Alfa (2003), Hermawati, Wiryanto dan Solichatun (2005) dan Avlenda (2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa genjer mampu secara efektif menurunkan kadar logam berat timbal (Pb), BOD, COD, DO, TSS, sulfat, dan fosfat di perairan yang tercemar oleh limbah.

2.2 Logam Berat

Logam berat didefinisikan suatu kesatuan jenis logam yang mempunyai bobot molekul lebih besar dengan densitas lebih dari 5 g/cm^3 (Palar, 1995). Menurut Darmono (1995) dalam panjaitan 2009 faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi.

Organisme pertama yang terpengaruh akibat penambahan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh ditanah atau habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut. Dengan demikian pengaruh logam berat tersebut pada akhirnya akan sampai pada rantai makanan tertinggi yaitu manusia. Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul didalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997 dalam Panjaitan, 2009).

Jumlah logam berat dalam suatu lingkungan bisa berkurang atau bertambah, hal ini tidak terlepas dari aktivitas manusia yang dapat mencemari lingkungan dan akhirnya merugikan manusia itu sendiri. Secara alamiah, unsur logam berat terdapat dalam perairan, namun dalam jumlah yang sangat rendah. Kadar ini akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk ke dalam lingkungan perairan sehingga akan terjadi racun bagi organisme perairan. Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan sebagai berikut merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co).

Menurut kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu: (a) bersifat toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn, (b) bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, dan (c) bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

Adanya logam berat di perairan dapat berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efek secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu:

- a. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaan secara alami sulit terurai (dihilangkan).

- b. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut.
- c. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air.

Timbal dalam bahasa latin disebut plumbum (Pb) yang berarti percik air dan merupakan jenis logam yang berbahaya. Pb dikenal sebagai jenis *neurotoksin* (racun penyerang saraf) yang sudah lama dikenal. Logam Pb secara alami tersebar luas pada batu-batuan dan lapisan kerak bumi. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A. Di alam, timbal ditemukan dalam bentuk mineral galena (PbS), Anglesit (PbSO₄) dan kerisit (PbCO₃), juga dalam keadaan bebas.

Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah ataupun sebagai dampak dari aktifitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk ke dalam perairan (Anonim, 2013)

Penggunaan Pb terbesar adalah dalam industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air, maupun tanah. Pencemaran Pb merupakan masalah utama, tanah dan debu sekitar jalan raya pada umumnya telah tercemar bensin bertimbal selama bertahun-tahun (Arisusanti, 2013).

Tembaga adalah unsur kimia dengan nomor atom 29 dan nomor massa 63,54, merupakan unsur logam dengan warna kemerahan. Unsur ini mempunyai titik lebur 1.803 °C dan titik didih 2.595 °C. Dikenal sejak zaman prasejarah. Tembaga sangat langka dan jarang sekali diperoleh dalam bentuk murni. Mudah didapat dari berbagai senyawa dan mineral. Penggunaan tembaga yaitu dalam bentuk logam merupakan paduan penting dalam bentuk kuningan, perunggu serta campuran emas dan perak. Banyak digunakan dalam pembuatan pelat, alat-alat listrik, pipa, kawat, pematrian, uang logam, alat-alat dapur, dan industri. Senyawa tembaga juga digunakan dalam kimia analitik dan penjernihan air, sebagai unsur dalam insektisida, cat, obat-obatan dan pigmen. Kegunaan biologis untuk runtuhan

dalam organisme hidup dan merupakan unsur penting dalam darah binatang berkulit keras.

Tembaga memiliki warna kemerah-merahan. Unsur ini sangat mudah dibentuk, lunak, dan merupakan konduktor yang bagus untuk aliran elektron (kedua setelah perak dalam hal ini). Tembaga kadang-kadang ditemukan secara alami, seperti yang ditemukan dalam mineral-mineral seperti *cuprite*, *malachite*, *azurite*, *chalcopyrite*, dan *bornite*. Deposit bijih tembaga yang banyak ditemukan di AS, Chile, Zambia, Zaire, Peru, dan Kanada. Bijih-bijih tembaga yang penting adalah sulfida, oksida-oksidanya, dan karbonat. Dari mereka, tembaga diambil dengan cara *smelting*, *leaching*, dan elektrolisis.

Industri elektrik merupakan konsumen terbesar unsur ini. Campuran logam besi yang memakai tembaga seperti brass dan perunggu sangat penting. Semua koin-koin di Amerika dan logam-logam senjata mengandung tembaga. Tembaga memiliki kegunaan yang luas sebagai racun pertanian dan sebagai algisida dalam pemurnian air. Senyawa-senyawa tembaga seperti solusi Fehling banyak digunakan di bidang kimia analitik untuk tes gula.

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Akhir-akhir ini teknik reklamasi dengan fitoremediasi mengalami perkembangan pesat, yang merupakan metode yang murah dibandingkan metode lain misalnya penambahan lapisan permukaan tanah. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Kurniawati, 2008).

Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi yang bersifat biologi, yaitu pemanfaatan jasa tumbuhan hijau dan ataupun mikroorganisme yang berasosiasi, untuk mengurangi polutan lingkungan, baik pada air, tanah, maupun udara, baik yang disebabkan oleh polutan metal maupun organik (Firdaus, 2000 dalam Santriyana dkk, 2012).

