

TA/TL/2022/1416

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

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



SRI MONITA ANDALINA
17513138

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022

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

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



SRI MONITA ANDALINA
17513138

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng
NIK. 165131306
Tanggal: 02-02-2022

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD
NIK. 185130401
Tanggal: 02-02-2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswono, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D
NIK. 025100406
Tanggal: 03 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

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

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu
Tanggal : 2 Februari 2022

Disusun Oleh:

**SRI MONITA ANDALINA
17513138**

Tim Penguji :

Dr Joni Aldila Fajri, S.T.,M.Eng

()

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD

()

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

( 10/01/2022)

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 tinggi lainnya.
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.
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, 15 November 2021

Yang membuat pernyataan,



Sri Monita Andalina

Nim 17513138

PRAKATA

Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis ini berhasil menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Pada Akar Tanaman Wetland Pasca Pengolahan Limbah Cair tenun”**. Penyusunan laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis mendapatkan dukungan doa dan bimbingan dari berbagai pihak, sehingga ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menjalani penelitian dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc., Ph.D.
3. Bapak Dr Joni Aldila Fajri, S.T.,M.Eng. Selaku dosen pembimbing 1 yang telah sabar membimbing dan memberikan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD selaku dosen pembimbing 2 yang telah sabar membimbing dan memberikan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini
6. Seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Lingkungan UII, terimakasih atas pelajaran dan bantuan yang telah diberikan kepada saya pribadi dan teman-teman yang lain.
7. Kedua orangtua saya, Bapak Mahrup dan Alm Ibu Fauziah serta kakak saya Selamat Meimy Mahfuz, Yanuar Mafruhi, Sastriawan yang senantiasa mendoakan saya, memberikan nasihat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Teman terdekat saya Pramadisa Dwi Amanda yang telah memberikan saya semangat sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, khususnya angkatan 2017 yang memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak terdapat berbagai kekurangan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi para pembacanya dan dapat ditindak lanjuti dan memberikan saran.

Yogyakarta, 15 November 2021

Sri Monita Andalina





ABSTRAK

Sri Monita Andalina. Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Pada Akar Tanaman *Wetland* Pasca Pengolahan Limbah Cair Tenun. Dibimbing oleh Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng dan Dewi Wulandari, S. Hut., M.Agr., PhD.

Perindustrian di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Dengan keanekaragaman sumber daya yang banyak mampu meningkatkan perindustrian di Indonesia hal ini berbanding lurus dengan tingkat pencemaran yang dihasilkan oleh perindustrian. Dalam melakukan penelitian ini yaitu menggunakan tanaman *Vetivera zizanioides* merupakan tanaman hiperakumulator logam yang memiliki sifat daya penyerapan yang tinggi terhadap kekeringan, banjir dan logam berat. Pasca pengolahan limbah tenun menghasilkan logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan sekitar. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penurunan kadar logam berat pada proses pengolahan limbah cair tenun menggunakan akar tanaman *Vetivera zizanioides*. Parameter yang digunakan dalam pengujian ini yaitu logam (Cu, Cr, Cd, Pb). Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu pertumbuhan tanaman *Vetivera zizanioides* R1 merupakan reaktor yang terdiri dari tanaman dan bakteri untuk mengolah limbah, R2 merupakan reaktor yang terdiri dari tanaman tanpa bakteri pertumbuhan tanaman awal dan akhir, berdasarkan grafik yang didapatkan pertumbuhan tinggi tanaman yang sudah terkontaminasi air limbah lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tanpa terkontaminasi dengan air limbah. Untuk logam berat pasca pengolahan limbah cair tenun banyak terakumulasi oleh akar tanaman *Vetivera Zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri endofit. Hasil yang didapatkan untuk korelasi penyerapan logam dan tumbuhan yaitu semakin panjang akar tanaman pengakumulasi logam berat yang terdapat pada akar tanaman *Vetivera Zizanioides* tersebut semakin meningkat. Untuk konsentrasi kadar logam berat seperti (Cr, Cu, Cd, Pb) banyak terserap oleh tanaman *Vetivera zizanioides* hal ini dikarenakan pengaruh konsentrasi logam pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* sebagian besar logam berat berakhir di akar. Proses dalam akumulasi logam berat pada tanaman yaitu meliputi mobilisasi logam berat, serapan akar, pemuatan xylem, transpor akar ke pucuk, kompartementasi dan sekuestrasi. Tanaman dapat meningkatkan bioavailabilitasnya dengan melepaskan variates eksudat akar yang dapat mengubah pH rizosfer dan meningkatkan kelarutan logam berat.

Kata kunci: *Floating Treatment Wetland* (FTW), limbah cair tenun, logam berat, Tanaman *Vetivera zizanioides*.

ABSTRACT

Sri Monita Andalina. Evaluation of Metal Content Absorption in Wetland Plant Roots Post-Waste Treatment of Weaving. Supervised by Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng and Dewi Wulandari, S. Hut., M.Agr., PhD.

Industry in Indonesia is increasing from year to year. With the diversity of resources that many are able to increase industry in Indonesia, this is directly proportional to the level of pollution produced by industry. In conducting this research, *Vetivera zizanioides* was used, which is a metal hyperaccumulator plant that has high absorption properties against drought, flooding and heavy metals. Post-processing of weaving waste produces heavy metals that are harmful to living things and the surrounding environment. The purpose of this study was to analyze the decrease in heavy metal levels in the wastewater treatment process of weaving using the roots of the *Vetivera zizanioides* plant. The parameters used in this test are metals (Cu, Cr, Cd, Pb). The results obtained in this study are plant growth *Vetivera zizanioides* R1 is a reactor consisting of plants and bacteria to treat waste, R2 is a reactor consisting of plants without early and late plant growth bacteria, based on the graph obtained the growth of plant height that has been contaminated with water higher waste water compared to plants without being contaminated with wastewater. For heavy metals post-processing of woven wastewater, a lot of it is accumulated by the roots of the *Vetivera Zizanioides* plant combined with endophytic bacteria. The results obtained for the correlation between metal and plant absorption, namely the longer the plant roots the accumulation of heavy metals contained in the roots of the *Vetivera Zizanioides* plant increased. Heavy metal concentrations such as (Cr, Cu, Cd, Pb) were absorbed by the *Vetivera zizanioides* plant, this was due to the effect of metal concentration on the roots of the *Vetivera zizanioides* plant, most of the heavy metals ended up in the roots. The processes in the accumulation of heavy metals in plants include heavy metal mobilization, root uptake, xylem loading, root to shoot transport, compartmentation and sequestration. Plants can increase their bioavailability by releasing variates of root exudates which can change the pH of the rhizosphere and increase the solubility of heavy metals.

The keywords: *Floating Treatment Wetland* (FTW), woven liquid waste, heavy metals, *Vetivera zizanioides*.



DAFTAR ISI

PRAKATA	i
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Asumsi Penelitian.....	3
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair Industri Tenun.....	5
2.4 Fitoremediasi.....	6
2.3 Tanaman <i>Vetivera zizanioides</i>	8
2.5 FTW (Floating Treatment Wetland).....	10
2.6 Logam Berat.....	11
2.6.1 Parameter Pb.....	12
2.6.2 Parameter Cr.....	13
2.6.3 Parameter Cd.....	13
2.6.4 Parameter Cu.....	14
2.7 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19

3.2 Diagram Alir Penelitian	19
3.3 Studi Literatur	20
3.4 Pengoperasian <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	21
3.4.1 Persiapan Pembuatan Reaktor <i>FTW</i>	21
3.5 Aklimatisasi Akar Tanaman <i>Vetivera zizanioides</i>	21
3.6 Running Reaktor	22
3.7 Pemanenan Tanaman Akar <i>Vetivera zizanioides</i>	23
3.8 Preparasi Sampel	23
3.9 Destruksi Logam Akar Tanaman <i>Vetivera zizanioides</i>	24
3.10 Standar Uji Air Limbah.....	25
3.11 Pengujian Logam Berat.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Pertumbuhan Tanaman.....	27
4.2 Kadar Logam Dalam Akar Tanaman <i>Vetivera Zizanioides</i>	29
4.2.1 Kadar Logam Kromium (Cr).....	30
4.2.2 Kadar Logam Timbal (Pb)	32
4.2.3 Kadar Logam Kadmium (Cd)	34
4.2.4 Kadar Logam Tembaga (Cu).....	35
4.3 Korelasi Penyerapan Logam dan Tumbuhan	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	49
A. Tahapan perhitungan konsentrasi parameter uji logam berat Cd, Cr, Cu, Pb pada akar tanaman <i>Vetivera zizanioides</i>	49
RIWAYAT HIDUP	51



DAFTAR TABEL

Tabel 2.6 Kisaran logam berat sebagai pencemar dalam tanah dan tanaman	12
Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3.7 Parameter sesuai dengan SNI.....	26





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.3 Tanaman <i>Vetivera zizanioides</i>	9
Gambar 2.4 Proses fitoremediasi kontaminan pada tanaman	7
Gambar 3.3 Bagan alir penelitian.....	20
Gambar 3.4 Pengoperasian FTW	21
Gambar 3.6 Running Reaktor.....	23
Gambar 4.1 Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Awal - Akhir (Nailis, 2020)	27
Gambar 4.2.1 Konsentrasi Kadar Logam Cr.....	30
Gambar 4.2.2 Konsentrasi Kadar Logam Pb.....	32
Gambar 4.2.3 Konsentrasi Kadar Logam Cd	34
Gambar 4.2.4 Konsentrasi Kadar Logam Cu	35



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Perhitungan Konsentrasi Logam	47
Lampiran 2 Data Biomassa Akar	48
Lampiran 3 Data Biomassa Akar	48
Lampiran 4 Dokumentasi	49





BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perindustrian di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Dengan keanekaragaman sumber daya yang banyak mampu meningkatkan perindustrian di Indonesia hal ini berbanding lurus dengan tingkat pencemaran yang dihasilkan oleh perindustrian. Menurut Undang-Undang No. 4 Tahun 1982 pencemaran lingkungan yaitu masuknya zat energi atau komponen yang dapat merusak lingkungan, ataupun merubah segala bentuk tatanan lingkungan, baik itu dihasilkan dari kegiatan sehari-hari manusia ataupun proses alam sehingga dapat mengancam kualitas lingkungan.

Perindustrian yang semakin tahun berkembang hingga saat ini telah menjadi pemicu tingginya pencemaran air. Tentu hal tersebut disebabkan karena tidak adanya upaya pencegahan yang dilakukan sehingga menimbulkan berbagai macam permasalahan serius yang berhubungan dengan kehidupan manusia dan alam sekitarnya (Pangkajene, 2012).

Air limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri selama pemrosesan kain tenun dapat menyebabkan tercemarnya air dan tanah yang sangat buruk. Limbah yang dihasilkan dari industri tersebut mengandung berbagai macam bahan kimia seperti zat warna, logam berat, pigmen dll. Bahan kimia sangat mempengaruhi kesehatan manusia karena bersifat racun. Selain itu juga dapat menyebabkan degradasi lingkungan dimana air yang dipermukaan tercemar oleh limbah tekstil yang sangat kaya pewarna dan mengganggu penetrasi cahaya, kondisi oksigen yang buruk dan mengurangi nilai estetika pada lingkungan (Hussain *et al.*, 2018).

Logam berat adalah logam unsur kimia yang memiliki massa jenis, berat atom, dan nomor atom yang relatif tinggi (Suman dkk. 2018). Logam berat salah satu pencemaran lingkungan yang memiliki persoalan yang sangat spesifik terhadap

manusia melalui rantai makanan, racun yang terkandung dalam logam berat ini dapat mengakibatkan keracunan yang sangat serius sehingga bisa menyebabkan kematian. Tubuh manusia dapat terkontaminasi oleh logam berat melalui perantara makanan, udara dan air dan kesehatan manusia mengalami bahaya apabila keadaan ini terus berlangsung pada waktu yang lama (Air *et al.*, 2012).

Lingkungan yang tercemar oleh logam berat tersebut bisa melalui udara, air dan tanah yang disebabkan oleh proses industri ataupun alami. Proses industri yang dimaksud adalah kegiatan manusia yang menghasilkan pencemaran berupa kegiatan dari pertambangan, industri, kendaraan, pembakaran, dan bahan bakar (Junita, 2013). Tanah yang terkontaminasi oleh logam berat sangat berpengaruh terhadap penghambatan pertumbuhan dan aktivitas metabolisme yang berkurang terhadap tanaman (Nagajyoti dkk. 2010).

Tumbuhan akar *Vetivera zizanioides* mampu menyerap berbagai macam kadar logam berat seperti Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), dan Tembaga (Cu). Kegunaan rumput *Vetivera zizanioides* digunakan sebagai tanaman untuk pengujian, akar tanaman tersebut berhasil digunakan dalam praktek konservasi tanah dan air. Sehingga tanaman *Vetiveria zizanioides* cocok digunakan pada proses fitoremediasi (Effendi *et al.*, 2017).

Penelitian ini menggunakan metode FTW (*Floating Treatment Wetland*) keuntungan menggunakan FTW yaitu tidak terpengaruh pada fluktuasi air dan tidak membutuhkan banyak lahan karena FTW dapat diaplikasikan pada badan air. Manfaat lainnya yaitu mampu memberikan habitat pada hewan dan menambah estetika pada lingkungan (David *et al.*, 2012).

