

**ANALISIS LAJU DAN DAYA SERAP TANAMAN BAMBU AIR (*Equisetum  
hyemale* L.) TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN  
INSTRUMEN AAS (*ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY*)**

**SKRIPSI**



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh:**

**FITRI ANISA  
H71216056**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA  
2020**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Fitri Anisa

NIM : H71216056

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul “ANALISIS LAJU DAN DAYA SERAP TANAMAN BAMBU AIR (*Equisetum hyemale* L.) TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN INSTRUMEN AAS (*ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY*)”. Apabila suatu saat nanti saya terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 19 Maret 2020

Yang menyatakan,



(Fitri Anisa)

NIM. H71216056

## LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Proposal skripsi oleh

NAMA : FITRI ANISA

NIM : H71216056

JUDUL : ANALISIS LAJU DAN DAYA SERAP TANAMAN BAMBU AIR  
(*Equisetum hyemale* L.) TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL  
(Pb) DENGAN INSTRUMEN AAS (*ATOMIC ABSORPTION  
SPECTROSCOPY*)”.

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

*Surabaya, 19 Maret 2020*

Dosen pembimbing 1



Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.  
NIP. 198506252011012010

Dosen pembimbing 2



Eva Agustina, M.Si.  
NIP. 198908302014032008

## PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Fitri Anisa ini telah dipertahankan  
Di depan tim penguji skripsi  
Di Surabaya, 19 Maret 2020

Mengesahkan,  
Dewan Penguji

Penguji I



Nirmala Fitria Firdhausi, M.Si.  
NIP. 198506252011012010

Penguji II



Eya Agustina, M.Si.  
NIP. 198908302014032008

Penguji III



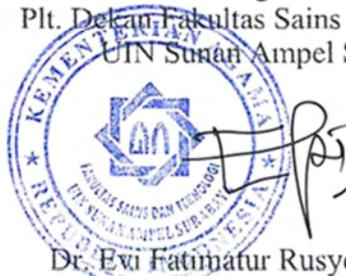
Estri Kusumawati, M. Kes  
NIP. 198708042014032003

Penguji IV



Irul Hidayati, M. Kes  
198102282014032001

Mengetahui,  
Plt. Dekan, Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Ampel Surabaya



Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag  
NIP. 197312272005012003



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**  
**PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax. 031-8413300  
E-mail: [Perpus@uinsby.ac.id](mailto:Perpus@uinsby.ac.id)

---

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : FITRI ANISA  
NIM : H71216056  
Fakultas/Jurusan : SAINTEK/BIOLOGI  
E-mail address : [fitrianisa.fa36@gmail.com](mailto:fitrianisa.fa36@gmail.com)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Non-Eksklusif atas karya ilmiah :  
 Skripsi     Tesis     Disertasi     Lain-Lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Laju Dan Daya Serap Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale* L.) Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) Dengan Instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 19 Maret 2020  
Penulis

  
(Fitri Anisa)













spesies – spesies tersebut memiliki batas toleran yang berbeda antara satu dengan yang lainnya.

Pencemaran lingkungan hidup yang semakin meningkat di Indonesia ini mendapatkan perhatian sehingga pemerintah mengeluarkan undang-undang nomor 32 tahun 2009. Undang-undang tersebut mengatur tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (Irhamni *et al.*, 2017). Pencemaran tersebut dapat mengandung berbagai macam unsur, salah satunya yaitu logam berat.

Logam berat memiliki sifat toksik atau menimbulkan bahaya bagi kesehatan makhluk hidup maupun lingkungan meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. Selain logam non esensial, ada juga logam yang baik dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah sedikit yakni mineral-mineral esensial tubuh, tetapi apabila dikonsumsi secara berlebih akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh itu sendiri (Palar, 2004).

Terdapat banyak jenis logam yang dapat mencemari lingkungan terutama bagian perairan. Logam tersebut salah satunya adalah logam timbal (Pb) merupakan logam berat yang paling berbahaya dan memiliki waktu penguraian dalam jangka waktu yang lama. Banyak dari sekian pabrik yang memakai bahan baku mengandung logam. Pabrik yang menggunakan bahan baku logam Pb adalah industri baterai yang menggunakan Pb metalik, industri pipa, industri kabel sebagai bahan pelapis kabel serta industri tinta (Haryanti *et al.*, 2013).

Adapun sumber lain yang mengatakan bahwa pencemaran juga dapat disebabkan oleh pembakaran batu bara, asap dari pabrik alkil, pembakaran arang,

buangan gas kendaraan bermotor dan sebagainya. Hasil dari penelitian sebelumnya, air hujan juga dapat mengandung Pb karena di udara telah terpolusi dari penggunaan bahan yang mengandung Pb, maka dari itu sungai di Surabaya diduga telah banyak beralih fungsi tidak sesuai keperuntukannya. SK Gubernur Jawa Timur No. 413 tahun 1987 menyatakan tentang Pengendalian Pencemaran Air, kualitas air golongan C kadar maksimum untuk Pb adalah 0.03 ppm. Kandungan logam berat Pb menurut BTKL Surabaya (1998), di Sungai Wonokromo memiliki kadar Pb 0,0337ppm dan salurannya pacar keling memiliki kadar Pb sebesar 0,1317ppm. Maka dari itu sungai atau saluran tersebut sudah dianggap tercemar oleh logam timbal karena sudah melampaui batas baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. Sehingga biota laut juga dapat merasakan pencemaran tersebut (Rijalinoor, 2003).

Logam Pb atau *plumbum* memiliki toksisitas yang tinggi bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Pada manusia Pb menyebabkan keracunan dan kanker, sedangkan di lingkungan logam ini yang paling sering ditemukan di alam sebagai bahan pencemar (Fitriyah, 2007). Jika logam yang terdapat di perairan maka dapat masuk ke dalam tubuh organisme di perairan tersebut dan apabila organisme dikonsumsi oleh manusia maka di dalam tubuh manusia tersebut juga terdapat timbal. Jika manusia mengonsumsi atau terpapar secara berlebihan atau melebihi standar yang sudah ditetapkan oleh WHO yaitu 0,15mg/L akan mengakibatkan merusak ginjal dan akan memperlambat perkembangan fisik pada bayi (Kurniawati dan Luciana, 2018).

Sebagai contoh kasus keracunan logam timbal di Nigeria pada tahun 2010 sedikitnya 300 anak tewas dan 30.000 lainnya terkontaminasi logam timbal. Logam timbal tersebut berasal dari penambangan emas ilegal di Kota Zamfara. Keracunan timbal merupakan konsekuensi atas pengeluaran emas skala kecil dari biji besi yang mengandung timbal (Lestari, 2015).