Pada penelitian fitoremediasi di lapangan ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam penelitian tersebut. Tidak semua jenis tanaman dapat digunakan karena tidak semua tanaman dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang

sama. Menurut Youngman dalam Santriyana, dkk (2012) untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi dipilih tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat dan mampu berifat akumulator kuat dari satu polutan.

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi 3 proses yang saling berkaitan yakni penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme yang terjadi pada tanaman tersebut. (Yuniarti 2012 dalam Santriyana, dkk, 2012)

Keuntungan fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat estetik bagi lingkungan, serta dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar. Sedangkan kerugian fitoremediasi ini adalah prosesnya memerlukan waktu lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Zynda, 2001 dalam Santriyana, dkk, 2012: 3).

Phyto asal kata Yunani/greek “phyton” yang berarti tumbuhan/tanaman (plant), *Remediation* asal kata latin *remediare (to remedy)* yaitu memperbaiki/menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Jadi Fitoremediasi (*Phytoremediation*) merupakan suatu sistim dimana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/pollutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi (Anonim, 2009).

Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reactor maupun *in-situ* (langsung dilapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Subroto, 1996 dalam Hardyanti ; 2007).

Fitoremediasi memiliki potensi untuk dapat diterapkan pada berbagai jenis substansi, termasuk pencemar lingkungan yang paling parah sekalipun seperti kontaminasi arsen pada lahan bekas instalasi senjata kimia (Feller 2000).

Fitoremediasi merupakan teknologi remediasi yang menawarkan biaya paling rendah (Ebbs *et al.* 2000 dalam Hidayati). Menurut Mangkoedihardjo (2005) dalam Eddy (2008), bahwa fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu, secara sendiri atau bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media tanam, dapat mengubah zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi adalah tanaman hiperakumulator yang mampu mentranslokasikan unsur pencemar seperti logam Cu, Zn dan logam lainnya, dengan konsentrasi sangat tinggi ke jaringan dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal (kerdil dan mengalami fitotoksitas).

Proses dan cara ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat terkontaminan/pencemar yang disekitarnya.

- a. Phytoaccumulation (phytoextraction) yaitu proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi disekitar akar tumbuhan. Proses ini disebut juga Hyperaccumulation.
- b. Rhizofiltration (rhizo = akar) adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar.
- c. Phytostabilization yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.
- d. Rhizodegradation disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation, or planted assisted bioremediation degradation*, yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang ada disekitar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi dan bakteri.
- e. Phytodegradation (phyto transformation) yaitu proses yang dilakukan tumbuhan menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini berlangsung daun, batang, akar atau diluar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri.

- f. Phytovolatilization yaitu proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah larut terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer (Anonim, 2009).

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Untuk mengetahui kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai agen Fitoremediasi terhadap limbah logam berat Pb dan Cu.
2. Untuk mengetahui daya serap tanaman genjer (*Limnocharis flava*) terhadap logam Pb dan Cu yang dipanen pada umur kontaminan 10, 15, 20, 25, dan 30 hari.

3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat memberikan informasi kepada masyarakat tentang bahaya logam berat terhadap lingkungan serta upaya penanggulangan yang mudah dan efisien. Disamping itu diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam mengakumulasi logam Pb dan Cu.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai Agustus 2014, bertempat di Laboratorium Pendidikan Kimia Universitas Negeri Gorontalo.

4.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan berupa Polybag, timbangan analitik, Oven, *Hotplate*, grafit furnace, desikator, seperangkat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) merk PG Instrument, dan peralatan gelas kimia, lumpang dan alu.

Bahan yang digunakan berupa bahan kimia; $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ media tumbuh, tanaman genjer (*Limnocharis flava*, aquades).

4.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan percobaan faktorial yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan ini meliputi perlakuan konsentrasi logam (15 ppm) dan variasi hari (10, 15, 20, 25, dan 30 hari) sejak penambahan logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} pada tanaman genjer (*Limnocharisflava*).

4.4 Prosedur Kerja

4.4.1 Persiapan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*).

Tanaman penyerap logam berat (akumulator) yang digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman genjer (*Limnocharis flava*) diambil di daerah persawahan didaerah Gorontalo. Tanaman ini diambil seluruh organ tubuhnya meliputi akar, batang dan daun dengan tinggi 10-15 cm sebanyak 75 pohon.