Penelitian ini juga menggunakan akar tanaman *Vetivera zizanioides*, yang dikombinasikan dengan bakteri dan logam berat yang terkontaminasi limbah cair tenun yang merupakan hasil dari proses pewarnaan yang memerlukan bahan kimia. Yang nantinya dievaluasi menggunakan sistem FTW. Dengan parameter uji logam berat seperti (Cd, Cr, Cu, Pb).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disusun, maka untuk rumusan masalah yang didapat yaitu bagaimanakah mengevaluasi atau menganalisis kandungan logam berat seperti Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), dan Tembaga (Cu) pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri pasca pengolahan limbah cair tenun dengan menggunakan metode FTW.

1.3 Tujuan Penelitian

Menganalisis penurunan kadar logam berat (Cu, Cr, Pb, Cd) pada proses pengolahan limbah cair tenun menggunakan akar tanaman *Vetivera zizanioides*

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat terhadap manfaat Tanaman *Vetivera zizanioides* bagi lingkungan yang terkontaminasi logam berat seperti Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), dan Tembaga (Cu) dalam mengolah limbah cair tenun dengan menggunakan metode FTW pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri diuji di Laboratorium Kualitas Air Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi pada penelitian ini yaitu hubungan pengaruh pertumbuhan akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri pasca pengolahan limbah tenun dengan menggunakan sistem FTW guna mengevaluasi logam berat seperti (Cu, Cr, Cd, Pb) pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang diuji di Laboratorium Kualitas Air Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang dimaksud sebagai pembatas pada masalah yang dikaji dari penelitian ini yaitu:

1. Menguji kandungan logam berat di dalam akar tanaman *Vetivera zizanioides*. Pengujian dilakukan sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan dan sesuai dengan SNI.
2. Parameter yang diuji pada daya serap akar berupa logam berat (Pb, Cr, Cd, Cu).
3. Pengujian kandungan akar tanaman *Vetivera zizanioides* dengan destruksi basah dan kering.
4. Pengolahan limbah menggunakan sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW).
5. Menguji pertumbuhan akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri pasca pengolahan limbah cair tenun.
6. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Standar Nasional Indonesia (SNI) yang digunakan yaitu:
 - SNI 06-6989.6:2004 tentang cara uji tembaga (Cu) dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala
 - SNI 6989.17-2009 tentang cara uji (Cr) kromium dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala
 - SNI 06-6989.162004 tentang cara uji (Cd) kadmium dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala
 - SNI 6989.8-2009 tentang cara uji (Pb) Timbal dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Industri Tenun

Limbah tenun merupakan limbah cair dominan yang dihasilkan tenun karena terjadi proses pemberian warna yang memerlukan bahan kimia dan memerlukan air sebagai media pelarut (Dwioktavia, 2011). Proses pembuatan kain tenun meliputi penyusunan benang, pembuatan motif, dan pewarnaan. Proses pewarnaan pada benang yang sudah diikat sebelumnya disebut dengan proses menter. Proses menter ini yang nantinya menghasilkan limbah cair tenun dan menimbulkan potensi pencemaran (Nailis, 2020).

Zat yang biasa dipakai pada pewarnaan dalam industri tenun ini adalah zat warna sintetik yang memiliki senyawa kompleks dan sulit terurai di lingkungan (Hussain *et al*, 2018). Limbah cair pencelupan zat warna reaktif memiliki pH yang tinggi (>9), berwarna tua dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi juga. Kualitas air pada limbah tenun mengandung logam berat yang membahayakan lingkungan ataupun makhluk hidup. Hal ini tentu bersifat signifikan terhadap manusia (Dwioktavia, 2011).

Jenis zat warna yang biasa digunakan pada proses pembuatan tenun yaitu naftol, direct, sulfur, dll. Zat warna naftol merupakan suatu senyawa yang tidak larut dalam air yang terdiri dari dua komponen dasar yaitu berupa golongan naftol AS (Anilis acid) yang terdiri dari naftol itu sendiri dan komponen basa naftol yang biasa disebut amina aromatic primer dan komponen pembangkit warna, yaitu golongan diazonium yang biasa disebut sebagai garam. Zat naftol tersebut tidak larut dalam air dikarenakan senyawa yang terjadi mempunyai gugus azo (Laksono, 2012).

Golongan azo sangat sulit untuk didegradasi secara konvensional. Menurut Kep Men LH No 51 Tahun 1995, konsentrasi senyawa golongan azo dalam limbah yang melebihi ambang batas sebesar 5 mg/L dapat menimbulkan terjadinya pencemaran

lingkungan. Proses pewarnaan dilakukan dengan menggunakan pewarna sintesis dikarenakan murah, awet, mudah didapatkan dan digunakan, Pewarna tekstil bisa menimbulkan masalah karena sulit terdegradasi. Limbah cair tekstil terkandung 10%-15% zat pewarna yang telah dipakai dalam proses pewarnaan dan tidak dapat digunakan lagi, hingga limbah pewarna tekstil harusnya diolah kembali sebelum dibuang ke saluran air (Ruzicka dkk, 2014).

Limbah tenun pasca pengolahannya memiliki warna limbah cair yang masih pekat, hal tersebut disebabkan tidak semua zat yang digunakan dapat berdiskasi dengan serat, sedangkan COD yang cukup tinggi disebabkan oleh adanya zat-zat literat yang terkandung dalam limbah cair tersebut, seperti sisa zat warna, zat pembasah, dan pembantu yang digunakan (Hidayat, 2014).

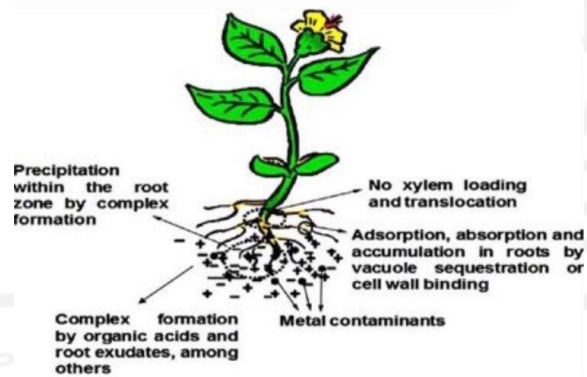
Status mutu kualitas air limbah tenun menurut (PermenLH 05, 2014) nilai konsentrasi pada air limbah usaha dan /atau kegiatan industri tekstil untuk nilai pH adalah 6-9, debit limbah paling tinggi yaitu 100 m³/ton produk tekstil, kadar krom total (Cr+) adalah 1 mg/L dan kadar BOD₅ adalah 60 mg/L. Menurut PP No 82/2001 Kadar Tembaga (Cu) adalah 0,2 mg/L. Menurut PP No.82/2001 Kadar timbal (Pb) adalah 1mg/L dan menurut PP No.82/2001 kadar cadmium (Cd) adalah 0,01 mg/L.

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah metode menggunakan tumbuhan yang berfungsi untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Pada penelitian ini menggunakan tanaman untuk proses remediasi tanah yang sudah tercemar dengan logam berat yaitu menggunakan tanaman akar wangi *Vetivera zizanioides* yang termasuk tanaman hiperakumulator (As'ad, 2014). Teknik fitoremediasi memiliki fitodegradasi yang dapat memproses atau menguraikan zat yang terkontaminasi pada tumbuhan. Proses ini dilakukan dengan teknik yang sangat sederhana dengan proses sistem kerja yang dilakukan pada akar, batang, dan daun menggunakan bantuan enzim dari tumbuhan tersebut. Enzim yang dihasilkan oleh tumbuhan tersebut merupakan proses kimia dengan proses yang sangat cepat (Sinulingga, 2017).

Tumbuhan mempunyai potensi untuk mengurangi kadar logam pada polutan melalui kemampuannya yaitu fitoekstraksi, fitostabilisasi, rizofiltrasi dll (ITRC, 2009). Akar tumbuhan mempunyai kemampuan untuk menyerap senyawa ionik dalam tanah meskipun pada konsentrasi yang sangat rendah. Tanaman memperluas sistem akar ke dalam matriks tanah dan membangun ekosistem rizosfer untuk mengakumulasi logam berat dan memodulasi bioavailabilitasnya dan menstabilkan kesuburan tanah (Ali dkk., 2013).

Fitoremediasi dapat membantu pertumbuhan sayuran bebas dari logam berat dan dapat meningkatkan kesehatan manusia (Saif *et al.*, 2017). Pemanfaatan tumbuhan dan mikroorganisme untuk remediasi tanah yang sudah terkontaminasi dengan bahan pencemar yaitu salah satunya pengembangan model terbaru dalam teknik pengolahan limbah. Fitoremediasi diaplikasikan pada limbah organik maupun anorganik dalam bentuk padat, cair dan gas (Darliana, 2012). Berikut tahapan proses penghilangan polutan melalui fitoremediasi pada gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Proses fitoremediasi kontaminan pada tanaman

Sumber e-biology.com

Adapun kelebihan dari fitoremediasi ini adalah efisien dan murah, fitoremediasi memanfaatkan energi matahari, tidak memerlukan peralatan untuk mengolah limbah. Metode fitoremediasi ini sangat baik dapat mempertahankan tanah lapisan digunakan reklamasi pada pertanian. Teknologi fitoremediasi mampu bekerja dengan senyawa organik dan anorganik dilakukan secara *in situ* dan *ex situ* dengan biaya yang lebih

mudah dan ramah lingkungan serta mampu mereduksi logam berat dalam jumlah yang besar (Kimenyu *et al.*, 2009). Keuntungan lainnya yaitu ramah lingkungan dapat mengurangi paparan polutan ke lingkungan dan ekosistem, meningkatkan kesuburan tanah dengan melepaskan berbagai bahan organik ke dalam tanah (Aken dkk, 2009).

Kelemahan dari teknik fitoremediasi ini adalah memiliki waktu yang lama untuk mengilangkan polutan yang ada pada suatu area dan biomassa yang dihasilkan juga perlu penanganan yang khusus karena terdapat logam berat, kedalaman akar yang terbatas tidak dapat menjangkau polutan yang masuk ke dalam tanah, kimia tanah, dan kondisi iklim tingkat kontaminasi yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Tangahu *et al.*, 2011). Keterbatasan fitoremediasi yaitu waktu perawatan yang lama (Couto *et al.*, 2015).

2.3 Tanaman *Vetivera zizanioides*

Klasifikasi tanaman *Vetivera zizanioides*

- a. Regnum : *Plantae*
- b. Diviso : *Spermatophyta*
- c. Sub diviso : *Monocotyledone*
- d. Ordo : *Graminales*
- e. Family : *Graminae*
- f. Genus : *Vetiveria*
- g. Species : *vetiveria zizanioides*

Tanaman *Vetivera zizanioides* atau biasa disebut dengan Rumput *Vetivera* tergolong family *Poaceae* dengan Nama Latin *Vetiveria zizanioides L.* Sinonim *Chrysopogon zizanioides (L). Nash.* Tanaman *Vetivera zizanioides* mempunyai Nama lain yaitu akar wangi (Truong *et al.*, 2011). Rumput *Vetivera zizanioides* merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu tumbuh diberbagai kondisi lingkungan yang tercemar logam berat. Tanaman *Vetivera zizanioides* tumbuh pada pH berkisar antara 3-11.5 dan tumbuh pada ketinggian 600- 2500 meter dari permukaan laut mdpl membutuhkan iklim panas dan lembab (Putra *et al.*, 2018).

Tanaman ini juga mampu menembus tanah setebal 15 cm meskipun pada lapisan yang sangat keras seperti lereng berbatu. Akar yang dimiliki oleh rumput *Vetivera zizanioides* ini memiliki akar yang kuat seperti jangkar dan mampu menahan partikel-partikel tanah dengan akar serabutnya (Gunawan dan Kusumaningrum, 2012). Tinggi puncak tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu diatas 2 meter dan diatas 2.5 meter dengan bunganya. Sistem perakaran tanaman ini mencapai 5 meter pada kedalaman tanah dalam masa pertumbuhan 18 bulan (Yulistyne, 2008).

Tanaman akar wangi (*Vetivera zizanioides*) tidak memiliki geragih ataupun rimpang, akarnya terstruktur dengan baik dan masif dapat tumbuh dengan cepat. Panjang nya dapat mencapai 3-4 m ditahun pertama. Akar nya yang dalam mampu membuat tanaman *Vetivera zizanioides* ini bagus ketika musim kering dan sulit terseret arus yang kuat (Troung, dkk, 2011). Batang tanaman *Vetivera zizanioides*, mempunyai ruas-ruas, berwarna putih dengan tinggi dapat mencapai 1-2,5 meter daunnya memiliki diameter $\pm 2-8$ mm terminal, tiap tandan memiliki panjang mencapai 10 cm ruas yang terbentuk antara tandan dengsan tangki bunga terbentuk benang (Novia dkk, 2018).



Gambar 2.3 Tanaman *Vetivera zizanioides*

(Sumber: Dokumentasi)

Daun tanaman *Vetivera zizanioides* berbentuk garis, 6 pipih, kaku dan lunak permukaan bawah daun nya licin, jenis daunnya tunggal, berbentuk pita, ujung runcing, dan memiliki panjang dari daun mencapai 1-2,5 meter warna daun hijau kelabu (Tri dkk., 2017). Di Indonesia tanaman *Vetivera zizanioides* banyak sekali dimanfaatkan untuk penghasil minyak akar wangi karena akarnya yang mampu menghasilkan aroma harum, beda halnya dengan diluar negeri tanaman *Vetivera zizanioides* ini lebih banyak dimanfaatkan sebagai keperluan ekologis dan fitomerediasi untuk mencegah erosi, penahan abrasi pantai, dan untuk rehabilitasi lahan yang sudah tercemar melalui teknologi *Vetiver system* (VS) yang dikembangkan di india selama 20 tahun (Gunawan dan kusumaningrum, 2011:6).