Permasalahan timbal juga ada di Indonesia khususnya pada kawasan Jabodetabek dimana konsentrasi timbal sudah melampaui ambang batas yang sudah diberlakukan oleh organisasi kesehatan dunia (WHO) yakni 400 ppm. Pada kawasan Jabodetabek konsentrasi timbal hampir 300.000 ppm, sedangkan di Cinangka mencapai 270.000 ppm. Jadi masyarakat yang tinggal di desa Cinangka berpotensi besar terpapar dan keracunan Pb baik untuk orang dewasa, anak kecil bahkan janin, tentunya hal ini sangat membahayakan kesehatan (Santikasari dan Liya, 2018).

Pencemaran air yang disebabkan oleh logam Pb dapat ditanggulangi dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah suatu upaya sebagai pencucian polutan yang di mediasi atau diperantarai oleh tumbuhan dengan cara menyerap, mendegradasi, menghilangkan, dan menstabilkan kondisi lingkungan dari pencemaran yang khususnya lingkungan yang telah dicemari oleh logam berat. Berbagai penelitian fitoremediasi telah banyak dilaksanakan dalam usaha memperbaiki kualitas lingkungan yang tercemar. Fitoremediasi dipilih oleh penulis selain dapat mengatasi pencemaran dengan cara mengakumulasi, juga telah dipercayai bahwa harga yang dibutuhkan terjangkau, memiliki nilai estetika,

mudah diaplikasikan, dan dipelihara. Tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk meremediasi lingkungan adalah tumbuhan hiperakumulator (Hidayati, 2005).

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang dapat meremediasi kontaminan logam atau yang memiliki sifat hipertoleran terhadap lingkungan yang memiliki kandungan logam yang tinggi. Ciri-ciri dari tumbuhan hiperakumulator adalah tanaman yang memiliki kemampuan menyerap logam berat melalui akar dan mengakumulasi dalam berbagai organ, mampu menyerap logam yang terdapat di tanah dan air dengan cepat, mampu mentranslokasikan logam dengan cepat, serta harus mampu menghasilkan biomassa dalam waktu yang cepat (Widyati, 2011). Beberapa contoh tanaman yang termasuk ke dalam jenis tanaman hiperakumulator adalah melati air, bambu air, eceng gondok, dan lain-lain. Pada penelitian ini penulis menggunakan tanaman bambu air (*Equisetum hyemale* L.) untuk dijadikan agen fitoremediasi. Tanaman bambu air ini memiliki beberapa keunggulan yaitu digunakan memiliki akar serabut sehingga mempercepat proses penyerapan, perawatannya mudah, mudah ditemukan, mudah diaplikasikan, dan ramah terhadap lingkungan serta memiliki kemampuan tahan dengan pengaruh luar. (Margowati dan Sugeng, 2016).

Berbagai penelitian tentang fitoremediasi telah banyak dilakukan untuk memperbaiki suatu lingkungan yang lebih baik. Seperti contoh pada penelitian sebelumnya yang diteliti oleh Indrasti *et al.* (2006) dilakukan pengamatan

kemampuan eceng gondok dalam menyerap Pb dan Cd dengan variabel konsentrasi logam dan lama waktu kontak. Didapatkan hasil bahwa laju penyerapan eceng gondok yang paling tinggi adalah pada 269,66 mg/kg/hari, sedangkan pada logam Cd hanya 221,68 mg/kg/hari. Artinya laju penyerapan eceng gondok pada logam Pb lebih banyak dibandingkan dengan logam Cd. Daya serapnya pada timbal Pb yang paling besar pada konsentrasi 3 ppm yaitu sebesar 88,10%.

Penelitian lain mengenai penyisihan logam Pb menggunakan tanaman bambu air juga dilakukan oleh Ajeng dan Putu (2013), pada penelitian ini yang digunakan sebagai variabel bebas yaitu debit aliran dan umur tanaman. Kesimpulan dari penelitian Ajeng dan Putu ini adalah sebanyak 15 tanaman mendapatkan hasil yang paling efektif dengan waktu 10 jam dan laju airnya 200 ml/menit dan pada umur 30 hari dapat menyisihkan logam sebesar 76% pada laju air 200ml/menit.

Daya serap logam Pb juga diteliti oleh Suharto *et al.* (2011), yang mana variabel bebasnya menggunakan jumlah tanaman yang dipakai yaitu 30 dan 60 batang, serta sistem yang digunakan yaitu sistem genang atau mengalir yang juga menggunakan media tanam zeolit. Kesimpulan yang diperoleh penurunan kadar logam Pb pada penelitian ini adalah 82,2% pada tanaman dengan 60 batang dengan system *batch* atau genang.

Analisis kandungan timbal pada daun trembesi juga dilakukan oleh Suhaemi *et al.* (2014). Pada penelitian ini sampel diperoleh dari 5 titik yang

berbeda di Kota Makassar, yaitu: titik M'tos, kaveleri TNI AD, perumahan telkomas, Kima, dan perumahan citra sudiang. Hasil dari pengujian kandungan Pb pada daun trembesi sebesar 26-27 mg/kg. kandungan Pb yang terendah terdapat pada titik kima sebesar 26,60 mg/kg dan yang paling tinggi dititik kavalri TNI-AD sebesar 27,48 mg/kg.

Kemampuan tumbuhan air kiapu dan kiambang dalam fitoremediasi timbal juga dilakukan oleh Paramitasari (2014). Tumbuhan air sebanyak 15 gr dimasukkan ke dalam wadah unit contoh yang berisi larutan timbal dan ditambahkan pupuk kandang. Penelitian ini mengamati kemampuan tanaman dalam menyerap logam, pengaruh perbedaan lama kontak, dan pengaruh fisiologis tumbuhan air tersebut. Hasil yang diperoleh adalah laju penyerapan kiapu 0,82 mg/kg/hari dan untuk kiambang 0,34 mg/kg/hari.

Dari pemaparan diatas, penulis ingin memperbaiki lingkungan dan mengurangi pencemar pada lingkungan terutama lingkungan air dengan cara fitoremediasi. Agen tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi adalah bambu air karena memiliki batang yang mengandung silikat yang tinggi dan dapat menyerap logam berat khususnya timbal sebesar lebih dari 30-70% pada pengolahan air limbah dari peternakan babi (Ajeng dan Putu, 2013).

Fitoremdiasi memiliki faktor-faktor tersendiri dalam mengakumulasi logam, faktor-faktor tersebut yaitu pemilihan jenis tanaman, kemampuan tanaman dalam menyerap, akumulasi logam berat dalam tanaman, daya serap dan laju penyerapan tanamn itu sendiri. Pemilihan konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, dan









yang menyatakan bahwa pencemaran air adalah perubahan komposisi air oleh kegiatan manusia yang berakibat kualitas airnya menjadi turun dan tidak berfungsi lagi sebagai keperuntukannya (Merliyana, 2017).

