

TA/TL/2019/[nomor admin]*

TUGAS AKHIR

**EVALUASI PENYERAPAN KADAR LOGAM PADA
DAUN TANAMAN WETLAND PASCA
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TENUN**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**M. GEGAS IMAMUNA AL HIDAYAT
17513080**

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN
PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM
INDONESIA YOGYAKARTA
2021**



TUGAS AKHIR
EVALUASI PENYERAPAN KADAR LOGAM PADA
DAUN TANAMAN WETLAND PASCA PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR TENUN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



M. GEGAS IMAMUNA AL HIDAYAT
17513080

Disetujui, Dosen Pembimbing

Dr. Joni Aldilla Fajri., S.T.,
M.Eng.
NIK. 165131306
Tanggal:

Dewi Wulandari, S.Hut.,M.Agr., Ph.D.
NIK. 185130401
Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN*

**EVALUASI PENYERAPAN KADAR LOGAM PADA
DAUN TANAMAN *WETLAND* PASCA PENGOLAHAN
LIMBAH CAIR TENUN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : ...
Tanggal : ...

Disusun Oleh:

M. GEGAS IMAMUNA AL HIDAYAT

17513080

Tim Penguji :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. ()

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. ()

Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc ()

*Halaman ini dibuat apabila sudah selesai pendadaran

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggilainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, tanggal submit TA

Yang membuat pernyataan,

Materai dan
tandatangan

M. Gegas Imamuna Al Hidayat
17513080



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Maret 2021 ini ialah **Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Pada Daun Tanaman Wetland Pasca Pengolahan Limbah Cair Tenun.**

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan dukungan, semangat, dorongan, serta bimbingan dari berbagai pihak yang terlibat sehingga penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu menjadi tempat berserah diri dan meminta pertolongan sehingga penulis dimudahkan segala urusannya
2. Bapak dan Mama yang selalu memberikan semangat, dukungan baik moral maupun moril, kasih sayang, serta doa sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi.
3. Muzakir Tri Wangsa Angger dan Nune Shafa Takdir Malik selaku saudara kandung penulis yang selalu mendengarkan keluhan, memberikan semangat, menghibur, dan membantu penulis dalam proses penulisan skripsi serta selalu menemani penulis dalam kondisi suka maupun duka.
4. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing I, Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen pembimbing II, dan Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc selaku *reviewers* dan penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan banyak bimbingan dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak Lukman Hakim, S.T., M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu penulis saat menghadapi kesulitan dalam menjalani proses perkuliahan dan memberikan masukan dan saran kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi.
6. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.
7. Sasa, Viskan, Peggy, Ayu selaku sahabat penulis yang selalu ada memberikan motivasi dan dukungan selama penyelesaian tugas akhir ini.

Yogyakarta, 2021

M. Gegas Imamuna Al Hidayat



ABSTRAK

M. Gegas Imamuna Al Hidayat. Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Pada Daun Tanaman *Wetland* Pasca Pengolahan Limbah Cair Tenun. Dibimbing oleh Dr. Joni Aldilla Fajri., S.T., M.Eng. dan Dewi Wulandari, S.Hut.,M.Agr., PhD.

Pencemaran air dapat disebabkan oleh peningkatan jumlah industri salah satunya industri tekstil. Salah satu upaya untuk mengurangi pencemaran air oleh logam berat dengan memanfaatkan penyerapan oleh tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi polutan logam Cr,Cu,Cd, dan Pb yang diakumulasikan oleh tanaman Vetiver. Pertumbuhan tanaman vetiver sebelum dan setelah pengolahan kemudian kolerasi tinggi tanaman dan transmigrasi logam dari akar ke tanaman. Sampel daun di destruksi basah menggunakan larutan asam nitrat (HNO₃). Setelah itu hasil dari proses destruksi basah di analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Berdasarkan hasil penelitian, rata – rata konsentrasi penyerapan logam Cu,Cr,Pb, dan Cd pasca pengolahan menggunakan sistem FTW dengan bantuan bakteri dalam pengolahan kadar pada logam tertinggi timbal (Pb) 0,0007 (mg/Kg berat kering) dan untuk logam tembaga (Cu) sebesar 0,0001 (mg/Kg berat kering) dan logam kadmium (Cd) sebesar 0,00002 (mg/Kg berat kering) yang terakhir logam kromium sebesar 0,000001 (mg/Kg berat kering). Dan untuk pengolahan menggunakan sistem FTW tanpa bantuan bakteri dalam pengolahan, rata – rata konsentrasi penyerapan logam Cu,Cr,Pb, dan Cd, kadar logam tertinggi pada logam tembaga (Cu) 0,0001 (mg/Kg berat kering) dan logam timbal (Pb) 0,0003 (mg/Kg berat kering) untuk logam kromium (Cr) dan kadmium (Cd) tidak terdeteksi. Penyerapan logam Cu,Cr,Pb, dan Cd tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Katakunci : Vetiver, Tembaga(Cu),Timbal(Pb),Kromium(Cr),Kadmium(Cd)

ABSTRACT

M. Gegas Imamuna Al Hidayat. Evaluation of Metal Absorption in Leaves of Wetland Plants After Processing of Waste Water Treatment. Supervised by Dr. Joni Aldilla Fajri., ST, M.Eng. and Dewi Wulandari, S. Hut., M. Agr., PhD.

An rise in the number of industries, one of which is the textile sector, can lead to water contamination. One strategy for reducing heavy metal contamination in water is to use plant absorption. The goal of this research is to find out how much of the metal contaminants Cr, Cu, Cd, and Pb are accumulated by Vetiver plants. Plant height and metal transmigration from roots to plants were then associated with the growth of vetiver plants before and after processing. Leaf samples were treated to moist degradation with a nitric acid solution (HNO₃). After that, using an Atomic Absorption Spectrophotometer, the results of the wet digestion process were evaluated (AAS). According to the study's findings, the average concentration of metal absorption Cu, Cr, Pb, and Cd after processing using the FTW system with the help of bacteria is 0,0007 (mg/Kg dry weight) for lead (Pb), 0.0001 (mg/Kg dry weight) for copper (Cu), and 0.000002 (mg/Kg dry weight) for cadmium metal (Cd), and chromium metal (Cr) for 0.000002 The maximum metal content is copper (Cu) 0.0001 (mg/Kg dry weight) and lead metal (Pb) 0.0003 (mg/Kg dry weight) such as chromium (Cr) and cadmium (Cd) were not discovered. Cu, Cr, Pb, and Cd metal absorption had little effect on plant development. The greatest metal content is copper (Cu) 0.0001 (mg/Kg dry weight) and lead metal (Pb) 0.0003 (mg/Kg dry weight) for chromium (Cr) and cadmium (Cd) metals were not identified for processing utilizing the FTW method without the use of bacteria. Cu, Cr, Pb, and Cd metal absorption had little effect on plant development.

Key words : Vetiver, Copper(Cu), Lead(Pb), Chromium(Cr), Cadmium(Cd)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	17
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Ruang Lingkup	17
1.5 Manfaat Penelitian	18
1.6 Kerangka Penelitian	18
BAB II	20
TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 Limbah Cair	20
2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Tenun	20
2.2 Fitoremediasi	21
2.3 Tanaman Vetiver (<i>Vetivera Zizanioides</i>)	21
2.4 <i>Floating Treatment Wetland (FTW)</i>	22
2.5 Penelitian Sebelumnya	23
BAB III	26
METODE PENELITIAN	26
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Pengoperasian Floating Treatment Wetland (FTW)	27
3.2.1 Persiapan Pembuatan Reaktor FTW	27
3.2.2 Aklimatisasi Tanaman Vetiver zizaniodes	28
3.2.3 Running Reaktor	28
3.2.4 Pemanenan Tanaman Vetiver	29
3.3 Preparasi Sampel	29
3.4 Destruksi Logam	29
3.5 Standar Uji	30

3.6	Pengujian	31
BAB IV		32
HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Pertumbuhan Tanaman	32
4.2	Kadar Logam Dalam Daun Tanaman Vetiver	33
4.2.1	Kadar Logam Tembaga (Cu)	36
4.2.2	Kadar Logam Kromium (Cr)	38
4.2.3	Kadar Logam Kadmium (Cd)	40
4.2.4	Kadar Logam Timbal (Pb)	42
4.3	Kolerasi Penyerapan Logam dengan Pertumbuhan	43
4.3.1	Logam Tembaga (Cu)	44
4.3.2	Logam Kadmium (Cd)	46
4.3.3	Logam Kromium (Cr)	47
4.3.4	Logam Timbal (Pb)	48
BAB V		51
KESIMPULAN		51
5.1	Simpulan	51
5.2	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		53
LAMPIRAN		65



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Penelitian Sebelumnya	24
Tabel 2 Standar Uji	30





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.6 Kerangka Penelitian	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Destruksi Logam.....	30
Gambar 4.1 Perbandingan Petumbuhan Tanaman Awal - Akhir.....	32
Gambar 4.2 Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)	36
Gambar 4.3 Konsentrasi Logam Kromium (Cr)	39
Gambar 4.4 Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)	40
Gambar 4.5 Konsentrasi Logam Timbal (Pb)	42
Gambar 4.6 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cu R1	45
Gambar 4.7 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cu R2	45
Gambar 4.8 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cd R1	47
Gambar 4.9 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cr R1	48
Gambar 4.10 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Pb R1	48
Gambar 4.11 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Pb R2.....	48





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Preparasi sampel sebelum destruksi	65
Lampiran 2 Destruksi logam pada akar tanaman	65
Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Real Cu,Cd,Cr,Pb	65
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Konsentrasi Real	66
Lampiran 5 Dokumentasi	68



BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab Pendahuluan ini memuat latar belakang atau alasan kuat dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup penelitian, tujuan, dan manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil telah memberikan kontribusi sangat besar dalam perkembangan ekonomi negara – negara berkembang. Tetapi, air limbah yang dihasilkan selama proses produksi kain merupakan salah satu pencemar air dan tanah yang sangat buruk. Air limbah ini mengandung banyak bahan kimia seperti logam berat, pigmen, garam, detergen, zat warna, senyawa sulfur, minyak dan lemak, dan lain – lain (Hussain et al, 2018). Logam berat dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan apabila terakumulasi secara berlebih di dalam tubuh manusia. Diantara dampak yang ditimbulkan yakni dapat bersifat membangkitkan kanker (karsinogen). Limbah logam berat dari industri tekstil terutama berasal dari berasal dari zat pewarnaan. Limbah logam berat yang dihasilkan antara lain : logam berat arsen (As), kadmium (Cd), krom (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), seng (Zn) (Kurniasih,2008). Dampak butuk logam berat tergantung pada bagian tubuh mana yang terikat. Sifat racun yang dimiliki akan bekerja menghalangi kerja enzim sehingga metabolisme tubuh terganggu. (Munir,2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Nuha et al,2016 terkait toksisitas letal akut limbah cair tenun Troso terhadap ikan mas didapatkan nilai LC50-96 jam sebesar 2,3%. Hal tersebut mempengaruhi jumlah mortalitas ikan mas. Serta uji karakteristik limbah cair tenun Troso didapatkan bahwa parameter TSS, BOD, COD, dan fenol melebihi nilai ambang batas yang telah

ditetapkan sehingga diperlukan adanya alternatif pengolahan air limbah tersebut.

Metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair secara biologis yakni menggunakan sistem floating treatment wetland dengan inokulasi bakteri endofit seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Tara et al, 2018. Limbah tekstil yang memiliki banyak kandungan senyawa beracun dapat menghambat perkembangbiakan mikroba dan pertumbuhan tanaman sehingga dapat mempengaruhi efisiensi pengolahan. Untuk mengatasi hal tersebut dapat diaplikasikan bakteri pendegradasi kontaminan pada tanaman dengan sistem wetland.

Salah satu tanaman yang dapat digunakan dalam sistem wetland yakni vetiver. *Vetiveria zizanioides* merupakan salah satu spesies vetiver yang sangat penting dan dominan baik secara ekonomi maupun untuk konservasi lingkungan (Ambarawati, 2018). Tanaman tersebut mampu menyerap berbagai kandungan logam seperti, Fe, Pb, Cu, dan Cr. Menurut Nurtana (2018), pemakaian tanaman vetiver dan bakteri mampu menurunkan kadar logam berat yakni Fe sebanyak 15%-93%, Pb 20%-100%.

Penelitian ini berfokus pada kandungan logam Cu, Cd, Cr, dan Pb yang ada dalam daun tanaman vetiver. Hal ini dikarenakan logam berat tersebut adalah logam yang mudah ditemukan dalam pengolahan limbah menggunakan tanaman vetiver serta perlu diwaspadai bilamana kandungan logam tersebut sangat banyak. Pengujian kandungan logam Cu, Cd, Cr, dan Pb pasca pengolahan limbah tenun masih sedikit.

Hingga saat ini penelitian tentang konsentrasi logam pada pengolahan limbah tenun yang menggunakan tanaman vetiver serta faktor yang mempengaruhinya masih sedikit. Studi ataupun monitoring kandungan logam berat di Indonesia sampai saat ini masih memfokuskan kandungan pencemar. Selain itu studi tentang penggunaan tanaman vetiver di masih sedikit. sehingga penelitian ini dilakukan untuk melengkapi kekurangan tersebut dengan mengetahui kandungan logam dan faktor yang mempengaruhi konsentrasi logam Cu, Cd, Cr, dan Pb pada tanaman vetiver

pasca pengolahan menggunakan sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW) serta dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pengolahan limbah dimasa yang akan mendatang terkait dengan logam tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan yang didapatkan yakni dengan adanya kegiatan produksi kain tenun memiliki potensi pencemaran limbah cair tenun dari proses produksinya. Untuk mengatasi hal tersebut dapat menggunakan sistem pengolahan biologi dengan menggunakan sistem floating treatment wetland untuk mengalisis kandungan logam berat (Cu,Cd,Cr,Pb) pada daun tanaman vetiver yang di inokulasi dengan menggunakan bakteri endofit yang diisolasi dari batang tanaman vetiver yang terkontaminasi limbah cair tenun untuk mendukung pertumbuhan dan daya tahan hidup tanaman.

1.3 Tujuan Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Menganalisa kadar logam dari daun tanaman vetiver yang tercemar yang memiliki potensi mengolah limbah cair tenun.
2. Menguji tanaman vetiver dan bakteri dengan sistem floating treatment wetland untuk mengolah limbah cair tenun dengan menggunakan parameter logam berat (Cr, Cu, Pb,Cd).

1.4 Ruang Lingkup

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan ruang

lingkup sebagai berikut:

1. Parameter yang diuji adalah logam berat (Cr, Cu, Pb, Cd).
2. Pengolahan limbah yang digunakan yakni sistem floating treatment wetland.
3. Pertumbuhan tanaman *vetiver zizaniodes*.
4. Kolerasi penyerapan logam dengan pertumbuhan tanaman *vetiver zizaniodes*.

