

**PENGURANGAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM
TANAH MELALUI FITOREMEDIASI TANAMAN BAMBU
KUNING (*Bambusa vulgaris striata*)**

SKRIPSI

OLEH:

NIA NATALIA SIMBOLON

17.870.0001



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)17/6/22

**PENGURANGAN KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM TANAH
MELALUI FITOREMEDIASI TANAMAN BAMBU KUNING (*Bambusa
vulgaris striata*)**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Medan Area**

Oleh :

NIA NATALIA SIMBOLON

178700001

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MEDAN AREA**

2022

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

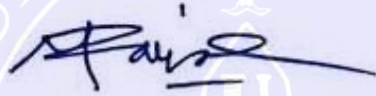
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 17/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)17/6/22

Judul Skripsi : Pengurangan Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Melalui
Fitoremediasi Tanaman Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*)
Nama : Nia Natalia Simbolon
NPM : 178700001
Fakultas : Sains dan Teknologi
Program Studi : Biologi

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST, M.T

Pembimbing I


Abdul Karim, S.Si, M.Si

Pembimbing II


Dr. Rosiana Cubis, S.Si, M.Si
Dekan


Rahma Sari Siregar, S.P, M.Si

Ka. Prodi/WD I

Tanggal Lulus : 19 Januari 2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya oranglain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiasi dalam skripsi ini.

Medan, 02 Februari 2022



Nia Natalia Simbolon

178700001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK PEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nia Natalia Simbolon
NPM : 178700001
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exklusif Royalti Free Right*) atas karya ilmiah yang berjudul : Pengurangan Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Melalui Fitoremediasi Tanaman Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*).

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Universitas Medan Area

Pada tanggal : 02 Februari 2022

Yang Membuat

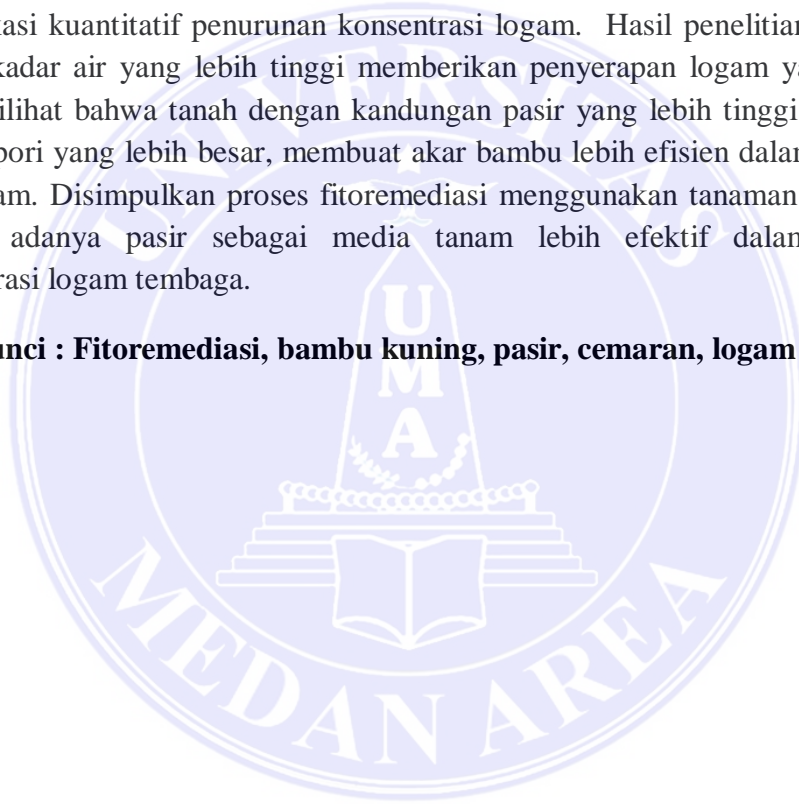


Nia Natalia Simbolon

ABSTRAK

Telah diketahui bahwa fitoremediasi merupakan salah satu cara yang efektif untuk mengurangi cemaran logam berat dari lingkungan tanaman fitoremediasi yang ada, bambu terkenal dengan daya adaptasinya terhadap lingkungan yang mengandung logam berat dan kemampuannya dalam meremediasi logam berat. Dalam penelitian ini, bambu kuning digunakan sebagai media fitoremediasi untuk lingkungan yang mengandung logam tembaga buatan. Pengaruh kandungan air dan komposisi tanah pasir pada kinerja fitoremediasi dipelajari melalui analisis UV-Vis dan SEM serta identifikasi kuantitatif penurunan konsentrasi logam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air yang lebih tinggi memberikan penyerapan logam yang lebih baik. Dapat dilihat bahwa tanah dengan kandungan pasir yang lebih tinggi akan memiliki ukuran pori yang lebih besar, membuat akar bambu lebih efisien dalam menyerap air dan logam. Disimpulkan proses fitoremediasi menggunakan tanaman bambu kuning dengan adanya pasir sebagai media tanam lebih efektif dalam menurunkan konsentrasi logam tembaga.

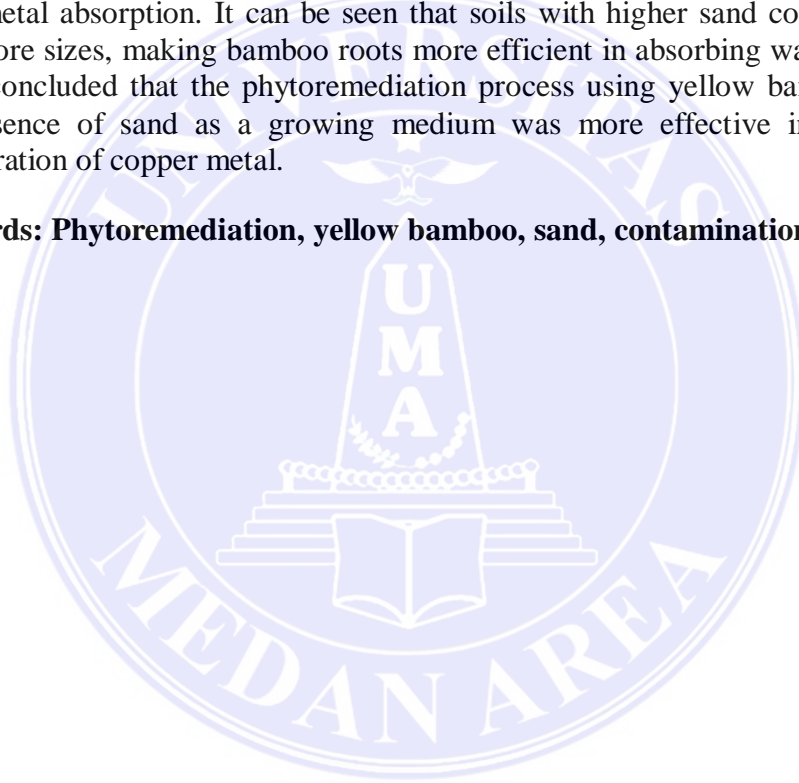
Kata kunci : Fitoremediasi, bambu kuning, pasir, cemaran, logam berat



ABSTRACT

It is known that phytoremediation is one of the effective ways to reduce heavy metal contamination from the existing phytoremediation plant environment, bamboo is well known for its adaptability to environments containing heavy metals and its ability to remediate heavy metals. In this study, yellow bamboo was used as a phytoremediation medium for an environment containing artificial copper metal. The effect of water content and sand soil composition on phytoremediation performance was studied through UV-Vis and SEM analysis as well as quantitative identification of metal concentration reduction. The results showed that higher water content gave better metal absorption. It can be seen that soils with higher sand content will have larger pore sizes, making bamboo roots more efficient in absorbing water and metals. It was concluded that the phytoremediation process using yellow bamboo plants in the presence of sand as a growing medium was more effective in reducing the concentration of copper metal.

Keywords: Phytoremediation, yellow bamboo, sand, contamination, heavy metal



RIWAYAT HIDUP

Nia Natalia Simbolon dilahirkan di Pangkalan Kerinci pada tanggal 11 Desember 1998. Anak ke dua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Anggiat Simbolon dan Ibu Lumaria Sitorus. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 007 Pangkalan Kerinci pada tahun 2011. Pada tahun 2014 penulis lulus dari SMP Negeri 1 Pangkalan Kerinci. Pada tahun 2017 penulis lulus dari SMA Negeri 2 Pangkalan Kerinci. Kemudian pada tahun 2017 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi Program Studi Biologi pada tahun ajaran 2017/2018.

Penulis

Nia Natalia Simbolon

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “Pengurangan Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Menggunakan Metode Fitoremediasi Tanaman Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*). Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan studi S1 pada program studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, S.S.T, M.T selaku Komisi Pembimbing I, kepada Bapak Abdul Karim, S.Si, M.Si selaku Komisi Pembimbing II dan kepada seluruh dosen yang telah membimbing, memperhatikan serta memberi masukan selama masa penyusunan skripsi ini. Penulis juga menyampaikan ucapan terimakasih kepada Ayahanda Anggiat Simbolon dan Ibunda Lumaria Sitorus serta keluarga yang telah banyak memberikan doa, motivasi, materi serta dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi masih banyak dijumpai kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu penulis berharap adanya saran dan kritik bersifat membangun untuk perbaikan skripsi ini.

Penulis

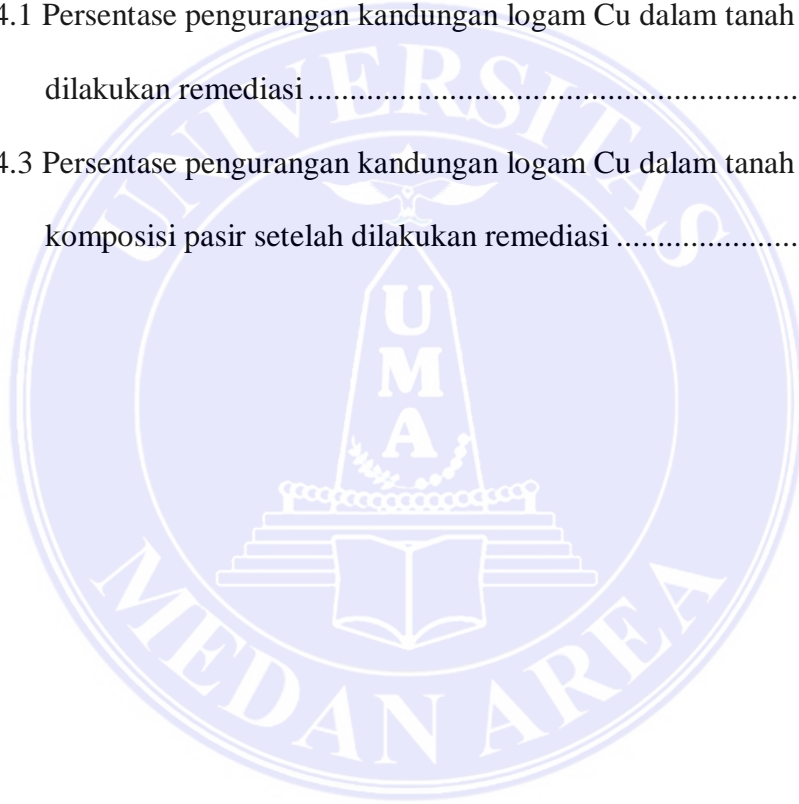
Nia Natalia Simbolon

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian Tanah.....	7
2.2 Logam Berat.....	19
2.3 Fitoremediasi.....	22
2.4 Jenis-jenis Tanaman Untuk Pengolahan Logam Berat.....	23
2.5 Tanaman Bambu	25
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.3 Metode Penelitian.....	32
3.4 Prosedur Penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Uji kandungan logam pada tanah	38
4.2 Hasil Uji SEM pada perlakuan tanah dengan pemberian konsentrasi kadar air yang berbeda	41
4.3 Uji kandungan logam pada tanah dengan konsentrasi pasir yang berbeda.....	44
4.4 Hasil uji SEM pada perlakuan tanah dengan komposisi pasir yang berbeda.....	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	49
DAFTAR PUSTAKA	51
DAFTAR LAMPIRAN	55