Menurut Merliyana (2017) dan Hutaauruk (2017) pemerintah Republik Indonesia juga telah mengklasifikasikan mutu dan pengelolaan kualitas air, yang diatur sebagai berikut:

- a. Air baku untuk minum, memasak, mencuci dan juga untuk kebutuhan sehari-hari lainnya. Kadar maksimum standar baku mutunya yaitu kekeruhan 25 NTU, zat pelarut 1000 mg/L, suhu udara  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , pH 6,5-8,5, tidak berasa dan tidak berbau serta memiliki kadar timbal paling maksimum 0,05 mg/L.
- b. Air untuk sarana/prasarana rekreasi air misalnya sebagai mainan anak-anak yaitu air mancur, atau danau ditengah taman. Kadar maksimum standar baku mutunya yaitu kekeruhan 0,05 NTU, suhu udara 16-40°C, pH 7-7,8, tidak berasa dan tidak berbau.
- c. Air untuk peternakan misalnya untuk budidaya ikan air tawar.
- d. Air untuk mengairi tanaman dalam skala kecil maupun besar, contoh untuk skala besar yaitu untuk mengairi persawahan. Kadar maksimum standar baku mutunya yaitu kekeruhan 0,5 NTU, suhu udara  $<40^{\circ}\text{C}$ , pH 7,2-7,8, tidak berasa dan tidak berbau.

Menurut Krisnawati *et al.* (2015) pencemaran air dapat dikelompokkan jika ditinjau dari berbagai bidang seperti pada bidang industri, pemukiman dan pertanian, yakni sebagai berikut:





Berdasarkan densitasnya, logam dibedakan menjadi 2 yaitu logam ringan dan logam berat. Dimana logam ringan adalah logam yang memiliki densitas  $<5 \text{ gr/cm}^3$  contohnya Na 0,97, Ca 1,54, dan Al 2,7 sedangkan unsur yang termasuk logam berat adalah unsur yang memiliki densitas  $>5 \text{ gr/cm}^3$ , contohnya Cd 8,56, Pb 11,34, Hg 13,55, Zn 7,14 (Hakim, 2016). Karakteristik dari kelompok logam berat yaitu memiliki nomor atom 22-34 dan 40-50 dan dapat membentuk garam apabila berikatan dengan asam (Herni, 2011).

Logam berat sendiri sebenarnya dibagi 2 jenis yaitu logam *essential* dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup misalnya Fe. Ada juga logam non *essential* dan bersifat toksik bagi tubuh makhluk hidup misalnya Hg, Cd, Pb (Ika *et al.* 2012). Berdasarkan sifat racunnya menurut Trisnawati (2008). Logam dapat dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu:

- a. Sangat beracun, akan berefek sampai menyebabkan kematian atau gangguan kesehatan yang lainnya, jenis logamnya adalah Hg, Pb, Cd, Cr, As.
- b. Moderat, akan berefek gangguan pada kesehatan baik yang dapat pulih dalam jangka waktu yang dekat ataupun lama, jenis logamnya adalah Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, dan Se.
- c. Kurang beracun, akan menimbulkan efek gangguan kesehatan yang kurang baik apabila dikonsumsi pada jumlah yang sangat banyak, jenis logamnya adalah Al, Co, Fe, Ca, dan Mg.
- d. Tidak beracun, tidak menimbulkan gangguan kesehatan, misalnya pada logam Na, Al, Sr, dan Ca.

Pada badan perairan jika diberi logam-logam terlarut pada konsentrasi tertentu akan mengakibatkan pengalihan fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Hal ini akan menghilangkan sekelompok organisme tertentu yang hidup di perairan (Boran dan Altinok, 2010). Logam yang banyak mencemari laut banyak jenisnya termasuk logam timbal yang juga sangat banyak ditemukan di alam bebas namun sebagai bahan pencemar karena termasuk kedalam zat yang beracun atau berbahaya (Fitriyah, 2007). Selain ditemukan di perairan laut, timbal juga dapat ditemukan pada tanah, tumbuhan, hewan dan dibebatuan (Urifah *et al.* 2017).

Timbal adalah suatu unsur kimia yang bernomor atom 82 dan memiliki massa atom 207,2 Da, jika dilihat pada tabel periodik unsur dan memiliki lambang Pb. Lambang Pb ini didapatkan dari bahasa latin yaitu *Plumbum*. Selain itu, jika dilihat dari tabel periodik unsur, logam timbal ini termasuk golongan logam IVA (Lestari, 2015).

Sifat dan kegunaan logam timbal sangat banyak, diantaranya menurut Lestari (2015), adalah:

- a. Memiliki titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan estimasi biayanya rendah.
- b. Memiliki sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk memecah perkaratan.
- c. Kepadatannya melebihi logam lain
- d. Mudah dibentuk karena logam ini sangatlah lunak.

- e. Timbal ini memiliki kemampuan tahan korosi, mempunyai titik lebur  $327,5^{\circ}\text{C}$ , memiliki kerapatan yang besar yaitu  $11,34\text{g}/\text{cm}^3$  dan sebagai penghantar listrik yang baik.

Timbal dapat diserap atau diabsorpsi oleh saluran pencernaan sebanyak 8-10%. WHO memiliki batas toleransinya sendiri bagi masing-masing umur, bagi orang dewasa adalah  $50\text{ mg}/\text{kg}$  berat badan dan untuk bayi atau anak-anak  $25\text{mg}/\text{kg}$  berat badan. Konsentrasi timbal tertinggi ditemukan pada organ ginjal dan hati, sebagian akan diekskresikan melalui empedu (Suhendrayatna *et al.*, 2003). dikatakan toksik atau beracun karna dosisnya yang kurang presisi, dalam hal ini apabila ditemukan kandungan logam Pb  $\geq 0,08\text{g}\%$  atau dalam urin  $\geq 0,15\text{ mg}/\text{l}$  akan mengalami toksisitas oleh Pb (Ajeng dan Putu, 2013).

#### 2.4 Absorben

Absorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah. Absorpsi merupakan suatu gejala permukaan yang mana akan terjadi penyerapan atau penarikan molekul-molekul pada permukaan absorben. Selain itu, absorben dapat dikatakan sebagai zat padat yang dapat menyerap absorbat. Absorben yang sering digunakan adalah biomassa. Pemanfaatan biomassa sebagai absorben ini bukan hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga mendukung prinsip bebas sampah atau produk samping dari suatu industri-industri (Agusti, 2019).