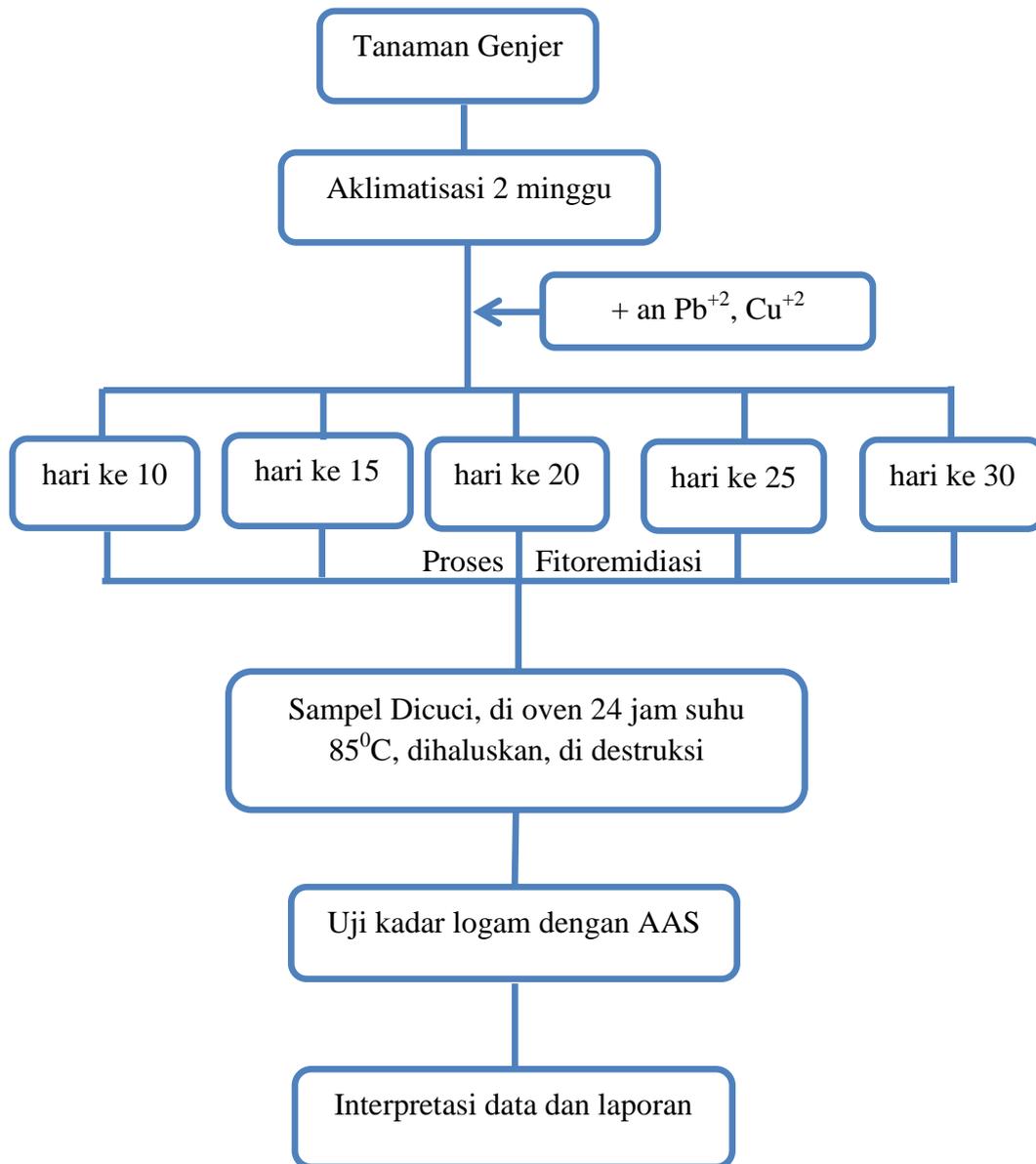
4.4.2 Aklimatisasi Tanaman Genjer (*Limnocharisflava*).

Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang telah terseleksi kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel untuk selanjutnya diaklimatisasi sebelum penelitian. Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman pada media tanah dalam polybag selama 2 minggu dan dijaga kelembabannya dengan menggunakan air hingga tanaman tumbuh dengan baik/sumbur. Aklimatisasi dimaksudkan agar tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan tumbuhnya yang baru.

4.4.3 Uji Fitoremediasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) yang telah diaklimatisasi ditambahkan larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 15 ppm ke dalam masing2 polybag pada hari yang sama yaitu pada umur tanam 13 hari. Untuk menjaga kelembaban tanaman dua hari sekali tanaman disiram dengan aquades. Guna keperluan uji daya serap tanaman genjer terhadap logam Pb dan Cu, maka setiap umur 10, 15, 20, 25, dan 30 hari sejak penambahan larutan logam berat tanaman genjer dipanen. Biomasa dari tanaman ini dibersihkan dari kotoran (tanah) kemudian di keringkan dalam oven pada suhu 85°C selama 24 jam kemudian dibuat menjadi tepung. Selanjutnya didestruksi dengan asam Nitrat dan dilarutkan dalam akuades hingga larutan siap untuk diuji.

Analisis logam Pb dan Cu dilakukan dengan metode AAS dan merupakan besarnya kadar Pb dan Cu yang diserap oleh tanaman genjer dalam proses fitoremediasi tanaman genjer. Proses penelitian diringkas pada Gambar 3.1.