Keunggulan dari tanaman *Vetivera zizanioides* tersebut jika dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya yaitu tanaman *Vetivera zizanioides* memiliki sistem perakaran yang tebal, kuat dan cepat tumbuh dan mampu bertahan pada kondisi yang kekeringan (Truong Van dan Pinners, 2011:10). Mampu mengurangi pencemaran pada lahan yang terkontaminasi dengan logam berat tanaman *Vetivera zizanioides* ini juga mampu menurunkan tingkat erosi tanah, toleran terhadap banjir dan kekeringan daun dari tanaman *Vetivera zizanioides* dapat juga dijadikan sebagai pakan ternak dan menghasilkan kerajinan tangan seperti anyaman, pembuatan batu bata lumpur serta akar dari tanaman *Vetivera zizanioides* ini juga dapat menghasilkan minyak akar wangi (Pinners, 2011:106-124).

2.5 FTW (Floating Treatment Wetland)

Penggunaan FTW merupakan salah satu strategi untuk menghilangkan kontaminan dari badan air permukaan (Shahid *et al*, 2018). Dengan menggunakan sistem FTW tersebut tanaman yaitu dasarnya ditanam secara hidroponik diatas tikar apung. Tikar menanggung pucuk tanaman diatas permukaan air dan akar dibawah permukaan air. Tikar yang bervegetasi ini diapungkan ke permukaan air yang terkontaminasi. Tumbuhan yang tumbuh dan akar yang memanjang ke bawah kolom

air, fungsinya dapat menghilangkan kontaminan atau sebagai substrategi untuk mikroflora yang dapat menghilangkannya (Kadlec dan Wallace 2009).

FTW ini terdiri atas alas terapung yang berpori ditanaman dengan *Emergent Macrophyte* (tanaman air berakar dengan daun yang muncul dipermukaan). Telah banyak yang mengidentifikasi manfaat dari FTW mampu menyisihkan nutrient serta logam (Tanner and Headley, 2011). Manfaat dari FTW secara tradisional yaitu untuk mengolah berbagai air limbah seperti air hujan, limbah domestik, limbah industri, limbah tambang dll.

Sistem FTW terbatas pada konteks tertentu seperti stabilitas yang buruk dan proses pemurnian yang kurang efisien. Masalah yang ada pada FTW yaitu kurangnya efisiensi bakteri dalam mendegradasi senyawa organik beracun dan kemampuan metabolisme tanaman yang lemah. Dalam peningkatan efisiensi dalam pengolahan FTW ini diperlukan pendekatan tumbuhan yang direkomendasikan pada inokulasi plant growth (PGP) dan bakteri pendegradasi polutan (Tara *et al*, 2019).

2.6 Logam Berat

Logam berat yaitu komponen alami yang berasal dari kerak bumi yang sifatnya tidak bisa dihancurkan. Logam berat sangat berbahaya karena mengalami bioakumulasi terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi bahan kimia didalam organisme biologis dari waktu ke waktu jika dibandingkan dengan konsentrasi dilingkungan (Helmenstine, 2014). Logam berat dihasilkan dari kegiatan industri yang tidak boleh langsung dibuang sebelum dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu agar tidak mencemari lingkungan. Selain itu logam berat memiliki dampak yang sangat membahayakan terhadap kesehatan manusia melalui konsumsi makanan yang berasal dari tanaman yang ditanam ditanah yang tercemar logam berat (Setyoningrum, 2014).

Organ yang telah dimasuki oleh logam berat semakin lama dapat melebihi toleransi yang diharuskan. Sehingga jika toleransi telah melebihi dari yang ditentukan dapat mengakibatkan kematian (Palar, 2008). Logam berat merupakan masalah bagi lingkungan dikarenakan debit yang semakin meningkat, sifat toksik logam berat dan

masuknya logam berat ke badan air yang dapat mempengaruhi kualitas air (Bashyal *et al.*, 2010). Lingkungan yang terkontaminasi dengan logam berat mengakibatkan terganggunya kelangsungan makhluk hidup.

Salah satu penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar yang paling berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup yang ada di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan terutama mengendap pada badan perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan nonorganik secara absorpsi dan kombinasi. Pencemaran logam berat pada badan air mampu mempengaruhi biota air yang hidup dalam perairan tersebut. Makin tinggi kandungan logam berat yang terdapat pada badan air maka makin tinggi pula kandungan yang terakumulasi dalam tubuh hewan (Karet al, 2008).

Tabel 2.6 Kisaran logam berat sebagai pencemar dalam tanah dan tanaman

Unsur	Kisaran Kadar Logam Berat (ppm)	
	Tanah	Tanaman
Cd	0,1-7	0,2-0,8
Cu	2-100	4-15
Pb	2-200	0,1-10

Sumber: Brachia, 2009

2.6.1 Parameter Pb

Logam timbal memiliki golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia dan mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 merupakan suatu logam berat berwarna kelabu kebiruan dan lunak dengan titik leleh 327°C dan titik didih 1.620°C (Palar, 2008). Timbal sebagai aktivator bagi tanaman yang berperan sebagai proses fotosintesis pada tanaman (Dasamuka, 2010).

Logam timbal dapat mengakibatkan stress oksidatif dan timbal berkontribusi pada pathogenesis keracunan timbal dapat mengganggu keseimbangan antioksidan dari sel mamalia. Akumulasi timbal tingkat tinggi dapat menyebabkan anemia, sakit kepala, kerusakan otak, dan gangguan sistem saraf pusat (Rehman *et al.*, 2013). Faktor yang

menyebabkan logam berat dengan jumlah banyak yang terdapat pada jari tanaman yaitu konsentrasi logam berat dalam larutan tanah, mobilitas ion logam berat ke zona perakaran, pergerakan logam berat yang dari permukaan akar ke dalam akar tanaman. Masuknya timbal ke dalam tanaman yaitu dari akar ke daun setelah itu timbal mampu diikat oleh membran sel, mitokondria, dan kloroplas. Logam timbal ini merupakan logam yang paling berbahaya dalam tanah dikarenakan timbal berasal dari aktivitas penambangan, pertanian, transportasi dan limbah pupuk (Otitoju, 2014).

2.6.2 Parameter Cr

Kromium yaitu suplemen gizi yang bermanfaat pada hewan dan manusia dan berperan penting dalam metabolisme glukosa (Martin dan Griswold, 2009) Kromium dimanfaatkan sebagai campuran besi dalam bentuk aloi (campuran logam) dan bersifat tahan lama terhadap korosi. Campuran besi dan Cr bisa menghasilkan baja tahan karat. Senyawa kromium seperti senyawa oksida dan kromium klorida dimanfaatkan sebagai zat pewarna keramik (Sutresna N, 2006).

Terakumulasinya logam kromium dengan jumlah yang banyak pada tubuh manusia berdampak terhadap kesehatan manusia seperti gangguan pada organ hati, ginjal dan bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup (Schiavon *et al*, 2008).

2.6.3 Parameter Cd

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap tidak larut dalam basa, mudah bereaksi serta menghasilkan kadmium oksida apabila dipanaskan. Kadmium terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd klorida) atau belerang. Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil/ Cd memiliki nomor atom 40, berat atom 112,4 titik leleh $321^{\circ}C$, titik didih 767° dan memiliki massa jenis $8,65g/cm^3$ (Widowati *et al*, 2008).

Kadmium adalah logam yang dihasilkan secara alami dan biasa ditemukan pada proses pertambangan, kadmium digunakan dalam industri sebagai pelapis elektrik karna kemampuan dari kadmium ini bahannya yang anti korosi (Rompas, 2010).

Kadmium merupakan logam berat yang paling banyak mencemari tanah (Michael, 2003).

Logam ini merupakan logam yang paling mudah diserap secara cepat. Hal ini dapat menyebabkan gejala keracunan pada tanaman misalnya terhambatnya pertumbuhan fotosintesis, menghambat proses berkecambah, perubahan aktivitas enzim, dan penghambat fiksasi nitrogen (Pal et al. 2006; Liu *et al.* 2011; Sheirdil *et al.* 2012).

Kadmium merupakan logam berat non esensial yang sangat toksik. Logam tersebut sangat berpengaruh buruk dengan menginduksi kekurangan nutrisi pada tanaman (Irfan *et al.*, 2013) Distribusi kadmium di lingkungan mampu bertahan ditanah dan mengendap selama beberapa dekade. Tumbuhan lambat laun mampu melepaskan logam yang terakumulasi didalamnya ke rantai makanan hingga akhirnya ke makhluk hidup yaitu manusia (Bernard, 2008; Mutlu *et al.*, 2012)

2.6.4 Parameter Cu

Tembaga adalah logam transisi (golongan 1 B) berwarna kemerahan, mudah regang, dan mudah ditempa. Tembaga memiliki nomor atom 29, berat atom 63,546 g/mol, titik leleh 1083°C, titik didih 2595°C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu^{2+} 0,96 Å (Lenntech, 2016). Masuknya tembaga ke lingkungan terbagi menjadi dua yaitu melalui jalur alamiah dan nonalami, Pada jalur alamiah tembaga mengalami siklus perputaran dari kerak bumi ke lapisan tanah selanjutnya yaitu ke makhluk hidup dan ke dalam kolam air, lalu mengendap dan masuk lagi ke kerak bumi.

Tembaga merupakan salah satu sumber nutrisi bagi tanaman untuk tumbuh, berkembang dan reproduksi (ITRC, 2009). Kandungan alamiah pada logam tembaga tersebut sering berubah-ubah hal ini disebabkan karena kandungan pencemar yang dihasilkan oleh kegiatan sehari-hari manusia juga berbeda-beda (Widowati dkk, 2008). Akumulasi logam Cu pada tanaman dapat menyebabkan klorosis pada daun dan pengurangan tingkat fotosintesis, perusakan struktur kloroplas, terganggunya proses

transfort elektron selama fotosintesis dan berkurangnya kerapatan kroloplas (Monita, 2013).

Akumulasi logam Cu yang paling tinggi yaitu diakar penyebabnya yaitu akar langsung bersinggungan dengan media tanah yang terkontaminasi dengan logam Cu, melalui akar logam Cu diserap oleh tanaman kemudian didistribusikan kedaun melalui batang. Kelebihan Cu dapat menyebabkan tumbuhan menjadi kerdil, percabangan terbatas, pembentukan akar terhambat, dan akar menebal berwarna gelap (Sagita, 2002).



2.7 Penelitian Terdahulu

Berikut paparan penelitian terdahulu tentang pengolahan limbah cair tekstil menggunakan sistem FTW menggunakan tanaman *Vetivera zizanioides*.

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Tema Penelitian	Hasil
1.	Israila, 2015	Fitoekstraksi logam berat oleh <i>Vetivera zizanioides</i> , <i>Cymbopogon citrates</i> dan <i>Helianthus annuls</i> .	Dalam 5 sampel tanaman dan sampel minyak untuk konsentrasi Cd, Co, Cu, Ni, Pb, dan Zn yang memiliki tingkat penelitian dengan metal ($P \leq 0.05$) ditemukan diakar tanaman <i>vetivera zizanioides</i> .
2.	Tanjung, 2019	Untuk kerja Reaktor <i>Continuous Wetland</i> menggunakan Tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i> dan bakteri untuk mendegradasi kandungan Besi (Fe), Timbal (Pb), dan <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dari limbah minyak industry di Yogyakarta.	Tanaman <i>Vetivera zizanioides</i> mampu mengurangi kadar logam Timbal (Pb) sebesar 67,3% pada kompartemen 1, pada kompartemen II sebesar 73,26% dan pada kompartemen III sebesar 76,54% pada limbah industri minyak pencucian dan perawatan bengkel kereta api.

3	Maheshwari 2010	<i>Vetivera zizanioides</i> as a Low Cost Adsorbent to Adsorb Cr (VI) from Electroplating Insutrial Effluent	Kapasitas biosorpsi pada akar <i>Vetivera zizanioides</i> dalam removal Cr (VI) dalam pengaruh pH dan waktu tinggal 120 s yaitu 78,5% dan kapasitas retensi akan konstan setelah 3 siklus elusi. Proses ini dapat dipakai sebagai alat alternatif yang efektif.
4	Arslan, 2019	Kinerja makrokosmo pada FTW di tempat ditambah dengan bakteri pendegradasi pewarna untuk remediasi air limbah industri tekstil.	Performa FTW bekerja secara optimal. Removal polutan tertinggi pada organik dan inorganik yang dilakukan pada teknologi dengan kombinasi tanaman <i>Vetivera zizanioides</i> dan bakteri mereduksi <i>chemical oxygen</i> Sejumlah 92%, <i>biochemical oxygen</i> sebanyak 91% merubah warna sebesar 86% dan kadar logam 87% pada air limbah.
5	Khiary, 2021	Pengaruh parameter desain dan operasional terhadap nutrien dan penyisihan logam berat di lahan basah dengan pengolahan terapung percontohan dengan <i>Eichhornia Crassipes</i> yang mengolah air danau yang tercemar.	FTW menggunakan <i>E.krassipes</i> dapat meremoval nutrient dan logam berat pada air danau penelitian ini memiliki waktu tinggal 3 hari dengan meremoval NH ₄ -N 97,4, BOD 75%, TN 82%, Pb 65%, TP, 84,2%.