Menurut Aryanti (2011), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses absorpsi adalah sifat fisik dan kimia absorben, sifat fisik dan kimia absorbat

dalam fase cair, karakteristik fase cair seperti pH, suhu, serta kondisi operasi absorpsi. Sifat adsorben, Adsorpsi secara umum terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat. Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan. Semakin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan semakin besar pula adsorpsi yang terjadi. Temperatur, merupakan faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Waktu Kontak jika suatu adsorben yang ditambahkan ke dalam suatu cairan membutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan.

## 2.5 Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari kata *Phyton* dan *remediare*. *Phyton* memiliki arti tumbuhan atau tanaman dan *remediare* adalah menyembuhkan, memperbaiki, dan membersihkan sesuatu. Jadi fitoremediasi merupakan salah satu proses bioremediasi yang menggunakan jenis tanaman untuk memindahkan, menghilangkan, atau mengurangi kontaminan atau polutan yang ada di lingkungan (Vara prasad, 2002). Menurut Hidayati (2005) fitoremediasi dan potensi bahwa fitoremediasi merupakan suatu pencucian polutan yang dimediasi oleh suatu tanaman, misalnya tanaman air, tanaman hias, rumput-rumputan, alga, dan pohon. Teknologi daripada fotormediasi ini dipilih karena murah, mudah dan memberikan efek negatif yang kecil.

Proses penyerapan dengan teknik fitoremediasi ini dengan cara akar dari tumbuhan menyerap bahan polutan yang terkandung didalam air yang kemudian ditranslokasikan pada bagian atau organ-organ lain yang ada pada tumbuhan misalnya pada bagian batang dan daun, sehingga air yang diperoleh setelah dilakukan fitoremediasi oleh tanaman ini dapat bersih dari polutan (Novita *et al.*, 2012).

Fitoremediasi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu *in situ* atau ditangani langsung ditempat kejadian pencemaran dan *ex situ* atau dengan mengambil sampel yang kemudian dipindahkan kedalam kolam buatan yang digunakan untuk penanganan limbah. Tanaman yang dapat dijadikan sampel adalah semua organ yang ada ditanaman yaitu akar, batang, daun, maupun dalam bentuk kultur jaringan (Pratama, 2017).

## 2.6 Tanaman Hiperakumulator

Tanaman pada dasarnya memiliki beberapa keunggulan tersendiri, yaitu: beberapa famili tumbuhan memiliki sifat dapat menyerap logam berat, memiliki nilai estetika yang tinggi, banyak dari sekian jenis tanaman dapat merombak pencemaran pada lingkungan dengan cara detoksifikasi (Pratama, 2017).

Tanaman hiperakumulator merupakan tanaman yang memiliki kemampuan dalam hal mengkonsentrasikan logam dalam kadar yang luar biasa tinggi atau juga dalam konsentrasi yang bervariasi. Hiperakumulator merupakan batas logam yang terdapat pada biomassa. Setiap logam memiliki batasnya sendiri-

sendiri, seperti logam timbal, kobalt, dan tembaga adalah 1000mg/kg (Hidayati, 2005).

Penyerapan logam pada tanaman pasti ada mekanismenya sendiri, berikut mekanisme penyerapan secara biologi menurut Patandung (2014):

- a. Dalam suatu proses penyerapan suatu nutrisi ataupun polutan-polutan yang berbentuk larutan akan diserap oleh organ pada tanaman yaitu akar.
- b. Kemudian setelah diserap oleh akar akan menembus pada lapisan endodermis akar, lalu akan dilanjutkan ke bagian atas melalui jaringan pengangkut yaitu *xilem* dan *floem* ke bagian tanaman yang lain.
- c. Yang terakhir adalah lokalisasi logam pada sel untuk menjaga kestabilan dalam metabolisme tanaman.

Tanaman hiperakumulator memiliki karakteristik sendiri yaitu mampu tumbuh dalam kondisi apapun termasuk di lahan yang sudah tercemar, mampu meremediasi lebih dari satu polutan, tahan terhadap unsur logam dengan konsentrasi yang tinggi, memiliki laju penyerapan yang tinggi dibanding tanaman lain, dapat mengkonsumsi air dalam jumlah banyak pada waktu yang singkat dan memiliki potensi produksi biomassa yang tinggi (Hidayati, 2005).

## 2.7 Tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale* L.)

Asal usul dari *Equisetum* didapatkan dari 2 kata dalam bahasa latin, yaitu *equus* dan *saeta*. *Equus* memiliki arti kuda dan *saeta* yang artinya rambut tebal. Jadi dapat dikatakan bahwa *Equisetum* termasuk kedalam genus paku ekor kuda. *Equisetum hyemale* L. atau yang memiliki nama lokal bambu air ini termasuk



*Equisetum hyemale L.* memiliki batang berwarna hijau, setiap batang memiliki ruas-ruas, dan pada bagian tengahnya berlubang, dan batang ini sebagai organ fotosintetik pengganti daun serta memiliki batang yang dapat bercabang dan banyak mengandung silica. Untuk bagian daun tidak berkembang dengan baik, tetapi jika dilihat secara jelas hanya seperti menyerupai sisik yang duduk berkarang menutupi ruas (Silalahi, 2009).

*Equisetum hyemale L.* memiliki spora yang terbentuk pada ujung batang yang tersimpan pada struktur berbentuk gada yang disebut *strobilus*. Pada ujung batang yang berbentuk kerucut ini terdapat sporangiosfor yang berfungsi sebagai penunjang sporangium. Sporangiosfor terdiri dari lempengan heksagonal, yang menempel pada kerucut dengan bantuan tangkai pendek (Large, 2006).

*Equisetum hyemale L.* memiliki banyak manfaat sebagai obat-obatan. Di Indonesia bambu air ini dimanfaatkan sebagai obat sakit otot atau sakit tulang, menurut Large (2006), disamping itu juga dapat digunakan sebagai obat diuretik. Adapun manfaat lain dari paku bambu air ini yaitu sebagai pembersih pisau, sendok, garpu yang notabennya alat-alat yang berbahan baku dari logam.

## **2.8 Atomic Absorbtion Spektrofotometri (AAS)**

Atomic Absorbtion Spektrofotometri (AAS) merupakan suatu metode kuantitatif yang digunakan dalam menganalisis suatu unsur dengan memanfaatkan penyerapan cahaya dan panjang gelombang tertentu oleh logam dalam keadaan bebas. Range daripada panjang gelombang pada AAS ini adalah 200-300nm. Metode SSA ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sterrektoskopi









### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah aquarium dengan panjang 40 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 25 cm, kertas pH, DO meter, gunting. Sedangkan, untuk analisis logam berat timbal pada sampel air dan sampel tanaman adalah timbangan analitik, gelas ukur, erlemeyer, kertas saring, kompor listrik, blender, coromh, pipet, sendok, gunting, dan seperangkat alat *Atomic Absorbtion Spektofotometri (AAS)*.

#### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman bambu air (*Equisetum hyemale L.*) yang digunakan sebagai agen fitoremediasi, aquades, larutan  $Pb(NO_3)_2$  1000 ppm.

### 3.4 Variabel Penelitian

#### a. Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi jenis tanaman bambu air (*Equisetum hyemale L.*), volume air dalam aquarium yaitu 3 Liter per aquarium, jumlah tanaman, jenis logam berat pemaparan, biomassa tanaman, dan lama waktu kontak selama 15 hari.

#### b. Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pemberian logam berat timbal (Pb) dengan variasi konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm.





















Klorosis terjadi karena adanya logam timbal yang masuk melalui akar yang kemudian mengalir pada batang menghalangi kerja enzim yang dibutuhkan pada proses biosintesis klorofil. Adapun enzim yang berperan yaitu *aminolevulinic acid* (ALA) dehidrase. Keberadaan logam berat pada jaringan tumbuhan berkaitan dengan aktivitas *aminolevulinic acid* (ALA) dehidrase yang dapat menghambat proses sintesis porifirin yang merupakan bagian dari klorofil (Ulfah *et al.*, 2017).

Pengamatan perubahan morfologi akibat paparan logam Pb juga dilakukan pada akar tanaman bambu air. Paparan tanaman oleh timbal menunjukkan respon fisiologis diantaranya yaitu terhambatnya pemanjangan batang akar dan pertumbuhan rambut (Rosidah *et al.*, 2014). Pada tabel 4.1 dapat dilihat data pada hari ke-0 tidak ada penambahan panjang akar. Pada hari ke-5 terdapat penambahan panjang pada paparan konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, dan 3 ppm, namun pada konsentrasi 5 ppm belum terjadi penambahan panjang pada akar. Hal ini disebabkan tingginya konsentrasi Pb yang dipaparkan pada tanaman sehingga metabolisme pembentukan akar tanaman bambu air terganggu oleh adanya logam dengan konsentrasi yang terlalu tinggi. Walaupun pada konsentrasi 5 ppm pertumbuhan akar semakin menurun, tetapi tanaman tersebut tetap dapat bertahan hidup dengan laju pertumbuhan yang lebih lambat jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol seperti yang terlihat pada gambar 4.2.



dapat dilihat bahwa, biomassa tanaman pada media yang tidak mengandung limbah Pb artifisial memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa yang diberi perlakuan pemaparan logam dengan berbagai konsentrasi. Kandungan biomassa yang tinggi dapat dikarenakan pertumbuhan yang baik serta didukung oleh kondisi lingkungan seperti pH dan suhu pada media tumbuh yang sesuai pertumbuhan tanaman bambu air (Karimi *et al.*, 2013).

Pada akhir pengukuran biomassa untuk perlakuan 5 ppm memiliki biomassa yang paling kecil yaitu 176 gr dan mengalami penurunan pada setiap konsentrasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Munandar *et al.* (2018), pemaparan 5 ppm logam timbal mengalami kenaikan pada berat tanaman. Berat awal tanaman yaitu 75 gram sedangkan berat akhir tanaman 81-82 gram. Hasil tersebut tidak sesuai dengan hasil penelitian ini. Hal ini dikarenakan oleh rentannya tanaman bambu air oleh logam timbal yang dipaparkan. Namun, menurut Hidayat (2008), tanaman yang terpapar oleh pencemaran dengan konsentrasi lebih rendah akan memiliki laju fotosintesis yang lebih baik dan menghasilkan sejumlah besar karbohidrat jika dibandingkan dengan konsentrasi tinggi, sehingga mengakibatkan berat tanaman dengan konsentrasi rendah akan lebih besar dari pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Penurunan biomassa ini dapat dipengaruhi oleh adanya toksisitas logam pada tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fitter dan Hay (2004) bahwa logam berat dapat mengganggu proses metabolisme tanaman terutama pada bagian pembentukan sel-sel tanaman dan jaringan meristem pada akar. Menurunnya pertumbuhan jaringan pada akar akan mengakibatkan penurunan pertumbuhan

bagian tajuk tanaman. Pertumbuhan tanaman yang terhambat contohnya seperti, batang yang mengering dan menyusut selama masa pemaparan dan juga disebabkan adanya kerontokan pada akar tanaman yang mengakibatkan berkurangnya berat tanaman. Kerontokan dan keringnya tanaman dapat disebut sebagai kerusakan dan kegagalan pembentukan jaringan pada tanaman. Sehingga, hal tersebut dapat menurunkan produksi biomassa (Nurfitriana, 2019).

#### **4.2. pH (Derajat Keasaman)**

Angka derajat keasaman dalam suatu perairan juga dapat dijadikan sebagai indikator dari adanya keseimbangan unsur-unsur kimia. Pengukuran pH dalam suatu perairan yaitu untuk mengetahui tingkat keasamaan atau kebasaan suatu perairan. Umumnya pH yang baik untuk pertumbuhan tanaman adalah 6-8 karena pada pH tersebut tanaman dapat melakukan penyerapan unsur-unsur pada media (Spellman, 2003).

Pengukuran pH dilakukan selama 15 hari waktu pemaparan logam timbal artifisial pada tanaman bambu air. Pengukuran pH diukur menggunakan kertas pH merk. Derajat keasaman atau pH merupakan gambaran jumlah ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam suatu perairan dan secara umum nilai pH digunakan untuk melihat tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan (Effendi, 2003). Menurut Langkap (2019), Nilai pH yang menunjukkan konsentrasi logam timbal artifisial berada pada kondisi asam atau basa. Semakin tinggi ion  $H^+$  maka menandakan bahwa logam semakin asam dengan nilai pH 1-6. Sedangkan, semakin tinggi ion  $OH^-$



Berdasarkan uraian hasil diatas menjelaskan bahwa semakin lama pemaparan maka semakin mendekati pH normal yaitu 6-8, sehingga dapat diartikan bahwa pH pada pemaparan 15 hari sudah mengalami penurunan konsentrasi logam pb artifisial akibat terserap oleh tanaman bambu air. Angka keasaman yang rendah akan mengakibatkan kadar logam di air masih tinggi, sehingga toksisitasnya tinggi. Sebaliknya, jika konsentrasi logam Pb semakin turun maka pH akan naik mendekati normal sehingga toksisitasnya juga menurun. Hal ini juga dijelaskan oleh Kadir (2013), yang menjelaskan bahwa penurunan angka pH pada perairan menyebabkan toksisitas logam berat atau konsentrasinya semakin besar. Hal ini sama seperti penelitian Basri dan Hamzah (2015) yang terjadi pada tanaman Jeringau, semakin menurun konsentrasi logam berat maka akan menyebabkan peningkatan nilai pH sehingga mendekati angka normal.