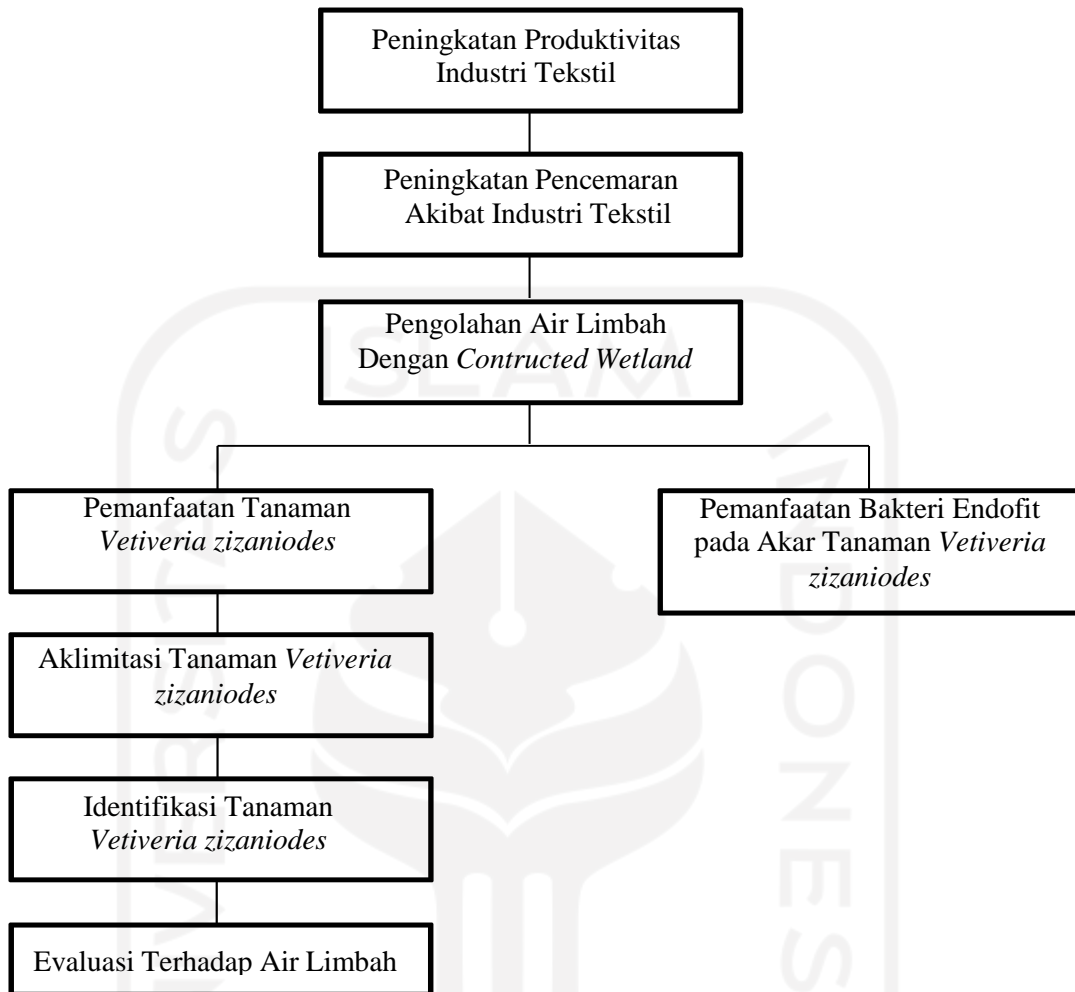
1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak. Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai opsi pilhan dalam menentukan alternatif pengolahan limbah cair tenun yang sederhana dan ekonomis.
2. Sebagai salah satu literatur tentang kemampuan pengolahan limbah cair tenun dengan sistem floating treatment wetland.

1.6 Kerangka Penelitian

Adapun kerangka penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 1.6 Kerangka Penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pustaka yang digunakan dalam bab ini adalah referensi yang didapatkan dari berbagai macam sumber, seperti artikel jurnal yang relevan dengan bidang yang diteliti, terkini, dan asli.

2.1 Limbah Cair

Dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah berasal dari limbah dari kegiatan rumah tangga, limbah manusia dan hewan, air limbah industry, air limpasan hujan. Air limbah pada dasarnya merupakan aliran air bekas pakai dari suatu komunitas (Lin, 2007).

Limbah mengandung zat yang bersifat membahayakan kehidupan manusia, hewan, serta lingkungan dan pada umumnya terjadi akibat kegiatan manusia. Limbah dibedakan berdasarkan karakteristik yaitu limbah cair, limbah padat dan limbah gas (Ichiakhiri, 2015). Limbah cair merupakan masalah utama bagi lingkungan. Limbah cair sendiri tidak hanya akan berdampak bagi lingkungan tetapi juga akan mengganggu kesehatan masyarakat sekitar (Dewa, 2014).

2.2.1 Karakteristik Limbah Cair Tenun

Proses pembuatan kain tenun melalui 4 tahapan, yakni proses ngeteng, pembuatan motif, poses menter (pewarnaan). Pada tahap proses pewarnaan, mayoritas pengarajin tenun menggunakan pewarna sintetis seperti naptol,

direct, sulfur, dan lain-lain. Pada tahapan inilah yang dapat menghasilkan limbah cair tenun dan dapat menimbulkan potensi pencemaran (Nailis, 2020). Warna limbah cair yang masih pekat disebabkan karena tidak semua zat yang digunakan dapat berdiskasi dengan serat, sedangkan COD yang cukup tinggi disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut, seperti sisa zat warna, zat pembasah, dan pembantu yang digunakan (Hidayat, 2014).

2.2 Fitoremediasi

Istilah fitoremediasi berasal dari kata Inggris *phytoremediation*, kata ini sendiri tersusun atas dua bagian kata, yaitu *phyto* yang berasal dari kata Yunani *phyton* yang artinya tumbuhan dan *remediation* yang berasal dari kata Latin *remedium* yang artinya menyembuhkan, dalam hal ini berarti juga menyelesaikan masalah dengan cara memperbaiki kesalahan atau kekurangan. Dengan demikian fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik (Purakayastha *et al.*, 2010). 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 di lapangan) pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Morel *et al.*, 2006).

2.3 Tanaman Vetiver (*Vetivera Zizanioides*)

Rumput vetiver termasuk dalam famili *Poaceae* dengan nama Latin *Vetiveria zizanioides* L. Sinonim *Chrysopogon zizanioides* (L.) Nash. Di Indonesia tumbuhan ini dikenal dengan sebutan akar wangi yang biasanya dibudidayakan oleh masyarakat sebagai bahan baku pembuatan minyak

atsiri. Ketika vetiver ditanam, rumput vetiver akan membentuk tanaman pagar yang efektif guna memperlambat dan menyebarkan limpasan air, mengurangi erosi tanah, dan mempertahankan kelembaban tanah. Meskipun tanaman pagar lain bisa melakukan hal yang sama, rumput vetiver dapat melakukan lebih baik dibanding sistem lain yang telah diuji coba pada penelitian tertentu (Truong *et al.*, 2011). Tanaman vetiver memiliki sistem akar yang berlimpah, kompleks, panjang, dan vertikal. Akar tumbuh hampir lurus ke bawah dengan sedikit akar permukaan lateral, sehingga tidak mengganggu pertumbuhan tanaman yang lain (Oshunsanya and Aliku, 2017). Karakteristik yang menjadikan tanaman vetiver sebagai spesies ideal untuk pengolahan limbah:

- a. Toleransi tinggi terhadap Al, Mn, As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se, dan Zn di dalam tanah.
- b. Efisiensi tinggi dalam menyerap N, P, Hg, Cd, dan Pb terlarut dalam air tercemar.
- c. Kemampuan untuk tumbuh kembali dengan sangat cepat setelah dipengaruhi oleh kondisi buruk dan pertumbuhan tanaman membaik setelah amelioran tanah ditambahkan (Siagian, 2018).

2.4 *Floating Treatment Wetland (FTW)*

Lahan Basah Terapung atau *Floating Treatment Wetlands* (FTW) merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah secara alamiah untuk mengurangi cemaran pada suatu badan air dengan memanfaatkan akar tanaman sebagai penyerap polutan. Sistem FTW tersusun dari tanaman-tanaman emergent (mencuat dengan akar menempel pada substrat) yang ditempatkan pada bak-bak yang mengapung di badan air yang berfungsi untuk pengolahan air dan estetika. Selain itu, perakaran tanaman yang menggantung di dalam kolom air akan mengambil nutrisi langsung dari perairan (Keizer-vlek *et al.*, 2014). FTW dibentuk menggunakan media apung yang mendukung pertumbuhan tanaman secara hidrofonik (Sample &

Fox, 2013). Secara umum FTW terdiri atas tanaman air, media tanam dan media apung (bouyant material dan bouyant mat) serta sistem tambatan (anchoring) (Pusparinda dan Santoso, 2016). *Floating treatment wetland* (FTW) merupakan sistem remediasi dimana akar tanaman menggantung ke zona pelagik di kolom air dan terdapat penyaringan secara mekanis dan biologis. Penyaringan mekanis terjadi melalui proses fisik dari akar tanaman seperti sedimentasi, adsorpsi, filtrasi, dan lain-lain. Sedangkan penyaringan biologis adalah hasil dari degradasi bakteri dan peyerapan tanaman (Tara *et al.*, 2019). Populasi bakteri di permukaan akar dan di dalam jaringan tanaman meningkatkan degradasi kontaminan di air. Spesies tanaman yang berbeda dapat digunakan dalam FTW, tergantung pada beberapa faktor seperti kemampuan dalam beradaptasi dengan lingkungan tertentu yang tercemar dan efesiensi degradasinya (Rehman *et al.*, 2019).

Mekanisme reduksi polutan oleh FTW yaitu sebagai berikut:

- a. Tanaman langsung menyerap polutan, terutama nutrisi dari air menggunakan proses yang dikenal dengan serapan biologis.
- b. Mikroorganisme tumbuh di rakit apung dan akar tanaman yang mengonsumsi bahan organik di air melalui dekomposisi mikroba.
- c. Sistem akar menyaring sedimen dan polutan. (Sample and Fox, 2013)

2.5 Penelitian Sebelumnya

Berikut beberapa penelitian terdahulu tentang pengolahan limbah cair tekstil dengan menggunakan sistem FTW menggunakan kombinasi bakteri dan tanaman.

Tabel 1 Penelitian Sebelumnya

No	Judul Penelitian	Penelulis	Tahun	Hipotesa
1	Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth promotion potentials	Shezadi	2016	Sebanyak 41 bakteri pendegradasi air limbah tekstil diisolasi dari 3 jenis tanaman wetland (<i>Typha domingensis</i> , <i>Pistia stratiotes</i> , dan <i>Eichhornia crassipes</i>). Bakteri endofit ini memiliki kemampuan degradasi air limbah tekstil dan mendorong aktivitas pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan produksi biomassa tanaman.
2	Treatment of textile industry effluent in a pilot-scale vertical flow constructed wetland system augmented with bacterial endophytes	Hussain	2018	Bakteri yang diinokulasi menunjukkan persistensi di bagian akar dan pucuk tanaman.
3	On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater	Tara	2019	FTW dengan Kombinasi tanaman dan bakteri menunjukkan degradasi polutan tertinggi
4	Pengelolaan Limbah Tenun Dengan Sistem Floating Treatment Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver Dan Bakteri Endofit	Nailis	2020	Semua media treatment mengalami penurunan konsentrasi pada setiap parameter

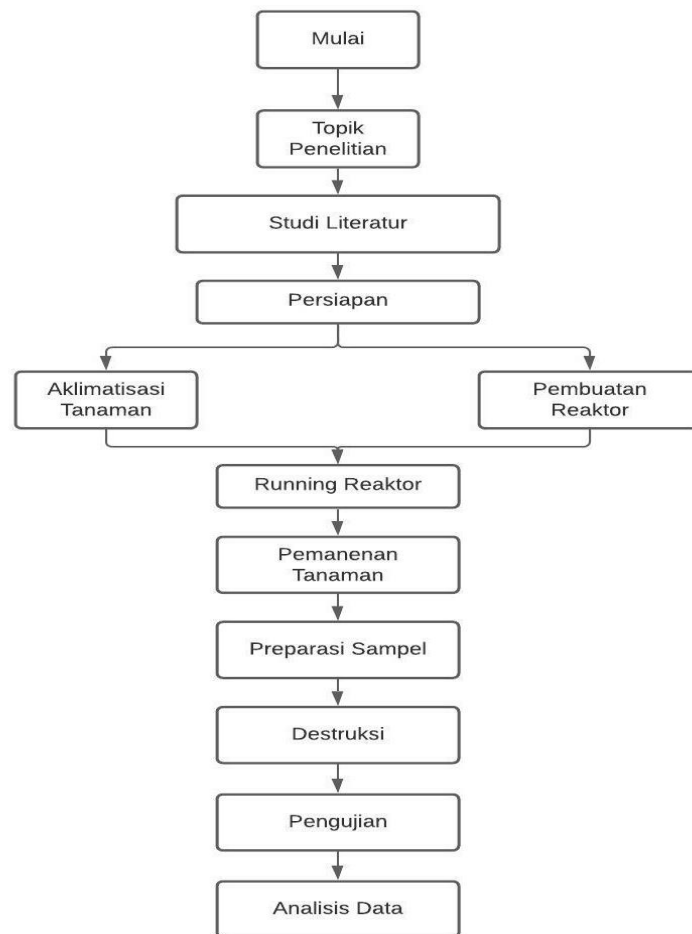


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dimulai pada bulan Maret 2021 hingga bulan Agustus 2021. Penelitian ini menggunakan metode sistematis untuk mengalisis kemampuan rumput *vetivera zizaniodes* dalam melakukan penyisihan pada Pb, Cr, Cu, Cd pada air limbah industri dengan menggunakan *Floating Treatment Wetland* dalam skala rumah kaca dan dilanjutkan dengan pengambilan sampel yang kemudian dilakukan analisis data sampel di laboratorium. Metode penelitian dapat dilihat pada diagram berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pengoperasian Floating Treatment Wetland (FTW)

3.2.1 Persiapan Pembuatan Reaktor FTW

Sistem pengolahan limbah yang digunakan adalah menggunakan sistem *floating treatment wetland* (FTW) dengan menggunakan tanaman vetiver. FTW di buat menggunakan *polybag* dengan ukuran 25 cm x 25 cm. Dalam satu tabung berisi 5-7 batang tanaman. Media yang digunakan dalam *polybag* adalah serabut kelapa, kerikil, pasir dan tanah(Nailis,2020).

3.2.2 Aklimatisasi Tanaman *Vetiver zizaniodes*

Proses asklimatitasi tanaman dilakukan selama kurang lebih 1 sampai 2 bulan. Proses ini bertujuan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan sehingga tingkat kegagalan dalam penelitian ini dapat berkurang. Proses aklimitasi tanaman dilakukan di rumah kaca laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Adapun tahapan aklimitasi tanaman sebagai berikut. Pertama persiapan tanaman dimana batang tanaman yang digunakan 5 sampai 7 batang tanaman vetiver dimasukan kedalam *polybag* yang telah diisi sabut kelapa dengan ketebalan di *polybag* 1 cm, kerikil 1 cm, pasir 1,5 cm dan tanah 1,5 - 2 cm. Proses kedua yakni setelah botol plastik terisi diletakan di toples kaca yang berisi 500 mL air yang telah di campur pupuk cair. Selanjutnya proses aklimitasi berlangsung selama 1 sampai 2 bulan (Nailis,2020).