Gambar 4.1. Alur Penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

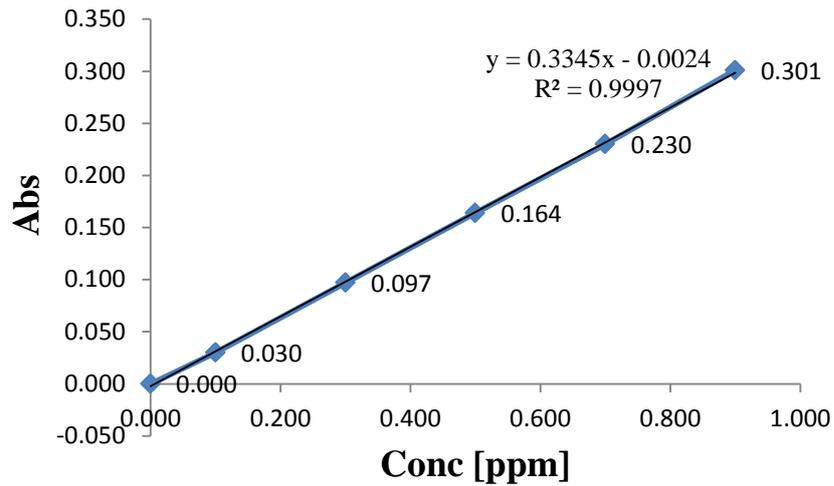
5.1.1 Pengukuran dan Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi logam Pb digunakan larutan standar dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 ppm. Kemudian diukur serapannya dengan panjang gelombang (λ) 217,3 nm. Sedangkan pada logam Cu digunakan variasi konsentrasi 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; dan 9,0 ppm. Dan diukur serapannya dengan panjang gelombang (λ) 324,7 nm. Penggunaan larutan standar bertujuan untuk mengukur ketelitian data. Data pengukuran absorbansi Pb dan Cu ditunjukkan pada Tabel 5.1.

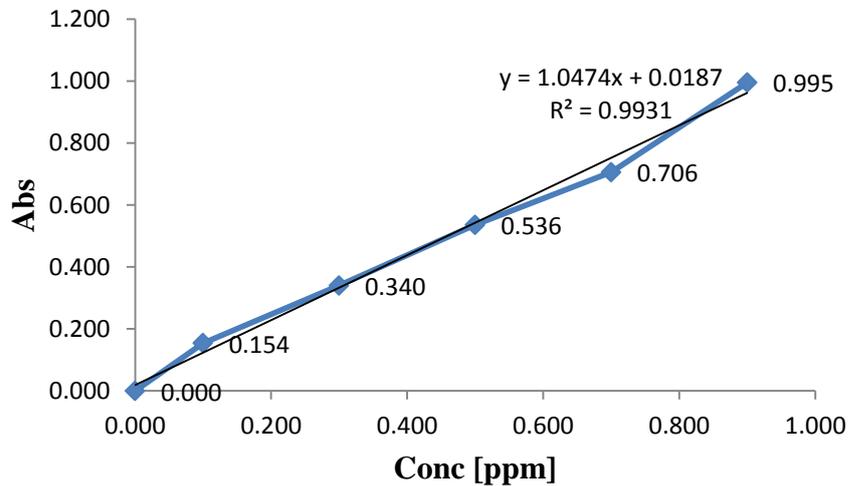
Tabel 5.1. Data Serapan Larutan Standar Pb dan Cu

NO	Pb		Cu	
	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,100	0,030	1,000	0,154
3	0,300	0,097	3,000	0,340
4	0,500	0,164	5,000	0,536
5	0,700	0,230	7,000	0,706
6	0,900	0,301	9,000	0,995

Berdasarkan data Tabel 5.1, maka diperoleh kurva kalibrasi dengan persamaan regresi linier untuk Pb adalah $y = 0,3345x - 0,0024$, dimana $y =$ absorbansi dan $x =$ konsentrasi dengan $r = 0,9997$. Dan untuk Cu adalah $y = 1,0474x + 0,0187$ dengan $r = 0,9931$. Kurva kalibrasi dapat dilihat pada gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb



Gambar 5.2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu

5.1.2 Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Pada Tanaman Genjer

Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom, rata-rata konsentrasi logam Pb dan Cu pada tanaman genjer sebelum dan sesudah diberi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.2. dan 5.3. Penyerapan secara lengkap dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 5.2. Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Pada Tanaman Genjer Sebelum Perlakuan

Sampel	Pb	Cu
Tanaman Genjer	0,037	1,369

Tabel 5.3. Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Pada Tanaman Genjer Setelah Perlakuan

Waktu (Hari)	Pb		Cu	
	Abs	Conc [ppm]	Abs	Conc [ppm]
10	0,018	0,061	0,525	4,836
15	0,017	0,058	0,521	4,794
20	0,016	0,056	0,396	3,604
25	0,016	0,056	0,313	2,811
30	0,016	0,055	0,304	2,725

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kemampuan Tanaman Genjer Dalam Mengakumulasi Logam Pb dan Cu dalam Tanah

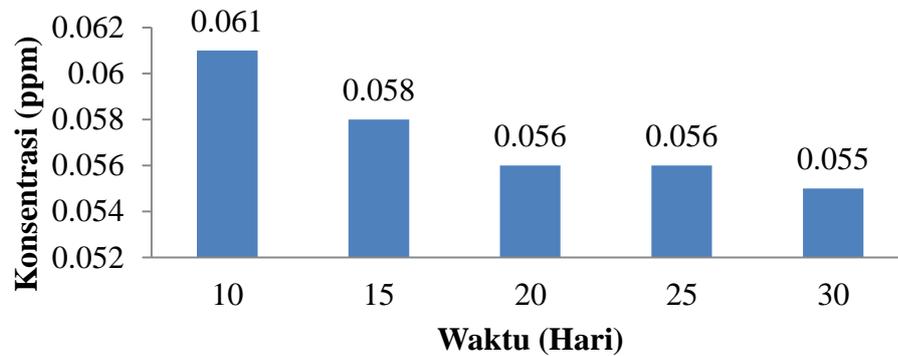
Menurut Youngman dalam Santriyana, dkk (2012) untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan dalam fitoremediasi dipilih tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat, dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan. Tanaman genjer merupakan salah satu tanaman yang cepat tumbuh dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan.