Derajat keasaman dipengaruhi oleh kandungan unsur serta senyawa kimia yang berada di perairan, seperti halnya pada toksisitas logam berat, dimana toksisitas dari logam berat akan menurun apabila terjadi peningkatan pH (Effendi, 2003). Pada pH asam logam akan lebih mudah larut, sedangkan pH basa akan membentuk gugus OH yang menyebabkan kesadahan atau pengendapan. Oleh karena itu pada pH asam logam berat dapat terabsorpsi dengan baik sampai tidak ada yang terserap lagi sehingga pH menjadi netral (Wanta *et al.*, 2019). Berdasarkan teori tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi angka pH maka semakin rendah toksisitas dari logam Pb pada tanaman.



Fluktuasi suhu yang terjadi diatas dapat dipengaruhi oleh suhu ruangan dan suhu matahari. Suhu yang semakin tinggi akan mengakibatkan proses fotosintesis meningkat sehingga terjadi peningkatan penyerapan tumbuhan. Sebaliknya, jika suhu menunjukkan pada tingkatan rendah maka daya absorbansinya juga lambat karena hal tersebut dapat berpengaruh nyata terhadap penyerapan tanaman yang semakin berkurang, sementara logam berat akan diserap oleh tumbuhan bersamaan dengan air dan unsur hara (Mohamad, 2011), Jadi suhu pada suatu perairan dapat mempengaruhi proses penguapan. Kisaran suhu untuk pertumbuhan tanaman ini adalah 18-32°C. Menurut Rukminasari *et al.* (2014), bahwa variasi suhu pada merupakan hasil dari radiasi matahari dan penguapan. Pada gambar 4.2, sudah terlihat bahwa suhu masih termasuk didalam kisaran suhu normal untuk pertumbuhan tanaman.

#### **4.4. DO (Oksigen Terlarut)**

Kandungan oksigen terlarut dalam air merupakan salah satu parameter indikasi kualitas air yang terpenting dalam kehidupan organisme akuatik. Oksigen terlarut sangat dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, pertukaran zat yang kemudian akan menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan makhluk hidup. Oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik maupun anorganik. Proses tersebut yang sangat penting dalam membantu mengurangi konsentrasi zat pencemaran. Pada proses oksidasi, bahan organik maupun anorganik diubah menjadi nutrient yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Pada proses reduksi, senyawa



mg/L diperuntukkan untuk budidaya perikanan air tawar dan peternakan; sedangkan Kelas IV nilainya 0 ppm untuk mengairi pertanaman (Salmin 2005).

Keberadaan logam berat dapat mempengaruhi nilai DO. Semakin tinggi konsentrasi maka nilai DO akan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena kurangnya proses fotosintesis pada tanaman, sehingga menyebabkan gas oksigen yang dihasilkan berjumlah sedikit. Oksigen dengan jumlah sedikit tersebut hanya dapat digunakan untuk pernapasan organisme dan oksidasi bahan organik maupun anorganik (Salmin 2005).

Pada penelitian ini konsentrasi rendah menghasilkan angka DO yang rendah. Namun bila diperhatikan lebih lanjut dari masing-masing perlakuan mengalami penurunan dan kenaikan atau yang disebut fluktuasi. Menurut Adi (2017), hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti cara pengukuran DO yang kurang tepat dan pergerakan permukaan air dimana pergerakan tersebut dapat meningkatkan nilai DO. Faktor lain yang mempengaruhi nilai DO adalah temperatur suhu.

Reaksi kimia pada air limbah mengalami peningkatan seiring dengan terjadinya peningkatan temperatur. Hal ini melibatkan penggunaan oksigen lebih banyak oleh mikroorganisme dalam air, sehingga level DO lebih rendah atau bahkan kritis pada musim panas (Wulandari *et al*, 2012). Oleh sebab itu, peningkatan suhu mengakibatkan penurunan kelarutan gas oksigen dalam air. Jadi dapat dikatakan bahwa berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan oleh naiknya temperatur. Oleh karena itu, nilai DO dan suhu sangat berhubungan.







Penyerapan zat pencemar diatas karena disebabkan oleh peristiwa difusi (*diffusion*). Difusi merupakan suatu peristiwa Bergeraknya atau berpindahnya molekul-molekul dari daerah yang memiliki konsentrasi yang tinggi ke daerah konsentrasi yang lebih rendah (Caroline dan Guido, 2015). Dari hasil penelitian ini yang awalnya konsentrasi pada media air yang tinggi akan mengalir ke konsentrasi yang rendah yaitu tanaman bambu air.

Setelah sampai dipermukaan akar, maka timbal akan masuk kedalam akar melalui proses difusi. Banyaknya logam timbal yang masuk ke dalam akar, maka akan terjadi zona penimbun atau *accumulation zone* yang artinya tertimbunnya logam atau zat pencemar di permukaan akar (Hardiani, 2009).

Zat pencemar kemudian diangkut ke bagian tengah akar dengan melalui 2 jalur yaitu apoplastik dan simplasti. Apoplastik adalah angkutan logam dengan melalui daerah bebas diantara sel akar. Sedangkan, untuk simplasti adalah angkutan logam melalui plasmodesmata (benang-benang plasmodesma yang menghubungkan satu dengan yang lainnya dengan menghindari vakuola). Semua larutan dapat diangkut melalui dua proses diatas, tetapi apabila dengan berat molekul yang kecil akan lebih bebas masuk kedalam sel korteks. Sedangkan yang memiliki berat molekul yang tinggi akan mengalami perlambatan. Maka dari itu laju penyerapan tanaman ini terhadap logam timbal sedikit lambat untuk perhitungan per harinya. Setelah masuk ke tengah akar, zat pencemar akan masuk kedalam xilem akar dapat ditranslokasikan ke organ yang lainnya (Hardiani, 2009).