3.2.3 *Running* Reaktor

Setelah proses aklimitasi tanaman, selanjutnya reaktor diinokulasi dengan kultur bakteri selama 5 sampai 6 bulan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah kultur bakteri dapat membantu tanaman untuk menyerap kandungan logam yang ada pada air limbah. Proses *running* reaktor berlangsung selama 4 sampai 5 bulan. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor jenis semi *bacth* dengan dimensi panjang 46 cm, lebar 31 cm dan tinggi 21 cm. Reaktor yang digunakan sebanyak dua buah, yakni R1 (tanaman dengan bakteri endofit) dengan jumlah total 67 tanaman atau sebanyak 14 rumpun, setiap rumpun terdiri 6-7 tanaman. Rata – rata tinggi tanaman R1 102 cm dan untuk debitnya sendiri sebesar 38,84 mL/s. R2 (tanaman tanpa bakteri endofit) dengan jumlah total 78 tanaman atau 16 rumpun tanaman yang tiap rumpun terdiri 6-7 tanaman. Rata – rata tinggi tanaman R2 95 cm dan untuk debitnya 26 mL/s (Nailis,2020).

3.2.1 Pemanenan Tanaman Vetiver

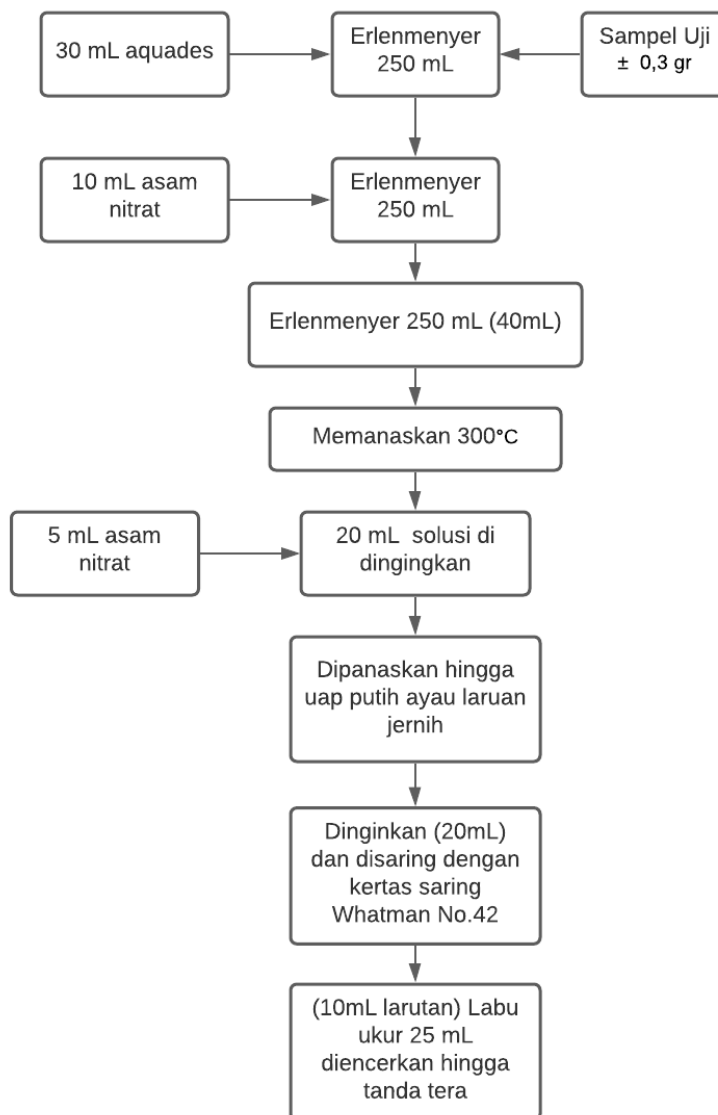
Setelah melalui proses *running* reaktor, tanaman vetiver selanjutnya dipanen melalui beberapa tahapan. Pertama tanaman vetiver dibersihkan terlebih dahulu dari kerikil, tanah dan sabut kelapa yang masih melekat pada akar tanaman. Setelah tanaman bersih proses selanjutnya adalah tanaman di timbang terlebih dahulu dan di lanjutkan dengan proses pengeringan menggunakan sinar matahari langsung selama 3 hari, hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang masih ada. Selanjutnya tanaman yang telah kering di masukan ke dalam oven selama 3 hari dengan suhu 70°C, hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang masih tersisa setelah proses pengeringan pertama. Setelah di oven selama 3 hari tanaman vetiver selanjutnya di timbang kembali untuk mengetahui berat kering.

3.3 Preparasi Sampel

Persiapan sampel yang pertama yakni memotong beberapa tanaman vetiver dengan ukuran 2-3 cm dengan berat ± 10 gram. Setelah itu di tanaman di masukan kedalam furnace dengan suhu 600°C, hal ini bertujuan agar potongan tanaman menjadi abu (*ash*).

3.4 Destruksi Logam

Setelah sampel kering, $\pm 0,3$ gr sampel didestruksi.



Gambar 3.2 Destruksi Logam

3.5 Standar Uji

Parameter dalam pengujian pada penelitian ini menggunakan beberapa SNI (Standar Nasional Indonesia).

Tabel 2 Standar Uji Air Limbah

NO	Parameter	Satuan	Standar Uji	Metode	Instrumen
1	Cr	mg/L	SNI 6989.17:2009 (modifikasi)	Destruksi Basah	Spektrometri Serapan Atom (SSA)-nyala

NO	Parameter	Satuan	Standar Uji	Metode	Instrumen
2	Cu	mg/L	SNI 6989.6:2004 (modifikasi)	Destruksi Basah	Spektrometri Serapan Atom (SSA)-nyala
3	Cd	mg/L	SNI 6989.16:2004 (modifikasi)	Destruksi Basah	Spektrometri Serapan Atom (SSA)-nyala
4	Pb	mg/L	SNI 6989.8:2009 (modifikasi)	Destruksi Basah	Spektrometri Serapan Atom (SSA)-nyala

3.6 Pengujian

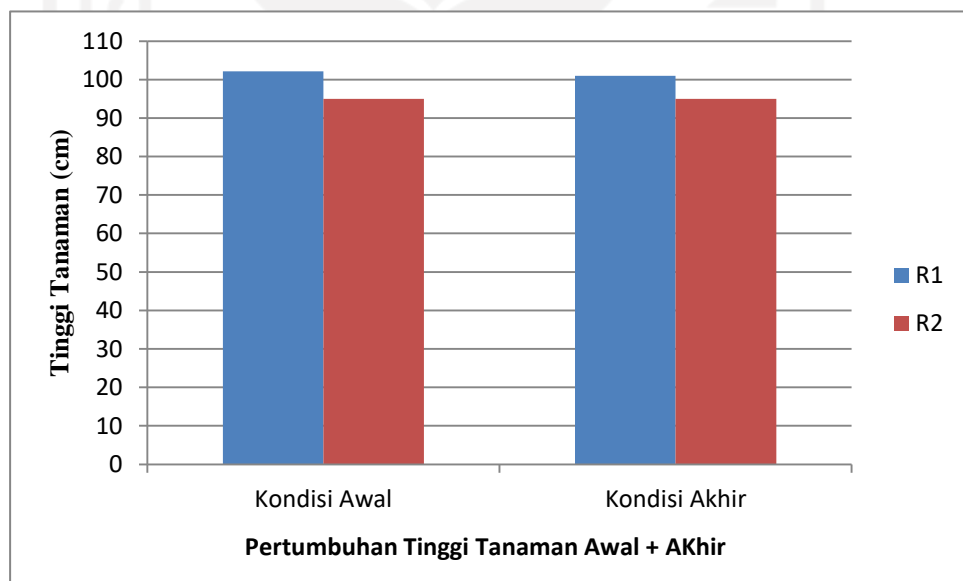
Penelitian ini menguji kandungan logam Cr,Cu,Cd dan Pb pada air limbah pasca pengolahan menggunakan tanaman vetiver dengan sistem wetland, metode pengujian menggunakan Spektrometri Serapan Atom (SSA).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab IV memuat hasil dan pembahasan dari penelitian ini yang berupa pertumbuhan tanaman, kadar logam dalam tanaman, kolerasi penyerapan logam dengan pertumbuhan tanaman.

4.1 Pertumbuhan Tanaman

R1 merupakan reaktor yang terdiri dari tanaman dan bakteri untuk mengolah limbah, tanaman R1 memiliki 14 rumpun dengan total 67 tanaman, R2 adalah reaktor yang hanya terdiri dari tanaman tanpa bakteri untuk mengolah limbah dengan total tanaman 78 dan 16 rumpun. Pertumbuhan pada R1 dan R2 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Perbandingan Petumbuhan Tanaman Awal – Akhir (Nailis,2020)

Dari 10 sampel yang di uji pada tiap reaktor R1 dan R2 pertumbuhan tanaman vetiver R1 dimana pada kondisi awal tinggi rata – rata tanaman 98 cm dan rata – rata tinggi akhir tanaman 97 cm. Pada R2 kondisis awa rata – rata tinggi tanaman 95 cm dan rata – rata tinggi akhir 96,5 cm.

Berdasarkan **gambar 4.1** rata – rata pertumbuhan untuk R2 tidak ditemukan adanya penambahan tinggi tanaman, sedangkan untuk R1 pada kondisi akhir pertumbuhan mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan kurangnya kurangnya nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman vetiver atau pertumbuhan tanaman telah mencapai tinggi maksimal.

Dilaporkan bahwa tanaman vetiver dapat tumbuh 0,5 m hingga 1,5 m dengan karakteristik batang kaku dengan rumpun besar dari akar hingga batang dan bercabang banyak(Erskine, 1992; Truong,1999). Dalam penelitian Romi(2017) tinggi tanaman vetiver 22,7 cm – 44,75 cm dari 13 sampel tanaman. Ketika tanaman tumbuh dengan baik dibutuhkan penyerapan nutrisi yang lebih besar. Nutrisi dalam air limbah yang terdapat dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme yang hidup secara alami akan diserap oleh tanaman vetiver dan juga berperan sebagai sumber pembentukan jaringan baru(Romi,2017). Kebutuhan nutrisi yang telah terpenuhi dari penguraian bahan organik yang ada di dalam air lalu digunakan oleh organisme autotrofik seperti tumbuhan air dan fitoplankton(Effendi et al. 2015). Penggunaan tanaman vetiver untuk pengolahan limbah dengan sistem terapung menunjukkan pertumbuhan normal di sungai yang telah tercemar limbah selama 4 minggu(Chunrong et al.1998). Dalam remediasi logam menggunakan tanaman, tanaman harus memiliki kemampuan menyerap logam berat yang tinggi dan mampu menyalurkan ke seluruh jaringan tanaman meliputi akar, batang, dan daun. Tanaman vetiver merupakan salah satu jenis tumbuhan yang memiliki sifat hiperakulasi akan mampu menyerap polutan dalam jumlah banyak (Hamzah.2019).

4.2 Kadar Logam Dalam Daun Tanaman Vetiver

Tiga macam bentuk logam yang ada didalam tanah, yakni bentuk tersedia, bentuk yang potensial dan bentuk yang tidak tersedia. Bentuk yang tersedia adalah ketersediaan logam untuk organisme setiap saat. Bentuk yang potensial adalah logam berat akan tersedia untuk organisme saat fraksi

yang tersedia telah hilang. Bentuk yang tidak tersedia adalah bentuk yang mempunyai daya larut sangat rendah dan terikat secara kimia pada sebuah matrik organik. Tanaman juga memiliki beberapa metode yang bermacam – macam untuk mendesorbsikan logam dari tanah (Robinson *et al.*, 2003 ; Sheoran *et al.*, 2009).

Proses yang pertama yakni, difikasi asam pada rhizofe merupakan proses pengasaman rhizofe dan proses pelapasan karbosilat yang dianggap potensial untuk meningkat proses akumulasi logam (Ghosh dan Singh, 2005). Proses selanjutnya adalah sekresi ligan oleh rhizofe dimana akar tanaman akan mengeluarkan bermacam ligan diantaranya asam organik (asam malonik dan oksalik), senyawa pembentuk kelat logam (phytosiderphora), dan enzim – enzim sebagai agen pembentuk kelate serta meningkatkan ketersediaan logam organik dalam larutan tanah dan akumulasi yang lebih besar pada tanaman (Callahan *et al.*, 2006).

Proses ketiga merupakan proses rhizofe dihubungkan dengan mikroorganisme, rhizofe terpopulasi oleh konsentrasi yang lebih besar karena adanya organisme yang terdiri dari bakteri dan jamur mikoriza, bakteri dan mikoriza yang mendiami akar telah dinyatakan untuk mengkalisasi transformasi redoks yang mengarahkan ke peningkatan ketersediaan logam yang ada di dalam tanah (Idris *et al.*, 2004). Proses keempat yakni absorpsi dan pengangkutan ke pucuk tanaman, logam yang telah larut ke dalam akar akan melewati membran plasma yang ada dalam sel endodermis akar atau bisa juga masuk melalui sel akar yang ada di ruang antar sel. Hal tersebut dapat memungkinkan larutan untuk mengaruhi tanaman dengan menggunakan metode apoplastik. Metode distribusi yang paling efektif adalah melalui sistem vaskuler tanaman, yakni xylem. Logam harus melalui jalur casparian yang merupakan sebuah lapisan lilin yang tidak dapat ditembus larutan kecuali melewati sel – sel endodermis untuk memasuki xylem (*symplast*).

Sistem distribusi ini tersusun secara baik berdasarkan selektifitas

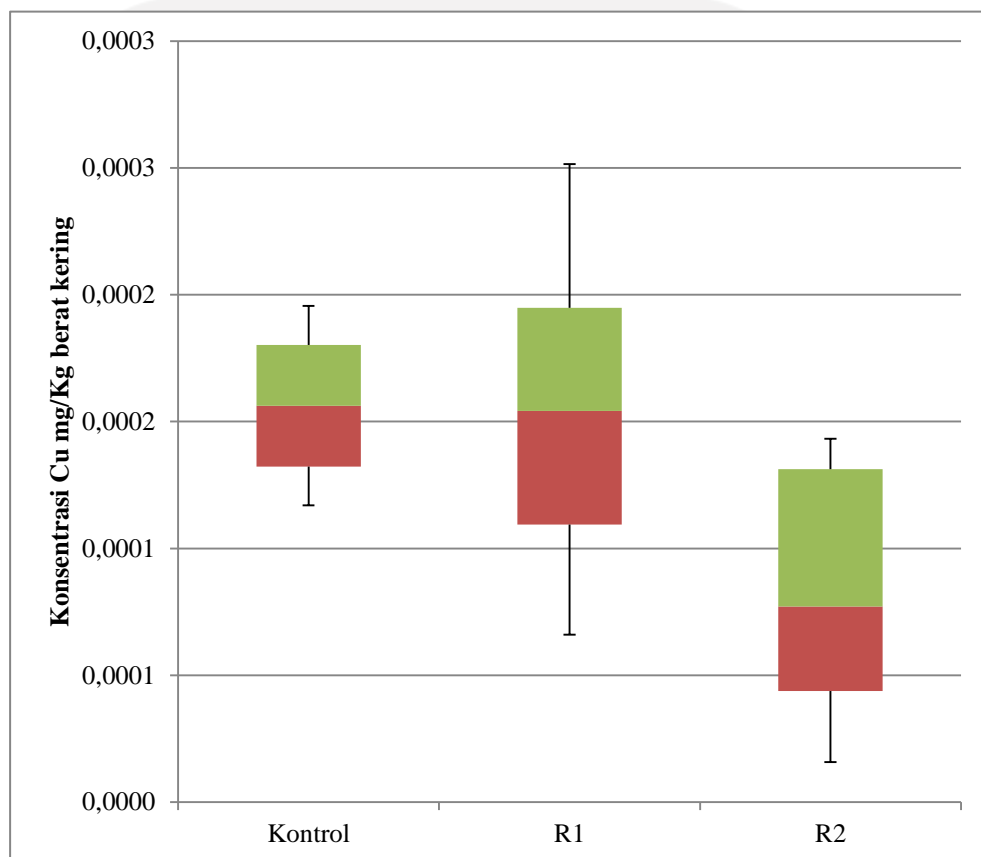
membran plasma sel permeabel yang mengendalikan akses menuju *symplast* melalui kanal – kanal ion logam tertentu (Sheoran *et al.*, 2009). Proses kelima yakni distribusi, detoksifikasi dan pemisahan ion logam, dimana kondisi logam berat yang memiliki karakteristik pengambilan, pengangkutan dan detoksifikasi yang berbeda dalam tanaman.