Untuk menguji kemampuan tanaman genjer dalam mengakumulasi logam Pb dan Cu, mula-mula tanaman genjer yang telah diberi perlakuan, dipanen pada waktu hari ke-10, 15, 20, 25, dan 30. Tanaman dibersihkan menggunakan aquades. Penggunaan aquades bertujuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada tanaman sehingga tidak menghalangi pembacaan pada saat dianalisis. Sampel tanaman kemudian dibungkus menggunakan aluminium foil agar sampel tidak terkontaminasi dengan sampel lain saat dioven. Sampel selanjutnya dimasukkan ke dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Setelah itu sampel digerus agar sampel cepat menjadi abu pada proses pengabuan. Pengabuan dilakukan dalam furnace pada suhu 600 °C hingga abu berwarna putih.

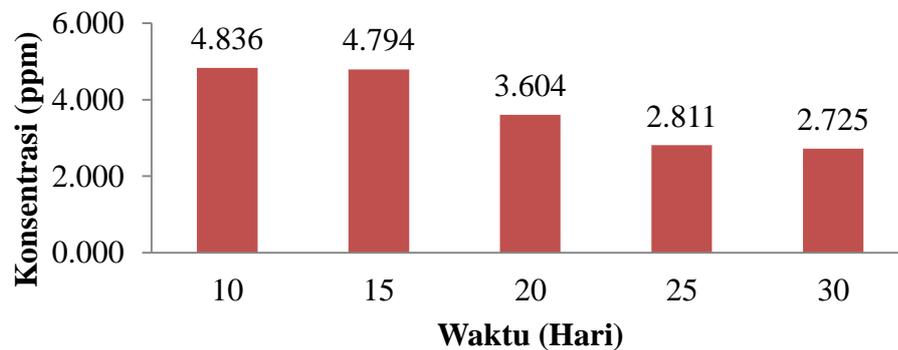
Sampel tanaman genjer yang telah diabukan, selanjutnya didestruksi. Destruksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah destruksi kering. Proses destruksi dilakukan dengan menambahkan 10 mL HNO₃ 65% pada 0,5 gram sampel yang telah diabukan. Penambahan HNO₃ bertujuan untuk memecahkan ikatan logam pada sampel. Kemudian dipanaskan pada suhu 100-120 °C sampai menjadi hampir kering dan bening. Hasil destruksi kemudian diencerkan dalam

labu ukur 50 mL dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Hasil analisis menunjukkan bahwa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) mampu menyerap logam Pb dan Cu. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3. Presentase Kandungan Logam Pb Pada Sampel Tanaman Genjer



(b)

Gambar 5.4. Presentase Kandungan Logam Cu Pada Sampel Tanaman Genjer

Dari gambar 5.3 dapat dilihat bahwa tanaman genjer mampu menyerap logam Pb sebesar 0,055 – 0,061 ppm atau sekitar 0,37% – 0,41%. Dari gambar 5.4 tanaman genjer mampu menyerap logam Cu sebesar 2,725 – 4,836 ppm atau sekitar 18,17 – 32,24% dari konsentrasi 15 ppm untuk masing-masing logam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu beradaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang terpapar logam berat dan memiliki daya untuk menyerap logam.

Menurut Priyanto & Prayitno (2006) bahwa, penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Penyerapan oleh akar dilakukan dengan membawa logam ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Setelah logam dibawa masuk ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus ditranslokasi di dalam tubuh tumbuhan melalui jaringan pengangkut, yaitu *xilem* dan *floem*, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat.

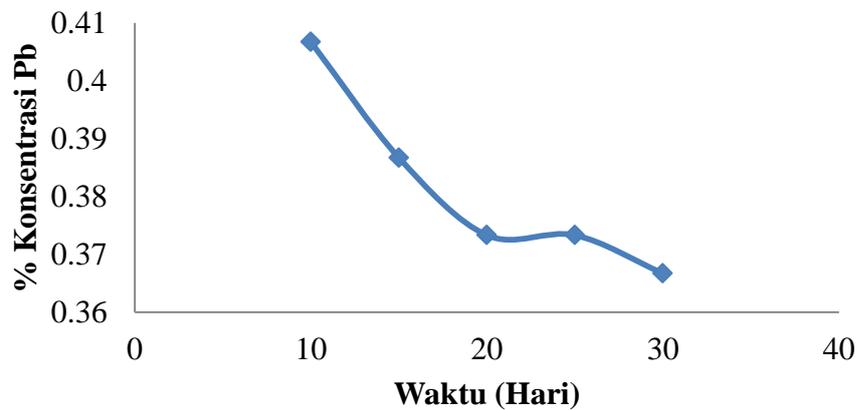
Sedangkan menurut Darmono (dalam Widaningrum, 2007:22) “Logam berat yang ada di lingkungan tanah, air dan udara dengan suatu mekanisme tertentu masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Tumbuhan yang menjadi mediator penyebaran logam berat pada makhluk hidup, menyerap logam berat melalui akar dan daun (stomata). Logam berat terserap ke dalam jaringan tumbuhan melalui akar, yang selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan”.