Laju penyerapan air oleh akar ditentukan oleh tekanan akar dan laju transpirasi. Pengaruh transpirasi terhadap penyerapan dan translokasi hara ditentukan oleh umur tanaman, waktu kontak yang semakin lama maka akumulasi logam semakin tinggi, jenis logam yang digunakan, dan konsentrasi larutan yang ada di media (Novita, 2005)

Pada tabel 4.3 juga menunjukkan nilai faktor translokasi logam timbal pada tanaman bambu air. Berdasarkan data yang diperoleh semua konsentrasi masih berada dalam kisaran kurang dari satu, yang mengindikasikan bahwa timbal lebih banyak ditranslokasikan di akar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rohaningsih dan Barti (2015), bahwa faktor translokasi  $> 1$  yang mengindikasikan bahwa timbal lebih banyak dialokasikan ke bagian daun dibandingkan ke bagian akar, sedangkan faktor translokasi  $< 1$  yang mengindikasikan bahwa timbal lebih banyak teralokasi di bagian akar. Hal tersebut selaras dengan data pada tabel 4.3 yang menampilkan bahwa akar tanaman bambu air memiliki konsentrasi yang lebih banyak dari pada di batang tanamannya.

Menurut Serang *et.al* (2018), hal diatas disebabkan Pb diserap oleh akar tanaman bersamaan dengan penyerapan nutrisi dalam air. akar tanaman akan mengestrak logam berat untuk diserap masuk ke dalam jaringan akar. Sedangkan batang memiliki tugas untuk menyalurkan air, garam mineral, dan ion termasuk Pb yang kemudian disalurkan ke bagian lainnya. Oleh sebab itu, konsentrasi Pb pada bagian akar memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi batang tanaman bambu air. Hal ini ditegaskan oleh Hidayati (2005) yang





Penurunan persentase daya serap pada konsentrasi yang paling tinggi disebabkan oleh pertumbuhan tanaman atau metabolisme tanaman menjadi terhambat sehingga kemampuan tanaman bambu air dalam menyerap logam timbal pada konsentrasi tinggi terhambat (Indrasti, 2006). Hal ini juga didukung penelitian Serang et.al (2018) yang menunjukkan bahwa air yang tercemari logam berat dapat menyebabkan produktivitas kandungan dalam air menurun sehingga pertumbuhan tanaman akan terganggu. Pemaparan logam berat yang berlebihan pada tanaman akan meningkatkan konsentrasi Pb di tanaman sehingga dapat menurunkan kualitas pertumbuhan dan hasil tanaman. Sehingga daya serap tanaman pada konsentrasi tinggi menjadi lebih sedikit dibandingkan pada konsentrasi yang lainnya. Menurut Jamal (2011), kelebihan logam Pb sampai melewati ambang batas juga menyebabkan keracunan pada tanaman

Faktor faktor yang mempengaruhi daya serap logam oleh tanaman yang tinggi adalah jumlah tanaman, jenis tanaman, konsentrasi logam, jenis logam yang dipaparkan, dan lama waktu kontak. Hal ini sesuai dengan penelitian Rahadian (2017) yang menyatakan bahwa jumlah tanaman terbanyak memiliki efisiensi terbaik.

Berdasarkan hasil statistik dengan uji anova konsentrasi logam antara konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm menunjukkan bahwa ada perbedaan setiap konsentrasinya dengan nilai sig 0,000 ( $\text{sig} < 0,05$ ), sehingga dapat disimpulkan bahwa secara statistik semua konsentrasi memiliki perbedaan terhadap hasil daya serap logam timbal, baik pada konsentrasi 0 ppm banding 1 ppm, 1 ppm banding 3 ppm, 3 ppm dibanding 5 ppm, 5 ppm dibanding 0 ppm dan





semua kebutuhan makhluk hidup. Allah telah menjadikan baik bahkan memerintahkan hamba-hambanya untuk menjaga dan merawat seluruh isi bumi yang telah diberikan Allah kepada kita sebagai makhluk ciptaan-Nya. Salah satu upaya manusia dalam menjaga sumberdaya hayati yang ada dimuka bumi dilakukan dengan cara pelestarian. Selain itu upaya yang dilakukan untuk mengembalikan pencemaran lingkungan dengan cara meremediasi lingkungan tersebut dengan bantuan makhluk hidup yang dapat digunakan sebagai agen remediasi seperti tanaman hiperakumulator. Akan tetapi apabila manusia masih munafik, Allah SWT akan memusnahkan tempat tanamman tumbuh berbuah sekaligus tempat berkembang biaknya sehingga manusia tidak dapat menutrisi tubuhnya karena pada dasarnya manusia, hewan, dan tanaman itu saling bersimbiosis.





- Peleburan Tembaga Dan Kuningan. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Surabaya.
- Effendi, 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairan*. Kansinus. Yogyakarta.
- Fitter A.H., dan Hay, R.K.M. 2004. *Fisiologi Lingkungan Tanaman. Terjemahan Oleh Sri Andani Dan E. D. Purbayanti*. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Fitriyah, K.R. 2007. Studi Pencemaran Logam Berat Cadmium (Cd), Merkuri (Hg), Dan Timbal (Pb) Pada Air Laut, Sedimen Dan Kerang Bulu (*Anadara antiqua*) Diperairan Pantai Lekok Pasuruan. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Malang. Malang.
- Hakim, A. L. 2016. Bioakumulasi Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Udang Windu (*Pnaeus monodon*) Di Tambak Tradisional Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo. *Skripsi*. Fakultas Perikanan Dan Kelautan, Universitas Airlangga. Surabaya.
- Halder, J.N., dan M.N. Islam. 2015. Water Pollution And Its Impact On The Human Health. *Journal Of Environment And Human*. 2(1):36–46.
- Hardiani, H. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Berita Selulosa* 44(1):27–40.
- Haryati, M., Tarzan, P., dan S. Kuntjoro. 2012. Kemampuan Genjer *Limnocharis Flava* (L.) Buch. Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada 10 Biomassa dan Waktu Pemaparan Yang Berbeda. *Lenterabio*. 1(3):131-138.
- Haryanti, D., Dedik B, Salni. 2013. Potensi Beberapa Jenis Tanaman Hias Sebagai Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Dalam Tanah. *Jurnal Penelitian Sains*. 16(2):52–58.
- Hastuti, I.W., dan Brams, D. 2017. Karakterisasi Butiran Sub Micron Nanomaterial Karbon Batok Kelapa Dengan Variasi Waktu Pengadukan Bahan Yang Digunakan Untuk Filtrasi Logam Fe Dari Limbah Air Selokan Mataram Berdasarkan Uji UV-VIS, XRD, SEM, dan AAS. *Skripsi*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Herni. 2011. Analisis Cemar Logam Berat Seng (Zn) Dan Timbal (Pb) Pada Tiram Bakau (*Crassostrea Cucullata*) Asal Kabupaten Takalar Dengan Metode