Pada saat logam di distribusi ke sel – sel pucuk tanaman kemudian disimpan di sel seperti jaringan apoplas, epidermis, mesofil, dinding sel dan lain sebagainya, dimana selama proses ini logam tidak merusak proses – proses seluler yang vital (Shah dan Nongkynrih, 2007). Proses yang terakhir dari akumulasi utama logam adalah memisahkan logam dari proses seluler manapun yang kemungkinan terjadi, pemisahan biasa terjadi pada vakuola tanaman dimana logam harus di distribusikan melalui membran vakuola (Eapen dan D'Souza, 2005).

Sampel daun vetiver diambil dari penelitian sebelumnya. Logam kadmium (Cd) sangat beracun bagi tanaman, nilai ambang batas umum Cd yang ada di dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman sekitar 1,5 mg/Kg (Baker dan Eldershaw, 1993). Logam tembaga (Cu) adalah unsur hara mikro yang diperlukan oleh tumbuhan, hal ini dikarenakan tembaga (Cu) merupakan komponen utama untuk beberapa enzim oksidase yang berperan untuk mempercepat proses bergabungnya oksigen dengan suatu substansi dan pada saat yang sama pula berfungsi untuk mereduksi oksigen (Saeni, 2010). Untuk logam timbal (Pb) adalah logam non esensial serta tidak diperlukan oleh tanaman walaupun dalam konsentrasi yang rendah. Logam krom (Cr) merupakan logam berat beracun yang banyak digunakan dan tersedia dalam beberapa kondisi oksidasi dari Cr(III) menjadi Cr(VI), dalam krom ditemukan baik sebagai Cr(VI) atau Cr(III) (AK Nayak *et al.*, 2018). Selanjutnya dilakukan analisis kandungan logam berat yakni kadmium (Cd), tembaga (Cu), kromium (Cr), dan timbal (Pb) dengan menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

4.2.1 Kadar Logam Tembaga (Cu)

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), hasil konsentrasi Tembaga (Cu) yang didapatkan ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.2 Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)

Konsentrasi untuk tanaman kontrol dimana untuk sampel tanaman A yakni sebesar 0,0001 mg/Kg berat kering sedangkan pada sampel tanaman B sebesar 0,0001 mg/Kg berat kering. Konsentrasi yang didapatkan pada sampel R1 (Tanaman dengan bakteri) dengan rata-rata yakni sebesar 0,0001 mg/Kg berat kering. Pada sampel dengan kode R1 yang memiliki konsentrasi tembaga (Cu) terendah pada kode sampel R1-8 sebesar 0,00003 mg/Kg berat kering dan konsentrasi tertinggi yaitu pada kode sampel R1-2 0,0002 mg/Kg berat kering.

Rata – rata konsentrasi yang didapatkan pada sampel R2 (tanaman tanpa bakteri) yakni sebesar 0,0001 mg/Kg berat kering. Untuk sampel dengan kode sampel R2 konsentrasi tembaga (Cu) terendah pada kode sampel R2-9 sebesar 0,00001 mg/Kg berat kering dan yang tertinggi pada kode sampel R2-1, R2-2,R2-3,R2-4 dan R2-10 yakni 0,0001 mg/Kg berat kering. Dari hasil analisis tersebut konsentrasi yang didapatkan lebih rendah dengan yang ditemukan oleh Wilde *et all* (2005) dimana tanaman vetiver dapat bertahan pada konsentrasi tembaga (Cu) ditanah yang terkontaminasi hingga 1762 mg Cu/Kg. Pada tanaman vetiver juga dapat tumbuh dan bertahan dengan tanah yang telah terkontaminasi oleh limbah tembaga (Cu) dengan konsentrasi 1084 mg/Kg (Chiu *et all*,2006). Penelitian Castillo *et al* (2007) pada tambang Anglo di Amerika dimana tanaman vetiver dapat tumbuh dengan konsentrasi tembaga 2600 mg/Kg.

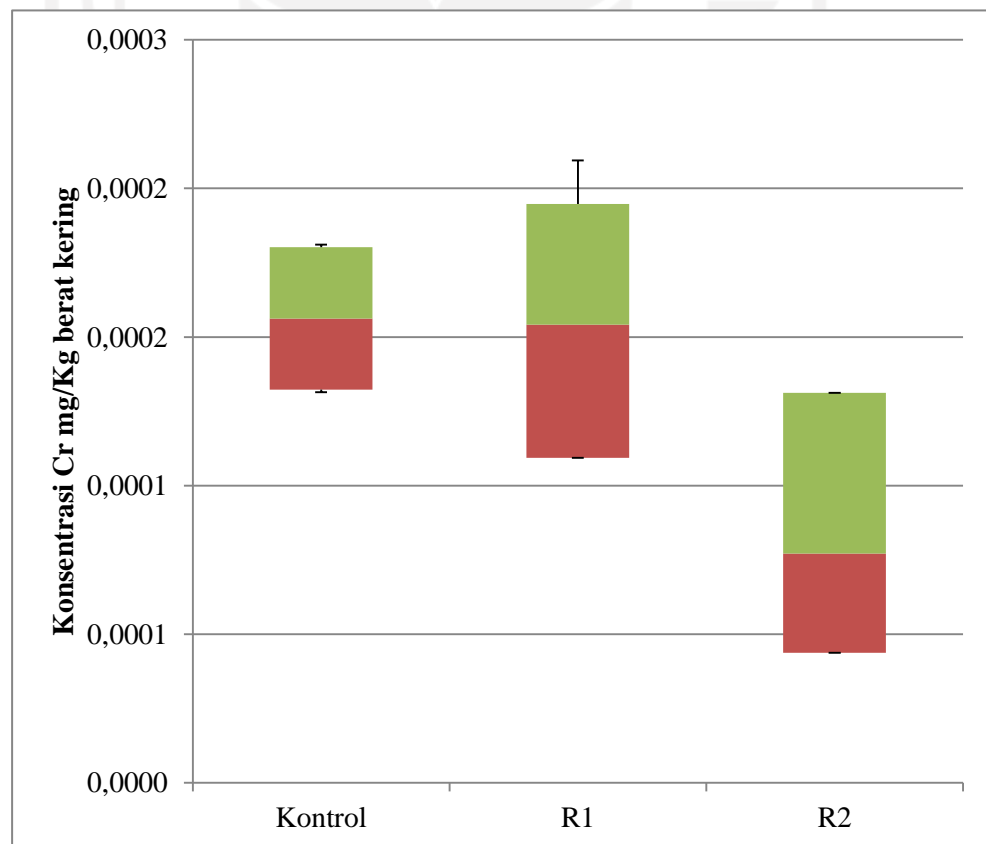
Akumulasi logam berat dilakukan oleh tanaman melalui beberapa tahapan dimulai dari penyerapan oleh akar, kemudian dipindahkan dari akar menuju jaringan tanaman, selanjut ditempatkan pada jaringan tertentu yang dimana hal ini bertujuan untuk menjaga agar proses metabolisme tidak terhambat (Ghosh dan Singh, 2005). Tanaman vetiver memiliki kemampuan toleransi tinggi terhadap konsentrasi logam berat seperti Cd, Cu, Cr, As, Cr, Pb, Hg, Ni, Se dan Zn (Truong 2002; Chomchalow 2003; Danh *et al*. 2009; Shu 2003; Truong *et al*. 2010; Vargas *et al*. 2016). Logam Cu akan dipisahkan dari proses seluler dengan cara mengikatnya dengan sulfur organik (Eapen dan D’Souza, 2005). Sejalan dengan pendapat Yang, *et all* (2003) dimana akumulasi Cu lebih banyak pada akar 58,7 mg/Kg sedangkan pada pucuk tanaman vetiver mengandung 3,7 mg/Kg. Pada tanaman vetiver yang sudah dikeringkan akumulasi Cu pada akar dan daun 820,6 mg/Kg dan 39,3 mg/Kg (Wilde *et al*,2007).

Adanya akumulasi logam pada daun vetiver menandakan adanya proses fitoremediasi yang biasa disebut fitoekstraksi (Rismawati,2012). Perbedaan konsentrasi logam pada daun vetiver disebabkan karena berbagai macam faktor seperti muatan ion, konsentrasi serta ada atau tidak adanya

transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi *et al.* 2011). Tembaga (Cu) bagi tumbuhan merupakan mikronutrien yang diperlukan oleh tumbuhan mempunyai transporter khusus sehingga mudah diserap oleh tanaman. Penyerapan tembaga (Cu) yang dilakukan oleh tanaman secara simplas dan apoplas yang kemudian banyak ditemukan akumulasi tembaga (Cu) pada jaringan pengangkut dan silinder tengah. Mikroba dalam tanah memiliki peran penting dalam membantu proses pengakumulasian logam yang ada pada tanaman (Merian, 1994).

4.2.2 Kadar Logam Kromium (Cr)

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), hasil konsentrasi Krom (Cr) yang didapatkan ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.3 Konsentrasi Logam Kromium (Cr)

Konsentrasi kromium (Cr) tanaman kontrol dimana yang didapatkan pada sampel tanaman A yakni sebesar 0,00001 mg/Kg berat kering dan sampel tanaman B sebesar 0,00001 mg/Kg berat kering. Konsentrasi yang didapatkan pada sampel R1 hanya ditemukan pada kode sampel R1-4 sebesar 0,00001 mg/Kg berat kering dan pada kode sampel yang lainnya tidak terdeteksi logam kromium (Cr). Konsentrasi untuk sampel R1 memiliki rata – rata sebesar 0,000001 mg/Kg berat kering. Konsentrasi yang didapatkan pada semua kode sampel R2 tidak terdeteksi adanya konsentrasi kromium (Cr). Hasil instrumen yang didapatkan pada konsentrasi kromium (Cr) dalam daun vetiver lebih rendah dibandingkan yang didapatkan pada penelitian yang dilakukan oleh Truong (1999b) dimana konsentrasi kromium (Cr) yang didapatkan sebesar 600 mg/Kg dan pada penelitian ini membuktikan bahwa tanaman vetiver dapat bertahan di tanah yang terkontaminasi pada konsentrasi tinggi. Dalam studi yang dilakukan oleh (Hoang *et al.*,2007) tanaman vetiver dapat bertahan pada konsentrasi kromium (Cr) 2290 mg/Kg. Akumulasi kromium (Cr) yang ada pada akar tanaman vetiver mengandung 50 mg/Kg, 200 mg/Kg, dan 600 mg/Kg sedangkan kandungan kromium (Cr) pada daun sangat berbeda yakni 4 mg/Kg, 5 mg/Kg dan 18 mg/Kg (Truong,1999).

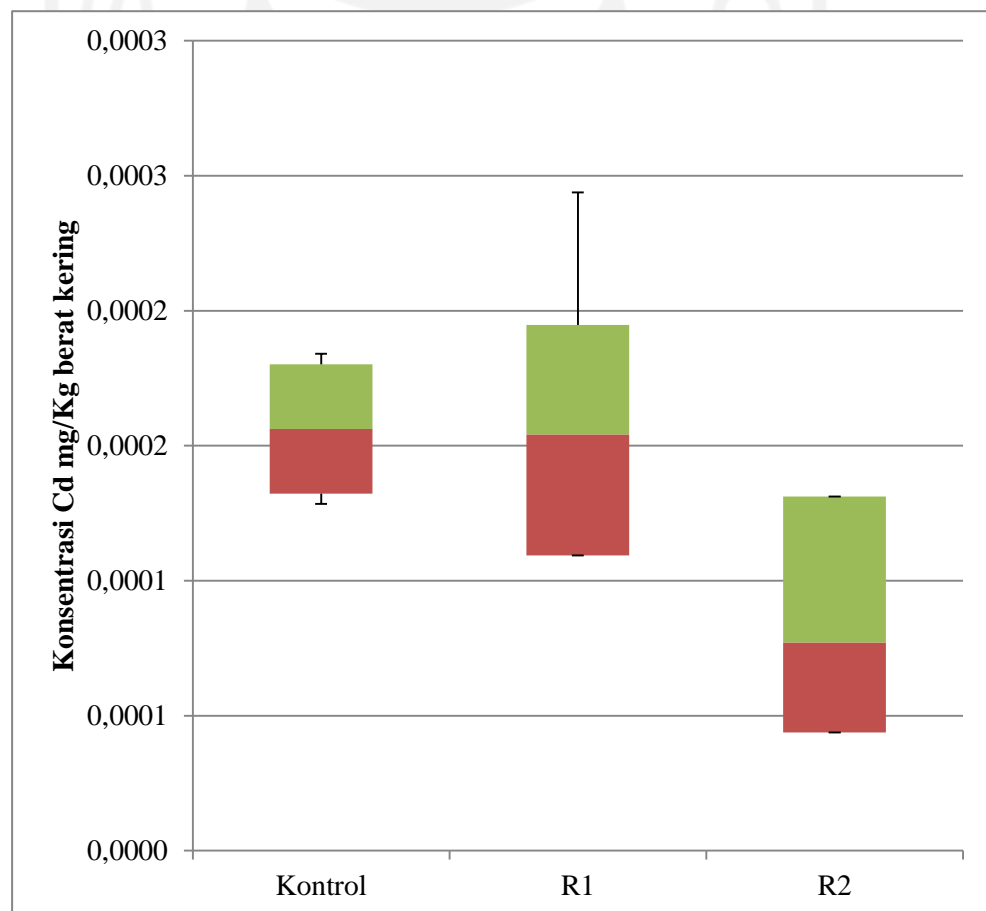
Perbedaan konsentrasi logam berat pada daun dan akar disebabkan karena kemampuan akar dalam menyerap serta mengakumulasi logam. Pada bagian daun akumulasi logam lebih sedikit dikarenakan mobilitas pada zat yang diperlukan (Laoli dan Djoko,2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Irhamni, Pandia, Purba, & Hasan, 2018 logam berat yang diserap oleh akar dari tanah kemudian akan disalurkan ke bagian tunas melalui *xilem*. Faktor translokasi dari akar menjadi faktor utama dalam perbedaan konsentrasi, adapun faktor yang lain adalah penyerapan logam yang berasal dari stomata pada daun. Daun yang memiliki fungsi penyerap CO² dapat mengakumulasi logam berat (Darmono,1995).

Hal tersebut membuktikan bahwa kemampuan akar dalam menyerap kromium (Cr) lebih unggul dibandingkan dengan kemampuan daun dalam menyerap kromium (Cr). Kromium (Cr) merupakan unsur non esensial dan

toksik yang dimana hal ini mengakibatkan tidak adanya mekanisme dalam menyerap kromium (Cr) dalam sel tanaman dan proses penyerapan logam kromium (Cr) melalui pembawa yang digunakan sebagai penyerapan unsur penting dalam proses metabolisme(Hawley.2009). Kandungan kromium (Cr) yang terdapat dalam daun dan batang tanaman membuktikan bahwa proses penyebaran logam dapat terjadi melalui xilem dan tekanan pada akar(Shanker.2005).