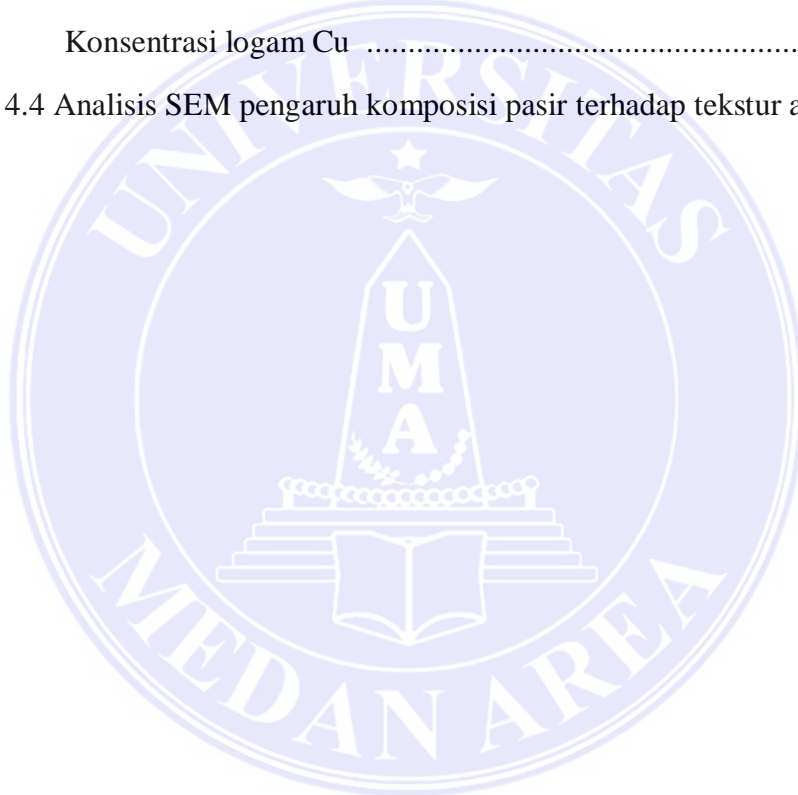
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai ambang batas logam berat pada sedimen/tanah	19
Tabel 2.2 Nilai ambang batas Cu	22
Tabel 4.2 Data Absorbansi Larutan Standar Tembaga (Cu).....	36
Tabel 4.1 Persentase pengurangan kandungan logam Cu dalam tanah setelah dilakukan remediasi	40
Tabel 4.3 Persentase pengurangan kandungan logam Cu dalam tanah dengan komposisi pasir setelah dilakukan remediasi	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.5 Bambu Kuning	26
Gambar 3.4 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu	36
Gambar 4.1 Grafik Pengurangan konsentrasi logam Cu dalam tanah	39
Gambar 4.2 Analisis SEM pengaruh kandungan air terhadap tekstur akar bambu.	41
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh kandungan pasir dalam tanah terhadap pengurangan Konsentrasi logam Cu	44
Gambar 4.4 Analisis SEM pengaruh komposisi pasir terhadap tekstur akar bambu	46



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil uji UV – Vis larutan standar dan sampel A0M1 – A2M2.....	55
Lampiran 2. Hasil uji UV – Vis sampel A3M2 – A5M3	57
Lampiran 3. Hasil uji UV – Vis sampel P0M1 – P2M2	58
Lampiran 4. Hasil uji UV – Vis sampel P3M2 -P5M3.....	60
Lampiran 5. Hasil uji SEM sampel kontrol (A0) dan sampel (A5).....	61
Lampiran 6. Hasil uji SEM sampel kontrol (P0) dan sampel (P5).....	62
Lampiran 7. Hasil uji SEM sampel (P5).....	63
Lampiran 8. Dokumentasi pembuatan larutan cemar Cu	64
Lampiran 9. Perhitungan pembuatan larutan induk CuSO4	65
Lampiran 10. Dokumentasi proses penanaman bambu	66
Lampiran 11. Dokumentasi preparasi sampel	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran tanah ialah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam tanah oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tanah tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Palar, 1994). Seiring dengan perkembangan aktivitas manusia seperti industri, rumah tangga, pertambangan, pertanian dan lain sebagainya menyebabkan pencemaran tanah semakin meningkat. Salah satu pencemaran tanah yang sangat berbahaya adalah pencemaran tanah oleh logam berat (Susilo, 2003)

Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan dan telah menarik banyak perhatian karena bahaya yang ditimbulkan, terutama jika diserap oleh tumbuhan, hewan atau manusia. Beberapa logam berat beracun seperti As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn (Wild, 1995). Namun, beberapa logam berat merupakan unsur esensial bagi tumbuhan atau hewan (Nugroho, 2001). Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menemukan bahwa keberadaan logam berat dalam rantai makanan dapat menyebabkan bahaya kesehatan (Srivastava & Goyal, 2010).

Kandungan logam dalam tanah sangat berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya, kecuali terjadi interaksi diantara logam

itu sehingga terjadi hambatan penyerapan logam tersebut oleh tanaman. Secara alami tanah telah mengandung unsur-unsur logam, unsur-unsur logam dominan adalah Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, unsur logam dalam tanah berasal dari pelapukan batuan (batuan induk), dan adanya unsur tersebut akan mempengaruhi tanah, baik itu sifat fisik maupun kimianya (Alloway, 1995). Unsur – unsur logam dalam tanah umumnya termasuk logam yang mempunyai berat jenis kurang dari 5 gram/cm³ atau bukan logam berat. Sementara itu logam yang biasanya tidak terlalu banyak ditanah adalah logam berat. Berat jenis logam ini lebih dari 5 gram/cm³, nomor atom 22 sampai 92 dan dalam susunan periodik 4 sampai 7 dan memiliki afinitas tinggi untuk unsur S, sehingga dapat meningkatkan ikatan logam berat dengan gugus S. Saeni, (2002) menjelaskan bahwa unsur logam berat yang dapat menimbulkan pencemaran pada lingkungan adalah: Fe, As, Cd, Pb, Hg, Mn, Ni, Cr, Zn, dan Cu karena unsur tersebut lebih banyak digunakan serta tingkat toksinasinya tinggi.

Perlindungan Lingkungan AS (US EPA) mencantumkan logam berat yang merupakan polutan berbahaya utama, termasuk perak, kadmium, kromium, tembaga, timbal, merkuri, nikel dan seng (Suhendrayatna, 2001), tetapi ada juga logam berat seperti Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, dan lain sebagainya merupakan mikronutrien penting untuk tanaman, tetapi jika terlalu banyak kandungan logam akan menjadi racun bagi tanaman, adanya racun di dalam tanah terutama bila logam menumpuk dan melebihi batas kritis di dalam tanah. Alloway (1995) menyatakan bahwa logam berat yang berlebihan di dalam tanah tidak hanya beracun bagi tumbuhan dan organisme, tetapi juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA) mencatat bahwa logam berat Tembaga (Cu) merupakan salah satu polutan berbahaya utama (Sukhendrayatna, 2001). Logam Tembaga (Cu) terdapat di lingkungan kita secara alami, tetapi logam ini mungkin juga merupakan hasil dari aktivitas manusia (non alamiah). Peristiwa alam seperti erosi dari batuan mineral merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap keberadaan alami tembaga di lingkungan. Air hujan menjadikan debu atau partikel tembaga di lapisan udara juga menjadi sumber alami tembaga di lingkungan (Darmono, 1995 dalam Adhani, 2017)

Sumber utama tembaga non-alamiah adalah hasil dari aktivitas manusia. Salah satu contohnya adalah hasil limbah industri yang menggunakan tembaga dalam proses produksinya seperti pembuatan kapal, industri pengolahan kayu dan buangan rumah tangga (Darmono, 1995 dalam Adhani, 2017)

Salah satu cara untuk memulihkan lingkungan tanah dari suatu kontaminan logam berat adalah dengan menggunakan tanaman, yaitu dengan menanam tanaman yang dapat menyerap logam berat dari dalam tanah. Metode ini disebut fitoremediasi (Elvira dkk, 2012).

Fitoremediasi merupakan salah satu cara pembersihan polutan menggunakan tumbuhan, umumnya terdefinisi seperti pembersihan dari toksin atau kontaminan dari lingkungan dengan menggunakan tumbuhan *hyperaccumulator*. Dibandingkan dengan teknologi remediasi lainnya (kimia-fisika), pemanfaatan tumbuhan untuk bioremediasi lahan tercemar logam berat (fitoremediasi) merupakan teknologi yang paling murah. Meskipun penerapan fitoremediasi masih terus berkembang, namun masih banyak peneliti dan perusahaan komersial terutama di negara maju Amerika

Serikat dan Eropa. Indonesia memiliki potensi keanekaragaman hayati tumbuhan dan dapat dimanfaatkan sebagai tumbuhan dengan kemampuan mendegradasi dan mengakumulasi logam berat. Sejauh ini telah ditemukan beberapa jenis tumbuhan yang dapat digunakan dalam teknik fitoremediasi antara lain *Alamanda sp*, *Cannasp*, Pisang mas, Padi-padian, Anthurium merah dan kuning, Bambu air dan sebagiannya. Di Malaysia telah ditemukan sekitar 400 spesies tumbuhan yang dapat digunakan dalam teknik fitoremediasi (Moenir, 2010).

Menurut penelitian Fitria dan Hartini (2016) mengatakan bahwa fitoremediasi menggunakan bambu air (*Equisetum hyemale*) memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan air limbah rumah tangga dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands), persentasi penurunan cemaran limbah mencapai 99,91% untuk waktu tinggal 6 hari dalam reaktor. Dari hasil penelitian ini ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan dan dikembangkan yaitu penggunaan tanaman bambu air dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands) mampu digunakan untuk pengolahan limbah cair rumah tangga.

Menurut penelitian Bian dkk, (2020) mengatakan bahwa beberapa spesies bambu memiliki kapasitas cukup tinggi untuk beradaptasi dengan lingkungan logam dengan kapasitas tinggi untuk menyerap logam berat. Jaringan bambu pada rimpang dan batang dapat mengakumulasi sejumlah logam berat yang terutama terakumulasi di dinding sel, vakuola dan sitoplasma. Jenis bambu tertentu seperti bambu moso, *Phyllostachys praecox*, telah terbukti memiliki daya tahan tinggi di tanah yang terkontaminasi logam, memungkinkan penyerapan stress oksidatif dan merusak tanaman bambu.

Berdasarkan potensi bambu yang mampu beradaptasi dengan lingkungan logam berat maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul Pengurangan Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Melalui Fitoremediasi Tanaman Bambu Kuning (*Bambusa vulgaris striata*) sebagai media fitoremediasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil observasi yang terdahulu oleh Moenir (2010), telah diketahui bahwa fitoremediasi merupakan salah satu metode sederhana dalam pembersihan polutan menggunakan tumbuhan hyperaccumulator. Contohnya yaitu Alamanda sp, Canasp, pisang mas, padi-padian, Antrium merah dan kuning, bambu air dan bambu moso (Bian dkk, 2020).

Dalam hal ini penggunaan bambu kuning (*Bambusa striata*) sebagai media fitoremediasi untuk mengurangi kandungan logam berat Cu dalam tanah dengan memvariasikan kadar air dan komposisi tanah (campuran tanah dan pasir) diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam peningkatan laju pengurangan kandungan logam berat.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui potensi bambu kuning (*Bambusa vulgaris striata*) sebagai media fitoremediasi tanah tercemar logam berat.
2. Untuk mengkaji pengaruh kadar air dalam tanah terhadap laju pengurangan kandungan logam berat.
3. Untuk mempelajari pengaruh komposisi tanah, pasir dan air terhadap laju pengurangan kandungan logam berat.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui potensi bambu kuning bambu kuning (*Bambusa vulgaris striata*) sebagai media fitoremediasi tanah tercemar logam berat.
2. Mengetahui pengaruh kadar air dalam tanah terhadap laju pengurangan kandungan logam berat.
3. Mengetahui pengaruh komposisi tanah, pasir dan air terhadap laju pengurangan kandungan logam berat.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan media buatan yang tercemar dengan logam berat Cu pada konsentrasi tertentu. Penelitian ini akan di lakukan uji kandungan logam di Laboratorium Penelitian Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Kata tanah berasal dari bahasa Prancis kuno dan dari bahasa Latin solum yang berarti lantai atau fondasi. Henry D. Foth (1994) mengemukakan konsep bahwa tanah mengacu pada bagian permukaan terpisah dari bumi dan bulan yang dipisahkan dari batuan padat. Tanah merupakan kumpulan benda-benda alam yang tersusun di permukaan bumi membentuk horizon yang tersusun atas campuran bahan mineral, bahan organik, air dan udara dan merupakan media untuk tumbuhnya tumbuhan (Hardjowigeno, 2003).

Menurut Glinka seperti dikutip oleh Susanto (2005) bahwa tanah adalah suatu benda alamiah dan kebebasannya mempunyai bentuk-bentuk tertentu karena adanya interaksi antara iklim, organisme, bahan induk, relief dan waktu. Tanah adalah campuran dari beberapa komponen seperti mineral, senyawa organik, senyawa anorganik dan air (Situmorang, 2017). Tanah ada dimana-mana tetapi kepentingan masyarakat terhadap tanah berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan pandangan tentang kebutuhan tanah, misalnya para ahli pertambangan menganggap tanah tidak berguna karena menutupi hasil tambang yang mereka cari (Puspawati & Haryono, 2018).

Pakar ahli jalan percaya bahwa tanah adalah permukaan bumi yang lunak sehingga memasang batu di atas tanah bisa membuatnya kuat. Dalam kehidupan sehari-hari tanah diartikan sebagai suatu area yang dapat digunakan untuk berbagai usaha seperti pertanian, peternakan, konstruksi dan lain-lain. Dalam bidang pertanian tanah diartikan lebih khusus yaitu sebagai media tumbuhnya tanaman darat (Puspawati & Haryono, 2018).