- Munandar, A.A., Zaenal, K., Sugeng, P., dan Roy, I. 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Timbal (Pb) dengan *Lemna minor* dan *Ceratophyllum demersum* Serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan *Lactuca sativa*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*. 5(2):867-874.
- Nasuha, T., Yuliani., Dan Novita, K, I. 2014. Efektivitas *Gracillaria gigas* Sebagai Biofilter Logam Berat Timbal (Pb) Pada Media Tanam. *Lentera Bio*. 3(1):91-96.
- Noriyanti, T, 2012. Analisis Kalsium, Cadmium Dan Timbal Pada Susu Sapi Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Logam Berat Dalam Pertanian. Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Novita, A. 2005. Penyerapan Logam Pb Dan Cd Oleh Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*): Pengaruh Konsentrasi Dan Lama Waktu Kontak. *Thesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Novita, Yuliani, Purnomo T, 2012. Penyerapan Logam Timbal (Pb) dan Kadar Klorofil *Eloдея canadensis* pada Limbah Cair Pabrik Pulp dan Kertas. *LenteraBio*. 1(1):1-8.
- Nurfitriana, F. 2019. Fitoremediasi Air Tecommar Timbal Menggunakan Tanaman Apu-Apu (*Pistia Stratiotes*) Dengan Sistem Kontinyu. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Uin Sunan Ampel Surabaya. Surabaya.
- Palar. 2004. *Pencemaran Dan Toksiologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Paramitasari, A. 2014. Kemampuan Tumbuhan Air Kiapu (*Pistia stratiotes*) Dan Kiambang (*Salvinia molesta*) Dalam Fitoremediasi Timbal. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Patandungan, A. 2014. Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vitever zizanooides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Cadmium (Cd) Pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Makassar.
- Permadi, I, M. 2019. Pemanfaatan Bambu Air (*Equisetum Sp.*) Untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Surabaya.
- Pratama, E. 2017. Fitoremediasi Limbah Budidaya Pendederan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*) Menggunakan *Spirulina Sp.* *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Lampung.

- Rahadian, R., Endro, S., Dan Sri, M. 2017. Efisiensi Penurunan Cod Dan Tss Dengan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes L.*) Studi Kasus: Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(3):1-8.
- Rijalinoor. 2003. Studi Kandungan Logam Berat Pb Di saluran Kenjeran Dan Kerang Di Muara Selatan. *Info Teknik*. 4(1):34-43.
- Rizkiaditama, D., Elly, P., Dan Muizzudin. 2017. Analisis Kadar Klorofil Pada Pohon Angsana (*Pterocarpus Indicus Willd.*) Di Kawasan Ngoro Industri Persada (Nip) Ngoro Mojokerto Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Prosiding Seminar Nasional III*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Rohaningsih, D., Dan Barti, S, M. 2015. Akumulasi Logam Timbal (Pb) Pada Kangkung Darat (*Ipomoea reptans poir*). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 21(2):159-168.
- Rosidah, S., Y. U. Anggraito., Dan K. K. Pukan. 2014. Uji Tolransi Tanaman Tembakau terhadap Cekaman Kadmium, Timbal, Dan Tembaga Pada Kultur Cair. *Jurnal MIPA*. 37(1): 7-15.
- Rukminasari, N., Nadiarti., Dan Khaerul, A. 2014. Pengaruh Derajat Keasaman (Ph) Air Laut Terhadap Konsentrasi Kalsium Dan Laju Pertumbuhan Halimeda sp. *Torani (Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan)*. 24(1): 28-34.
- Salmin. 2005. Okigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. 30(3): 21-26.
- Santikasari, C ., dan Liya, N,M. 2018. Sumber, Transport Dan Interaksi Logam Berat Timbal Di Lingkungan Hidup. *Makalah*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok.
- Sapei, V, L. 2017. Characterisation Of Silica In Equisetum Hyemale And Its Transformation Into Biomorphous Ceramics. *Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät Di Universität Potsdam*. Potsdam.
- Serang, L. K. O., Eko, H., Dan Ridesti, R. 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Logam Kromim Dengan Menggunakan *Sagittaria lancifolia* Dan *Pistia ltratiotes* Serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat (*Ipoema reptans*). *Jurnal Tanah Dan Sumber Lahan*. 5(1): 739-746.
- Silalahi, J. 2009. Analisis Kualitas Air Dan Hubungannya Dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik Di Perairan Balige Danau Toba. *Thesis*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Spellman, Frank. 2003. *Handbook Of Water And Wasrewater Treatment Plant Operation*. CRC Press Inc. New York

- Suhaemi., Maryono., dan Sugiarti. 2014. Analisis Kandungan Timbal (Pb) Pada Daun Trembesi (*Samanea saman* (Jacq.) Merr) Di Jalan Perintis Kemerdekaan Makassar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Chemica*. 15(2):85–94.
- Suharto., Bambang., Liliya D., dan B.I. Wilistien. 2011. Penurunan Kandungan Logam Pb Dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (*Equisetum hymale*) Dan Zeloit. *Agroteknik*. 5(2):133–143.
- Suhendrayatna., Muhammad. Z., Arief, R, H., dan Al Harist. 2003. Bioakumulasi Dan Toksisitas Logam Timbal Terhadap Plati (*Oryzias latipes*). *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*. 1(2).
- Trisnawati, A. 2008. Studi Kandungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (*Myhilus viridus*) Diperairan Kawasan Pantai Kenjeran Surabaya. *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Negeri Malang. Malang.
- Ulfah, M., Fida, R., dan Yuni, S. 2017. Pengaruh Timbal (Pb) terhadap Kandungan Klorofil Kiambang (*Salvinia molesta*). *Lentera Bio*. 6(2): 44–48.
- Urifah, D., Kusriani, Umi Z., Handaru B.C., dan Rieke Y. 2017. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Oleh Tanaman Hydrilla (*Hydrilla verticillata*). *Jurnal Riset Teknologi Industri*. 11(2):100–108.
- Vara Prasad Mn, Oliveira Freitas Hm De, 2003. Metal Hyperaccumulation In Plant-Biodiversity Prospecting For Phytoremediation Technology. *Journal Biotechnology*. 6(3).
- Wanta, K, C. Federick, D, K. Ratna, F, S, Gelar, P, G, Widi, A. Shinta, V. Hilmawan, T, B, M, P. 2019. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Dalam Proses Presipitasi Hidroksida Selektif Ion Logam Dari Larutan Ekstrak Spent Catalyst. *Jurnal Rekayasa Proses*. 13(2):94-105.
- Welz, B., And Michael, S. 2005. Atomic Absorbtion Spectrometry. Third Complytly Revised Edition. WILEY-VCH hal 148. New York.
- Widyati, Enny. 2011. Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. *Jurnal Mitra Hutan Tanaman*. 6(2):46-56.
- Zulfiani. 2018. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Pada Penganan Otak-Otak Yang Beredar Di Kota Makssar. *Skripsi*. UIN Alaudin Makassar. Makassar.