Logam berat diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Lingkungan yang banyak mengandung logam berat Pb dan Cu, membuat protein regulator dalam tumbuhan tersebut membentuk senyawa pengikat yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang mengandung 2-8 asam amino sistein di pusat molekul serta suatu asam glutamat dan sebuah glisin pada ujung yang berlawanan. Fitokhelatin dibentuk di dalam nukleus yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), apparatus golgi, vasikula sekretori untuk sampai ke permukaan sel. Bila bertemu dengan Pb dan Cu serta logam berat lainnya fitokhelatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks sehingga Pb dan Cu dan logam berat lainnya akan terbawa menuju jaringan tumbuhan. Logam Pb dan Cu dapat masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel tanaman akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tanaman (Haryati, dkk. 2012)

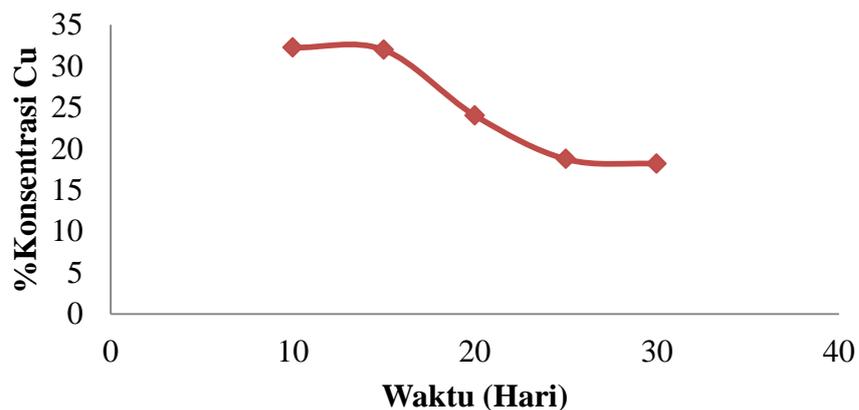
5.2.2 Pengaruh Waktu Pemaparan Terhadap Penyerapan Logam Pb dan Cu

Lamanya waktu tinggal juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses penyerapan logam seperti yang diungkapkan oleh Salisbury dan Ross, 1995 (dalam Mohamad, 2011) bahwa faktor eksternal atau lingkungan ideal yang sangat berpengaruh terhadap penyerapan logam oleh tumbuhan seperti iklim, kesuburan tanah, kesehatan tanaman, dan lamanya waktu perlakuan.

Pengaruh waktu terhadap penyerapan logam oleh tanaman genjer dapat dilihat pada gambar 5.4 dan 5.5.



Gambar 5.5 Pengaruh Waktu Terhadap Penyerapan Logam Pb Oleh Tanaman Genjer



(b)

Gambar 5.6 Pengaruh Waktu Terhadap Penyerapan Logam Cu Oleh Tanaman Genjer

Berdasarkan gambar 5.5 dan 5.6 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pemaparan semakin rendah konsentrasi yang diserap oleh tanaman genjer. Ini

menjelaskan bahwa waktu pemaparan berpengaruh terhadap penyerapan logam Pb dan Cu.

Menurut Chutsiah (2006) dan Kristanto (2002), kenaikan temperatur dapat menaikkan kecepatan difusi ion keakar tanaman genjer termasuk ion logam Pb dan Cu. Suhu pada media tanam mempengaruhi kecepatan reaksi kimia baik pada media luar (lingkungan) maupun media tanam. Semakin tinggi temperatur maka kecepatan reaksi kimia akan meningkat demikian juga sebaliknya. Reaksi kimia yang menurun, maka kadar gas-gas akan menurunkan kelarutan oksigen (Haryati, dkk., 2012).

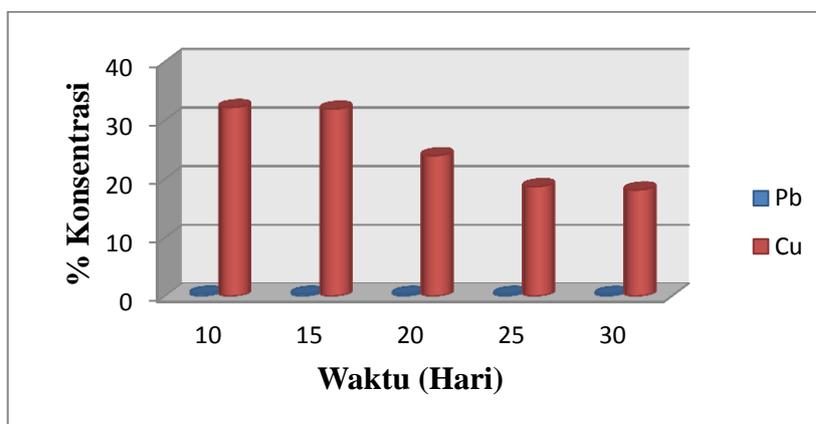
Selain itu juga, menurut Chereminisof (1987) dan Khopkar (1990) (dalam Widaningrum, 2007) bahwa: “Waktu kontak antara ion logam dengan absorben sangat mempengaruhi daya serap. Semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat sampai pada waktu tertentu akan mencapai maksimum dan setelah itu akan turun kembali”. Berdasarkan hasil analisa bahwa waktu kontak optimum diperoleh pada hari ke-10 setelah itu pada hari ke-15, 20, 25, dan 30 efisiensi adsorpsi logam Pb dan Cu oleh tumbuhan mengalami penurunan diduga karena terjadi proses desorpsi. Hal ini merupakan salah satu fenomena dalam adsorpsi fisika yang menyatakan bahwa proses adsorpsi bersifat reversibel (Sukardjo, 1987 dalam Lelifajri, 2010:127).