6.	Suelle, 2017	Potensi fitoremediasi rumput <i>Vetivera zizanioides</i> untuk pengolahan air yang terkontaminasi logam.	Rumput <i>Vetivera zizanioides</i> ditemukan efektif dalam menghilangkan logam berat (Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) tetapi tingkat penghapusan dan akumulasi logam tergantung pada panjang dan kerapatan akar tanaman serta konsentrasi ion logam berat.
7.	Yan A, 2020	Fitoremediasi revegetasi lahan tercemar logam berat	Mekanisme penyerapan logam berat, translokasi, detoksifikasi dalam tumbuhan, serta identifikasi dan karakterisasi berbagai molekul akan sangat penting untuk mendesain spesies tanaman yang ideal untuk fitoremediasi melalui rekayasa genetika.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu mengevaluasi pengolahan limbah cair tenun menggunakan metode FTW dengan parameter logam berat seperti Timbal (Pb), Kromium (Cr), Kadmium (Cd), dan Tembaga (Cu) menggunakan akar tanaman *Vetivera zizanioides*.

BAB III

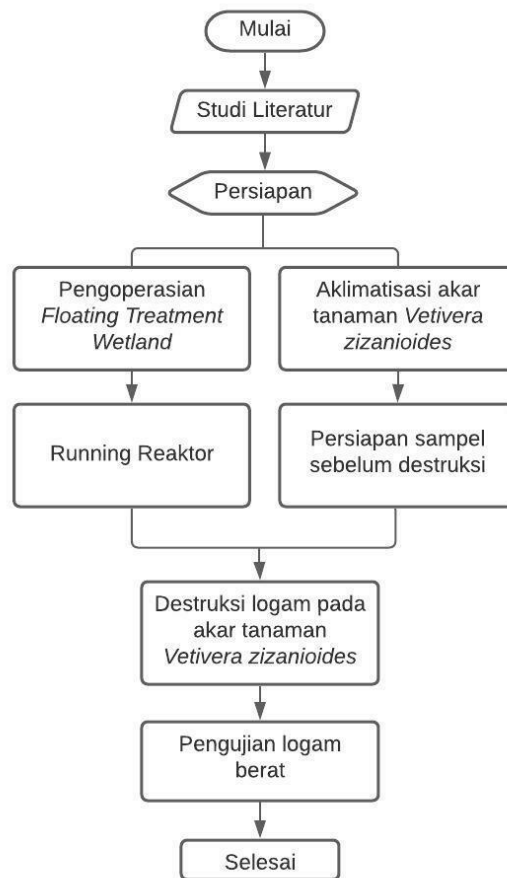
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga bulan Agustus 2021, penelitian ini dilakukan secara bertahap mulai dari pengambilan data dan pengoperasian media *Floating Treatment Wetland* (FTW) dalam skala rumah kaca (Laboratorium) yang dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Floating Treatment Wetland* (FTW) untuk mengevaluasi kemampuan akar tanaman *Vetivera zizanioides* dalam penyerapan logam berat pasca pengolahan limbah cair tenun. Metode ini dilakukan dengan pembuatan studi literatur, persiapan pembuatan reaktor FTW, aklimatisasi akar tanaman, *running* reaktor, preparasi sampel yang telah disiapkan kemudian dilakukan destruksi. Setelah dilakukan destruksi pada sampel kemudian dilanjutkan dengan pengujian dan analisis logam berat dengan alat AAS. Bagan alir yang dapat menunjukkan garis besar tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

Berikut ini merupakan uraian mengenai tahapan penelitian yang dilakukan, yaitu:

3.3 Studi Literatur

Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data sekunder (Literatur, Jurnal, SNI dsb) dan data primer yang berasal dari pengujian sampel dan pembuatan media FTW. Setelah semua data terkumpul dibuat analisa data berupa hasil dan pembahasan atas evaluasi akar tanaman *Vetivera zizanioides* dalam menyerap logam berat, dan media FTW digunakan sebagai media pengontrol.

3.4 Pengoperasian *Floating Treatment Wetland (FTW)*

3.4.1 Persiapan Pembuatan Reaktor *FTW*

Pada Penelitian ini sistem pengolahan yang digunakan yaitu menggunakan sistem *FTW* dengan menggunakan sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides*. Metode *FTW* menggunakan keranjang. Media *FTW* digunakan sebagai media kontrol pembanding untuk pengujian konsentrasi logam berat. *FTW* dibuat menggunakan polybag dengan ukuran 25 x 25. Dalam satu tabung berisi 5-7 batang tanaman. Media yang digunakan dalam polybag adalah serabut kelapa, kerikil, pasir dan tanah (Nailis, 2020).



Gambar 3.4 Pengoperasian *FTW*

Sumber: Nailis, 2020

3.5 Aklimatisasi Akar Tanaman *Vetivera zizanioides*

Proses aklimatisasi tanaman dilakukan selama 1-2 bulan. Proses aklimatisasi tanaman dilakukan di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Tahapan aklimatisasi tanaman yaitu sebagai berikut. Terlebih dahulu diaklimatisasi didalam bak reaktor yang berisi media tanaman, campuran air dan pupuk cair sebelum diteliti. Sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides* diaklimatisasi selama 1-2 bulan.

Tahapan aklimitasi tanaman sebagai berikut. Pertama persiapan tanaman dimana batang tanaman yang digunakan 5 sampai 7 batang tanaman *Vetivera Zizanioides* dimasukan kedalam polybag yang telah diisi serabut kelapa dengan ketebalan digelas plastik 1 cm, kerikil 1 cm, pasir 1,5 cm dan tanah 1,5-2 cm. Proses kedua yakni setelah botol plastic terisi diletakkan ditoples kaca yang berisi 500 mL air yang telah dicampur pupuk cair. Selanjutnya proses aklimatisasi berlangsung selama 1 sampai 2 bulan (Nailis, 2020).

Tujuan dari aklimatisasi dilakukan agar sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides* dapat beradaptasi dengan media dan lingkungan yang dapat menghilangkan kandungan atau senyawa lain yang ada pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* tersebut. Pada proses aklimatisasi menggunakan akar tanaman *Vetivera zizanioides* ini yaitu tanpa memperhatikan umur tanaman yang ditanam pada sistem FTW tersebut.

3.6 Running Reaktor

Tahap selanjutnya yaitu reaktor yang diinokulasi dengan kombinasi bakteri. Tujuannya yaitu untuk mengetahui pengaruh bakteri tersebut membantu atau tidaknya dalam penyerapan kandungan logam oleh tanaman pada air limbah tenun tersebut. Proses *running* reaktor berlangsung selama 5-6 bulan. Reaktor yang digunakan yaitu box plastik jenis *semi batch* dengan ukuran panjang 46 cm, lebar 31 cm dan tinggi 21 cm.

Reaktor yang digunakan sebanyak 2 buah, yakni R1 (tanaman dengan bakteri endofit) dengan jumlah total 67 tanaman sebanyak 14 rumpun, setiap rumpun terdiri 6-7 tanaman. Rata-rata tinggi tanaman R1 yaitu 102 cm dan debitnya sebesar 38,84 mL/s dan 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 yaitu 95 cm dan untuk debitnya yaitu 26 mL/s (Nailis, 2020).



Gambar 3.6 Running Reaktor

Sumber: Nailis, 2020

3.7 Pemanenan Tanaman Akar *Vetivera zizanioides*

Tahap selanjutnya setelah dilakukannya *running* reaktor, tanaman tersebut dipanen melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut. Langkah pertama tanaman dibersihkan terlebih dahulu dari kerikil, tanah dan sabut kelapa yang masih melekat di akar tanaman *Vetivera zizanioides*. Selanjutnya yaitu tanaman ditimbang terlebih dahulu kemudian tanaman dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari sampai tanaman tersebut mengering tanpa mengandung kandungan air lagi, untuk langkah selanjutnya yaitu tanaman dioven selama 3 hari dengan suhu 70°C, hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang masih tersisa setelah proses pengeringan pertama kemudian sampel ditimbang lagi untuk mengetahui berat kering sampel tersebut.

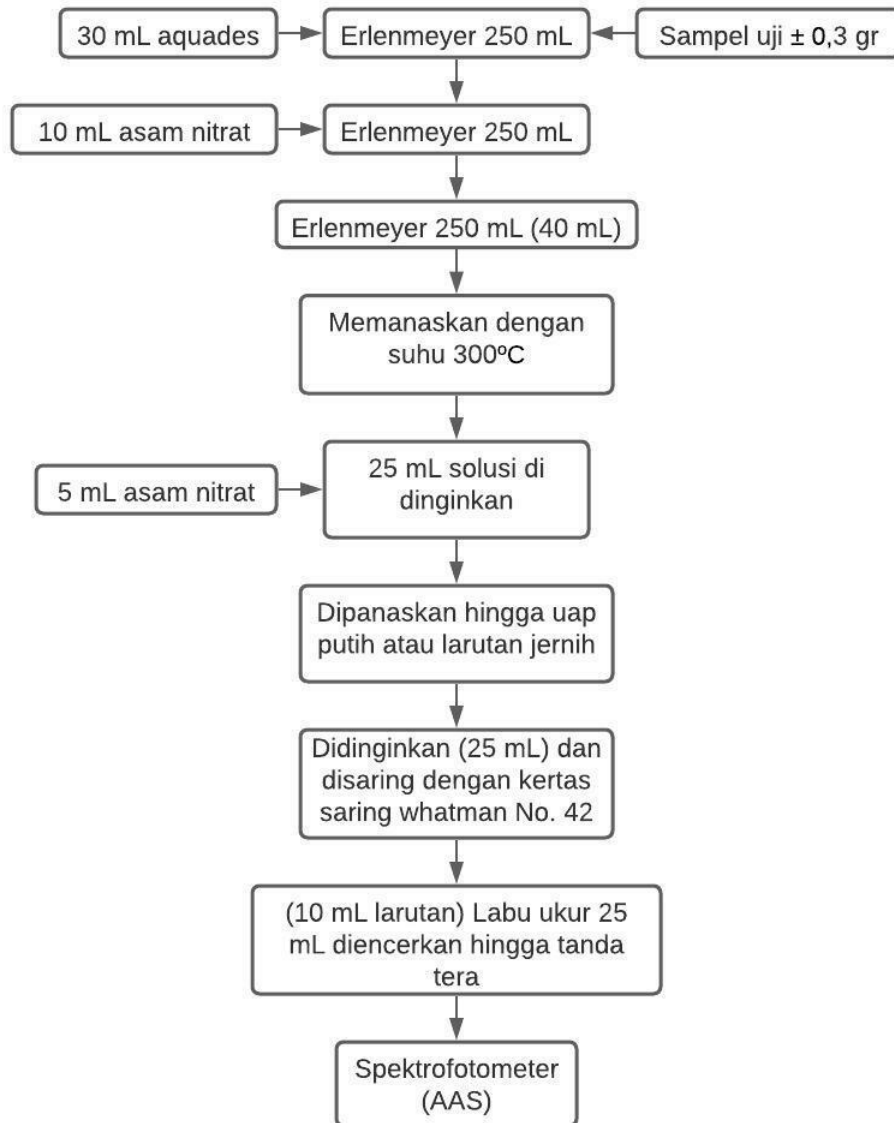
3.8 Preparasi Sampel

Persiapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah menyiapkan media tanam berupa akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang sudah terkontaminasi dengan logam berat yang meliputi (Cu, Cd, Cr, Pb) yang dikombinasikan dengan bakteri pasca

pengolahan limbah cair tenun. Akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang sudah dioven kemudian akar tanaman dipotong kecil dengan ukuran 2-3 cm dengan berat ± 10 gram setelah itu tanaman dimasukkan ke dalam furnace hingga suhu 600°C hingga sampel tersebut menjadi abu (*ash*)

3.9 Destruksi Logam Akar Tanaman *Vetivera zizanioides*

Setelah sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides* kering $\pm 0,3$ gr sampel didestruksi tahap pertama ditambahkan aquades 30 mL dan asam nitrat (HNO_3) 10 mL. Kemudian dipanaskan dilemari asam dengan suhu 150°C , setelah dipanaskan sampel tersisa 25 mL kemudian ditambahkan lagi dengan asam nitrat (HNO_3) 5 mL dan dipanaskan lagi hingga keluarnya uap putih sisa sampel yang tersisa menjadi 25 mL. Setelah itu larutan sampel ditunggu sampai dingin hingga disaring dengan kertas whatman No. 42 atau No. 1 setelah disaring kemudian diambil 10 mL sampel dan dilakukannya pengenceran sebanyak 25 mL.