4.2.3 Kadar Logam Kadmium (Cd)

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), hasil konsentrasi Kadmium (Cd) yang didapatkan ditampilkan pada gambar berikut.

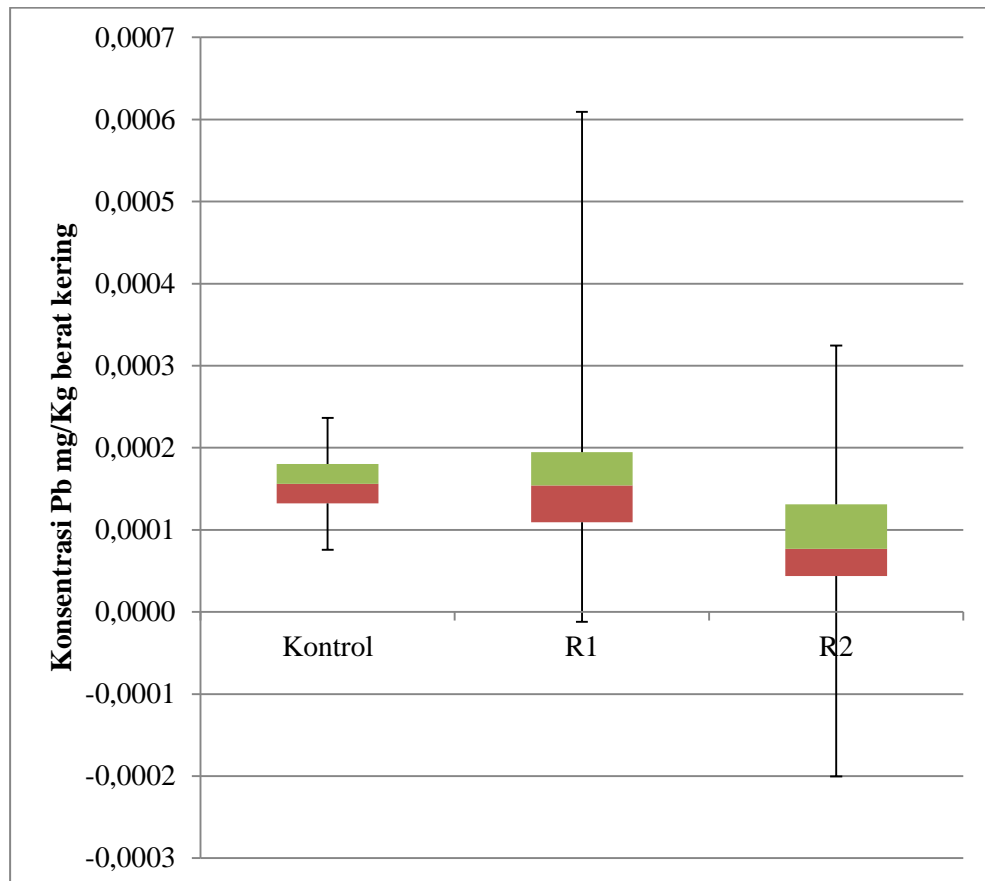


Gambar 4.4 Konsentrasi Logam Kadmium (Cd)

Konsentrasi kadmium(Cd) pada tanaman kontrol dimana untuk sampel tanaman A yakni sebesar 0,00002 mg/Kg berat kering dan sampel tanaman B sebesar 0,00003 mg/Kg berat kering. Konsentrasi yang didapatkan pada sampel R1 konsentrasi terendah terdapat pada kode sampel R1-4 0,00001 mg/Kg berat kering sedangkan untuk konsentrasi tertinggi terdapat pada sampel dengan kode R1-1 sebesar 0,00007 mg/Kg berat kering. Konsentrasi untuk sampel R1 memiliki rata – rata sebesar 0,00002 mg/Kg berat kering. Konsentrasi yang didapatkan pada semua kode sampel R2 tidak terdeteksi adanya konsentrasi kadmium (Cd). Tanaman memerlukan kandungan kadmium (Cd) untuk pertumbuhan sebesar 1,5 mg/Kg(Baker dan Eldershaw,2003). Akumulasi logam yang ada pada daun vetiver menandakan adanya proses fitoremediasi atau yang biasa disebut fitoekstraksi(Rismawati,2012). Perbedaan konsentrasi logam pada daun vetiver disebabkan karena berbagai macam faktor, seperti muatan ion, konsentrasi serta ada atau tidak adanya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi *et al.* 2011). Tanaman vetiver dapat menerima konsentrasi kadmium (Cd) yang tinggi di tanah sampai dengan 60 mg/Kg(Truong,1999). Tanaman vetiver dapat bertahan hidup pada limbah dengan kandungan (Cd) sebesar 32 mg/Kg(Yang *et al.*,2003). Akumulasi kadmium (Cd) pada tanaman vetiver pada bagian akar dan pucuk dapat meningkat dengan meningkatnya konsentrasi kadmium (Cd) di tanah dan waktu pemaparan (Vo,2007). Hal yang sama dilakukan pada penelitian Luu *et l.*,(2009) bahwa tanaman vetiver yang dilakukan dengan memakan waktu pemaparan selama 70 hari, memiliki kandungan kadmium (Cd) pada akar dan pucuk tanaman vetiver sebesar 0,1417 – 0,2252 mg/Kg dan 0,1114 – 0,1522 mg/Kg hal ini dikarenakan kandungan kadmium yang ada didalam tanah meningkat 10-40 mg/Kg.

4.2.4 Kadar Logam Timbal (Pb)

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan instrumen Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), hasil konsentrasi Timbal (Pb) yang didapatkan ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.5 Konsentrasi Logam Timbal (Pb)

Konsentrasi timbal(Pb) tanaman kontrol dimana untuk sampel tanaman A yakni sebesar 0,0002 mg/Kg berat kering dan sampel tanaman B sebesar 0,0005 mg/Kg berat kering. Konsentrasi untuk sampel R1 memiliki rata – rata sebesar 0,0007 mg/Kg berat kering. Pada sampel dengan kode R1 konsentrasi timbal (Pb) terendah pada kode sampel R1-3 dan R1-4 sebesar 0,0003 mg/Kg berat kering dan 0,0003 mg/Kg berat kering sedangkan kandungan logam berat timbal (Pb) tertinggi pada kode sampel R1-1,R1-6,R1-7,R1-8,R1-9,R1-10 0,001 mg/Kg berat kering. Konsentrasi untuk

sampel R2 memiliki rata – rata sebesar 0,0003 mg/Kg berat kering. Pada sampel dengan kode R2 konsentrasi timbal(Pb) terendah pada kode sampel R2-4 sebesar 0,0002 mg/Kg berat kering dan kandungan logam berat timbal (Pb) tertinggi pada kode sampel R2-3 0,0006 mg/Kg berat kering dan untuk kode sampel R2-5 dan R2-7 tidak terdeteksi logam timbal oleh instrumen pengujian.

Kemampuan penerimaan tanaman vetiver terhadap timbal sangat tinggi, terbukti dengan memiliki peluang hidup 100% serta pertumbuhan yang baik pada tanah dengan konsentrasi timbal (Pb) tinggi yakni, 10750 mg/Kg dan di tanah pertambangan yang terkontaminasi timbal sebesar 9020 mg/Kg (Rotkittikhun *et al.*,2007). Dalam studi Chen,Shena, dan Lib (2004) tanaman vetiver menunjukkan pertumbuhan yang baik pada tanah dengan konsentrasi Pb 5000 mg/Kg. Hal serupa juga di peroleh ketika tanaman vetiver dibudidayakan pada tanah yang terkontaminasi logam Pb 3281,6 mg/Kg(Wilde *et al.*,2005).

Perbedaan konsentrasi logam pada daun vetiver disebabkan karena berbagai macam faktor, seperti muatan ion, konsentrasi serta ada atau tidak adanya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi *et al.* 2011). Jenis logam juga dapat mempengaruhi kemampuan tanaman dalam proses lokalisasi. Kapasitas tanaman melokalisasi logam akan menggambarkan kemampuan tanaman dalam mentoleransi logam berat dan detoksifikasi. Apabila proses translokasi logam dari akar ke jaringan tanaman terhambat akan maka tanaman lebih mudah melakukan proses detoksifikasi (Indrasti *et al.* 2006).

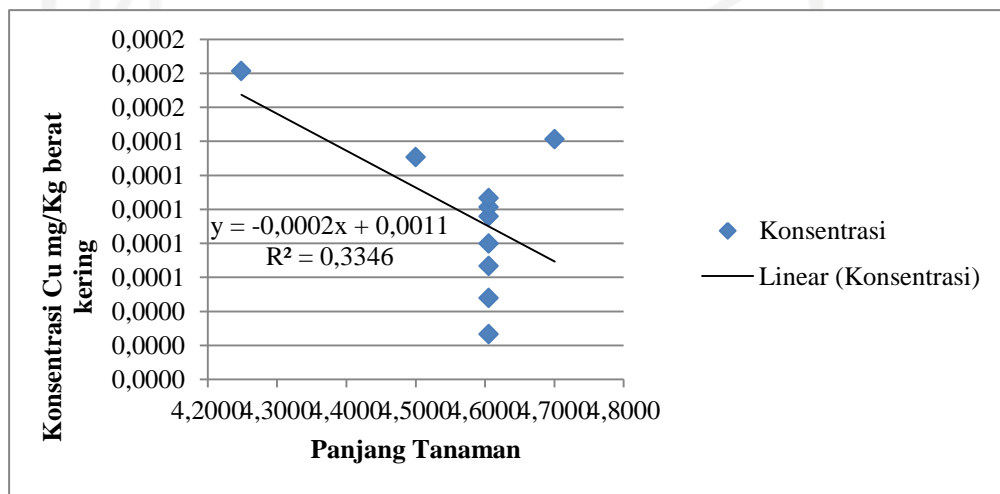
4.3 Kolerasi Penyerapan Logam dengan Pertumbuhan

Konsentrasi logam pada daun tanaman vetiver dapat mencerminkan kemampuan tanaman untuk menyerap menghilangkan logam berat dan konsentrasi logam pada tanah juga dapat mencerminkan kemampuan tanaman untuk menyerap logam pada tanah dan mengangkutnya ke daun (Baker *et al.*,1997;Dahmani *et al.*,2001). Konsentrasi logam yang ada pada

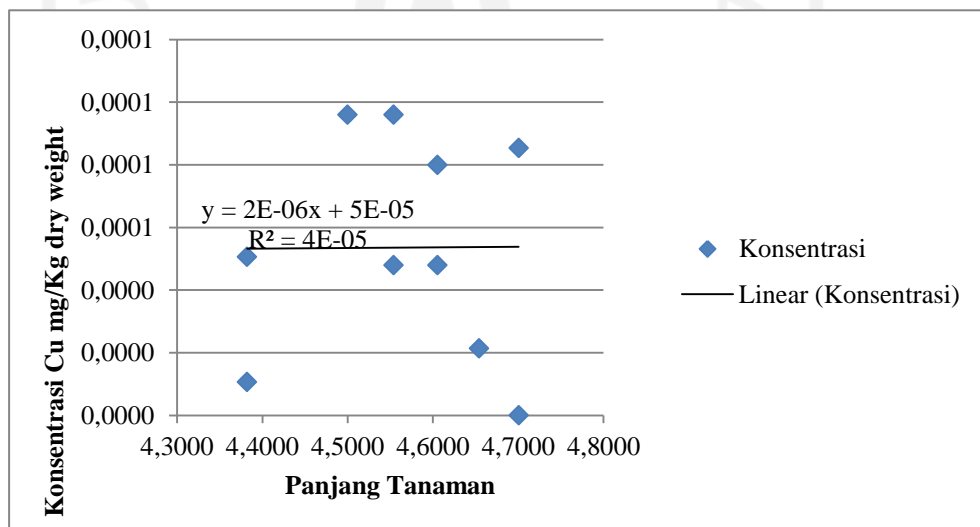
tanaman dan berat kering total merupakan faktor yang sangat mempengaruhi besarnya serapan logam berat (Nualchavee *et al.*, 2007).

4.3.1 Logam Tembaga (Cu)

Perbedaan tinggi tanaman dengan penyerapan logam berat tembaga (Cu) oleh rumput vetiver selama proses pengolahan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.6 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cu R1



Gambar 4.7 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cu R2

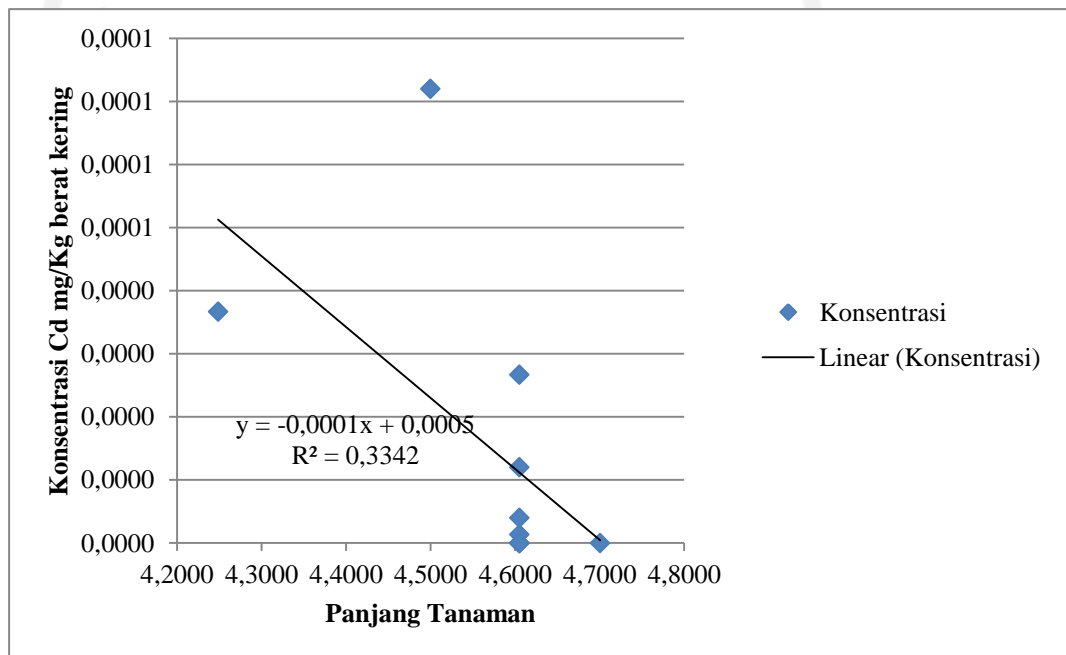
Tinggi tanaman vetiver untuk kode sampel R1 memiliki variasi mulai dari 64,68 cm sampai dengan 85,54 cm. Berdasarkan pada **gambar 4.6** dan **gambar 4.7** tersebut, konsentrasi pada kode sampel R1-8 dengan tinggi tanaman 66 cm dengan konsentrasi tembaga (Cu) yang didapatkan sebesar 0,00003 mg/Kg berat kering dan untuk kode sampel R1-2 dengan tinggi tanaman 73,77 cm dengan konsentrasi tembaga (Cu) yang didapatkan sebesar 0,0002 mg/Kg berat kering. Pada kode sampel R2 memiliki variasi dengan tinggi mulai 45,1 cm hingga 87,7 cm. Pada kode sampel R2-9 dengan panjang sampel 87,7 memiliki konsentrasi logam terendah 0,00001 mg/Kg berat kering, hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman tidak terlalu mempengaruhi kemampuan dalam *removal* logam tembaga (Cu). Sejalan dengan pendapat Yang, *et al* (2003) dimana akumulasi Cu pada akar dan pucuk tanaman vetiver mengandung tembaga (Cu) 58,7 mg/Kg dan 3,7 mg/Kg. Pada tanaman vetiver yang telah dikeringkan memiliki akumulasi tembaga (Cu) pada akar dan daun sebesar 820,6 mg/Kg dan 39,3 mg/Kg (Wilde *et al.*,2007).