Tanaman tidak dapat menyerap ion-ion logam dikarenakan terjadi proses penguapan. Ini seperti yang diungkapkan oleh Prasetyono, 2011 (dalam Haryati, 2012) bahwa ion-ion tidak terserap semua oleh tanaman genjer, karena ion dapat berpindah dari media tanam (tanah) melalui proses penguapan. Proses tersebut terjadi karena suhu yang tinggi.

Hilangnya kandungan Pb dan Cu dalam media tanam tidak seluruhnya diserap oleh tanaman ini disebabkan logam yang sudah masuk ke dalam tubuh tanaman akan dieksresi dengan cara menggugurkan daunnya yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam (Priyanto, 2008). Selain itu menurut Darmono, 1995 (dalam Haryati, dkk., 2012), logam tidak seluruhnya masuk ke dalam tanaman disebabkan karena pengendapan logam yang berupa molekul garam dalam air.

5.2.3 Akumulasi Penyerapan Logam Pb dan Cu Oleh Tanaman Genjer

Akumulasi penyerapan logam Pb dan Cu oleh tanaman genjer dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Perbandingan Penyerapan Logam Pb dan Cu Oleh Tanaman Genjer

Dari gambar 5.6, dapat dilihat bahwa penyerapan Pb dan Cu oleh tanaman genjer terdapat perbedaan yang sangat signifikan. Berdasarkan data tersebut logam Cu lebih banyak diserap oleh tanaman genjer dibandingkan logam Pb. Ini disebabkan karena logam Cu lebih dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman itu sendiri. Seperti yang jelaskan oleh Mengel & Kirkby, 1987 (dalam Notohadiprawiro, T., 2006) bahwa logam berat Fe, Cu, dan Zn merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tumbuhan, namun dalam jumlah banyak beracun untuk tumbuhan. Akan tetapi peran Pb sebagai hara tumbuhan juga belum diketahui. Unsur ini merupakan pencemar kimiawi utama terhadap lingkungan, dan sangat beracun bagi tumbuhan, hewan, dan manusia.

Menurut Tan, 1982 dan Sam, 2000 (dalam Priyanti dan Yunita, 2013) akumulasi logam berat pada tanaman dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain karakteristik fisika, kimia, dan media pertumbuhan yang digunakan. Faktor-faktor tersebut meliputi pH, kapasitas tukar ion, kejenuhan basa, pertukaran kation, dan lain-lain.

Dari hasil sidik ragam (Lampiran 6) diperoleh bahwa pada penyerapan logam Pb dan Cu oleh tanaman genjer tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam perlakuan terhadap waktu kontak. Dimana $F_{hitung} < F_{tabel(0.05=3.48)}$ yaitu untuk Pb $F_{hitung}= 1.676$ dan untuk Cu $F_{hitung}=2.228$.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) mampu menyerap logam Pb sebesar 0.055 – 0.061 ppm, sedangkan logam Cu sebesar 2.725 – 4.835 ppm
2. Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) lebih banyak menyerap logam Cu dibandingkan dengan logam Pb.

6.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk pengujian daya adsorpsi tumbuhan genjer dengan logam yang sama akan tetapi berbeda konsentrasi agar dapat dilihat akumulasi logam oleh tanaman genjer. Dan dapat juga dilakukan pengujian untuk beberapa jenis tanaman yang mampu menyerap logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Fitoremediasi Upaya Mengolah Air Limbah Dengan Media Tanaman*. (diakses pada tanggal 8-03-2012 jam 22:22) <http://ndariarda.files.wordpress.com>
- Anonim, 2011. *Uraian Tanaman Dan Taksonomi tumbuhan Kangkung*. Universitas Sumatra Utara (diakses pada tanggal 27-02-2012 jam 18:51 WITA) <http://repository.usu.ac.id>.
- Chen, S.Y and Lin, J.G, 2000, Influence of Solid Content on Bioleaching of Heavy Metal From Contaminated Sediment by *Thiobacillus spp*, J. of Chemical Tecknology and Biotecknology. Vol.75, p. 649-656.
- Hardyanti, 2009. *Fitoremediasi Phospat Dengan Pemanfaatan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) (Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)*. (diakses pada tanggal 8-03-2012 jam 22:28 WITA) <http://eprints.undip.ac.id>
- Panjaitan Yanti Grace. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada pohon *Avecennia marina* di Hutan mangrov*. Skripsi USU <http://repository.usu.ac.id> (diakses pada tanggal 9-03-2012 jam 17:01)
- Stokinger, H.E, 1981, The Metal, in Clayton G.D., Clayton E.F (Eds), Patty's Industrial Hygiencie and Toxicology, Third Revised Edition, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons New York
- Suryanti Tuti Priyanto Budhi, 2003, Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air, Jurnal Teknik Lingkungan P3TL BPPT Jakarta.
- Widyati Enny, 2011, Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang, Jurnal Mitra Hutan Tanaman, Vol.6 No.2, Agustus 2011, 46 - 56