3.10 Standar Uji Air Limbah

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

Tabel 3.7 Parameter sesuai dengan SNI

No.	Parameter	Satuan	Alat	SNI
1	Timbal (Pb)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala	SNI 6989.8-2009
2	Tembaga (Cu)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala	SNI 06-6989.6:2004
3	Kromium (Cr)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala	SNI 6989.17-2009
4	Kadmium (Cd)	mg/l	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala	SNI 06-6989.162004

3.11 Pengujian Logam Berat

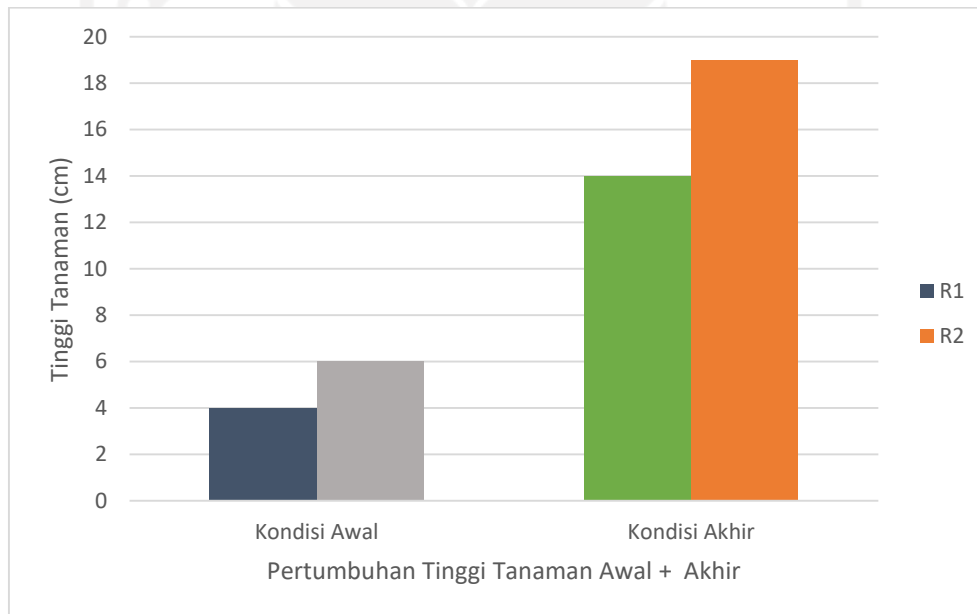
Analisis kadar logam berat seperti (Cd, Cr, Cu, Pb) dilakukan dengan menggunakan metode *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS). AAS adalah alat yang digunakan oleh sebagian besar orang untuk analisis kuantitatif logam berat dalam sampel lingkungan (Morais *et al.*, 2012). Pemilihan dengan menggunakan metode ini karena metode AAS mempunyai sensitifitas yang tinggi, efisien dan murah. AAS adalah instrument yang dapat digunakan dengan menentukan kadar suatu unsur dalam senyawa berdasarkan serapan atomnya. Dipergunakan dalam menganalisis senyawa anorganik, atau logam (golongan alkali tanah dan unsur transisi). Sampel yang diukur juga harus dalam bentuk larutan jernis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pertumbuhan Tanaman

Akar tanaman *Vetievera zizanioides* R1 merupakan reaktor yang terdiri dari tanaman dan bakteri, tanaman R1 memiliki 14 rumpun dengan total 67 tanaman dan R2 memiliki 16 rumpun dengan total 78 tanaman merupakan reaktor yang terdiri dari tanaman tanpa bakteri untuk mengolah limbah. Tanaman awal merupakan tanaman tanpa terkontaminasi air limbah dan tanaman akhir merupakan tanaman terkontaminasi air limbah. Dan untuk pertumbuhan tanaman R1 dan R2 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.1 Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Awal - Akhir (Nailis, 2020)

Rata-rata panjang akar tanaman diatas menunjukkan perbedaan tinggi tanaman awal dan akhir pada pertumbuhan tanaman *Vetievera zizanioides* didapatkan kondisi awal tinggi rata-rata tanaman untuk R1 yaitu sebesar 4 cm dan untuk rata-rata tinggi awal R2 akar tanaman sebesar 6 cm. Dan pada sampel R1 kondisi akhir tinggi rata-rata

akar tanaman sebesar 14 cm dan untuk sampel R2 rata-rata tinggi akhir tanaman sebesar 19 cm.

Pada grafik tersebut didapatkan pertumbuhan tinggi tanaman yang signifikan pada tanaman akhir yang terkontaminasi dengan air limbah tenun dapat disimpulkan bahwa senyawa anorganik yang terdapat pada air limbah tersebut dapat mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman. Dan didapatkan pada hasil pengujian diatas yaitu logam mempengaruhi pertumbuhan tanaman, tanaman yang terkontaminasi air limbah lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tanpa terkontaminasi dengan air limbah. Dilaporkan pada penelitian Nurun (2020) dimana tanaman yang terkontaminasi air limbah menunjukkan bahwa tanaman *Vetivera zizanioides* tersebut dapat bertahan dan tumbuh.

Akar wangi merupakan tanaman perennial berbentuk rumpun dengan perakaran yang rimbun dan tumbuh lurus ke tanah dengan tinggi 0,5-1,5 m. Rumpun tanaman *Vetivera Zizanioides* tumbuh bingga mencapai tinggi 1-1,5 m, dan berdiameter 2-8 mm (Maulana dkk., 2013). Akar tanaman *Vetivera zizanioides* merupakan tanaman yang dapat menyerap kadar logam berat yang memiliki kadar tinggi pada tanah. Translokasi logam serta mekanisme mampu menghilangkan efek toksiknya terhadap pertumbuhan dan metabolisme tanaman (Emamverdian *et al.*, 2015).

Tanaman yang tumbuh dengan baik membutuhkan penyerapan nutrisi yang lebih besar. Air limbah mengandung bahan organik dan anorganik yang dibutuhkan oleh mikroorganisme yang nantinya diserap oleh akar tumbuhan *Vetivera zizanioides* dan akan dijadikan nutrisi oleh bakteri tersebut. Metode yang digunakan pada pertumbuhan tanaman ini yaitu menggunakan metode *FTW* dengan menggunakan box plastik jenis *semi batch* dimana akar tanaman mengapung ke air dengan menggunakan wadah. Sehingga akar tanaman *Vetivera Zizanioides* ini mampu mengakumulasi logam berat dengan jumlah yang banyak dan tumbuh dengan baik meskipun tercemar dengan logam berat.

4.2 Kadar Logam Dalam Akar Tanaman *Vetivera Zizanioides*

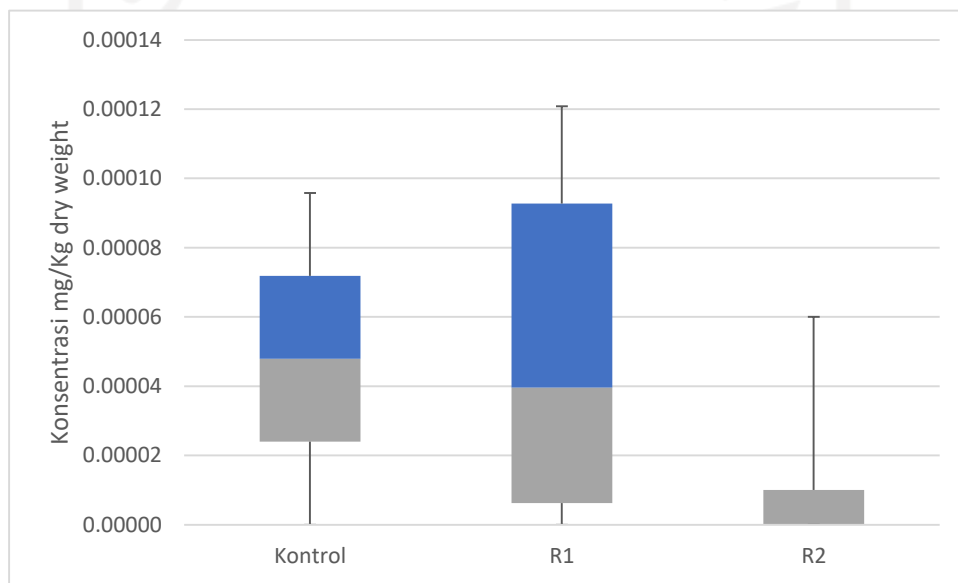
Logam berat yang terdapat pada tanaman menggunakan berbagai macam metode untuk mendesorbsikan logam dari tanah adalah yaitu difiksasi pengasaman rhizosfer merupakan upaya untuk meningkatkan akumulasi logam (Ghosh dan Singh, 2005). Selanjutnya yaitu sekresi ligand oleh rhizosfer akar tanaman mengeluarkan asam organik, senyawa pembentuk kelat logam (*phytosiderophore*), dan enzim-enzim (reduktase), untuk meningkatkan ketersediaan logam organik dalam larutan tanah dan akumulasi yang lebih banyak pada tanaman (Challahan *et al.*, 2006).

Selanjutnya yaitu rhizosfer yang berhubungan dengan mikroorganisme, rizosfer terpopulasi oleh konsentrasi yang besar dari mikroorganisme yang terdiri dari bakteri dan jamur mikoriza yang mampu meningkatkan ketersediaan logam didalam tanah (Idris *et al.*, 2004). Selanjutnya logam berat yang masuk ke symplast akar melalui membran plasma dalam sel endodermis akar melalui ruang antar sel. Metode perpindahan unsur yang paling efektif ialah melalui sistem vaskuler tanaman, yang disebut xylem. Untuk memasuki xylem, logam melintasi jalur casparian yang kedap larutan karena adanya lapisan lilin, transfortasi logam disebut transfortasi symplast. Sistem transfortasi ini lebih teratur berdasarkan selektifitas membran plasma sel permeabel yang dapat mengendalikan akses menuju symplast melalui pengangkut atau kanal-kanal ion logam tertentu (Sheoran *et al.*, 2009).

Disaat masuk ke dalam xylem, aliran getah xylem yang nantinya mengantarkan logam ke pucuk-pucuk tanaman. Langkah selanjutnya yaitu distribusi, detoksifikasi dan pemisahan ion logam, saat logam ditranslokasikan pada sel-sel pucuk tanaman lalu disimpan di sel jaringan apoplas, epidermis, mesofil, dan dinding sel, logam berat tersebut tidak merusak proses-proses seluler yang vital (Shah dan Nongkynrih, 2007). Langkah terakhir yaitu memisahkan logam dari proses seluler manapun yang kemungkinan akan terjadi, pemisahan terjadi di vakuola tanaman dimana logam berat tersebut harus ditransfortasikan melalui membran vaskuola (Eapen dan D'Souza, 2005).

Untuk melakukan pengujian ini yaitu menggunakan sampel akar tanaman *Vetivera Zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri endofit. Pengujian ini yaitu untuk mengetahui kadar logam berat yang diserap oleh akar tanaman tersebut untuk parameter logam berat yaitu meliputi (Cd, Cu, Cr, Pb) kemudian sampel tersebut diuji menggunakan AAS.

4.2.1 Kadar Logam Kromium (Cr)



Gambar 4.2.1 Konsentrasi Kadar Logam Cr

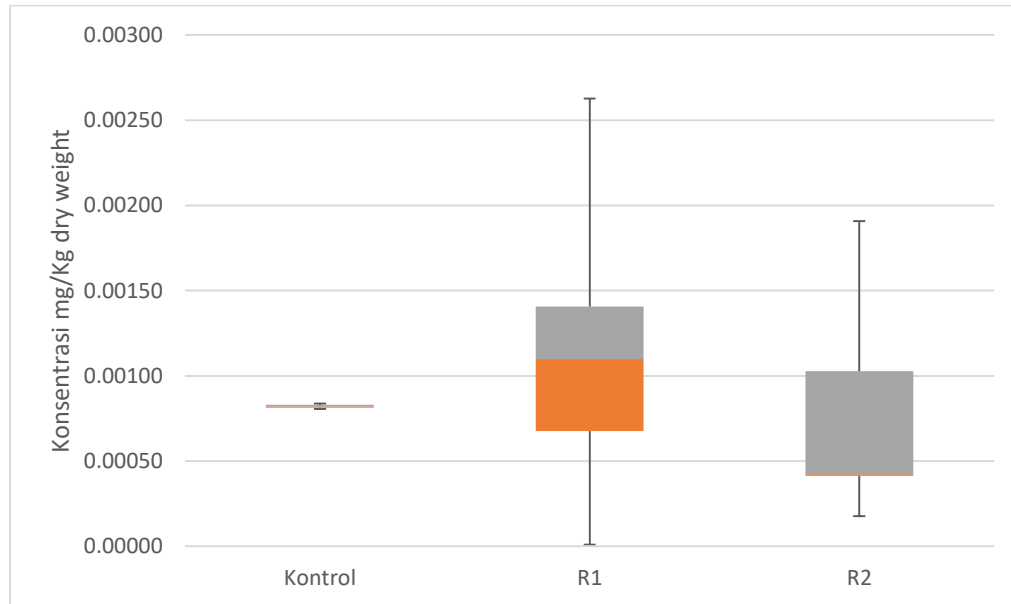
Konsentrasi logam kromium pada tanaman kontrol atau tanaman yang tidak terkontaminasi air limbah tenun dimana untuk tanaman A tidak terdeteksi logam berat dan tanaman B sebesar 0,0003 mg/Kg *dry weight* akar tanaman untuk sampel akar R1 tertinggi yaitu pada kode R1-4 sebesar 0,0004 mg/Kg *dry weight*. Rata-rata konsentrasi untuk sampel R1 yaitu sebesar 0,0004 mg/Kg *dry weight*. Konsentrasi terendah untuk sampel R1 yaitu tidak terdeteksi dan akar tanaman untuk sampel akar R2 tertinggi yaitu tidak terdeteksi. Konsentrasi terendah untuk sampel R2 yaitu tidak terdeteksi.