Tanaman vetiver yang dibudidayakan pada tambang Anglo American El Salado setelah 4 bulan memiliki konsentrasi tembaga (Cu) 69 mg/Kg pada daun dan 371 mg/Kg pada akar dan setelah tanaman vetiver berumur 10 bulan konsentrasi pada daun 65 mg/Kg dan pada akar 953 mg/Kg, hal ini menandakan tanaman yang berumur lebih tua menyimpan tembaga (Cu) lebih banyak (Castillo *et al.*,2007). Hal ini menjelaskan bahwa laju serapan tembaga (Cu) lebih tinggi dibandingkan dengan laju fiksasi tembaga (Cu) di akar, dan oleh sebab itu sejumlah tembaga (Cu) yang lolos dari fiksasi pada akar tersedia di daun (Truong,1999). Penyerapan tembaga (Cu) pada daun tanaman vetiver dapat di tingkatkan dengan menggunakan agen tambahan seperti CDTA, EDTA, EGTA, asam sitrat, asam malik, HEDTA, HEIDA, NTA dan DPTA tentu tiap agen memiliki pengaruh yang berbeda (Lou *et al.*,2007 ; Chiu *et al.*, 2005). HEIDA merupakan zat adiktif yang sangat efektif, dimana dapat memberikan kelarutan pada tembaga (Cu) 2,5 hingga 34 kali lebih tinggi di bandingkan dengan zat penambah yang lainnya hal ini bila di terapkan pada larutan 20 nmol/Kg (Luu *et al.*,2009). HEIDA

memiliki efek tertinggi pada peningkatan kandungan tembaga (Cu) pada daun tanaman vetiver (Lou *et al.*,2007).

4.3.2 Logam Kadmium (Cd)

Perbedaan tinggi tanaman dengan penyerapan logam berat kadmium (Cd) oleh rumput vetiver selama proses pengolahan dapat dilihat pada gambar berikut.



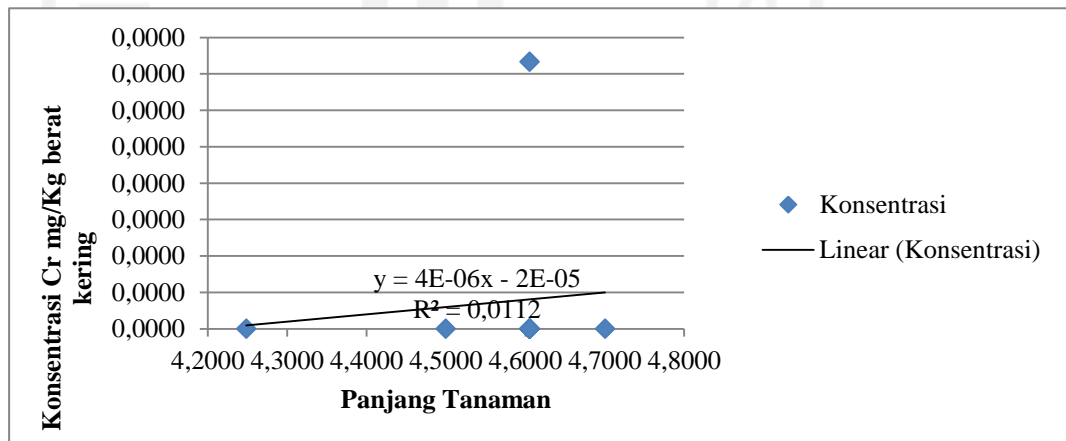
Gambar 4.8 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cd R1

Berdasarkan **gambar 4.8** kandungan logam kadmium (Cd) pada kode sampel R1 konsentrasi terendah terdapat pada kode sampel R1-6 0,000001 mg/Kg berat kering dengan tinggi 69,82 cm dan untuk konsentrasi tertinggi terdapat pada sampel dengan kode R1-1 sebesar 0,0001 mg/Kg berat kering dengan tinggi 81,08 cm. Untuk konsentrasi kadmium (Cd) pada semua sampel R2 tidak terdeteksi konsentrasi logam kadmium. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman tidak terlalu mempengaruhi kemampuan dalam *removal* logam Cd. Akumulasi kadmium pada tanaman vetiver pada bagian akar dan pucuk dapat meningkat dengan meningkatnya konsentrasi kadmium di tanah dan waktu pemaparan (Vo,2007).

Pada tumbuhan vetiver logam Cd lebih tinggi dai pada di daun, tanaman vetiver tumbuh di tanah yang terkontaminasi Cd 0,58 mg/Kg – 1,66 mg/Kg akumulasi Cd pada akar 7,77 mg/Kg - 14,2 mg/Kg dan di sangat sedikit di daun 0,13 mg/Kg – 0,58 mg/Kg (Truong,1999b). Selain itu Cd tidak terdeteksi pada daun tanaman vetiver yang di tanam pada tanah tailing tambang yang telah terkontaminasi 32 mg/Kg sedangkan untuk akar memiliki konsentrasi Cd 4,98 mg/Kg setelah masa pertumbuhan 20 minggu (Yang *et al.*, 2003).Pengaplikasian EDTA tidak efektif untuk meningkatkan konsentrasi Cd yang terakumulasi di akar dan daun (Zhuang *et al.*, 2005; Lai dan Chen, 2004). Penggunaan EDTA tidak mampu meningkatkan akumulasi Cd (McGrath *et al.*, 2006) dan tidak memingkatkan serapan Cd di akar dan daun(Zhuang *et al.*, 2005).

4.3.3 Logam Kromium (Cr)

Perbedaan tinggi tanaman dengan penyerapan logam berat kromium (Cr) oleh rumput vetiver selama proses pengolahan dapat dilihat pada gambar berikut.



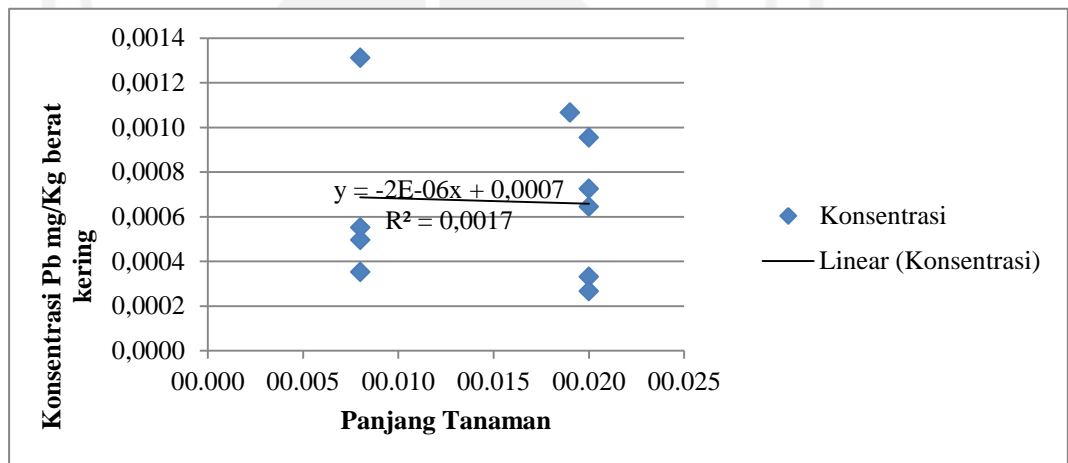
Gambar 4.9 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Cr R1

Berdasarkan **gambar 4.9** Untuk konsentrasi kromium (Cr) hanya ditemukan pada kode sampel R1-4 sebesar 0,00001 mg/Kg *berat kering* dengan tinggi 78,38 cm dan kode sampel yang lainnya tidak terdeteksi logam kromium (Cr). Untuk semua kode sampel R2 konsentrasi kromium

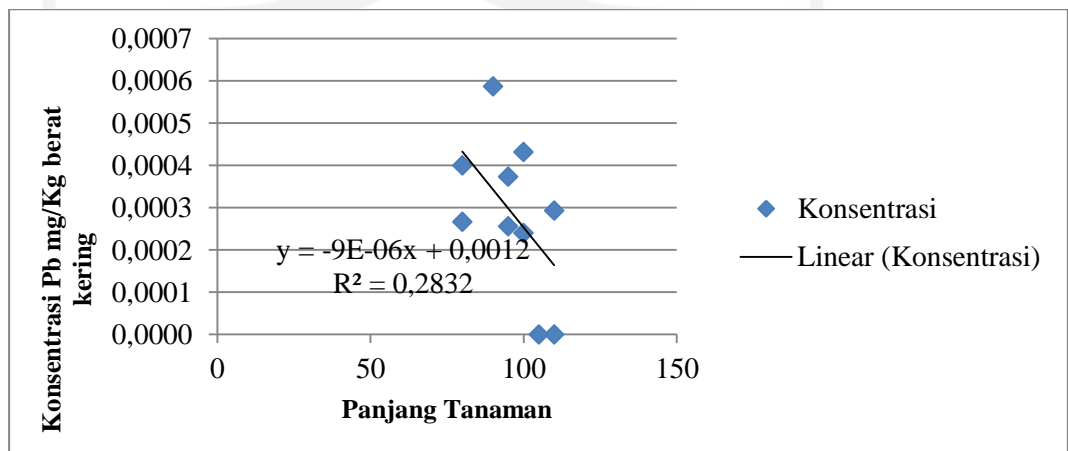
(Cr) tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman tidak terlalu mempengaruhi kemampuan dalam *removal* logam Cr. Konsentrasi Cr di akar tanaman vetiver mengalami peningkatan tiga kali lipat selama 30 hari, penyerapan Cr di daun kontan dari waktu ke waktu (Antiochia *et al.*, 2007).

4.3.4 Logam Timbal (Pb)

Perbedaan tinggi tanaman dengan penyerapan logam berat timbal (Pb) oleh rumput vetiver selama proses pengolahan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.10 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Pb R1



Gambar 4.11 Kolerasi Tinggi Tanaman dengan Konsentrasi Pb R1

Berdasarkan **gambar 4.10** dan **gambar 4.11** konsentrasi timbal(Pb) terendah pada kode sampel R1-4 sebesar 0,0003 mg/Kg *berat kering* dengan tinggi 78,38 cm dan kandungan logam berat timbal(Pb) tertinggi pada kode sampel R1-9 0,0013 mg/Kg *berat kering* dengan tinggi 72,2 cm. Konsentrasi timbal(Pb) terendah pada kode sampel R2-4 sebesar 0,0002 mg/Kg *berat kering* dengan tinggi masing – masing 81,2 cm sedangkan kandungan logam berat timbal(Pb) tertinggi pada kode sampel R2-3 0,0006 mg/Kg *berat kering* dengan tinggi 53,48 cm. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman tidak terlalu mempengaruhi kemampuan dalam *removal* logam Pb. Konsentrasi timbal (Pb) pada daun dan akar tanaman vetiver meningkat secara signifikan dengan meningkatkan konsentrasi timbal di dalam tanah (Rotkittikhun *et al.*,2007; Chen *et al.*,2004 ; Wong *et al.*,2007). Sebagian besar timbal (Pb) yang diserap oleh tanaman vetiver terakumulasi di akar dan umumnya hanya sebagian kecil timbal (Pb) yang salurkan ke daun (Luu *et al.*, 2009). Ketika timbal (Pb) memasuki akar tanaman, Pb akan segera terpapar ke larutan di ruang antar sel yang memiliki konsentrasi fosfat tinggi, pH relatif tinggi, dan konsentrasi karbonat-bikarbonat tinggi (Brennan dan Shelley, 1999).

Pembentukan senyawa timbal (Pb) yang tidak larut mengurangi penyebaran timbal (Pb) pada tanaman (Cunningham dan Berti, 2000). Konsentrasi timbal (Pb) yang terfiksasi di akar jauh lebih tinggi dibandingkan dengan timbal (Pb) yang ada di daun. (Luu *et al.*,2009). Sebagian besar akumulasi timbal (Pb) di akar membuat tanaman vetiver yang berguna untuk fitobilisasi, proses pemanfaatan tanaman untuk imobilisasi kontaminan tanah *in situ*. Peningkatan penyebaran timbal (Pb) dari akar dapat ditingkatkan dengan penambahan agen. Penambahan agen meningkatkan akumulasinya di bagian atas tanaman (Wu *et al.*,1999; Ebss dan Kochian, 1998; Blaylock *et al.*, 1997; Huang *et al.*,1997; Huang dan Cunningham,1996). Penambahan agen yang terbukti efisien yakni EDTA dapat memobilisasi Pb dari berbagai tanah (Shen *et al.*, 2002; Wenzel *et al.*, 2002; Huang *et al.*, 1997). Penyebaran Pb dari akar ke tunas sedikit meningkat dengan penerapan EDTA(Chen *et al.*,2004). Namun penggunaan

EDTA yang dapat larut ke dalam air tanah menyebabkan pencemaran lingkungan lebih lanjut di daerah sekitarnya (Römken *et al.*, 2002; Barona, Aranguiz, dan Elias, 2001; Kedziorekdkk., 1998). Untuk mencegah penyebaran timbal (Pb) ke dalam tanah, beberapa aspek harus di pertimbangkan dalam merancang program fitoremediasi, lokasi penambahan agen, konsentrasi agen penambah, waktu dan lokasi pengaplikasian agen penambah serta sistem akar ((Chen *et al.*, 2004).



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian tentang Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Dalam Daun Tanaman *Vetivera Zizanioides* Pasca Pengolahan Limbah Tenun Dengan Sistem *Floating Treatment Wetland*, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pertumbuhan tanaman vetiver sebelum pengolahan dan setelah pengolahan tidak mengalami pertumbuhan yang signifikan dimana tinggi tanaman sama, proses transmigrasi logam dari akar ke batang atau daun pada tanaman vetiver melalui difikasi asam pada rhizozfer, Sekresi ligand oleh rhizosfer, Rhizosfer dihubungkan dengan mikroorganisme, Absorpsi dan pengangkutan ke pucuk tanaman, Distribusi, detoksifikasi dan pemisahan ion logam, memisahkan logam sejauh mungkin dari proses seluler manapun. Bentuk logam pada matriks tanah, berada dalam tiga macam bentuk: bentuk tersedia, bentuk yang potensial tersedia, dan bentuk yang tidak tersedia.
2. Rata – rata penyerapan logam Cu, Cr, Pb, dan Cd pasca pengolahan dengan menggunakan sistem FTW tertinggi pada R1 logam timbal (Pb) 0,0007 (mg/Kg berat kering) dan untuk logam tembaga (Cu) sebesar 0,0001 (mg/Kg berat kering) dan logam kadmium (Cd) sebesar 0,00002 (mg/Kg berat kering) yang terakhir logam kromium sebesar 0,000001 (mg/Kg berat kering).
3. Kolerasi antara tinggi tanaman vetiver dengan konsentrasi logam berat menunjukkan tidak terlalu berpengaruh hal ini dikarenakan

removal logam berat banyak terjadi pada akar tanaman vetiver. Peningkatan *removal* di daun tanaman vetiver dapat ditingkatkan dengan menambahkan beberapa agen tambahan seperti CDTA, EDTA, EGTA, asam sitrat, asam malik, HEDTA, HEIDA, NTA dan DPTA.

