

**Pengaruh Penyerapan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Dan Apu Apu (*Pistia stratiotes*) Terhadap Konsentrasi Cu Dan Zn Pada Air Limbah Pertambangan PT J Resources Bolaang Mongondow**

***Effect Of The Absorption Of Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*) And Water Lettuce (*Pistia Stratiotes*) On Cu And Zn Concentration In Mining Wastewater of PT J Resources Bolaang Mongondow***

**Rendy Stewart Wajong<sup>(1)</sup>, Bobby Polii<sup>(2)</sup>, Wieske Chriesti Rotinsulu<sup>(2)</sup>**

1) Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Agronomi, Universitas Sam Ratulangi, Manado

2) Staf Pengajar dan Peneliti pada Program Studi Agronomi Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado

\*Penulis untuk korespondensi: rendystewart04@gmail.com

---

Naskah diterima melalui Website Jurnal Ilmiah agrisocioekonomi@unsrat.ac.id	:	14 Juli 2022
Disetujui diterbitkan	:	28 September 2022

---

**ABSTRACT**

*This research aims to analyze the concentration of Cu, Zn, and pH in mining wastewater at the Pit Osela of PT J Resources Bolaang Mongondow (JRBM) and the effect of absorption of water hyacinth (*eichhornia c*) and water lettuce (*pistia stratiotes*) on heavy metals Cu, Zn and pH in plant tissues. Research Methods: The study was located in PT JRBM's greenhouse in Bolaang Mongondow Regency with Mining Wastewater (ALP) in Pit Osela (mining). The results: Cu concentration in ALP Pit Osela in the initial condition was 15.59 mg/l. The decrease in Cu concentration by water hyacinth started from 7.02 mg/l to 15.48 mg/l with an effectiveness of 45% to 99.3%. The concentration of Cu after being given water lettuce on the third day (38 days) was 0.12 mg/l. The concentration of Cu on the third day group was 8.51 mg/l. The concentration of Zn in ALP in Pit Osela (mining area) in the initial condition was 7.03 mg/l, after being given water hyacinth and water lettuce on the third day (38 days) it became 0.00 mg/l. The concentration of Zn in the control group on the first day was 7.01 mg/l, on the third day it was 7.01 mg/l. The pH concentration of ALP in the Osela Pit in the initial condition was 3.03. Increasing the concentration of pH with aquatic plant treatment after some time finally the wastewater can meet the environmental quality standard (BML) 6-9. The control group that was not given water plants, the initial concentration was pH 3.03, the pH on the first day was 3.30, the second and third days the concentration was the same, namely 3.30. There is an effect of absorption of water hyacinth and water lettuce on Cu and Zn content in plant tissues (leaves and roots).*

**Keywords:** *Absorption, Water Hyacinth, Water Lettuce, Cu, Zn, pH*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi Cu, Zn, dan pH pada air limbah pertambangan di Pit Osela PT J Resources Bolaang Mongondow (JRBM) dan pengaruh penyerapan eceng gondok (*eichhornia c*) dan apu apu (*pistia stratiotes*) terhadap logam berat Cu, Zn dan pH dalam jaringan tanaman. Metode Penelitian: penelitian berlokasi di rumah kaca PT JRBM Kabupaten Bolaang Mongondow dengan sumber Air Limbah Pertambangan (ALP) di Pit Osela (penambangan). Hasil penelitian: Konsentrasi Cu pada ALP Pit Osela kondisi awal sebesar 15.59 mg/l. Penurunan konsentrasi Cu oleh eceng gondok mulai dari 7.02 mg/l hingga 15.48 mg/l dengan efektifitas 45% hingga 99.3%. Konsentrasi Cu setelah diberikan apu apu hari ketiga (38 hari) menjadi 0,12 mg/l. Konsentrasi Cu pada kelompok hari ketiga menjadi 8,51 mg/l. Konsentrasi Zn pada ALP di Pit Osela (area penambangan) kondisi awal sebesar 7.03 mg/l, setelah diberikan eceng gondok dan apu apu pada hari ketiga (38 hari) menjadi 0,00 mg/l. Konsentrasi Zn pada kelompok kontrol hari pertama 7.01 mg/l, hari ketiga menjadi 7.01 mg/l. Konsentrasi pH pada ALP di Pit Osela kondisi awal sebesar 3.03. Peningkatan konsentrasi pH dengan perlakuan tanaman air setelah beberapa waktu akhirnya air limbah dapat memenuhi baku mutu lingkungan (BML) 6-9. Kelompok kontrol yang tidak diberikan tanaman air, konsentrasi awal pH 3.03, pH hari pertama 3.30, hari kedua dan ketiga konsentrasinya sama yaitu 3.30. Ada pengaruh penyerapan eceng gondok dan apu apu pada kandungan Cu dan Zn di jaringan tanaman (daun dan akar).

**Kata kunci :** Penyerapan, Eceng Gondok, Apu Apu, Cu, Zn, pH

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia dalam pertambangan mineral khususnya komoditas emas memegang peringkat ke tujuh yang menghasilkan emas terbanyak di belahan benua dimana banyaknya emas yang dihasilkan sebanyak 4,42 juta troy gram, setelah Cina (12,99 juta troy ons), Australia (10,12 juta troy ons), Rusia (9,56 juta troy ons), Amerika Serikat (7,13 juta troy ons), Kanada (6,08 juta troy ons) dan Peru (5,09 juta troy ons) (Kompas 2020). Secara tidak langsung posisi ini memperlihatkan banyaknya kegiatan pertambangan emas yang terjadi di wilayah negara kita. Kebanyakan kegiatan pertambangan emas di negara kita dikerjakan secara langsung pada permukaan areal pertambangan (*open pit mine*) (Rahmawaty, 2002)

PT J Resources Bolaang Mongondow (PT JRBM) termasuk diantara *company* pertambangan emas di negara kita yang menggunakan sistem pengerjaan secara langsung pada areal pertambangan. PT JRBM salah satu anak perusahaan PT J Resources Nusantara merupakan tambang emas yang beroperasi di Blok Bakan Kab. Bolmong dan Kab. Bolsel serta Blok Lanud berada di Kab. Boltim Provinsi Sulut. Penambangan terbuka (*open pit mining*) emas beresiko terhadap kerusakan lingkungan akibat adanya proses eksploitasinya (Rahmawaty, 2002).