Dari hasil analisis yang didapatkan yaitu konsentrasi logam berat lebih rendah dibandingkan dengan yang didapatkan oleh Hoang et al., (2007) dimana didapatkan akumulasi Cr pada akar tanaman *Vetivera Zizanioides* yaitu mengandung 200-600 mg/Kg. Dan tanaman *Vetivera Zizanioides* juga dapat bertahan pada konsentrasi Cr 2290 mg/Kg. Akar tanaman *Vetivera Zizanioides* mempunyai sifat hiperakumulasi yaitu mampu mengakumulasi unsur logam berat tertentu dengan konsentrasi yang tinggi pada jaringan akar tanaman sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati, 2005). Pengaruh konsentrasi logam pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu sebagian besar logam berat berakhir diakar, dan lebih sedikit ditranslokasikan ke tunas. Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi et al. 2011).

Untuk konsentrasi penyerapan logam kromium (Cr) terhadap akar tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu memiliki nilai penyerapan yang rendah dibandingkan dengan penyerapan logam yang lain hal ini disebabkan oleh tanaman yang mampu mengikat bahan organik sehingga dapat menstabilkan dan menetralkan konsentrasi kromium (Cr) (Setiyono, 2014). Selain itu bakteri juga dapat menurunkan konsentrasi Cr karena terjadi proses aerobik dan anaerobik pada enzim terutama pada enzim reduktase (Priester et al., 2006).

Penurunan konsentrasi logam berat dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kadar logam berat yang berfluktuasi dikarenakan faktor internal seperti kondisi tanaman itu sendiri, maupun faktor eksternal yang mencakup kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman (Aryani, 2015).

4.2.2 Kadar Logam Timbal (Pb)



Gambar 4.2.2 Konsentrasi Kadar Logam Pb

Konsentrasi logam timbal pada tanaman kontrol atau tanaman tidak terkontaminasi air limbah tenun dimana untuk tanaman A 0,0027 mg/Kg *dry weight* dan tanaman B sebesar 0,0026 mg/Kg *dry weight*. akar tanaman untuk sampel akar R1 tertinggi yaitu pada kode R1-3 sebesar 0,0084 mg/Kg *dry weight* dan konsentrasi terendah untuk sampel R1 yaitu tidak terdeteksi dan akar tanaman untuk sampel akar R2 tertinggi yaitu pada kode R2-2 sebesar 0,0073 mg/Kg *dry weight* dan konsentrasi terendah untuk sampel R2-8 yaitu sebesar 0,0006 mg/Kg *dry weight*.

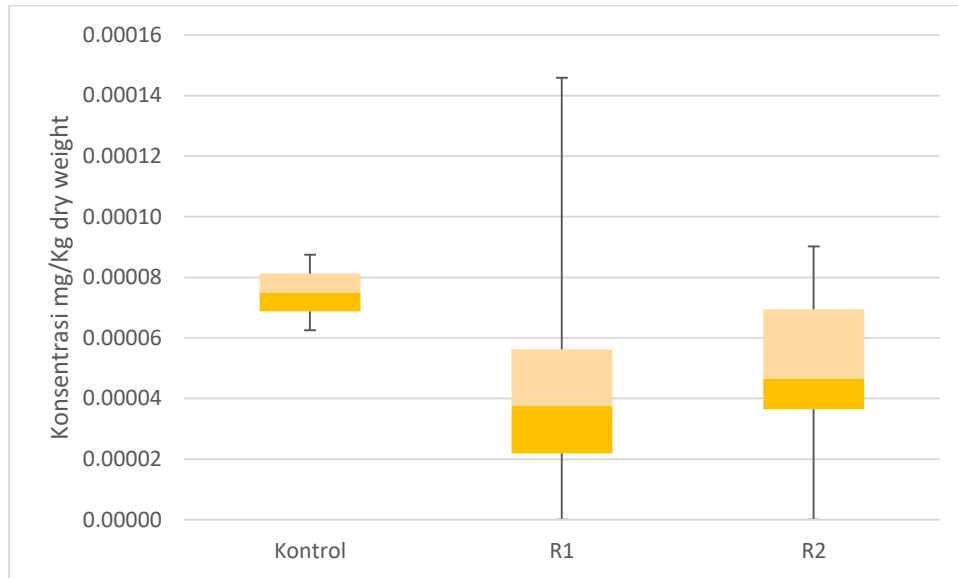
Dari hasil analisis yang didapatkan yaitu konsentrasi logam berat lebih rendah dibandingkan dengan yang didapatkan oleh Emmyzar & Hermanto (2004) dimana tanaman akar wangi dapat tumbuh pada media dengan kadar Pb hingga 300 ppm yang biasa digunakan untuk rehabilitasi lahan tercemar logam berat. Dilaporkan pada penelitian yang dilakukan oleh Furqan (2019) akumulasi Pb pada akar tanamann sebesar 11,824 mg/Kg. Salah satu penelitian membuktikan bahwa rumput *Vetivera Zizanioides* mampu mengurangi kandungan logam Pb dalam tanah hingga 60%

(Emmyzar & Hermanto 2004). Ghosh et al., 2014 melaporkan faktor translokasi dan bioakumulasi logam berat timbal pada akar wangi tertinggi terdapat diakar dibandingkan di tajuk. Pengaruh konsentrasi logam pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu sebagian besar logam berat berakhir diakar, dan lebih sedikit ditranslokasikan ke tunas. Dan menurut Roongtanakiat et al. (2007), akar rumput vetiver dapat menyerap kandungan timbal lebih tinggi dibandingkan dengan batangnya.

Tumbuhan mempunyai sifat hiperakumulasi yaitu mampu mengakumulasi unsur logam berat tertentu dengan konsentrasi yang tinggi pada jaringan akar tanaman sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati, 2005). Karakteristik utama tanaman hiperakumulator dilihat dari konsentrasi logam berat di daun, batang, dan akar yang mampu menyerap 1000 mg/kg massa kering untuk logam Pb. Dilaporkan pada penelitian sebelumnya juga bahwa jumlah serapan logam oleh akar tanaman meningkat seiring dengan konsentrasi logam berat meningkat (Roongtanakiat dan Chairaj, 2001). Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllôsi et al. 2011).

Dan dari hasil analisis konsentrasi logam yang didapatkan yaitu mengalami penurunan konsentrasi logam Pb yang dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kadar logam berat yang berfluktuasi dikarenakan faktor internal seperti kondisi tanaman itu sendiri, maupun faktor eksternal yang mencakup kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme tanaman (Aryani, 2015). Penggunaan mikroorganisme untuk menahan naiknya logam berat dalam tanaman dilakukan oleh Burd et al., (2000) yang menerangkan bahwa penggunaan mikroorganisme mampu menurunkan kandungan logam Pb tersedia dalam tanah serta serapan logam tersebut pada jaringan tanaman.

4.2.3 Kadar Logam Kadmium (Cd)



Gambar 4.2.3 Konsentrasi Kadar Logam Cd

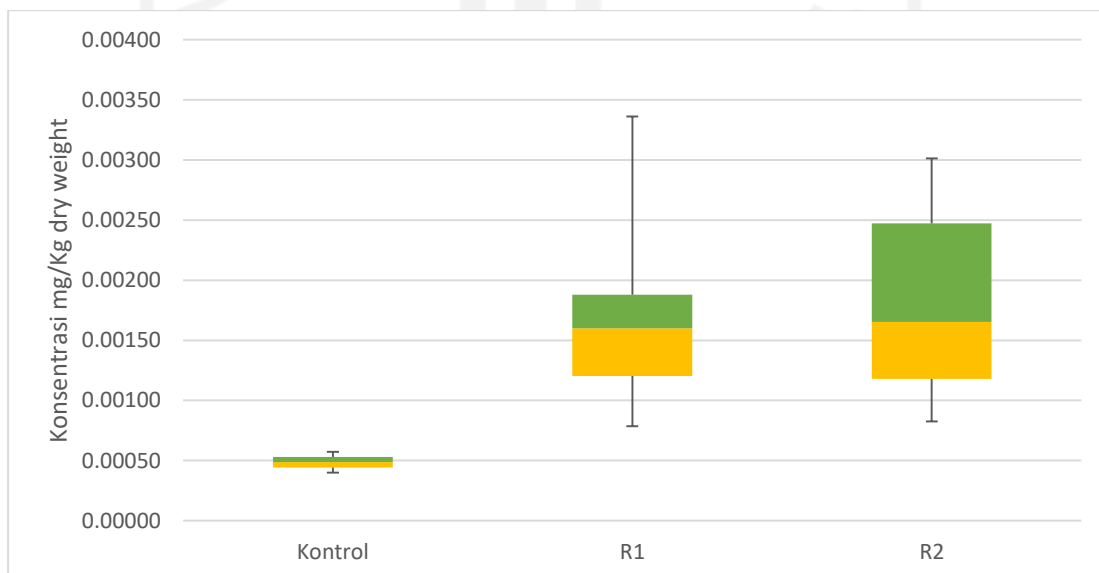
Konsentrasi logam kadmium pada tanaman kontrol atau tanaman tidak terkontaminasi air limbah tenun dimana untuk tanaman A 0,0002 mg/Kg *dry weight* dan tanaman B sebesar 0,0003 mg/Kg *dry weight*. akar tanaman untuk sampel akar R1 tertinggi yaitu pada kode R1-6 sebesar 0,0003 mg/Kg *dry weight* dan konsentrasi terendah untuk sampel R1 yaitu tidak terdeteksi. Rata-rata konsentrasi sampel R1 yaitu sebesar 0,0001 mg/Kg *dry weight* dan akar tanaman untuk sampel akar R2 tertinggi yaitu pada kode R2-5 sebesar 0,0003 mg/Kg *dry weight* dan konsentrasi terendah untuk sampel R2 yaitu tidak terdeteksi.

Dari hasil analisis yang didapatkan yaitu konsentrasi logam berat lebih rendah dibandingkan dengan yang didapatkan oleh Zhang et al., (2014) akar wangi dapat mengakumulasi Cd pada akar dan tajuk tanaman masing-masing sebesar 167-396 mg/kg dan 0,13-9,0 mg/kg. Tingkat serapan kadmium pada tanah ditentukan oleh konsentrasi kadmium tanah dan oleh ketersediaan biologisnya (bahan organik, eksudat akar, suhu, serta konsentrasi unsur lainnya). Penyerapan Cd dari tanah oleh tanaman dipengaruhi oleh total pemasukan Cd dalam tanah dan pH tanah.

Penggunaan mikroorganisme untuk menahan naiknya logam berat dalam tanaman dilakukan oleh Burd et al., (2000) yang menerangkan bahwa penggunaan mikroorganisme mampu menurunkan kandungan logam Cd tersedia dalam tanah serta serapan logam tersebut pada jaringan tanaman.

Tumbuhan mempunyai sifat hiperakumulasi yaitu mampu mengakumulasi unsur logam berat tertentu dengan konsentrasi yang tinggi pada jaringan akar tanaman sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati, 2005). Pengaruh konsentrasi logam pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu sebagian besar logam berat berakhir diakar, dan lebih sedikit ditranslokasikan ke tunas. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa jumlah serapan logam oleh akar tanaman meningkat seiring dengan konsentrasi logam berat meningkat (Roongtanakiat dan Chairaj, 2001). Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi et al. 2011).

4.2.4 Kadar Logam Tembaga (Cu)



Gambar 4.2.4 Konsentrasi Kadar Logam Cu

Konsentrasi logam tembaga pada tanaman kontrol atau tanaman tidak terkontaminasi air limbah tenun sebesar dimana untuk tanaman A 0,0006 mg/Kg *dry weight* dan tanaman B sebesar 0,0004 mg/Kg *dry weight*. akar tanaman untuk sampel akar R1 tertinggi yaitu pada kode R1-14 sebesar 0,0034 mg/Kg *dry weight* dan konsentrasi terendah untuk sampel R1-9 yaitu sebesar 0,0008 mg/Kg *dry weight* Rata-rata konsentrasi sampel R1 yaitu sebesar 0,0017 mg/Kg *dry weight* dan akar tanaman untuk sampel akar R2 tertinggi yaitu pada kode R2-9 sebesar 0,0030 mg/Kg *dry weight* dan konsentrasi terendah untuk sampel R2-2 yaitu 0,0008 mg/Kg *dry weight*.

Dari hasil analisis yang didapatkan yaitu konsentrasi logam berat lebih rendah dibandingkan dengan yang didapatkan oleh Wilde *et al.*, (2005) dimana akar tanaman *Vetivera zizanioides* dapat bertahan pada konsentrasi tembaga ditanah yang terkontaminasi Cu hingga 1762 mg/Kg. Menurut penelitian sebelumnya tanaman akar wangi mampu menyerap logam tembaga hingga 15 mg/kg. Dilaporkan pada penelitian yang dilakukan oleh Troung Paul, 2002 yang di Amerika Latin tanaman akar wangi juga mampu hidup dengan kondisi tanah tercemar logam tembaga (Cu) 50-100 mg/kg. Akumulasi logam tembaga pada akar tanaman *Vetivera Zizanioides* mengandung 58,7 mg/Kg (Yang *et al.*, 2003). Pada penelitian Purwantari (2007) pada tambang di papua mengandung mineral tembaga yang tinggi mencapai 3620 mg/kg berat kering (Parametrix, 2002)

Logam Cu merupakan mikronutrien yang dibutuhkan tumbuhan yang memiliki transferter khusus sehingga mudah diserap oleh tanaman. Untuk konsentrasi penyerapan logam Cu terhadap akar tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu memiliki nilai penyerapan yang tinggi hal ini disebabkan Karena tembaga (Cu) merupakan salah satu sumber nutrisi bagi tanaman untuk tumbuh, berkembang dan reproduksi (ITRC, 2009). Beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Livia dimana jumlah tanaman akar wangi juga berpengaruh terhadap akumulasi kadar logam Cu.