5.2 Saran

1. Menguji kandungan logam pada limbah tenun atau tekstil agar diketahui kadar logam yang ada di dalamnya dan penurunan kandungan logam setelah pengolahan menggunakan sistem FTW
2. Pengenceran pada proses destruksi sebaiknya tidak dilakukan agar mengetahui kandungan logam yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- A. K. Nayak, S. S. Panda, A. Basu & N. K. Dhal. 2018. **Enhancement of toxic Cr (VI), Fe, and other heavy metals phytoremediation by the synergistic combination of native Bacillus cereus strain and Vetiveria zizanioides L**, *International Journal of Phytoremediation*, 20:7, 682-691.
- A. K. Shanker, C. Cervantes, H. Loza-Tavera, S. Avudainayagam, **Chromium Toxicity in Plants**, *Environ. Int.* 2005, 31 (5), 739–753.
- Ambarawati, Yuli., Syaiful Bahri. 2018. Review: **Fitoremediasi Limbah Logam Berat dengan Tumbuhan Akar Wangi (Vetiveria zizanioides L) Analit: Analytical and Environmental Chemistry**. Volume 3.
- Antiochia, R., Campanella, L., Ghezzi, P., dan Movassaghi, K. 2007. **The use of vetiver for remediation of heavy metal soil contamination**. *Anal. Biochem.*, 388, 947–956.
- Baker, D.E. and Eldershaw, V.J. 1993. **Interpreting soil analyses for agricultural land use in Queensland**. Project Report Series Q093014, QDPI, Brisbane, Australia.
- Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Sidoli, C.M.D., Reeves, R.D., 1994. **The Possibility Of In-Situ Heavy-Metal Decontamination Of Polluted Soils Using Crops Of Metal-Accumulating Plants**. *Res. Conserv. Recycl.* 11, 41–49
- Barona, A., Aranguiz, I., and Elias, A. 2001. **Metal associations in soils before and after EDTA extractive decontamination: implications for the effectiveness of further cleanup procedures**. *Environ. Pollut.*, 113, 79–85.
- Blaylock, M.J., Salt, D.E., Dushenkov, S., Zakharova, O., Gussman, C., Kapulnik, Y., Ensley, B.D., and Raskin, I. 1997. **Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil applied**

- chelating agents.** Environ. Sci. Technol., 31, 860–865.
- Brennan, M.A. and Shelley, M.L. 1999. **A model of the uptake, translocation, and accumulation of lead (Pb) by maize for the purpose of phytoextraction.** Ecol. Eng., 12, 271–297.
- Callahan, D.L., Baker, A.J.M., Kolev, S.D., and Weed, A.K., 2006. **Metal ion ligands in hyperaccumulating plants.** J. of Biological Inorganic Chemistry, 11: 2–12.
- Castillo, M., Fonseca, R., and Candia, J.R. 2007. **Report on the pilot study on the use of Vetiver grass for Cu mine tailings phytostabilisation at Anglo American El Solado mine, Chile.** Fundacion Chile, (report in Spanish).
- Chen, Y., Shena, Z., and Lib, X.D. 2004. **The use of vetiver grass (Vetiveria zizanioides) in the phytoremediation of soils contaminated with heavy metals.** Appl. Geochem., 19, 1553–1565.
- Chiu, K.K., Ye, Z.H., and Wong, M.H. 2005. **Enhanced uptake of As, Zn, and Cu by Vetiveria zizanioides and Zea mays using chelating agents.** Chemosph., 60, 1365–1375.
- Chomchalow, N. (2003). **The role of vetiver in controlling water quantity and treating water quality: an overview with special reference to Thailand.** AU J T, 6(3), 145–116.
- Chunrong Z, Cong T, Huairnan C.1998. **Preliminary study on purification of eutropic water with vetiver.** In: Paper presented at the international vetiver grass technology workshop in Fuxhou, China
- Cunningham, S.D. and Berti, W.R. 2000. **Phytoextraction and phytostabilization: technical, economic and regulatory considerations of the soil-lead issue.** In: **Phytoremediation of Contaminated Soil and Water**, pp 359–376 (Terry, N., Banuelos, G.S., Eds.). Boca Raton, FL: CRC Press.

- Dahmani-Muller, H., van Oort, Balabane, M., 2001. **Metal extraction by *Arabidopsis halleri* grown on an unpolluted soil amended with various metal-bearing solids: a pot experiment.** Environ. Pollut. 114, 77–84.
- Darmono. 1995. **Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup.** Penerbit UI-Press. Jakarta.
- Dewa, Riardi P. 2016. **Penanganan Baku Mutu Kualitas Air Limbah Produksi ATC dari Rumpur Laut *Eucheuma Cottoni*.** Balai Riset dan Standardisasi Industri. Ambon.
- Danh, L. T., Truong, P., Mammucari, R., Tran, T., & Foster, N. 2009. **Vetiver grass, *Vetiveria zizanioides*: a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes.** International Journal of Phytoremediation, 11, 664–691.
- E. L. Hawley, R. A. Deeb, M. C. Kavanaugh, J. Jacobs. 2004. **in Chromium(VI) Handbook,** CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p. 273.
- Eapen, S., and D'Souza, S.F., 2005. **Prospects of genetic engineering of plants for phytoremediation of toxic metals.** J. Biotechnology Advances 23: 97–114.
- Ebbs, S.D. and Kochian, L.V. 1998. **Phytoextraction of Zn by oat (*Avena sativa*), barley (*Hordium vulgare*) and Indian mustard (*Brassica juncea*).** Environ. Sci. Technol., 32, 802–806.
- Effendi H, Utomo BA, Darmawangsa GM, Hanafiah DA. 2015 **Wastewater treatment of freshwater crayfish (*Cherax quadricarinatus*) culture with lettuce (*Lactuca sativa*).** Int J Appl Environ Sci 10(1):409–420
- Erskine J M . 1992. **Vetiver grass: its potential use in soil and moisture conservation in Southern Africa.** S. Afr. J. Sci.88(6), 298–299.
- Ghosh, M., and Singh, S.P., 2005. **A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by product.** J. Applied

Ecology and Environmental Research 3 (1): 1–18

- Hamzah, Amir. Rosyda Priyadarshini. 2019. **REMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT**. Malang: UNITRI Press
- Hidayat, M. Fikri. 2014. **Penurunan Kandungan Zat Warna pada Limbah Songket Menggunakan Membran Komposit Berbasis Kitosan-PVA Ultrafiltrasi**. Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hoang, T.T.T., Tu, T.C.L., and Dao, P.Q. 2007. **Progress and results of trials using vetiver for phytoremediation of contaminated canal sludge around Ho Chi Minh City**. Proc. Vetiver Workshop. (May 2007 in Vietnamese), Hanoi, Vietnam.
- Huang, J.W., Chen, J.J., William, R.B., and Scott, D.C. 1997. **Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction**. Environ. Sci. Technol., 31, 800–805.
- Huang, J.W. and Cunningham, S.D. 1996. **Lead phytoextraction: species variation in lead uptake and translocation**. New Phytol., 134, 75–84.
- Hussain, Z., Arslan, M., Malik, M. H., Mohsin, M., Iqbal, S., Afzal, M. 2018. **Treatment of the textile industry effluent in a pilot-scale vertical flow constructed wetland system augmented with bacterial endophytes**. Science of the Total Environment, 645, 966-973.
- Ichtiakhiri, Tentrami H dan Sudarmaji. 2015. **Pengolahan Limbah B3 dan Keluhan Kesehatan Pekerja di PT. INKA (PERSERO) Kota Madiun**. Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Airlangga. Surabaya
- Idris, R., Trifonova, R., Puschenrieiter, M., Wenzel, W.W., and Sessitsch, A., 2004. **Bacterial communities associated with flowering plants of Ni hyperaccumulator *Thlaspi goesingense***.

- J. Applied Environmental Microbiology, 70: 2667–2677
- Indrasti.Nastiti Siswi , Suprihatin , Burhanudin dan Aida Novita. 2006. **Penyerapan Logam Pb Dan Cd Oleh Eceng Gondok : Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Lama Waktu Kontak.** Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
- Irhamni, Pandia, S., Purba, E., & Hasan, W. 2018. **Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air dalam Menyerap Logam Berat secara Fitoremediasi.** Jurnal Serambi Engineering, 3(2), 344–351.
- Kedziorek, M.A.M., Dupuy, A., Bourg, A.C.M., and Compere, F. 1998. **Leaching of Cd and Pb from a polluted soil during the percolation of EDTA: laboratory column experiments modeled with a non-equilibrium solubilization step.** Environ. Sci. Technol., 32, 1609–1614.
- Keizer-Vlek, H. E., Piet F.M. Verdonschot, Ralf C.M. Verdonschot, Dorine Dekkers. 2014. **The Contribution of Plant Uptake to Nutrient Removal by Floating Treatment Wetlands.** Ecological Engineering. Vol. 73. Pages 684– 690.
- Kurniasih, Y.A., 2008, **Fitoremediasi Lahan Pertanian Tercemar Logam Berat Kadmium Dan Tembaga Dari Limbah Industri Tekstil,** Skripsi, Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Lai, H.Y. and Chen, Z.S. 2004. **Effect of EDTA on solubility of cadmium, zinc and lead and their uptake by rainbow pink and vetiver grass.** Chemosph., 55, 421–430.
- Laksono, Sucipta. 2012. **Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter.** Depok. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Laoli Boris Marselius Sevendu, Kisworo, Djoko Raharjo. 2021. **Akumulasi Pencemar Kromium (Cr) Pada Tanaman Padi Di**

- Sepanjang Kawasan Aliran Sungai Opak, Kabupaten Bantul.**
Fakultas Bioteknologi. Universitas Kristen Duta Wacana
- Lin, Shun Dar. 2007. **Water and Wastewater Calculation Manual.**
New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Lou, L.Q., Ye, Z.H., and Wong, M.H. 2007. **Solubility and accumulation of metals in Chinese brake fern, Vetiver and Rostrate Sesbania using chelating agents.** Int. J. Phytorem., 9, 325– 343.
- Luu Thai Danh , Paul Truong , Raffaella Mammucari , Tam Tran & Neil Foster. 2009: **Vetiver Grass, Vetiveria Zizanioides: A Choice Plant For Phytoremediation Of Heavy Metals And Organic Wastes,** International Journal Of Phytoremediation, 11:8, 664-691.
- Manara A. 2012. **Plants responses in heavy metal toxicity.** SpringerBriefs in Biometals: 27- 53
- McGrath, S.P., Lombi, E., Gray, C.W., Caille, N., Dunham, S.J., and Zhao, F.J. 2006. **Field evaluation of Cd and Zn phytoextraction potential by the hyperaccumulators Thlaspi caerulescens and Arabidopsis halleri.** Environ. Pollut., 141, 115–125.
- Merian, E. 1994. **Metals and Their Compounds in The Environment Occurrence Analysis and Biological Relevance.** UCH Verlsggeselicchatt mbH. Weinheim, Germany.
- Morel JL, Echevarria G, and Goncharova N. 2006. **Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils.** Netherland: Springer.
- Nafisah,Sofia.,Anita Puspita Widiyana., Doti Wahyuningsih.2019. **Determination Of Cadmium And Antioxidant Levels In Ethyl Acetate Extract Of Water Hyacinth (Eichornia Crassipes) Root At Lawang And Pasuruan Regions.** Malang. Fakultas

Kedokteran Universitas Islam Malang.

Nailis Sa'adah Nurun. **Pengelolaan Limbah Tenun Dengan Sistem *Floating Treatment Wetland* Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver Dan Bakteri Endofit.** Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.

Nualchavee Roongtanakiat, Sutthirak Tangruangkiat and Ridthee Meesat. 2007. **Utilization of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) for Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters.** Department of Applied Radiation and Isotopes, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok.

Nuha, Agus U., HB, F. Putut M., dan Mubarok, Ibnu. 2016. **Toksisitas Letal Akut Limbah Cair Tenun Troso terhadap Ikan Mas (*Cyprinus Carpio L.*).** Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang.

Nurtana, Rizqon. 2018. **Analisis Reduksi Logam pada Air Limbah Balai Yasa Yogyakarta PT. Kereta Api Indonesia menggunakan Tanaman Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) dan Bakteri dengan Metode *Floating Treatment Wetland*.** Yogyakarta.

Oshunsanya, S. O. and Aliku, O. O. 2017. **Vetiver Grass: A Tool for Sustainable Agriculture. Grasses - Benefits, Diversities and Functional Roles.** IntechOpen.

Purakayastha TJ and Chhonkar PK. 2010. **Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils.** Berlin Heidelberg:Springer.

Pusparinda, L dan R.I.B. Santoso. 2016. **Studi Literatur Perencanaan *Floating Treatment Wetland* di Indonesia.** Jurnal Teknik ITS . Vol. 5 No. 2. Pages A471-A475.

Rehman, K., Imran, A., Amin, I., Afzal, M. 2019. **Enhancement of oil field produced wastewater remediation by bacterially-**

- augmented floating treatment wetlands.** *Chemosphere*, 217, 576-583.
- Rismawati S. I. 2012. **Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*).** Skripsi-S1. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh November.Surabaya.
- Robinson, B., Fernandez, J.E., Madejon, P., Maranon, T., Murillo, J.M., Geen, S., and Clothier, B., 2003. **Phytoextraction: an assessment of biogeochemical and economic viability.** *J. Plant and Soil*, 249: 117–125.
- Rotkittikhun, P., Chaiyarat, R., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., and Baker, A.J.M. 2007. **Growth and lead accumulation by the grasses *Vetiveria zizanioides* and *Thysanolaena maxima* in leadcontaminated soil amended with pig manure and fertilizer: A glasshouse study.** *Chemosph.*,66, 45–53.
- Römken, P., Bouwman, L., Japenga, J., and Draaisma, C. 2002. **Potentials and drawbacks of chelateenhanced phytoremediation of soils.** *Environ. Pollut.*, 116, 109–121.
- Saeni dan Wuryandari. 2010. **Pencemaran Pb, Cd, dan Cu dalam Kangkung, Bayam, dan Air Terhadap Pencemaran dalam Rambut di Kotamadya Bogor.** Bogor: IPB
- Sample, David J. and Fox, Laure J. 2013. **Innovative Best Management Fact Sheet No.1: Floating Treatment Wetlands.** Virginia State University.
- Szöllösi R, Kálmán E, Medvegyi A, Pető A, Varga SI. 2011. **Studies on oxidative stress caused by Cu and Zn excess in germinating seeds of Indian mustard (*Brassica juncea* L.).** *Acta Biol Szeg* 55:175-178.
- Shen, Z.G., Li, X.D., Chen, H.M., Wang, C.C., and Chua, H. 2002.