2.1.1 Komponen Tanah

Sebagai bagian dari ekosistem bumi, tanah berinteraksi dengan atmosfer, hidrosfer, litosfer dan biosfer, karena tanah mengandung udara (dari atmosfer), air dari (hidrosfer), mineral (dari litosfer) dan bahan organik dari (biosfer). Keempat bagian ini merupakan komponen utama penyusunan tanah. Untuk setiap jenis tanah atau lapisan tanah komponen utama penyusunannya berbeda-beda. Meskipun tampak bahwa tanah benar-benar padat, proporsi relatif dari keempat komponen tanah tersebut bercampur, namun kenyataannya sekitar separuh tanahnya padat (mineral dan bahan organik) dan separuh ruang pori mengandung air dan udara (Puspawati & Haryono, 2018).

1. Komponen Mineral

Mineral dalam tanah berasal dari pelapukan batuan, sehingga komposisi mineral dalam tanah berbeda-beda sesuai dengan susunan mineral batuan yang dilapuknya. Pelapukan juga mensintesis mineral baru, yang kemudian menjadi tanah. Sifat dan jenis batuan dan mineral yang melapuk menentukan laju dan hasil dari

penghancuran dan sintesis. Mineral tanah dapat dibedakan menjadi mineral primer dan mineral sekunder. Mineral primer adalah mineral yang berasal langsung dari batuan yang lapuk, sedangkan mineral sekunder adalah mineral yang baru terbentuk pada saat pembentukan tanah berlangsung (Puspawati & Haryono, 2018).

2. Komponen Organik

Komponen organik biasanya ada di permukaan tanah dan di pengaruhi oleh bahan organik halus atau humus yang terdiri dari bahan organik halus hasil penguraian bahan organik kasar dan senyawa baru yang dihasilkan dari penguraian bahan organik dari kegiatan mikroorganisme di dalam tanah. Kontribusi bahan organik terhadap tanah sebagai bahan alami adalah sumber nitrogen (N) tanah dan unsur hara lainnya, terutama sulfur (S) dan fosfor (P) yang membentuk struktur tanah, mempengaruhi kondisi air, udara dan suhu tanah serta mempengaruhi tingkat kesuburan tanah (Puspawati & Haryono, 2018). Bahan organik tanah dibentuk oleh organisme yang terdiri dari hewan dan tumbuhan, akar tumbuhan hidup dan mati yang membusuk dan dimodifikasi, serta hasil sintesis baru yang berasal dari tanaman dan hewan. Berdasarkan definisi konvensional bahan organik, bahan tanaman yang kasar (diameter >2 cm) atau vertebrata tidak termasuk di dalamnya. Humus adalah istilah yang sangat populer dibentuk dari berbagai senyawa organik, sedangkan bahan organik adalah istilah yang lebih netral yang membutuhkan C-organik sebagai kriteria pembeda horizon dan jenis tanah. Humus merupakan bahan organik tanah yang bentuknya telah berubah dan bercampur dengan mineral tanah (Puspawati & Haryono, 2018).

3. Komponen Air

Air terdapat di tanah karena tanah terserap masa tanah, tertahan oleh lapisan kedap air atau karena kondisi drainase yang kurang baik. Hal ini sangat berguna untuk tanaman air, diantaranya sebagai unsur hara tanaman yang membutuhkan air dari tanah dan karbon dioksida dari udara untuk membentuk gula dan karbohidrat dalam proses fotosintesis. Air juga dapat digunakan sebagai unsur hara, sehingga unsur hara yang terlarut dalam air akan di serap oleh akar tanaman dari larutan air tersebut (Puspawati & Haryono, 2018). Air mempunyai arti yang sangat penting berdasarkan 2 faktor utama, yakni sebagai berikut.

- a. Karakteristik ekologi: pertumbuhan tanaman dan pengangkutan nutrisi dalam larutan membutuhkan air.
- b. Karakteristik psikologis: air merupakan faktor penting dalam semua proses perkembangan tanah: pelapukan, penggayaan humus, mobilitas-unsur, pelindian, translokasi, perpindahan dan lain-lain (Puspawati & Haryono, 2018).

Neraca air tanah ditentukan berdasarkan curah hujan efektif (curah hujan total-semua bentuk kehilangan), termasuk intersepsi oleh tajuk tanaman, kehilangan melalui kondensasi sangat kecil sehingga diabaikan, kehilangan dalam bentuk aliran (limpasan permukaan tanah dipengaruhi kondisi topografi), infiltrasi, retensi air dan kehilangan transpirasi melalui tanaman yang menguap dari permukaan tanah (Puspawati & Haryono, 2018). Limpasan permukaan terjadi melalui saluran dan sungai. Proses masuknya air ke dalam tanah disebut siltrasi dan pergerakan air

didalam tanah akibat gaya gravitasi disebut infiltrasi. Sebagian air resapan diserap oleh partikel tanah dan berada di pori-pori tanah akibat gaya kapiler. Air yang terikat partikel tanah dan air kapiler disebut kelembaban tanah, sebagian tanaman dapat memanfaatkan kelembaban ini, sebagian lagi terus mengalir dalam bentuk perkolasi air dan menyatu dengan air tanah. Air tanah dapat meningkatkan gaya kapiler untuk mengisi pori-pori tanah yang kehilangan air (Puspawati & Haryono, 2018).

4. Komponen Udara

Udara tanah seperti halnya air tanah mempunyai peranan penting ditinjau dari aspek ekologi (respirasi perakaran tanaman dan mikroorganisme) dan pedogenesis (proses oksidasi dan reduksi). Kandungan air dan udara dalam pori tanah saling tergantung. Jika tanah dipenuhi air maka kadar udaranya 0 kecuali udara yang larut dalam larutan tanah, pada kondisi tanah kering semua pori terisi udara. Kadar udara pada kapasitas lapangan disebut kapasitas udara dan ini sesuai dengan bagian pori tanah yang tidak terisi air (pori $>10\mu\text{m}$). Kapasitas udara bervariasi sesuai dengan volume pori dan kadar air daya tampung, nilai rata-rata pasir sekitar 40%, nilai rata-rata lempung dan debu 20%, dan nilai rata-rata lempung 10% (Puspawati & Haryono, 2018).

2.1.2 Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah mengacu pada masuknya berbagai zat kimia ke dalam lapisan tanah sehingga mengubah struktur dan kondisi lingkungan di dalam tanah (Harjadjowigeno, 2003). Pencemaran tanah adalah keadaan dimana zat kimia buatan

manusia masuk dan mengubah lingkungan tanah alami. Pencemaran ini biasanya terjadi karena kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial. Sumber utama pencemaran tanah ini adalah kebocoran limbah kimia yang biasanya ada di pabrik-pabrik yang menggunakan komponen kimia. Biasanya di pabrik, limbah kimia tersebut di olah di bunker bawah tanah. Jika bunker tersebut sudah bocor maka selanjutnya yang terjadi adalah masuknya berbagai bahan kimia ke dalam tanah dan merusak struktur tanah itu sendiri (Puspawati & Haryono, 2018).

Menurut Peraturan Pemerintah Indonesia Nomor. 150 Tahun 2000 tentang pengendalian kerusakan tanah akibat produksi bio massa: “Tanah merupakan salah satu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi tersusun dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimiawi, biologis dan penunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya”. Namun yang terjadi adalah akibat ulah manusia, tanah banyak mengalami kerusakan. Dalam UU PP No. 150 Tahun 2000 di sebutkan bahwa “Kerusakan tanah akibat produksi biomassa adalah perubahan sifat dasar tanah yang melebihi baku kerusakan tanah”.

Pencemaran terjadi karena adanya zat pencemar, zat pencemar dapat diartikan sebagai zat kimia (cair, padat atau gas) yang berasal dari alam yang keberadaannya dipicu oleh manusia (secara tidak langsung) atau di anggap berdampak buruk bagi manusia maupun lingkungan (Notodarmojo, 2005). Ketika zat berbahaya atau beracun mencemari permukaan tanah, dapat menguap, tersapu air hujan atau masuk ke dalam tanah. Bahan pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian mengendap di dalam tanah dalam bentuk zat kimia beracun. Zat beracun di

tanah dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya (Puspawati & Haryono, 2018).

Pencemaran tanah terjadi karena masuknya polutan melebihi daya dukung tanah. Penyebab pencemaran tanah hampir sama dengan penyebab terjadinya pencemaran air dan pencemaran udara. Diperkirakan diseluruh dunia termasuk Indonesia banyak sekali sampah yang dibuang ke tanah setiap tahunnya. Misalnya limbah dari pembakaran senyawa anorganik seperti belerang dan nitrogen pada akhirnya akan masuk ke dalam tanah dalam bentuk asam sulfat dan asam nitrat. Partikel logam seperti timbal (Pb) yang dihasilkan dari kendaraan bermotor juga pada akhirnya akan jatuh ke tanah (Puspawati & Haryono, 2018).

2.1.4 Jenis Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah dapat disebabkan oleh hal-hal berikut. Pertama, pencemaran secara langsung, misalnya akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, penggunaan pestisida atau insektisida dan pembuangan limbah yang tidak dapat dicerna (seperti plastik). Bisa juga pencemaran air. Air yang mengandung pencemar (polutan) dapat mengubah komposisi kimiawi tanah sehingga mengganggu organisme yang hidup di dalam atau di atas permukaan tanah. Pencemaran juga dapat melalui udara. Udara yang tercemar akan mengurangi air hujan yang mengandung polutan tersebut, akibatnya tanah juga akan tercemar (Puspawati & Haryono, 2018).

Sebagian besar pencemaran tanah disebabkan oleh tumpahan bahan kimia, baik sengaja maupun tidak sengaja, baik dalam skala besar ataupun skala kecil.

Penggunaan pestisida di lahan pertanian, bahan kimia dalam air yang masuk ke dalam tanah dan kecelakaan kendaraan pengangkut minyak. Saat bahan kimia masuk ke dalam tanah, bahan kimia ini dapat larut ke dalam air, terbawa air hujan atau menguap ke udara, menghasilkan efek domino yang berbahaya tidak hanya di tanah tetapi juga di air dan udara (Puspawati & Haryono, 2018). Menurut Notodarmojo (2005), jenis pencemaran tanah antara lain:

1. Pencemar organik

Pencemar organik biasanya merupakan senyawa kimia buatan manusia seperti pestisida atau bahan industri lainnya yang mungkin sulit atau tidak mungkin terurai oleh aktivitas mikroorganisme tanah (Puspawati & Haryono, 2018).

Pencemaran organik merupakan masalah yang dihadapi lingkungan dan manusia ialah pencemar (pestisida) dari industri dan pertanian. Permasalahan yang ditimbulkan oleh pencemar organik tidak hanya bersifat toksik, tetapi beberapa permasalahan terus ada. Jumlah pencemar organik sangat banyak. Bahan organik yang masuk ke dalam tanah secara berlebihan akan menimbulkan pencemaran pada tanah yang menyebabkan tanah tidak berfungsi dengan baik. Penggunaan pestisida yang berlebihan membuat tanah menjadi tahan terhadap polutan tersebut (Puspawati & Haryono, 2018).

Tanpa disadari bahan kimia ini mungkin ada disekitar kita. Sifatnya sulit terurai (persisten) melalui proses kimiawi, fisik dan biologis dan terakumulasi dalam jaringan lemak tubuh manusia, hewan dan tumbuhan selama bertahun-tahun. Bahan-bahan ini memang bukan hasil alam, tetapi diproduksi sebagai produk sampingan dan

kegiatan industri, pertanian dan perkebunan (Puspawati & Haryono, 2018). Zat-zat ini mudah menyebar hingga tanah, air, udara, makanan bahkan tubuh manusia dapat terkontaminasi. Sekitar 12 macam pencemar organik yang persisten yang disadari atau tidak familiar dengan kehidupan sehari-hari yaitu:

- a. Aldrin, pestisida yang dipakai membunuh rayap, belalang, cacing serta hama hama lainnya (Puspawati & Haryono, 2018)..
- b. Chlordane adalah pestisida berspektrum luas yang digunakan untuk mengendalikan rayap dan serangga terutama dibidang pertanian (Puspawati & Haryono, 2018).
- c. DDT merupakan pestisida paling terkenal karena banyak dipakai untuk melindungi manusia dan hewan penyebab penyakit malaria dan penyakit lainnya (Puspawati & Haryono, 2018).
- d. Dieldrin, pestisida yang digunakan untuk mengendalikan rayap dan hama tekstil. Tapi itu juga biasa digunakan untuk mengendalikan serangga penyebab penyakit dan untuk pertanian (Puspawati & Haryono, 2018).
- e. Endrin adalah pestisida untuk serangga yang disemprotkan pada daun tanaman seperti kapas dan padi. Racun ini juga digunakan untuk membunuh tikus dan hewan pengerat lainnya (Puspawati & Haryono, 2018).
- f. Heptachlor adalah pestisida yang digunakan untuk membunuh serangga tanah penyebab malaria, rayap, serangga kapas, belalang, hama tanaman dan nyamuk (Puspawati & Haryono, 2018).