LAMPIRAN 1

BIODATA PENELITI

Nama Lengkap : Prof. DR. Ishak Isa, M.Si
NIP : 19610526 198703 1 005
Tempat Tanggal Lahir : Limboto, 26 Mei 1961
Instansi/Lembaga : Universitas Negeri Gorontalo
Pangkat/Golongan/Jabatan : Pembina Utama Madya/IVd/Guru Besar
Alamat Kantor : Jl.Jend. Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
Telepon Kantor/Fax : 0435-827213
Alamat Rumah : Jl.Jend. Sudirman No.39 Kayubulan Limboto
Telepon Rumah : 0435-880074
Hand Phone (HP) : +6281356139399

Pendidikan :

1. S1 : Pendidikan Kimia IKIP Manado Lulus tahun 1986
2. S2 : Kimia Analisis UGM Lulus tahun 1996
3. S3 : Analisis Lingkungan MIPA Unair Lulus tahun 2004

Pengalaman kerja:

1. Kursus Penilai Analisis Mengenai Dampak Lingkungan angkatan XV Tahun 2005.
2. Tim Penyusun UKL dan UPL pada PETI Desa Buladu Kecamatan Sumalata tahun 2004.
3. Tenaga ahli pengelolaan limbah pada Badan Penelitian Pengembangan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Provinsi Gorontalo Tahun 2005

Publikasi Ilmiah:

1. Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Kali Surabaya. Disampaikan pada Seminar Nasional Kimia Lingkungan FMIPA Unair tahun 2005.
2. Bioremediasi Logam Berat Pb Dari Sedimen Tercemar Dengan Menggunakan Bakteri *Bacillus. Sp.* Disampaikan pada Seminar Nasional Kimia, Untad Palu tahun 2005.
3. Peran Bioteknologi Dalam Penyediaan Protein, Jurnal Sainstek Vol.1 No.1 Tahun 2006
4. Penetapan Timbal, Kadmium dan Tembaga Secara Voltametri Pelarutan Kembali, Jurnal Sainstek Vol.1. No.2 Tahun 2006
5. Penetapan Tembaga Pada Muara Sungai Bone Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. Jurnal Sainstek Vol.1. No.3 Tahun 2006
6. Analisis Pestisida Golongan Organo Fosfat pada Beberapa Jenis Buah Dengan Metode Kromatografi Gas, Jurnal Sainstek Vol.2. No.1 Tahun 2007
7. Kajian Pencemaran Merkuri di Sungai Taluduyunu Kecamatan Marisa Kab. Pohuwato, Penelitian Lemlit, tahun 2006

8. Biobleaching Logam Berat Pb Dari Sedimen Tercemar Dengan Menggunakan Bakteri *Thiobacillus ferrooxidans*, *Pseudomonas fluorescens*, *E. Coli* dan *Bacillus. Sp*, Disertasi Unair, 2004
9. Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang Aktif, Lomba Inovasi tahun 2007.
10. Pembuatan briket arang dari tempurung kelapa, disampaikan pada masyarakat Batu Layar Kecamatan Bongomeme tahun 2007.
11. Kajian pembangunan berwawasan kependudukan di Provinsi Gorontalo, Dibiayai BKKBN Perwakilan Provinsi Gorontalo Tahun 2011
12. Analisis pengaruh Indeks Pembangunan Manusia dan jumlah pengangguran terhadap jumlah penduduk miskin di Provinsi Gorontalo, Dibiayai BKKBN Pusat tahun 2012
13. Biokonversi Limbah Tongkol Jagung menjadi Biotanol sebagai bahan bakar alternatif terbarukan (Hibah Bersaing), Dibiayai Dana BOPTN UNG Tahun 2013
14. Pemanfaatan berbagai jenis bakteri dalam proses Biobleaching Limbah Logam Berat (Penelitian Fundamental), Dibiayai Dana Desentralisasi DIPA UNG Tahun 2013
15. IbM Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Kelompok Petani Desa Molas dan Molopatu Kecamatan Bongomeme Kabupaten Gorontalo (Pengabdian Masyarakat), Dibiayai Dana DP2M Dikti Tahun 2013

Gorontalo, September 2014

Prof. DR. Ishak Isa, M.Si
NIP. 196105261987031005

LAMPIRAN 2

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar. Pengambilan Tanaman Genjer



Gambar. Proses Penanaman Genjer



Gambar. Proses Penyiraman Larutan Logam Pada Tanaman Genjer



Gambar. Proses Panen Tanaman Genjer







Gambar. Dokumentasi Kegiatan Laboratorium