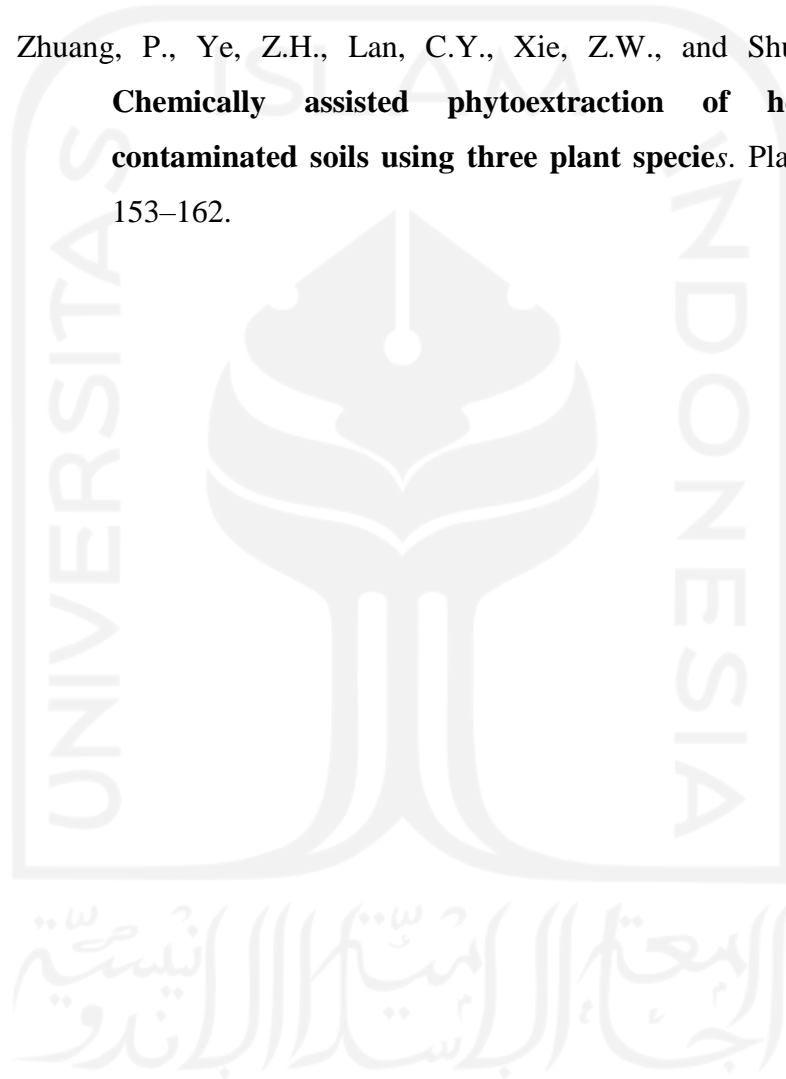
- Phytoextraction of Pb from a contaminated soil using high biomass species of plants.** *J. Environ. Qual.*, 31, 1893–1900.
- Shu, W. S., Xia, H. P., Zhang, Z. Q., Lan, C. Y., & Wong, M. H. 2002. **Use of vetiver and three other grasses for revegetation of Pb/Zn mine tailings: field experiment.** *International Journal of Phytoremediation*, 4(1), 47–57.
- Sheoran, V., Sheoran, A.S., and Poonia P., 2009. **Phytomining: A review.** *J Minerals Engineering* 1007–1019 home page www.elsevier.com/locate/mineng
- Siagian, R., Maryudi, M., and Purba, V. 2018. **Vetiver Grass as Phytoremediation for Mine Tailing on Tropical Residual Soil at Pongkor Mountain, West Java, Indonesia.**
- Tara, N., Arslan, M., Hussain, Z., Iqbal, M., Khan, Q. M., Afzal, M. 2019. **On- site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater.** *Journal of Cleaner Production*, 217, 541-548.
- Tara, N., Iqbal, M., Khan, Q. M., and Afzal, M. (2018). **Bioaugmentation of Floating Treatment Wetlands for The Remediation of Textile Effluent.** *Water and Environment Journal*, 33, 124-134.
- Truong, P. 1999. **Vetiver Grass Technology for Mine Rehabilitation.** *Pacific Rim Vetiver Network Tech. Bull.*, 2.
- Truong P N, 1999. **Vetiver grass technology for land stabilisation, erosion and sediment control in the Asia Pacific region. In Proceedings of First Asia Pacific Conference on Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation**, Manila, Philippines, April 1999. pp 72–84. International Erosion Control Association, Steamboat Springs, USA.

- Truong, P. (2002). **Vetiver grass technology**. In M. Maffei (Ed.), *Vetiveria the genus Vetiveria* (pp. 114–132). New York: Taylor & Francis.
- Truong P. Van T.T., Pinners E., Booth D. 2011. **Penerapan Sistem Vetiver: Buku Panduan Teknis edisi Bahasa Indonesia**. The Indonesian Vetiver Network
- Truong, P. N. V., Foong, Y. K., Guthrie, M., & Hung, Y. T. 2010. **Phytoremediation of heavy metal contaminated soils and water using vetiver grass**. *Environmental Bioengineering*, 11, 223–275.
- Vo, V.M. 2007. **Uptake potential of cadmium from soil by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash)**. *Journal of Science*, Da Nang University, 21, 17–21. (*In Vietnamese*).
- Wenzel, W.W., Unterbrunner, R., Sommer, P., and Sacco, P. 2002. **Chelate-assisted phytoextraction using canola (*Brassica napus* L.) in outdoors pot and field-lysimeter experiments**. *Plant Soil*, 249, 83–96.
- Wilde, E.W., Brigmon, R.L., and Dunn, D.L. 2005. **Phytoextraction of lead from firing range soil by Vetiver grass**. *Chemosph.*, 61, 1451–1457.
- Wong, C.C., Wu, S.C., Abdul, C.K., Khan, G., and Wong, M.H. 2007. **The Role of Mycorrhizae Associated with Vetiver Grown in Pb-/Zn-Contaminated Soils: Greenhouse Study**. *Restoration Ecol.*, 15, 60–67.
- Wu, J., Hsu, F.C., and Cunningham, S.D. 1999. **Chelate-assisted Pb phytoremediation: Pb availability, uptake, and translocation constraints**. *Environ. Sci. Technol.*, 33, 1898–1904.
- Yang, B., Shu, W.S., Ye, Z.H., Lan, C.Y., and Wong, M.H. 2003.

Growth and metal accumulation in vetiver and two Sesbania species on lead/zinc mine tailings. *Chemosph.*, 52, 1593–1600.

Yoon, J., C. Xinde, Z. Qixing, and L.Q. Ma. 2006. **Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site.** *Science of the Total Environment*: 456-464

Zhuang, P., Ye, Z.H., Lan, C.Y., Xie, Z.W., and Shu, W.S. 2005. **Chemically assisted phytoextraction of heavy metal contaminated soils using three plant species.** *Plant Soil.*, 276, 153–162.





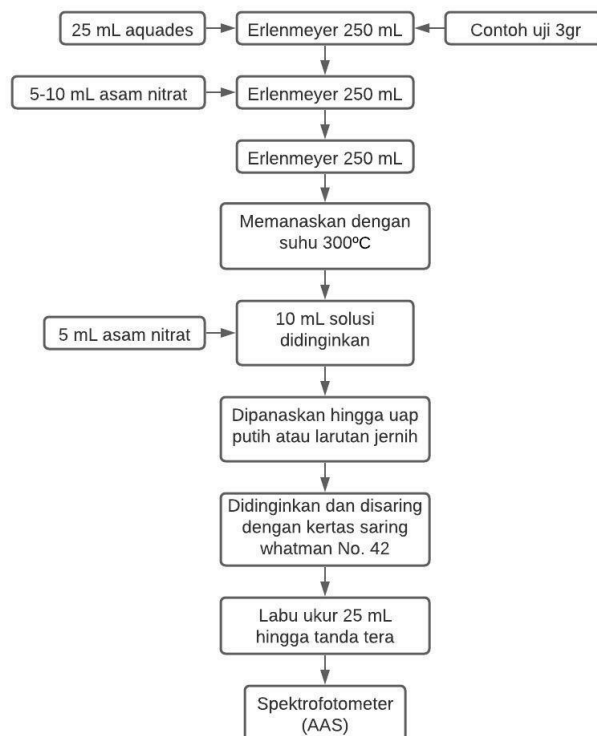
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Preparasi sampel sebelum destruksi



Lampiran 2 Destruksi logam pada akar tanaman



Lampiran 3 Perhitungan Konsentrasi Real Cu,Cd,Cr,Pb

Diketahui :

Faktor Pengencer : 2,5
Faktor Pekat : 0,5
Conc. Intrumen : 0,049 µg/mL
Berat *ashI* daun : 0,3 gram

$$\text{Konsentrasi Real} = \frac{\text{Co Intrumen} \times \text{Faktor Pengencer}}{\text{Berat ash daun (gram)} \times 1000} \times \text{Faktor Pekat}$$

$$\text{Konsentrasi Real} = \frac{0,049 \times 2,5}{0,3 \times 1000} \times 0,5$$

$$\text{Konsentrasi Real} = 0,000204$$

$$\text{Konsentrasi Real} = 0,0002 \text{ mg/Kg Berat kering}$$

Lampiran 4 Hasil Perhitungan Konsentrasi Real

Sample Label	Conc.(µg/mL) Ist				Berat (gr)			Co Real mg/Kg				Faktor Pengeceran	Faktor Pemekatan	Daun Berat (gram)			panjang tanaman (Cm)
	Cu	Pb	Cd	Cr	Cawan Kosong (Co)	Co+Sampel	Co+Sampel +Dry	Cu	Pb	Cd	Cr			Awal	Akhir (Oven 70C)	Ash	
Blanko	0,015	0,067	0,033	0,000													
Daun R1-1	0,049	0,272	0,108	0,000	73,364	76,195	73,8609	0,0001	0,0007	0,0001	0,00000	0,4	2	14	4,266	0,3	81,08
Daun R1-2	0,068	0,132	0,055	0,000	73,364	80,183	75,2070	0,0002	0,0004	0,00004	0,00000	0,4	2	70	20,022	0,3	73,77
Daun R1-3	0,036	0,124	0,040	0,000	73,364	76,114	73,7895	0,0001	0,0003	0,00003	0,00000	0,4	2	31	4,117	0,3	76,32
Daun R1-4	0,038	0,100	0,018	0,022	43,8970	52,861	49,4327	0,0001	0,0003	0,00001	0,00001	0,4	2	31	5,169	0,3	78,38
Daun R1-5	0,018	0,186	0,006	0,000	43,8970	46,899	44,8004	0,0000	0,0005	0,00000	0,00000	0,4	2	28	3,760	0,3	85,54
Daun R1-6	0,030	0,358	0,002	0,000	43,8970	49,888	46,9935	0,0001	0,0010	0,000001	0,00000	0,4	2	42	11,820	0,3	69,82
Daun R1-7	0,025	0,400	0,000	0,000	43,8970	47,307	45,3666	0,0001	0,0011	0,00000	0,00000	0,4	2	21	5,295	0,3	64,68
Daun R1-8	0,010	0,242	0,000	0,000	43,8970	51,323	49,1117	0,00003	0,0006	0,00000	0,00000	0,4	2	38	11,884	0,3	66
Daun R1-9	0,040	0,492	0,000	0,000	43,8970	50,907	47,5978	0,0001	0,0013	0,00000	0,00000	0,4	2	10	1,560	0,3	72,2
Daun R1-10	0,053	0,207	0,000	0,000	43,8970	49,6597	48,0654	0,0001	0,0006	0,00000	0,00000	0,4	2	14	4,507	0,3	64,56
Daun R2-1	0,032	0,110	0,000	0,000	43,8970	46,978	45,6428	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,4	2	6	1,533	0,3	45,1
Daun R2-2	0,036	0,140	0,000	0,000	43,8970	48,969	47,3352	0,0001	0,0004	0,0000	0,0000	0,4	2	3	3,167	0,3	51,8
Daun R2-3	0,036	0,220	0,000	0,000	43,8970	46,887	45,6482	0,0001	0,0006	0,0000	0,0000	0,4	2	7	3,054	0,3	53,48
Daun R2-4	0,030	0,090	0,000	0,000	43,8970	53,688	45,9826	0,0001	0,0002	0,0000	0,0000	0,4	2	31	9,769	0,3	81,2
Daun R2-5	0,000	0,000	0,000	0,000	43,8970	47,375	43,7999	0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4	2	31	8,744	0,3	52,34
Daun R2-6	0,018	0,162	0,000	0,000	43,8970	52,003	50,1388	0,00005	0,0004	0,0000	0,0000	0,4	2	28	21,937	0,3	45,34
Daun R2-7	0,008	0,000	0,000	0,000	43,8970	53,33	47,5396	0,00002	0,0000	0,0000	0,0000	0,4	2	35	13,601	0,3	51,5
Daun R2-8	0,018	0,096	0,000	0,000	43,8970	50,431	48,0809	0,00005	0,0003	0,0000	0,0000	0,4	2	21	9,233	0,3	61,62
Daun R2-9	0,004	0,100	0,000	0,000	43,8970	47,845	45,5039	0,00001	0,0003	0,0000	0,0000	0,4	2	10	6,397	0,3	87,7
Daun R2-10	0,019	0,150	0,000	0,000	43,8970	48,097	45,8939	0,0001	0,0004	0,0000	0,0000	0,4	2	17	7,306	0,3	66,8
Tanaman A	0,025	0,0928	0,026	0,016	43,8970	51,000	48,7648	0,0001	0,0002	0,0000	0,00001	0,4	2	7,1	4,868	0,3	
Tanaman B	0,025	0,1774	0,049	0,011	43,8970	51,683	49,0120	0,0001	0,0005	0,0000	0,00001	0,4	2	7,8	5,115	0,3	

Berikut ini merupakan dokumentasi selama berlangsungnya penelitian ini :

Lampiran 5 Dokumentasi



Pembuatan metode FTW



Sampel untuk metode FTW



Pembuatan media FTW



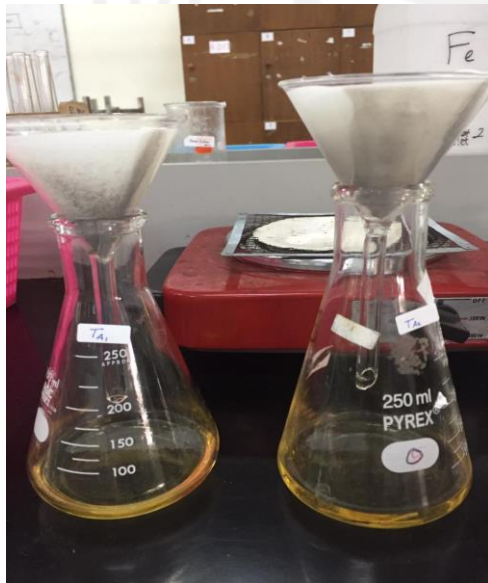
Pengecekan tanaman



Furnance Sampel Tanaman



Penimbangan Sampel Tanaman



Destruksi logam berat pada sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides*



Menguji Hasil dengan AAS



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Praya, 05 Desember 1998, penulis merupakan putra pertama dari Bapak Sumber Hadi dan Ibu Baiq Ratna Ningsih. Penulis menempuh pendidikan di SMA Negeri 2 Mataram dan melanjutkan pendidikan S-1 jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia tahun 2017. Penulis aktif pada kegiatan organisasi berbasis lingkungan dan sosial. Penulis melakukan Kerja Praktik di Rumah Sakit Umum Daerah Nusa Tenggara Barat dengan topik Evaluasi Pengelolaan Limbah Padat Bahan Berbahaya dan Beracun. Sedangkan untuk menyelesaikan masa studi Pendidikan strata 1 (S1) di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, penulis melakukan penelitian dengan judul “Penyerapan Kadar Logam Pada Daun Tanaman Wetland Pasca Pengolahan Limbah Cair Tenun”.