- g. Mirex, sebuah pestisida dapat membunuh serangga terutama semut dan rayap. Itu juga digunakan sebagai bahan alat pemadam api (Puspawati & Haryono, 2018).
- h. Toxphene atau disebut juga “camphechlor” adalah pestisida yang digunakan untuk melindungi kapas, padi, buah-buahan, kacang-kacangan dan tungau (Puspawati & Haryono, 2018).
- i. HCB (Hexachlorbenzene), adalah bahan pembasmi jamur yang mempengaruhi produk hasil pertanian, bahan ini juga merupakan produk samping dari produksi bahan kimia dan proses tertentu yang menghasilkan dioxin dan furan (Puspawati & Haryono, 2018).
- j. PCB (Polychlorinated Biphenyl) dalam industri material digunakan sebagai penyangga termal seperti pada travo, bahan tambahan pada cat, kertas karbon, penutup (sealant) dan plastic dalam transportasi (Puspawati & Haryono, 2018).
- k. Dioxin, adalah bahan kimia yang dihasilkan secara tidak sengaja selama pembakaran yang tidak sempurna, juga diproduksi oleh rokok, mobil, tembakau, kayu dan bahan kimia lainnya dalam pembuatan kertas, plastic, pulp dan industri pemutihan (Puspawati & Haryono, 2018).
- l. Furan, adalah zat kimia yang secara tidak sengaja diproduksi dalam proses yang sama dengan melepaskan fioksin. Bahan ini ada dalam campuran PCB yang diperdagangkan (Puspawati & Haryono, 2018).

2. Pencemar Anorganik

Puspawati & Haryono, (2018) mengatakan polutan anorganik terutama logam berat cenderung bertahan lama didalam tanah, meskipun keadaan kimianya dapat berubah seiring waktu. Dibagi menjadi tiga golongan yaitu:

a. Garam-garam

Garam dalam tanah dapat dipisahkan menjadi kation dan anion. Secara alami larutan tanah dan air tanah mengandung garam, seperti ion Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} adalah ion utama didalam tanah. Dalam kondisi tertentu terutama akibat ulah manusia, konsentrasi garam-garam tersebut didalam tanah bisa jadi terlalu tinggi dan mengganggu ekosistem. Anion seperti sulfur dan klorida berpotensi sebagai polutan, sedangkan kation, natrium dan magnesium juga memiliki potensi yang sama (Puspawati & Haryono, 2018).

b. Senyawa nitrat dan posfat

Nitrogen dan fosfor merupakan unsur penting bagi tumbuhan dan organisme karena merupakan bagian sel dan sering disebut sebagai nutrient bagi tumbuhan. Nitrogen dan fosfor dalam air tanah dapat menjadi sumber polutan yang menyebabkan eutrofikasi. Keberadaan nitrogen di dalam tanah tidak dapat dipisahkan dari seluruh siklus nitrogen. Stevenson (1982) memperkirakan bahwa 90% nitrogen di permukaan tanah adalah organik. Keberadaan nitrogen di dalam tanah biasanya disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti penggunaan pupuk, leachet dari TPA dan pembuangan limbah domestik (misalnya sebagai septic tank). Kemudian membawanya bersama air. Aktivitas mikroorganisme (denitrifikasi) juga mengurangi

nitrogen di dalam tanah. Fosfor yang berlebihan dalam larutan tanah biasanya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk yang berlebihan di dalam tanah dan pembuangan sampah rumah tangga (Puspawati & Haryono, 2018).

c. Logam berat

Konsentrasi alami logam berat di dalam tanah bergantung pada jenis tanah dan reaksi kimia yang terjadi di dalam tanah. Logam berat seperti timbal, kadmium dan merkuri merupakan polutan yang paling banyak masuk ke dalam tanah oleh aktivitas manusia (Puspawati & Haryono, 2018). Ada tiga point berikut ini, terutama logam berat dalam tanah dan air tanah harus menjadi perhatian serius:

- 1) Sifat toksik logam dan potensi karsinogeniknya
- 2) Mobilitas logam di dalam tanah dapat dengan cepat berubah dari tetap atau dalam bentuk logam menjadi terlarut dalam spesies yang mudah diubah
- 3) Logam memiliki sifat konservatif dan cenderung terakumulasi dalam tubuh manusia (Puspawati & Haryono, 2018).

Karena karakteristik diatas maka keberadaan logam khususnya logam berat di dalam tanah dan air tanah berpotensi tinggi sebagai salah satu sumber pencemar yang berbahaya. Logam berat telah menarik banyak perhatian karena (toksikitas) dan sifat konservatif yang dimilikinya. Keberadaan logam di dalam tanah secara alami bersumber dari pelapukan batuan induk yang mengandung unsur tersebut. Aktivitas manusia juga merupakan faktor penting dalam kandungan logam berat di dalam tanah. Tingkat toksikitas unsur logam ini tergantung pada keadaannya (seperti

valensi dan jenis senyawa) serta konsentrasinya (Puspawati & Haryono, 2018). Nilai ambang batas (NAB) logam berat pada sedimen/tanah (Badan Standarisasi Nasional – SNI, 2004

Tabel 2.1 Nilai ambang batas logam berat pada sedimen/tanah

Logam Berat	Satuan	Nilai Ambang Batas
Timbal (Pb)	$\mu\text{g/g}$	0,07
Kadmium (Cd)	$\mu\text{g/g}$	0,01
Tembaga (Cu)	$\mu\text{g/g}$	0,04
Khromium (Cr)	$\mu\text{g/g}$	0,5
Nikel (Ni)	$\mu\text{g/g}$	0,31
Mangan (Mn)	$\mu\text{g/g}$	0,15
Seng (Zn)	$\mu\text{g/g}$	0,06

2.2 Logam Berat

Menurut Connell (2006), logam berat adalah suatu logam dengan berat jenis besar dari 5 gr/cm^3 . unsur yang termasuk logam berat antara lain Tembaga (Cu), Cadmium (Cd), Kromium (Cr), Merkuri (Hg), Arsen (As), Timah (Sn), Nikel (Ni), Timbal (Pb), dan Seng (Zn). Sifat fisik logam berat adalah mengkilap lunak atau mudah dibentuk, serta mempunyai daya hantar listrik dan panas yang tinggi. Logam berat juga mempunyai sifat kimiawi yaitu larut dalam pelarut asam. Berlawanan dengan logam biasa, jika konsentrasi logam berat melebihi konsentrasi 0,05 ppm logam berat dapat menyebabkan keracunan pada

mahluk hidup. MakhluK hidup masih membutuhkan beberapa jenis logam berat, tetapi dalam jumlah yang kecil (Palar, 1994).

Menurut Vouk (1986) 80 dari 109 unsur kimia yang ada di bumi teridentifikasi sebagai logam berat menurut toksisitasnya, logam berat dapat dibedakan menjadi logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial adalah sejumlah logam berat yang dibutuhkan oleh organisme namun, jika logam ini terkandung dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah: tembaga, besi, seng dan lain-lain. Logam berat tidak esensial adalah logam yang masih belum dikenal dalam tubuh manusia dan bahkan bersifat racun, contohnya: Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Logam berat tersebut dapat menyebabkan gangguan metabolisme pada tubuh manusia, tergantung di mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Kemampuan toksiknya akan menghambat kerja enzim, sehingga merusak proses metabolisme tubuh. Selain itu logam berat juga dapat menyebabkan alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Cara logam berat masuk ke dalam tubuh manusia dapat melalui kulit, pernapasan dan pencernaan (Yu & Ahsan, 2004).

2.2.1 Logam Tembaga (Cu)

Tembaga dengan nama kimia cuprum dilambangkan dengan Cu. Unsur logam tersebut berupa kristal kemerahan. Dalam tabel periodik unsur kimia, tembaga memiliki nomor atom 29 dan berat atom 63.546. Tembaga di alam bisa ada dalam

bentuk logam bebas, tetapi lebih banyak dijumpai pada senyawa padat dalam bentuk mineral (Sriati, dkk. 2018).

Logam tembaga merupakan salah satu logam berat dan keberadaannya di lingkungan dapat berasal dari pengolahan air limbah industri kimia dari industri penyamakan kulit, pelapisan logam, tekstil, dan industri cat (Sriati, dkk. 2018).

2.2.2 Sifat-sifat Tembaga (Cu)

Sifat Fisika

1. Tembaga memiliki warna kuning kemerah-merahan.
2. Unsur ini sangat lunak dan mudah dibentuk
3. Bersifat sebagai konduktor panas dan listrik yang bagus untuk aliran elektron.
4. Memiliki titik leleh pada $1.084,62^{\circ}\text{C}$, sedangkan titik didih pada 2.562°C .
5. Tembaga tidak murni akan bersifat keras.

Sifat Kimia

1. Tembaga adalah unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi.
2. Pada udara yang lembab, permukaan tembaga tertutupi oleh suatu lapisan yang berwarna hijau yang menarik dari tembaga karbonat basa, $\text{Cu}(\text{OH})_2\text{CO}_3$.
3. Pada suhu sekitar 300°C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk Cu_2O yang berwarna hitam, sedangkan pada suhu yang lebih

tinggi sekitar 1.000°C akan membentuk tembaga (I) oksida (Cu_2O) yang berwarna merah.

4. Tembaga tidak diserang oleh air atau uap air dan asam-asam non-oksidator encer seperti HCl encer dan H_2SO_4 encer, tapi HCl pekat dan mendidih bereaksi dengan logam tembaga dan membebaskan gas hidrogen.
5. Tembaga tidak bereaksi dengan alkali, tetapi larut dalam amonia oleh adanya udara membentuk larutan yang berwarna biru dari kompleks $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^+$.
6. Tembaga panas dapat bereaksi dengan uap belerang dan halogen. Bereaksi dengan belerang membentuk tembaga (I) sulfida dan tembaga (II) sulfida dan untuk reaksi dengan halogen membentuk tembaga (I) klorida.

Adapun Nilai Ambang Batas (NAB) logam berat Cu dalam sedimen/tanah menurut Badan Standar Nasional – SNI, 2004

Tabel 2.2 Nilai ambang batas Cu

Logam Berat	Satuan	Nilai Ambang Batas
Tembaga (Cu)	$\mu\text{g/g}$	0,04

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari kata *phyto* yang merupakan bahasa Yunani, berarti tanaman/tumbuhan dan kata *remidium* dalam bahasa latin yang berarti menghilangkan (Ghosh & Singh, 2005; Varunn dkk, 2014) sehingga dapat dikatakan bahwa fitoremediasi adalah upaya untuk mejadikan lingkunga lebih

baik. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan dan bagian-bagiannya untuk memurnikan limbah dan penyelesaian pencemaran lingkungan yang dapat dilakukan secara *ex-situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun *in-situ* atau secara langsung di lapangan pada tanah atau area yang tercemar limbah (Subroto, 1996).

Fitoremediasi mempunyai kekurangan dalam hal proses yang lama dan tanaman tertentu tidak dapat di tanam di daerah yang tercemar. Namun keunggulannya adalah fitoremediasi tidak akan mengganggu ekosistem melainkan dapat memberikan nilai yang baik terhadap tanah melalui estetika. Selain itu, keunggulan fitoremediasi ini adalah apabila teknologi yang digunakan adalah fitoremediasi *in-situ* tidak memerlukan banyak energi dan murah (Antonio dkk, 2017).

2.4 Jenis-jenis Tanaman Untuk Pengolahan Logam Berat

1. Tanaman hanjuang (*Cordyline frucosa*) dan Sambang dara (*Excoecaria cochinensis*) memiliki akar yang mampu menyerap logam Pb. Akar tanaman tersebut memiliki bagian ujung dan pangkal akar yang berukuran hampir sama besar dan juga memiliki cabang-cabang halus yang menyebar keseluruh media tanah, sehingga tanaman hanjuang (*Cordyline frucosa*) dan Sambang dara (*Excoecaria cochinensis*) mampu menyerap logam Pb dengan baik (Dede Haryanti, dkk. 2013)
2. Akar wangi (*Vetiver zizanioides*) mampu mengakumulasi logam berat kadmium (Cd). Dalam mengakumulasi logam berat akar wangi menyerap

logam berat dalam bentuk ion-ion yang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Dalam menyerap logam berat (Cd), akar wangi membentuk enzim reduktase di membran akarnya yang berfungsi mereduksi logam. Dari akar kemudian kadmium (Cd^+) diangkat melalui jaringan pengangkut yaitu xilem dan floem, ke bagian lain tumbuhan. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logam diikat oleh molekul khelat (molekul pengikat) kemudian diteruskan ke bagian lain tanaman seperti batang dan daun (Gosh & Singh, 2005).

3. Tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans*) merupakan tanaman yang mudah menyerap logam berat Cu dari media tumbuhnya. Dari hasil analisis diperoleh konsentrasi logam berat Cu tertinggi pada semua usia panen terletak pada akar, kemudian pada batang setelah itu pada daun kangkung. Semakin lama usia panen kangkung, maka semakin tinggi pula konsentrasi logam berat Cu yang akan diserap. (Elvira dkk, 2012).
4. Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dapat menyerap cemaran logam berat tembaga (Cu) melalui akar tanaman dan di translokasikan ke bagian batang dan daun sehingga akan mempengaruhi tinggi tanaman dan jumlah daun. (Nina, 2020)
5. Tanaman bambu moso (*Bambusa vulgaris Schrad*) tanaman ini memiliki keunggulan yaitu sifat toleransi terhadap logam berat Cu yang tinggi, kapasitas penyerapan yang cukup, efek penghilang logam yang baik dan mudah dibudidayakan. Jaringan bambu dapat mengakumulasi logam berat

didistribusikan di dinding sel, vakuola, dan sitoplasma (Fangyuan dkk, 2020).

2.5 Tanaman Bambu

Tanaman bambu merupakan tanaman yang termasuk dalam famili *Gramineae* (rerumputan), dan bambu disebut juga dengan *Giant Grass* (rumput raksasa) (Purwito, 2008). Bambu kuning merupakan tanaman yang banyak ditemukan di daerah tropis Asia. Ada dua varietas *Bambusa vulgaris* Schrad yaitu hijau dan kuning (Widjaja, 2001). Bambu kuning mudah beradaptasi dengan tanah tepi atau tanah yang terendam di sepanjang tepi sungai, pH optimal 5-6,5, dan ketinggian mencapai 1200 mdpl (meter di atas permukaan laut). Rumpun bambu kuning memiliki rumpun yang simpodial tidak rapat, tidak terarur dan tumbuh tegak (Soedjono & Hartanto, 1991). Menurut Morisco (2005) klasifikasi bambu kuning adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae (tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionata (berpembuluh)
Divisi	: Magnoliophyta (berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu/monokotil)
Sub-kelas	: Commelinidae
Ordo	: Poales
Familia	: Poaceae (suku rumput-rumputan)
Genus	: Bambusa
Spesies	: <i>Bambusa vulgaris Schrad</i>



Gambar 2.5 Bambu kuning

Sumber: dokumen pribadi

Menurut Widjaja (2001), secara morfologi bagian tanaman bambu kuning dapat dideskripsikan sebagai berikut:

a. Akar.

Akar rimpang berada di bawah tanah dan membentuk sistem percabangan yang dapat digunakan untuk membedakan kelompok bambu. Akar rimpang lebih sempit dari ujung dan setiap ruas memiliki tunas dan akar. Tunas pada akar rimpang akan berkembang menjadi rebung yang kemudian memanjang dan akhirnya menghasilkan buluh (Widjaja,2001).

b. Rebung

Rebung kuning ditutupi dengan bulu coklat hingga hitam dan ujungnya berwarna kekuningan sampai hijau. Tumbuh dari kuncup akar rimpang di dalam tanah atau dari pangkal buluh yang keluar. Rebung bisa dikonsumsi sebagai sayuran. Biasanya rebung ini segera dipangkas atau diambil segera setelah tumbuh, karena tumbuh sangat cepat sehingga cepat pula rebung muda. Rebung bisa dipanen dalam waktu seminggu setelah keluar dari tanah. Dalam waktu dua minggu buluh yang muda bisa mencapai ketinggian 4 m (Widjaja, 2001)

c. Buluh

Buluh berkembang dari rebung, tumbuh sangat cepat dan mencapai tinggi maksimum dalam beberapa minggu. Tinggi buluh bisa mencapai 15 m dan 20 m serta diameternya bisa mencapai 10 m. Buluh tegak atau sedikit miring. Buluhnya berwarna kuning, bercak hijau dan coklat, hijau mengkilat atau kuning bergaris hijau. Permukaan batang licin dan seperti dilapisi lilin ketika muda (Widjaja, 2001).

d. Pelepah buluh

Pelepah buluh merupakan daun yang dimodifikasi, menempel pada setiap daun, terdiri atas pelepah dan ligula. Bagian elepah buluh ditutupi oleh bulu hitam yang lambat laun menjadi gugur demikian juga pelepah buluhnya mudah gugur, kuping pelepah buluh membulat dengan ujung melengkung keluar, tinggi mencapai

2cm, dengan panjang buluh kejur mencapai 3-8 cm, liguna bergerigi, tinggi 3-4 mm tepi mencapai 3 m, daun pelepah buluh berbentuk segitiga tegak dan alasnya melebar (Widjaja, 2001).

e. Percabangan

Biasanya buku-buku memiliki banyak cabang. Percabangan dapat digunakan sebagai ciri penting untuk membedakan marga bambu. Cabang 1,5 m dibawah tanah, setiap bagian terdiri dari 2-5 cabang yang salah satunya berukuran lebih besar dari lainnya sebagai cabang utama. Posisi cabang berselang-seling (Widjaja, 2001).

f. Helaian daun

Panjang daun berukuran 9-30 x 1-4 cm, gundul, daun buluh kecil, tinggi 1 mm dengan bulu pendek 1 -2 mm, ligula rata, tinggi 1-12 mm (Widjaja, 2001). Bambu merupakan tumbuhan dengan manfaat yang sangat penting bagi kehidupan. Seluruh bagian tanaman mulai dari akar, batang, daun, kelopak, bahkan rebungnya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Menurut Departemen Kehutanan (2004), manfaat bambu pada setiap bagian tanamannya antara lain:

a. Akar

Akar tanaman bambu dapat berperan sebagai penahan erosi dan mencegah bahaya banjir, oleh karena itu tidak heran jika beberapa jenis bambu yang tumbuh di tepian sungai atau jurang justru berperan penting dalam menjaga kelestarian tempat tersebut. Bambu juga dapat berperan mengolah limbah beracun akibat keracunan merkuri. Bagian

bambu ini menyaring air yang terkena limbah melalui serabut akar. Selain itu, akar bambu menampung mata air sehingga dapat digunakan sebagai sumber air untuk sumur (Departemen Kehutanan, 2004).

b. Batang

Batang bambu memang merupakan komponen yang paling banyak digunakan sebagai bahan pembuat barang untuk keperluan sehari-hari dan batang bambu dapat digunakan tanpa memandang usia bambu tersebut (Departemen Kehutanan, 2004).

c. Daun

Daun bambu dapat digunakan sebagai alat pengemas, seperti makanan kecil contohnya uli dan wajik (Departemen Kehutanan, 2004).

d. Rebung

Rebung adalah tunas bambu atau disebut juga trubus bambu merupakan pucuk bambu muda yang keluar dari tanah dari rimpang maupun buku-bukunya, rebung dapat dimanfaatkan sebagai pangan yang tergolong kedalam jenis sayuran. Namun tidak semua jenis rebung dapat dijadikan bahan pangan, karena ada yang memiliki rasa yang pahit (Departemen Kehutanan, 2004).

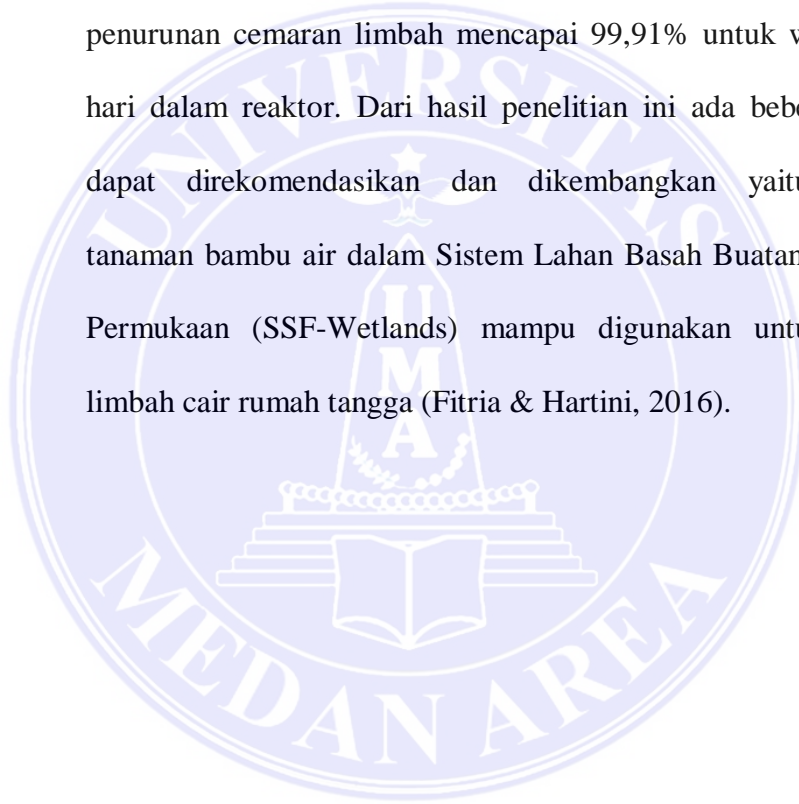
e. Tanaman hias

Tanaman bambu juga banyak dimanfaatkan sebagai tanaman hias, mulai dari jenis bambu batang kecil, lurus dan pendek hingga banyak ditanam sebagai tanaman pagar diperkarangan. Selain itu terdapat jenis

bambu hias lainnya yang digunakan dalam ukuran besar, ukuran terbatas dan juga di dalam pot (Departemen Kehutanan, 2004).

f. Sebagai media fitoremediasi

Bambu air (*Equisetum hyemale*) memiliki kinerja yang cukup baik dalam pengolahan air limbah rumah tangga dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands), persentasi penurunan cemaran limbah mencapai 99,91% untuk waktu tinggal 6 hari dalam reaktor. Dari hasil penelitian ini ada beberapa hal yang dapat direkomendasikan dan dikembangkan yaitu penggunaan tanaman bambu air dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands) mampu digunakan untuk pengolahan limbah cair rumah tangga (Fitria & Hartini, 2016).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Oktober 2021 di halaman rumah peneliti di Jl. Setiabudi gang pepaya, Medan dan uji kandungan logam dengan UV-Vis Spektrofotometer di Laboratorium Penelitian Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara dan uji Scanning Electron Microscopy (SEM) di UPT Laboratorium Penelitian Terpadu Universitas Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pot bunga, meteran, timbangan, beaker glass, labu takar, pipet tetes, gelas ukur, spatula, timbangan analitik, mortar dan pestle, ayakan, erlenmeyer, hot plate, magnetic stirrer, kertas saring whatman, kertas label, kuvet, tisu lensa, spektrofotometer UV Vis dan Scanning Electron Mikroskopi (SEM).

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan ialah bambu kuning, tanah, pasir, air bersih, larutan logam tembaga Cu, aquadest, HNO₃.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Eksperimental Quantitative Descriptive* (percobaan di lakukan di halaman rumah peneliti dan uji laboratorium dan penjelasan data secara kuantitatif).

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penyediaan Media Fitoremediasi dengan kadar air yang berbeda

Sebanyak 6 (enam) pot dengan tinggi 251 cm, lebar 35 cm, dan berdiameter 17,5 cm telah disiapkan sebagai media fitoremediasi. Keenam pot telah diisi dengan tanah sebanyak 5 kg yang sebelumnya telah dikeringkan untuk menghilangkan kandungan air. 10 ppm sebanyak 40 ml larutan logam berat Cu kemudian dicampur kedalam tanah pada kelima media pot dan satu buah pot sebagai kontrol. Masing-masing pot kemudian ditanami dengan tanaman bambu sebanyak 3 (tiga) batang dan diberikan kadar air yang berbeda untuk setiap potnya. Sampel kontrol (A0) diberikan 100 ml air, sampel 1 (A1) diberikan 50 ml, sampel 2 (A2) diberikan 75 ml, sampel 3 (A3) diberikan 100 ml, sampel 4 (A4) diberikan 125 ml dan sampel 5 (A5) diberikan 150 ml air perharinya

3.4.2 Media fitoremediasi dengan komposisi tanah dan pasir

Sebanyak 6 (enam) pot dengan tinggi 251 cm, lebar 35 cm, dan berdiameter 17,5 cm yang mengandung media tanah dan pasir sebanyak 5 kg dengan komposisi berbeda yang sebelumnya telah dikeringkan untuk menghilangkan kandungan air

telah disiapkan sebagai media fitoremediasi. Kelima media pot kemudian dicampur dengan larutan logam berat Cu 10 ppm sebanyak 40 ml dan satu buah pot sebagai kontrol. Masing-masing pot kemudian ditanami dengan tanaman bambu sebanyak 3 (tiga) batang dan diberikan kadar air yang sama setiap harinya sebanyak 100 ml. Sampel kontrol (P0) mengandung 50% pasir, sampel 1 (P1) mengandung 10 % pasir, sampel 2 (P2) mengandung 20 %, sampel 3 (P3) mengandung 30 % pasir, sampel 4 (P4) mengandung 40 % pasir dan sampel 5 (P5) mengandung 50 % pasir.