Hal ini sesuai dengan literatur Lepp (1981) dalam Wiguna *et al.*, (2007) konsentrasi dan pH merupakan dua faktor yang mempengaruhi akumulasi kadmium. Penyerapan logam kadmium oleh tanaman dapat dipengaruhi oleh pH tanah. pH yang

masam akan meningkatkan serapan kadmium oleh tanaman. Penyerapan logam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi, muatan ion dan ada tidaknya transporter dalam sel (Manara 2012; Szöllösi et al. 2011).

Tumbuhan mempunyai sifat hiperakumulasi yaitu mampu mengakumulasi unsur logam berat tertentu dengan konsentrasi yang tinggi pada jaringan akar tanaman sehingga bersifat hiperakumulator (Hidayati, 2005). Pengaruh konsentrasi logam pada akar *Vetivera zizanioides* yaitu sebagian besar logam berat berakhir diakar, dan lebih sedikit ditranslokasikan ke tunas. Beberapa penelitian sebelumnya juga menjelaskan bahwa jumlah serapan logam oleh akar tanaman meningkat seiring dengan konsentrasi logam berat meningkat (Roongtanakiat dan Chairaj, 2001).

4.3 Korelasi Penyerapan Logam dan Tumbuhan

Korelasi panjang akar tanaman *Vetivera zizanioides* terhadap penyerapan logam. Pada pembahasan ini. Untuk logam Cu pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang didapatkan adalah akar tanaman *Vetivera zizanioides* dengan panjang (>25 cm) dimana untuk tingkat penghilangan logam Cu yaitu sebesar 0,108 mg/Kg *dry weight* selanjutnya akar tanaman *Vetivera zizanioides* dengan panjang 20 cm dan dimana untuk tingkat penghilangan logam Pb yaitu sebesar 0,039 mg/Kg *dry weight* dan selanjutnya akar tanaman *Vetivera zizanioides* dengan panjang yaitu 10 cm dimana untuk tingkat penghilangan logam Cr yaitu sebesar 0,024 mg/Kg *dry weight* selanjutnya akar tanaman *Vetivera zizanioides* dengan panjang 10 cm yaitu untuk tingkat penghilangan logam Cd sebesar 0,082 mg/Kg *dry weight*.

Hasil ini menunjukkan bahwa tingkat penghilangan logam berat semakin bertambah seiring dengan bertambahnya panjang akar tanaman *Vetivera zizanioides* tersebut (Darajeh *et al.*, 2014). Dilaporkan pada penelitian yang dilakukan oleh Wong dkk, (2002) tanaman *Vetivera zizanioides* yang dibudidayakan pada tambang Cina selatan mengakumulasi logam berat dengan jumlah yang banyak untuk total konsentrasi logam Pb yaitu sebesar 29,9 mg/Kg dan konsentrasi logam Cu sebesar 14,7 mg/Kg, dan konsentrasi logam Cd sebesar 0,52 mg/Kg.

Menurut Yang et al., 2003 akumulasi logam Cu pada akar tanaman *Vetivera Zizanioides* yaitu mengandung 58,7 mg/Kg. Menurut Hoang et al., (2007) dimana didapatkan akumulasi Cr pada akar tanaman *Vetivera Zizanioides* yaitu mengandung 200-600 mg/Kg. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Furqan (2019) akumulasi Pb pada akar tanamann sebesar 11,824 mg/Kg. Didapatkan pada penelitian yang dilakukan oleh Zhang et al., (2014) akar wangi dapat mengakumulasi Cd pada akar dan tajuk tanaman masing-masing sebesar 167-396 mg/kg dan 0,13-9,0 mg/kg.

Dari hasil yang didapatkan akumulasi logam lebih banyak terdapat diakar dibandingkan di pucuk hal ini disebabkan karena muatan positif pada logam penyerapannya dapat ke tempat yang bermuatan negatif dari sel akar dinding (Yang et al., 2005). Pada penelitian ini akar wangi merupakan tanaman yang cocok untuk dibudidaya dilokasi yang tercemar dengan logam berat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Pada Akar Tanaman *Wetland* Pasca Pengolahan Limbah Cair Tenun dapat disimpulkan bahwa:

1. Tanaman akar *Vetivera zizanioides* berpotensi besar dalam menyerap logam berat.
2. Penyerapan logam berat oleh akar tanaman *Vetivera Zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri mampu mereduksi logam berat yang terdapat pada limbah cair tenun.
3. Kadar logam berat seperti (Cr, Cu, Cd, Pb) banyak terserap oleh akar tanaman *Vetivera zizanioides* dikarenakan konsentrasi logam pada akar tanaman *Vetivera zizanioides* yaitu sebagian besar logam berat berakhir di akar.
4. Pengujian evaluasi kadar logam berat pada sampel tanaman menggunakan metode *FTW* yang lebih efisien dan murah.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan selama penulis mengerjakan penelitian dari awal hingga akhir, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk peneliti yang dilakukan seterusnya.

1. Penelitian ini alangkah baiknya mengetahui lebih spesifik kondisi eksisting lokasi penanaman sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides* yang digunakan dalam penelitian tersebut agar mendapatkan hasil yang lebih optimal.
2. Penelitian ini perlu melakukan kontrol terhadap tanaman *Vetivera zizanioides* secara rutin untuk mengantisipasi adanya hawa atau gangguan lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Air, P., Sedimen, D.A.N., & Pangkajene, D. (2012). Studi kandungan logam berat kromiumVI (CrVI) Kabupaten Pangkep.
- Aken, BV, Correa, PA, dan Schnoor, JL (2009). Fitoremediasi bifenil poliklorinasi: tren dan janji baru. *Mengepung. Sci. teknologi.* 44, 2767-2776. Doi: 10.1021/es902514d.
- As'ad, A. 2014. Fitoremediasi tanah tercemar logam Zn dan Cu dengan menggunakan tanaman akar wangi (*vetivera zizanioides*). Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Bernard A. (2008). Cadmium & its adverse effects on human health. *Indian J Med Res* 128(4): 557-64.
- Berti WR & Cunningham SD (2000) Fitostabilisasi logam. Dalam: Fitoremediasi logam beracun: menggunakan tanaman untuk membersihkan lingkungan. John Wiley & Sons, New York hal: 71-88.
- Burd, G.I., D.G. Dixon, and B.R. Glick. 2000. Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Journal Microbiology* 46: 237 – 245.
- 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.
- Chomchalow, N. (2003). Peran akar wangi dalam mengendalikan air kuantitas dan pengolahan kualitas air: gambaran dengan khusus referensi ke Thailand. *AU JT*, 6 (3), 145-116
- Couto, N., Guedes, P., Ribeiro, AB, Zhou, D.-M., 2015. Fitoremediasi dan proses elektokinetik: penggunaan potensial untuk fitoremediasi antimony dan arsenic, dalam: Fitoremediasi. Springer, hlm. 199-209.
- Darlina, I. 2012. Fitomerediasi sebagai teknologi alternative perbaikan lingkungan. Proposal Universitas Bandung Raya, Bandung.

- Darajeh, N., Idris, A., Truong, P., Aziz, A. A., Bakar, R.A., & Man, H. C. (2014). Phytoremediation potential of vetiver system technology for improving the quality of palm oil mill effluent. *Advances in materials science and Engineering*, 1-10. Article ID 683579, doi: 10.1155/2014/683579.
- 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.
- Emamverdian A, Ding Y, Mokhberdoran F & Xie Y (2015) Tekanan logam berat dan beberapa mekanisme respon pertahanan tanaman. *Sci World J* Hal: 18.
- Emmyzar & Hermanto. 2004. Rehabilitasi tanah tercemar Pb menggunakan tanaman akar wangi. *Gakuryoku X* : 37-40.
- Gunawan, G dan Nanny Kusumaningrum. 2012. “Penanganan erosi lereng galian dan timbunan jalan dengan rumput vetivera” Bandung: *Puslitbang Jalan dan Jembatan*.
- 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
- Ghosh, M., Paul, J., Jana, A., De, A., & Mukherjee, A. (2015). Use of the grass, *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash for detoxification and phytoremediation of soils contaminated with fly ash from thermal power plants. *Ecological Engineering*, 74, 258-265. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.10.011>.
- Harni R, A Munif, Supramana & I Mustika. 2007. Potensi bakteri endofit mengendalikan nematode peluca akar (*Pratylenchus bracyurus*) pada nilam. *J. Hayati*. 14(1): 7-12.
- Helmenstine, A.M, 2014. Definisi logam berat. About.com.[http://chemistry.about.com/od/chemistryglossary/g/Definisi-logam berat.htm](http://chemistry.about.com/od/chemistryglossary/g/Definisi-logam%20berat.htm).
- Hidayat, M. Fikri. 2014. Penurunan Kandungan Zat Warna pada Limbah Songket Menggunakan Membran Komposit Berbasis Kitosan-PVA Ultrafiltrasi. Tugas Akhir. Politeknik Negeri Sriwijaya.

- Irfan, M., Hayat, S., Ahmad A. dan Melayemini MN. 2013. Soil cadmium enrichment: Allocation and plant physiological manifestations. *Sudi J Soil Sci* 20(1); 1-10
- Idris, R., Trifonova, R., Puschenreiter, 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
- Junita, L. N. (2013). Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember.
- Kadlec RH, Wallace SD. 2009. Pengolahan lahan basah edisi ke 2 Boca rotan (FL): CRC Teka. P. 1046.
- Kimenyu, P.N., Oyaro, N., Chacha, J.S. and Tsanuo, M.K., 2009. The potential of *Coemmelina bengalensis*, *Amaranthus hybridus*, *Zea mays* for phytoremediation of heavy metals from contaminated soils. *J. Sains Malaysiana*, 38(1): 61-68.
- Laksono, Sucipta. 2012 Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter Depok. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Manara A. 2012. Plants responses in heavy metal toxicity. Dalam: Furini A, editor. *Plants and heavy metals. Springer briefs in biometals*: 27 -53
- Maulana, M. Halim, W dan Mahfud, 2013. Ekstraksi Minyak Atsiri dari Akar Wangi Menggunakan Metode Steam - Hydro distillation dan Hydro distillation dengan Pemanas Microwave. *Jurnal Teknik Pomits* Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539.
- Monita Risca, T. Purnomo, D. Budiono 2013. Kandungan klorofil tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*) akibat pemberian logam cadmium (Cd) pada berbagai konsentrasi. Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal LenteraBio* ISSN: 2252.3979 Vol.2 No. 3. September 2013: 247 251
- Morais, S., Costa, F.G. e, and Pereira, M. de L., 2012. Heavy Metals and Human Health. *Environmental Health – Emerging Issues and Practice*, 227–246.

- Nailis S'adah Nurun. Pengelolaan Limbah Tenun Dengan Sistem *Floating Treatment Wetland* menggunakan Kombinasi Tanaman *Vetiver zizanioides* dan Bakteri Endofit. Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia.
- Nagajyoti PC, Lee KD, Sreekanth TVM (2010) Logam berat, kejadian dan toksisitas untuk tanaman: ulasan. *Lingkungan chem leet* 8:199-216.
- Otitoju. *Quantification of heavy metal levels in impropeted rice (Oryza sativa) consumed in the northern parts of Nigeria*, 2014.
- Rehman A, Ullah H, KhanRu, Ahmad 1 (2013). Studi berbasis populasi kandungan logam berat pada tanaman obat capparidaceae. *Internasional jurnal farmasi dan ilmu farmasi*, 5(1):108-113.
- Rompas, R. M. 2011. Toksikologi kelautan. Sekretaris dewan kelautan Indonesia Jakarta.
- Roongtanakiat, N., and Chairaj, P. 2001. Uptake potential of some heavy metals by vetiver grass. *Kasetsart Journal - Natural Science*. 35, 46–50
- Ruzicka, O. dan L. Safira. (2014). Aplikasi fotokatalis tio₂ pada degradasi limbah cair zat warna tekstil, lomba karya ilmiah sumber daya air tahun 2014.
- Saif, S., et al., 2017. Toksisitas logam pada sayuran tertentu dan bioremediasi logam-tanah tercemar dalam: Strategi mikroba untuk produksi sayuran, hlm. 167-196.
- Schiavon, M. E. A. H. Pilon. Smits, M. Wirtz, R. Hell and M. Malagoli. 2008. Interactions between chromium and sulfur metabolism in brassica juncea. *Journal of environmental quality*. 37: 1536-1545.
- Shah, K., and Nongkynrih, J.M., 2007. Metal hyperaccumulation and bioremediation. *J. Biologia Plantarum*, 51 (4): 616–634.
- Sheoran, V., Sheoran, A.S., and Poonia P., 2009. Phytomining: A review. *J Minerals Engineering* 1007–1019 home page: www.elsevier.-com/locate/mineng
- Sutrisna N. 2006. Kimia. Bandung: Grafindo media pratama.
- Suman, J., Uhlik, O., Viktorovam J., dan Macek, T. (2018). Fitoekstraksi berat logam:

- alat yang menjanjikan untuk membersihkan lingkungan yang tercemar ilmu tanaman depan. 9:1476. Doi: 10.3389/fpls.2018. 01476
- Shahid MJ, Arslan M, Ali S, Siddique M, Afzal M. 2018. Floating wet-tanah: alat yang berkelanjutan untuk pengolahan air limbah. *Membersihkan udara tanah air*. 46 (10): 1800120.
- Singh R, Gautam N, Mishra A & Gupta R (2011) Logam berat dan sistem kehidupan: Angambaran. *India J Pharm* 43:246
- 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.
- Tanner, C.C., and Headley, T.R. 2011. Components of Floating Emergent Macrophyte Treatment Wetlands Influencing Reduksi of Stormwater Pollutants. *Ecological Engineering*. 37. 474-486.
- Tangahu B.V., Sheikh Abdulla, S.R., Basri, H., Idris, M., Anuar, N., & Mukhlisin, M. (2011). A review on heavy metals (As, Pb, and Hg) uptake by plants through phytoremediation.
- Tanaka K, Fujimaki S, Fujiwara T, Yoneyama T, Hayashi H (2007) Estimasi kuantitatif kontribusi floem dalam ka-transportasi mium ke biji-bijian pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Ilmu tanah nutrisi tanaman* 53:72-77
- Truong, P. 2002. *Vetiver System: Potential Applications In Latin America*. Australia: Technical Bulletin N0. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network. Royal Development Projects Board.
- Truong, Paul. 2011. "Penerapan sistem vetivera ramah lingkungan" *Indonesian Vetivera Network*.
- Truong P. Van T.T., Pinnars E., Booth D. 2011. Penerapan Sistem Vetiver: Buku Panduan teknis edisi bahasa Indonesia. The Indonesian Vetiver Network UN-HABITAT, 2008. *Constructed Wetlands Manual*. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme Nepal, Kathmandu.