3.4.3 Preparasi Sampel Tanah

Persiapan sampel

Sampel tanah diambil setiap seminggu sekali. Sampel tanah yang telah diambil dikeringkan di bawah sinar matahari lalu ditumbuk dan dihaluskan menggunakan mortar dan pestle. Kemudian sampel tanah diayak menggunakan ayakan. Tanah yang sudah diayak dimasukkan kedalam beaker glass.

Pembuatan larutan sampel

Sebanyak 2 g sampel tanah kering <10 mesh dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml ditambahkan 20 ml HNO₃ kemudian dipanaskan diatas hot plate sambil diaduk dengan stirer pada suhu 180°C selama 20 menit. Diangkat dan didinginkan kemudian ditambahkan dengan aquadest 50 ml kemudian disaring menggunakan kertas saringan whatman no.42. Filtrat yang dihasilkan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml, kemudian ditambahkan dengan aquadest hingga garis tanda batas. Dianalisis menggunakan spektrofotometer UV Vis.

3.4.5 Analisis Logam Cu menggunakan Alat Spektrofotometer UV Vis

Spektrofotometer yang digunakan dalam penelitian ini bermerek SHIMADZU CORP dengan serial A11454804566. Sebelum digunakan alat spektrofotometer UV Vis di nyalakan terlebih dahulu selama 30 menit sampai semua tampilan pada layar menunjukkan OK. Sampel yang akan diuji dimasukkan ke dalam kuvet menggunakan pipet tetes lalu dimasukkan ke dalam alat UV-Vis setelah itu dilakukan pembacaan absorbansi.

1. **Preparasi Sampel**

Preparasi sampel cemaran logam dalam sampel tanah yang ditanami bambu kuning ditentukan dengan metode kurva kalibrasi menggunakan spektrofotometer serapan atom. Sampel dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom harus berbentuk cair, maka sampel tanah dipreparasi hingga bentuk larutan. Preparasi dilakukan dengan metode destruksi basah. Metode destruksi basah dilakukan penentuan logam Cu, sampel ditambahkan 20 ml HNO_3 kemudian dipanaskan pada suhu 180°C selama 20 menit. Diangkat dan didinginkan lalu ditambahkan dengan aquadest 50 ml, lalu disaring dan ditambahkan aquadest hingga tanda batas.

2. **Pembuatan Kurva Kalibrasi**

Kurva kalibrasi adalah metode yang digunakan menentukan kadar suatu zat dalam sampel menggunakan deret seri larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Konsentrasi larutan standar yang membentuk deret seri dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom dengan panjang gelombang yang sama

dengan pengukuran sampel. Hasil serapan dari deret seri standar yang membentuk garis lurus (linear) yang menyatakan hubungan antara konsentrasi zat dalam larutan standar dengan respon serapan dari instrumenn. Hubungan linear antara konsentrasi larutan standar dengan absorbansi akan membentuk persamaan sebagai berikut:

$$Y = ax + b$$

$$Y = \text{Absorbansi}$$

$$x = \text{konsentrasi analit}$$

$$a = \text{kemiringan (slope)}$$

$$b = \text{intersep (intercept)}$$

Intersep adalah nilai respon instrumen terhadap blanko dengan nilai idealnya adalah nol. Kemiringan atau slope adalah nilai sensitifitas dari metode pengujian, semakin besar nilai kemiringan maka semakin besar nilai kesensitifan metode tersebut. Kolerasi antara konsentrasi analit (x) dengan respon instrument (absorbansi) diungkapkan sebagai koefisien korelasi (R). Menurut SNI 6989.4-2009 korelasi minimum pengujian logam Cu ialah 324,00 nm.

3. Pembuatan Kurva Kalibrasi Standar Cu

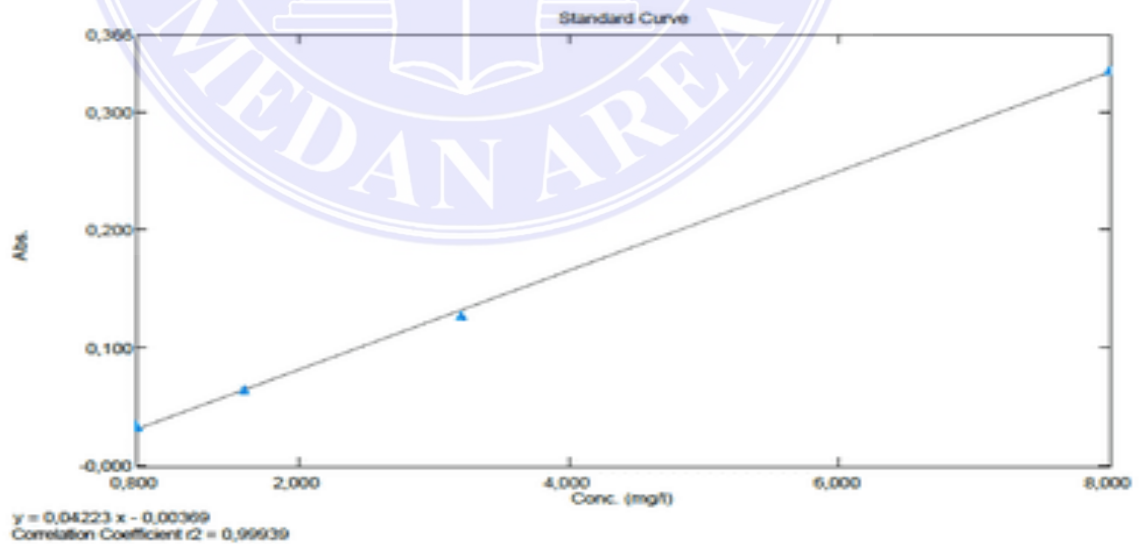
Pembuatan kurva kalibrasi pada penelitian ini menggunakan larutan standar Cu konsentrasi 0,8 : 1,6 : 3,2 : dan 8,00 mg/L. Deret standar dibuat dengan mengencerkan larutan induk Cu 1000 mg/L menjadi 100 mL. Deret standar dianalisis menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 324,00 nm

sesuai dengan optimasi yang telah dilakukan. Data hasil serapan deret standar disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 3.4 Data Absorbansi Larutan Standar Tembaga (Cu)

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
2	0,033
4	0,064
6	0,127
8	0,336

Kurva kalibrasi standar Tembaga (Cu) merupakan hubungan linier antara konsentrasi standar Tembaga (Cu) dengan absorbansi yang diperoleh dari respon instrumen yang disajikan pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat didefinisikan bahwa semakin besar konsentrasi maka absorbansi yang diperoleh akan semakin besar atau konsentrasi berbanding lurus dengan absorbansi. Linearitas kurva kalibrasi yang didapat oleh standar Cu adalah $y = 0,04223x - 0,00369$ dengan regresi sebesar 0,99939. Menurut EPA nilai regresi linier yang baik lebih tinggi atau sama dengan 0,995. Nilai regresi pada kurva standar logam Cu dapat dikatakan baik karena lebih besar dari standar yang diterapkan EPA yaitu 0,99939.

3.4.6 Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Sampel yang akan diujikan menggunakan SEM adalah akar bambu. Akar bambu yang akan diujikan menggunakan SEM adalah sampel yang penyerapan logamnya lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang lain dan sampel kontrol sebagai pembeda. Ujung akar masing-masing sampel diambil lalu dibersihkan dan diujikan SEM untuk dilihat penampakan anatomi penampang akar bambu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J. (1995). *Heavy Metals in Soils*, ed 2. London: Book Blackie academic and professional-champman and hall.
- Antonio, C. Gea, O. C, Eun, H.J. Pietro,Z. Alfina, G. Chiara, dan C. Margherita. (2017). *Journal Phytoremediation of Contaminated Soils by Heavy Metals and PAHs. A Brief Review. Env. Technology & Innovation* 8, 309-326.
- Bian, F. Zhong, Z. Zhang, X. Yang, C. and Xu Gai. 2020. Bamboo – An untapped plant resource for the phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere.*
- Chen Yu and Ahsan Habibul, (2004). *Cancer Burden from Arsenic in Drinking Water in Bangladesh. American Journal of Public Health*, vol. 94, no. 5, May 2004.
- Darmono. (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, 111, 131-134, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Departemen Kehutanan. (2004). *Balai Rehabilitas Lahan Dan Konservasi Tanah Wampu Sei Ular. Sumatera Utara*.
- Elvira, T. H, Ishak, I. Suleman, N. (2012). *Fitoremediasi Pada Media Tanah Yang Mengandung Cu Dengan Tanaman Kangkung Darat. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan IPA. Universitas Negeri Gorontalo. Vol.6 No.6 hal.611-618.*
- Ghosh, M. and S.P. Singh. (2005). *A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. Appl. Ecology and Env. Res.* 3(1):1-18.
- Grunwald, H. E, Goldbacher, E. M, LaaGrotte, C. A, Klotz, A. A, Oliver, T. L, Musliner, K. L, VanderVeur, S.S, Foster, G. D. (2001). *Factor structure of emotional eating scale in overweight and obese adult seeking treatment Appetite* 59.
- Hanafiah, K. A. (2005). *Dasar – Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo*
- Hardjowigeno, S. (2003.) *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Jakarta: Akademika Pressindo.* 250 hal.
- Harnowo, D. (1993). *Petunjuk Praktis Menanam Tembakau. Jurnal Usaha Nasional* 21 (1) 23-38
- Haryanti, D. Dedik, B. dan Salni. (2013). *Potensi Beberapa Jenis Tanaman Hias Sebagai Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah. Jurnal Penelitian Sains. Volume 16. No. 2(D) April 2013.*

- Henry, D. Foth. (1994). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*, Jakarta: Erlangga.
- Irawanto, R. (2010). Fitoremediasi Lingkungan Dalam Taman Bali. Pasuruan. UPT. Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI. Vol II No. 4 hal 29-35.
- Jamil, Q. A. (2015). Perbedaan Penyerapan Logam Pb Pada Limbah Cair Antara Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* forsk), Genjer (*Limnocharis flava*), Dan Semanggi (*Marsilea drummondii* L). Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Lestari, N. D. dan Pratama, N. R. (2020). Potensi Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*) Untuk Fitoremediasi Tanah Tercemar Tembaga: *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. Vol 7 No. 2: 291-297.
- Moenir, Misbachul. (2010). Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri*, 1(2): 115-123.
- Morisco. (2005). *Bahan Kuliah Teknologi Bambu*. Yogyakarta: Program Magister Teknologi Bahan Bangunan, Universitas Gadjah Mada. 100 hal.
- Mubiyanto, B. M, (1997). Tanggapan Tanaman Kopi Terhadap Cekaman Air. *Jurnal Puslit Kopi dan Kakao* 13(2):83-85.
- Notodarmojo, S. (2005). *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Bandung: Penerbit ITB.
- Nugroho, B. (2001). *Ekologi Mikroba Pada Tanah Terkontaminasi Logam Berat*. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, hal 10-11; 74-75, Rineka Cipta Jakarta.
- Purwito. (2008). Standarisasi Bambu Sebagai Bahan Bagunan Alternatif Pengganti Kayu. *Jurnal Prosiding PPI Standarisasi 2008*, 25 November 2008
- Puspawati, Catur dan Haryono, P. (2018). *Penyehatan Tanah*. Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan. Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan Edisi Tahun 2018.
- Respati, S. M. B. 2008. *Macam Macam Mikroskop Dan Cara Penggunaan*. *Jurnal Momentum*, Vol. 4. No. 2. Oktober 2008.
- Saeni, M. S. (2002). *Bahan Kuliah Kimia Logam Berat*. Program Pascasarjana IPB. Bogor.

- Situmorang, Manihar. (2017). Kimia Lingkungan, PT Rajagrafindo Persada, Depok.
- Skoog, D. A. Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. dan Crouch (2000). Fundamentals Of Analytical Chemistry. Hardcover: 992 pages. Publisher: Brooks Cole.
- Soedjono dan Hartanto. (1991). Budidaya Bambu. DAHARA PRIZE
- Soesono, S. (1991). Bertanam Secara Hidroponik, Gramedia. Jakarta.
- Sriati. (2018), Kemampuan Penyerapan Logam Berat Tembaga (CU) Pada Akar *Avicennia Marina* Di Perairan Karangsong, Kabupaten Indramayu. Jurnal Perikanan dan Kelautan Vol. IX No. 2/ Desember 2018 (41-48)
- Srivastava, S. Dan Goyal, P. (2010). Novel Biomaterials “Decontamination of Toxic Metals from Wastewater”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. 8:9
- Subroto, M. A. (1996). Fitoremediasi, Dalam: Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi Dalam Pengelolaan Lingkungan, Cibinong, 24-25 Juni 1996.
- Sugiharto. (1994). Dasar -Dasar Pengolahan Air Limbah. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Suhendrayatna. (2001). Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, 1-14 Februari 2001.
- Susanto, R. (2005). Dasar-dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan. Kanisius. Yogyakarta.
- Susilo, Y. E. B. (2003). Menuju Keselarasan Lingkungan: Memahami Sikap Teologis Manusia Terhadap Pencemaran Lingkungan. Averroes Press. Malang.
- Varun, M. Pratas, J. Paulo. (2014). Phytoremediation of Soil Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora. Environmental Risk Assessment of Soil Contamination. Chapter: 17.
- Vouk, V. (1986). General Chemistry of Metals. In: Freiberg. L, Nordberg. G . f, and Vouk. V. B(Eds). Handbook on The Toxicology of Metals, Elsevier, New York.
- Widjaja, E. A. (2001). Identifikasi Jenis-jenis Bambu di Kepulauan Sunda Kecil. Buku. Puslitbang Biologi-LIPI, Bogor, 2001: 57 hlm.
- Wild, A. (1995). Soil and The Environment: An Introduction. Cambridge University Press. Great Britain.

Wulandari, F. dan Hartini, E. (2016). Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga Menggunakan Taanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*). Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* Vol. 15 No. 2, 2016.



LAMPIRAN 1. Hasil uji UV – Vis larutan standar Cu dan sampel A0M1 - A2M2

File Name: C:\Program Files (x86)\Shimadzu\UVProbe\Data\UV-VIS_NIA.pho



[Wavelengths]
 Wavelength Name: WL324.0
 Wavelength: 324,00 nm

[Calibration Curve]
 Column for Cal. Curve: WL324.0
 Cal. Curve Type: Multi Point
 Cal. Curve Unit: mg/l
 Selected Wavelength: WL324.0
 Calibration Equation: Abs = K1*(Conc) + K0
 Zero Interception: Not Selected

[Measurement Parameters(Standard)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

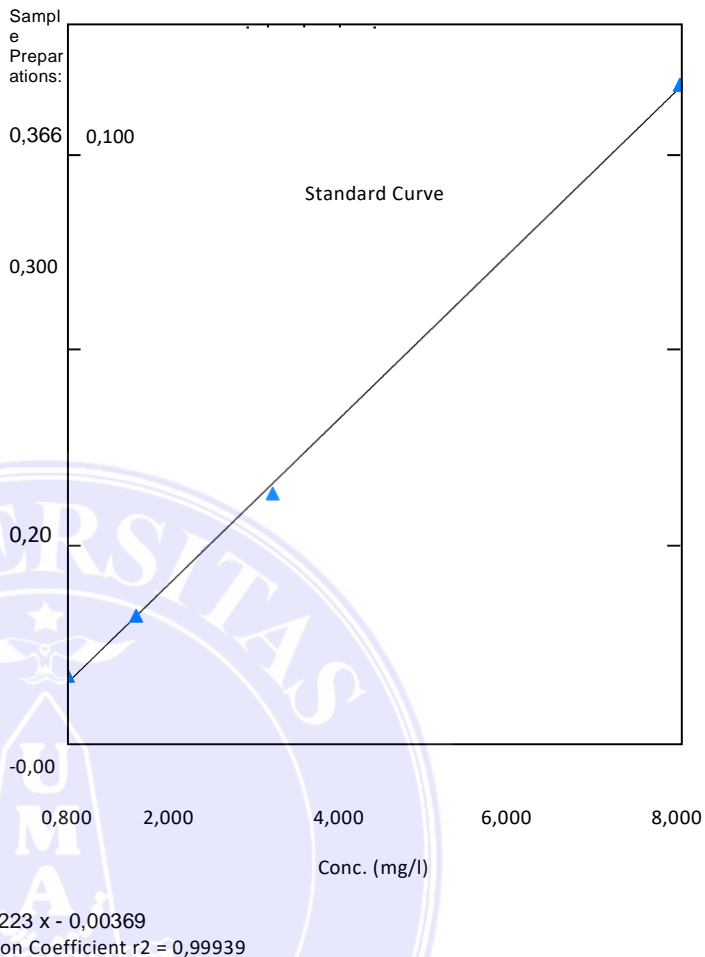
[Measurement Parameters(Sample)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Equations]

[Pass Fail]

[Method Summary]

Title:
 Date/Time: 24/09/2002 11:01:43
 Comments:



Standard Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL324.0	Wgt.Factor	Comments
1	STD 1	Standard		0,800	0,033	1,000	
2	STD 2	Standard		1,600	0,064	1,000	
3	STD 3	Standard		3,200	0,127	1,000	
4	STD 4	Standard		8,000	0,336	1,000	
5							

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL324.0	Comments
1	A0M1	Unknown		0,000	0,000	
2	A1M1	Unknown		7,618	0,318	
3	A2M1	Unknown		7,752	0,324	
4	A3M1	Unknown		7,038	0,294	
5	A4M1	Unknown		6,791	0,283	
6	A5M1	Unknown		6,774	0,282	
7	A0M2	Unknown		0,000	0,000	
8	A1M2	Unknown		5,994	0,249	
9	A2M2	Unknown		5,702	0,237	

Lampiran 2. Hasil uji UV – Vis sampel A3M2 – A5M3

File Name: C:\Program Files (x86)\Shimadzu\UVProbe\Data\UV-VIS_NIA.pho

[Wavelengths]
 Wavelength Name: WL324.0
 Wavelength: 324,00 nm

[Calibration Curve]
 Column for Cal. Curve: WL324.0
 Cal. Curve Type: Multi Point
 Cal. Curve Unit: mg/l
 Selected Wavelength: WL324.0
 Calibration Equation: Abs = K1*(Conc) + K0
 Zero Interception: Not Selected

[Measurement Parameters(Standard)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Measurement Parameters(Sample)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Equations]

[Pass Fail]

[Method Summary]
 Title:

Abs.

Date /Time:
 24/09/2002 11:01:43
 Comments:
 Sample Preparations:

0,20

0,366

0,100

0,300

Standard Curve

-0,00

0,800

2,000

4,000

6,000

8,000

Conc. (mg/l)

$$y = 0,04223 x - 0,00369$$

Correlation Coefficient r2 = 0,99939

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL324.0	Comments
10	A3M2	Unknown		5,698	0,237	
11	A4M2	Unknown		5,109	0,212	
12	A5M2	Unknown		4,895	0,203	
13	A0M3	Unknown		0,000	0,000	
14	A1M3	Unknown		4,202	0,174	
15	A2M3	Unknown		4,001	0,165	
16	A3M3	Unknown		3,991	0,161	
17	A4M3	Unknown		3,331	0,137	
18	A5M3	Unknown		3,256	0,134	

Lampiran 3. Hasil uji UV – Vis sampel P0M1 – P2M2

File Name: C:\Program Files (x86)\Shimadzu\UVPProbe\Data\UV-VIS_NIA.pho

[Wavelengths]
 Wavelength Name: WL324.0
 Wavelength: 324,00 nm

[Calibration Curve]
 Column for Cal. Curve: WL324.0
 Cal. Curve Type: Multi Point
 Cal. Curve Unit: mg/l
 Selected Wavelength: WL324.0
 Calibration Equation: Abs = K1*(Conc) + K0
 Zero Interception: Not Selected

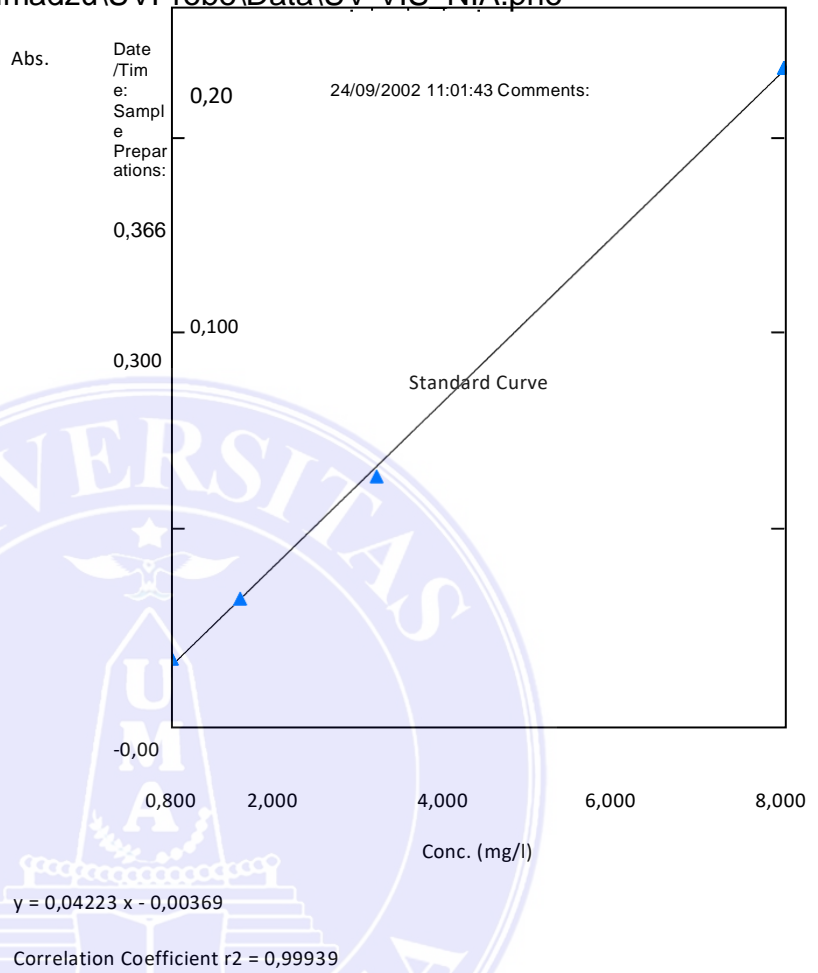
[Measurement Parameters(Standard)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Measurement Parameters(Sample)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Equations]

[Pass Fail]

[Method Summary]
 Title:



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL324.0	Comments
19	P0M1	Unknown		0,000	0,000	
20	P1M1	Unknown		7,319	0,305	
21	P2M1	Unknown		6,232	0,259	
22	P3M1	Unknown		6,103	0,254	
23	P4M1	Unknown		5,901	0,246	
24	P5M1	Unknown		5,574	0,232	
25	P0M2	Unknown		0,000	0,000	
26	P1M2	Unknown		4,551	0,188	
27	P2M2	Unknown		4,321	0,175	

Lampiran 4. Hasil uji UV – Vis sampel P3M2 – P5M3

[Wavelengths]
 Wavelength Name: WL324.0
 Wavelength: 324,00 nm

[Calibration Curve]
 Column for Cal. Curve: WL324.0
 Cal. Curve Type: Multi Point
 Cal. Curve Unit: mg/l
 Selected Wavelength: WL324.0
 Calibration Equation: Abs = K1*(Conc) + K0
 Zero Interception: Not Selected

[Measurement Parameters(Standard)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Measurement Parameters(Sample)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Equations]

[Pass Fail]

[Method Summary]
 Title:

Abs.

Date /Time:
 24/09/2002 11:01:43
 Sample Preparations:

0,366

0,100

0,300

-0,00

0,800

2,000

4,000

6,000

8,000

Standard Curve

$y = 0,04223 x - 0,00369$

Correlation Coefficient $r^2 = 0,99939$

Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL324.0	Comments
28	P3M2	Unknown		4,033	0,167	
29	P4M2	Unknown		4,001	0,165	
30	P5M2	Unknown		3,901	0,161	
31	P0M3	Unknown		0,000	0,000	
32	P1M3	Unknown		3,785	0,156	
33	P2M3	Unknown		3,513	0,145	
34	P3M3	Unknown		3,312	0,136	
35	P4M3	Unknown		3,291	0,135	
36	P5M3	Unknown		3,011	0,125	

Lampiran 5. Hasil uji SEM sampel kontrol (A0) dan (A5)



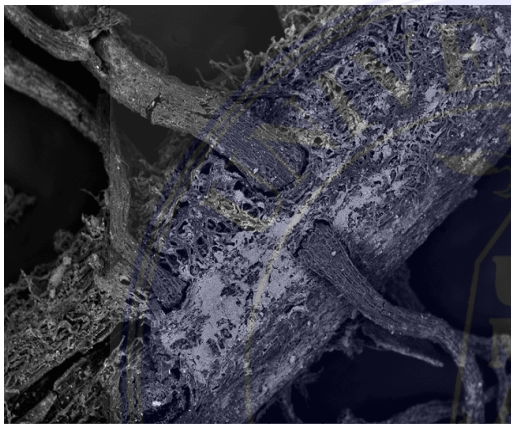
**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

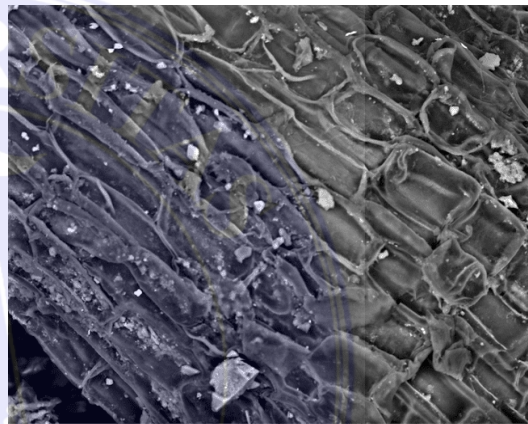
UPT. LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU

Jalan Tridharma No.8 Kampus USU Medan 20155

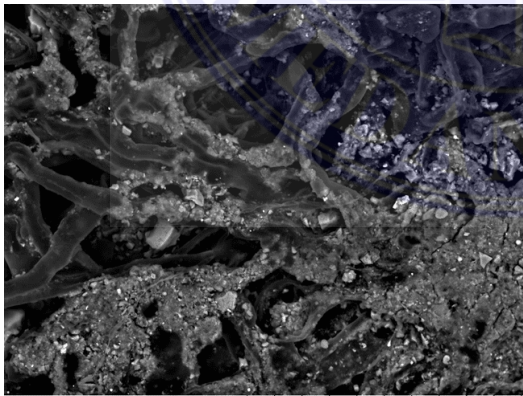
Laman : www.lpterpadu.usu.ac.id email: lpterpadu@usu.ac.id



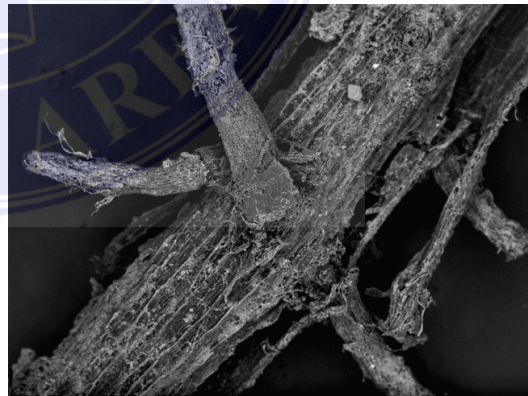
USU Sampel A0 HL D6,5 x100 1 mm



USU Sampel A0 HL D6,5 x1,0k 100 um



USU Sampel A0 HL D6,5 x1,0k 100 um



USU Sampel A5 HL D6,6 x100 1 mm

Lampiran 6. Hasil uji SEM sampel kontrol (A5) dan (P0)



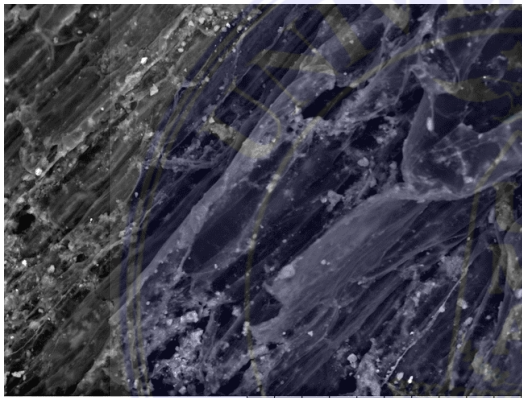
**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

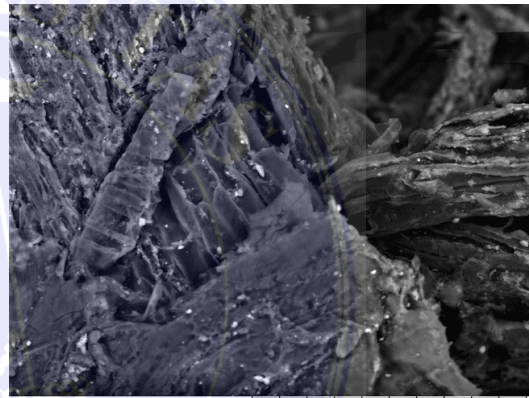
UPT. LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU

Jalan Tridharma No.8 Kampus USU Medan 20155

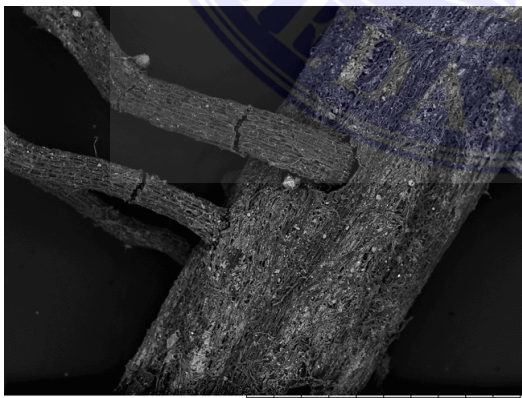
Laman : www.lpterpadu.usu.ac.id email: lpterpadu@usu.ac.id



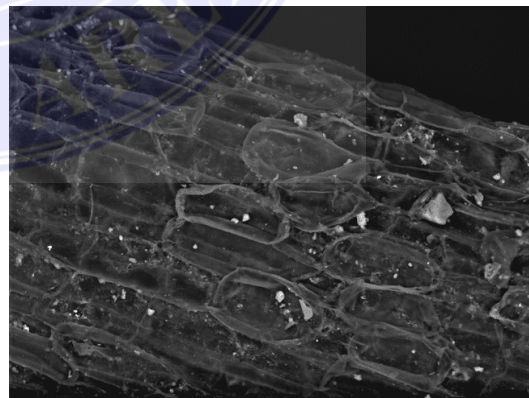
Sampel A5 HL D7,0 x1,0k 100 um



Sampel A5 HL D6,7 x1,0k 100 um



Sampel P0 HL D6,8 x100 1 mm



Sampel P0 HL D6,8 x1,0k 100 um

Lampiran 7. Hasil uji SEM sampel kontrol (P0) dan (P5)



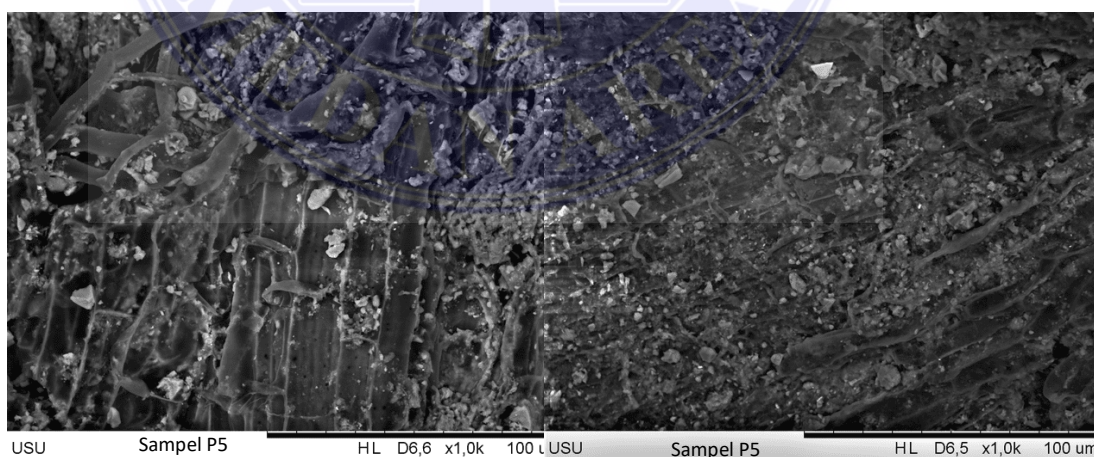
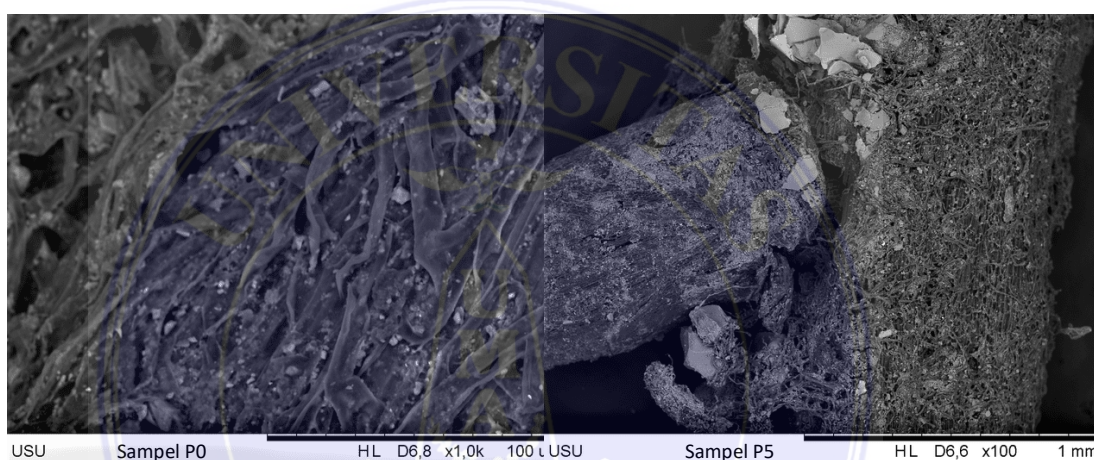
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA

UPT. LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU

Jalan Tridharma No.8 Kampus USU Medan 20155

Laman : www.lpterpadu.usu.ac.id email: lpterpadu@usu.ac.id



Lampiran 8 : Dokumentasi pembuatan larutan cemaran Cu



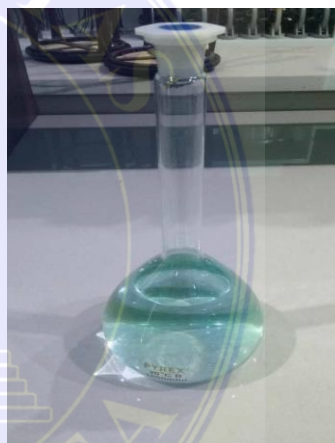
a



b



c



d



e

Keterangan:

- a: jenis cemaran buatan CuSO_4 (Copper (II) Sulfate)
- b. penimbangan Cu untuk proses pembuatan larutan induk CuSO_4
- c. penambahan aquadest sebanyak 1000 ml
- d. proses homogen cairan Cu
- e. proses pengenceran larutan induk Cu menjadi 10 ppm

Lampiran 9. Perhitungan pembuatan larutan induk CuSO₄

Membuat larutan induk CuSO₄ 1000 ppm

$$\text{Massa CuSO}_4 = \frac{\text{ppm} \times V \times \text{Mr}(\text{CuSO}_4)}{\text{Ar CuSO}_4} \times \frac{V \times \text{Mr}(\text{CuSO}_4)}{\text{Ar CuSO}_4}$$

$$= \frac{1000 \times 1 \times 159,5}{63,5} \times \frac{1 \times 159,5}{63,5}$$

$$= 2,512 \text{ gram } \mathbf{12 \text{ gram}}$$

Membuat larutan CuSO₄ 10 ppm sebanyak 1 liter

$$1000 \text{ ppm} \times V = 10 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V = 10 \text{ ml}$$

Perhitungan kadar cemaran Cu buatan dalam Tanah

$$0,04 \times 1.000.000 \times = 40 \text{ ml/kg}$$

Lampiran 10. Dokumentasi proses Penanaman Bambu

Foto persiapan penanaman bambu



a



b



c



d



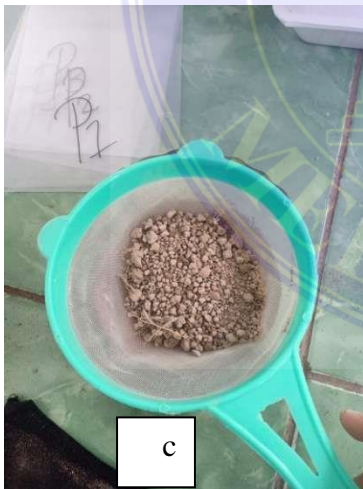
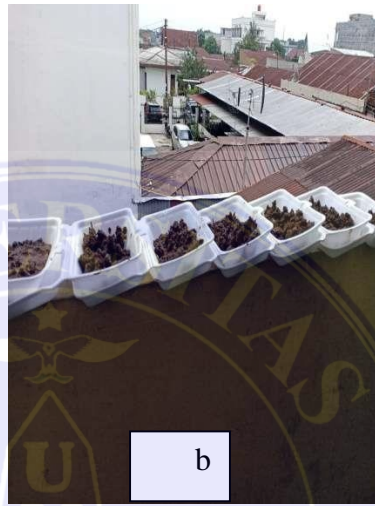
e

Keterangan gambar :

- a: proses penimbangan tanah
- b. proses penimbangan tanah dan pasir
- c. proses penjemuran sampel tanah dan sampel tanah + pasir
- d. proses penambahan bahan cemaran Cu buatan sebanyak 40 ml
- e. proses penanaman bambu dalam pot

Lampiran 11. Dokumentasi preparasi Sampel

Preparasi sampel tanah





Keterangan:

- a. Proses pengambilan sampel tanah
- b. Proses pengeringan sampel tanah
- c. Proses menghaluskan sampel tanah
- d. Menimbang sampel sebanyak 2 g
- e. Sampel tanah dimasukkan kedalam erlenmeyer
- f. Penambahan HNO₃ dengan volume 20 ml
- g. Proses pemanasan sampel dilakukan pada suhu 180° C selama 20 menit
- h. Proses pendinginan sampel
- i. Proses penyaringan sampel