- Palar, H. 2008. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Penerbit rineka cipta. Jakarta.
- Palar, H. (2008). Healty metal pollution and toxicology. *Rineka Cipta*. Bandung (in Indonesia).
- Pal, M., E. Horvath, T. Janda, E.Paldi, and G. Szalai. 2006. Physiological changes and defense mecha-nisms induced by cadmium stress in maize. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169:239-246.
- PARAMETRIX. 2002. Plant and Wildlife Risk Assessment. Prepared for PT Freeport, Indonesia. Vol. 3
- Putra MK, Syekhfani, Kusumarini N. 2018. Ekstraksi merkuri dari limbah pengolahan bijih emas menggunakan tanaman akar wangi (*Vetivera zizanioides*) dengan penambahan kompos. *Jurnal tanah dan sumber daya lahan.* 5 (2): 847-856.
- Pourrut B, Shahid M, Dumat C, Winterton P, Pinelli E (2011) Lead penyerapan, toksisitas, dan detoksifikasi pada tanaman. Dalam: Whitacre DM tinjauan pencemaran lingkungan dan toksikologi, jilid 213. Springer New York, hlm 113-136.
- Wiguna., Adin Z dan Hindersah, R. 2007. "Pengaruh Lumpur Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Pupuk Kotoran Sapi Terhadap Pb dan Cd Tanah Serta Akumulasinya pada Biji Jagung Manis". *Jurnal Biologi* Vol. 6 (2).
- Widowati W. 2008. Efek Toksik logam Pencegahan Dan Penanggulangan pencemaran. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Widowati W, Sastiono A, Jusuf R. R. 2008. Efek Toksik logam Pencegahan Dan Penanggulangan pencemaran. Yogyakarta: C.C.Andi Offset.
- Widowati W, Sastiono A, Jusuf R. 2008. Efek toksik logam pencegahan dan penanggulannya. Andy, Yogyakarta. 45-87.
- Wong, SC, Li, XD, Zhang, G., Qi, SH, dan Min, YS, 2002. Logam berat dalam pertanian tanah Delta Sungai Mutiara, Cina Selatan, *Polusi Lingkungan* (sedang dicetak)
- Yang X, Feng Y, He Z & Stoffella PJ (2005) Mekanisme molekuler logam berat hiperakumulasi dan fitoremediasi. *J Jejak Elem Med Biol* 18: 339-353.

- 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
- Yulistyne, 2008, “Akar *Vetivera zizanioides* 1/6 kekuatan baja”. Makalah sains. Pikiran rakyat. Bandung. Jawa Barat., *J. Member. Sci.*, 41, 197-209.





LAMPIRAN

A. Tahapan perhitungan konsentrasi parameter uji logam berat Cd, Cr, Cu, Pb pada akar tanaman *Vetivera zizanioides*

Diketahui:

Berat kering: 0.3 gr

Faktor pengenceran: 2.5

Faktor pemekatan: 1.6

Co Pb: 0.344 µg/mL

Co Cr: 0.009 µg/mL

Co Cd: 0.035 µg/mL

Co Cu: 0.078 µg/mL

$$\begin{aligned} \text{Co Pbreal: } & \frac{\text{Co Pb} \times f \text{ pengenceran}}{\text{Berat} \times 1000 \times f \text{ pemekatan}} \\ & : \frac{0,344 \times 2,5}{0,3 \times 1000 \times 1,6} = 0.0046 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Co Cureal: } & \frac{\text{Co Cu} \times f \text{ pengenceran}}{\text{Berat} \times 1000 \times f \text{ pemekatan}} \\ & : \frac{0,078 \times 2,5}{0,3 \times 1000 \times 1,6} = 0.0010 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Co Cdreal: } & \frac{\text{Co Cd} \times f \text{ pengenceran}}{\text{Berat} \times 1000 \times f \text{ pemekatan}} \\ & : \frac{0,035 \times 2,5}{0,3 \times 1000 \times 1,6} = 0.0005 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Co Crreal: } & \frac{\text{Co Cr} \times f \text{ pengenceran}}{\text{Berat} \times 1000 \times f \text{ pengenceran}} \\ & : \frac{0,009 \times 2,5}{0,3 \times 1000 \times 1,6} = 0.0001 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

Lampiran 1 Data Perhitungan Konsentrasi Logam

Sample lable	Conc	Conc	Conc	Conc	Berat (gr)			Co Real mg/Kg				Faktor pengenceran	Faktor pemekatan	Akar Berat (gram)			
					Cawan Kosong	Co+sampel	Co+sampel+dry	Pb	Cu	Cd	Cr			Awal	Akhir	Ash	
Blko	-0.032	0.014	0.005	0.004													
Akar R1-2	0.344	0.078	0.035	0.009	73.3642	75.4880	72.9768	0.0046	0.0010	0.0005	0.0001	2.5	1.6	0.98	0.70	0.3	
Akar R1-3	0.631	0.091	0.014	0.026	73.3642	76.5654	74.4398	0.0084	0.0012	0.0002	0.0003	2.5	1.6	0.42	0.31	0.3	
Akar R1-4	0.198	0.124	0.012	0.027	43.8970	45.5693	44.4004	0.0026	0.0017	0.0002	0.0004	2.5	1.6	0.42	0.31	0.3	
Akar R1-5	0.346	0.116	0.005	0.029	43.8970	48.9597	47.0952	0.0046	0.0015	0.0001	0.0004	2.5	1.6	0.38	0.28	0.3	
Akar R1-6	0.122	0.126	0.025	0.01	43.8970	45.8022	44.994	0.0016	0.0017	0.0003	0.0001	2.5	1.6	0.59	0.42	0.3	
Akar R1-8	0.151	0.09	0.006	0.006	43.8970	55.7406	52.7484	0.0020	0.0012	0.0001	0.0001	2.5	1.6	0.49	0.38	0.3	
Akar R1-9	0.294	0.059	0.000	0.011	43.8970	46.2729	45.0726	0.0039	0.0008	0.0000	0.0001	2.5	1.6	0.14	0.10	0.3	
Akar R1-10	0.003	0.241	0.001	0.000	43.8970	47.1777	44.6400	0.0000	0.0032	0.0000	0.0000	2.5	1.6	0.21	0.14	0.3	
Akar R1-12	0.234	0.146	0.010	0.000	43.8970	44.9444	42.2171	0.0031	0.0019	0.0001	0.0000	2.5	1.6	0.83	0.45	0.3	
Akar R1-14	0.320	0.252	0.008	0.000	43.8970	46.7219	43.9712	0.0043	0.0034	0.0001	0.0000	2.5	1.6	0.91	0.70	0.3	
Akar R2-1	0.289	0.080	0.008	0.000	43.8970	45.5605	45.364	0.0039	0.0011	0.0001	0.0000	2.5	1.6	0.07	0.06	0.3	
Akar R2-2	0.547	0.062	0.000	0.000	43.8970	47.8888	47.204	0.0073	0.0008	0.0000	0.0000	2.5	1.6	0.07	0.03	0.3	
Akar R2-4	0.351	0.199	0.016	0.000	43.8970	47.0921	43.5419	0.0047	0.0027	0.0002	0.0000	2.5	1.6	0.38	0.31	0.3	
Akar R2-5	0.093	0.145	0.024	0.000	43.8970	49.2145	45.6639	0.0012	0.0019	0.0003	0.0000	2.5	1.6	0.42	0.31	0.3	
Akar R2-6	0.411	0.201	0.021	0.000	43.8970	50.2889	48.1525	0.0055	0.0027	0.0003	0.0000	2.5	1.6	0.38	0.28	0.3	
Akar R2-7	0.117	0.113	0.011	0.012	43.8970	51.7217	48.3886	0.0016	0.0015	0.0001	0.0002	2.5	1.6	0.49	0.35	0.3	
Akar R2-8	0.042	0.099	0.025	0.000	43.8970	49.8676	47.3264	0.0006	0.0013	0.0003	0.0000	2.5	1.6	0.28	0.21	0.3	
Akar R2-9	0.131	0.226	0.004	0.003	43.8970	47.0751	45.3087	0.0017	0.0030	0.0001	0.0000	2.5	1.6	0.14	0.10	0.3	
Akar R2-10	0.093	0.135	0.013	0.000	43.8970	46.2372	44.3551	0.0012	0.0018	0.0002	0.0000	2.5	1.6	0.21	0.17	0.3	
Akar R2-11	0.250	0.085	0.017	0.000	43.8970	50.0869	48.2969	0.0033	0.0011	0.0002	0.0000	2.5	1.6	0.38	0.28	0.3	

Lampiran 2 Data Biomassa Akar

Sampel				
No	Cawan	Co (q)	Co + sampel	Co + sampel +dry
R1-2	125 ml	73.3642	75.4880	72.9768
R1-3	125 ml	73.3642	76.5654	74.4398
R1-4	75 ml	43.8970	45.5693	44.4004
R1-5	75 ml	43.8970	48.9597	47.0952
R1-6	75 ml	43.8970	45.8022	44.994
R1-8	75 ml	43.8970	55.7406	52.7484
R1-9	75 ml	43.8970	46.2729	45.0726
R1-10	75 ml	43.8970	47.1777	44.6400
R1-12	75 ml	43.8970	44.9444	42.2171
R1-14	75 ml	43.8970	46.7219	43.9712
R2-1	75 ml	43.8970	45.5605	45.364
R2-2	75 ml	43.8970	47.8888	47.204
R2-4	75 ml	43.8970	47.0921	43.5419
R2-5	75 ml	43.8970	49.2145	45.6639
R2-6	75 ml	43.8970	50.2889	48.1525
R2-7	75 ml	43.8970	51.7217	48.3886
R2-8	75 ml	43.8970	49.8676	47.3264
R2-9	75 ml	43.8970	47.0751	45.3087
R2-10	75 ml	43.8970	46.2372	44.3551
R2-11	75 ml	43.8970	50.0869	48.2969

Lampiran 3 Data Biomassa Akar

Sampel Perbandingan				
No	Cawan	Co (q)	Co + sampel	Co + sampel +dry
TA-1	75 ml	43.8970	46.5408	44.7885
TA-2	75 ml	43.8970	47.3274	45.8078

Lampiran 4 Dokumentasi



Furnance Sampel Tanaman



Penimbangan Sampel Tanaman



Destruksi logam berat pada sampel akar tanaman *Vetivera zizanioides*



Menguji konsentrasi dengan AAS



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lombok, pada tanggal 29 September 1998. Penulis merupakan putri keempat dari empat bersaudara dari saudara Selamat Meimy Mahfuz, Yanuar Mafruhi, Sastriawan dan dari pasangan Bapak H.Mahrup dan Ibu Hj. Fauziah. Lulus sekolah menengah atas di SMA 1 AIKMEL dan meneruskan kuliah di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Selama masa kuliah ikut aktifitas akademik maupun non akademik. Beberapa kegiatan non-akademik antara lain panitia Lintas Lingkungan 2019 dan panitia Exsplore FTSP 2018 Menjalankan kegiatan magang/kerja praktik di P.T Pertamina EP Jakarta. Dengan judul KP Studi Penerapan Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) OHSAS 18001 di PT Pertamina EP Jakarta. Sedangkan untuk menyelesaikan masa studi Pendidikan strata 1 (S1) di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, penulis melakukan penelitian dengan judul Evaluasi Penyerapan Kadar Logam Pada Akar Tanaman *Wetland* Pasca Pengolahan Limbah Cair Tenun.