Kegiatan pertambangan mineral dapat menimbulkan resiko yang tidak menguntungkan diantaranya adalah dihasilkannya air dengan kondisi asam sebagai hasil dari kegiatan pertambangan (AAT). Air dengan kondisi asam yang dihasilkan dari galian tambang (AAT) dihasilkan dari bebatuan yang mengandung mineral *acid* (sulfida mineral) yang *tereksposure* dengan air dan oksigen sehingga terjadi proses oksidasi dan menghasilkan air dengan kondisi asam. (Fajrin,2006). Air dengan kondisi asam hasil pertambangan atau dalam bahasa asing disebut *Acid Mine Drainage* merupakan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan yang memiliki tingkat keasaman rendah ( $pH < 4$ ) dan memiliki logam terlarut seperti metal ferrum (Fe), aluminium (Al), mangan (Mg), cadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), arsenic (Ar) dan merkuri (Hg) yang tinggi.

Tingkat keasaman yang rendah pada limbah cair hasil pertambangan akan memudahkan terjadinya reaksi jenis metal khusus. Apabila keadaan ini tidak diatasi secara tepat, maka pada tingkat kadar yang berbeda dapat menyebabkan bahaya pada ekosistem sebagai akibat dari paparan bebatuan yang mengandung asam mineral dengan air yang terbawa dapat menyebabkan polusi lingkungan.

Tabel 1. Kandungan Cu dan Zn Pada Air Limbah Pertambangan Di Pit Osela (Area Pertambangan)

Tanggal	ID Sample	pH	Cu	Zn
8 September 2020	Area Pit Osela	3.03	15.59	7.03

Sumber : Bakan Site Laboratory

Penanganan inaktif (*passive treatment*) merupakan diantaranya bentuk teknologi yang menarik dalam menangani limbah cair pertambangan. Pengelolaan limbah cair pertambangan pasif merupakan metode yang sederhana dan penggunaannya murah tapi dapat meningkatkan kualitas air sehingga banyak digunakan di negara seperti Turki, Korea Selatan, Cina, dan lain lain (Herniwanti et al. 2014). *Passive treatment* dinilai sangat efektif dalam peningkatan kadar derajat keasaman dan pengurangan kandungan zat kimia limbah pertambangan. Diantara bentuk penanganan inaktif dalam penanganan limbah pertambangan yang menarik adalah *fitoremediasi*.

Setiap kegiatan pertambangan akan menghasilkan dampak buruk pada lingkungan, salah satu dampak buruk yaitu pencemaran dengan unsur unsur penyebab air asam tambang (AAT) yaitu Cu dan Zink. Salah satu upaya mengurangi konsentrasi bahan pencemar di dalam air sebelum dibuang ke lingkungan dengan memanfaatkan proses alami adalah *fitoremediasi*. *Fitoremediasi* adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi (Rondonuwu, 2014). Teknik *fitoremediasi* dianggap teknologi yang inovatif, ekonomis, dan relatif aman terhadap lingkungan (Sidauruk dan Patricius, 2015). *Fitoremediasi* dapat diartikan suatu sistem di mana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. (Irharni, 2015).

Dari beberapa kajian penelitian yang didapatkan tumbuhan air memiliki efektivitas dalam pengelolaan air limbah pertambangan yaitu eceng gondok (*eichornia crassipes*), purun danau (*leptocarpus articulata*), purun tikus (*eleocharis equisetina*), rumput teki (*cyperus rotundus*), ganggang (*hydrilla verticillata*), kangkung (*ipomoea aquatica*), dengan kayu apu atau apu apu (*pistia stratiotes*) (Herniwanti dkk, 2013).

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka yang menjadi masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Seberapa besar kandungan Cu, Zn, dan pH di air limbah pertambangan di Pit Osela PT JRBM?
2. Bagaimana pengaruh penyerapan eceng gondok (*eichornia crassipes*) dan apu apu (*pistia stratiotes*) dalam menyerap logam berat Cu dan Zn pada air limbah pertambangan PT JRBM?

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis kandungan Cu, Zn, dan pH pada air limbah pertambangan di Pit Osela PT JRBM.
2. Menganalisis pengaruh penyerapan eceng gondok (*eichhornia c*) dan apu apu (*pistia stratiotes*) terhadap logam berat Cu dan Zn dalam jaringan tanaman.

### Manfaat Penelitian

1. Diperoleh data dan wawasan atau ilmu baru tentang kandungan Cu, Zn dan peningkatan kadar pH air limbah pertambangan serta pengaruh penyerapan penggunaan eceng gondok (*eichhornia c.*) dan apu apu (*pistia s.*) terhadap kandungan Cu dan Zn.
2. Dapat dijadikan informasi untuk digunakan oleh Pemerintah dan perusahaan dalam meningkatkan pengelolaan lingkungan di PT JRBM.

### Hipotesis Penelitian

1. Diduga air limbah pertambangan di Pit Osela PT JRBM mengandung logam berat Cu dan Zn relatif tinggi dan pH rendah.
2. Diduga eceng gondok (*eichhornia crassipes*) dan apu apu (*pistia stratiotes*) dapat menyerap logam berat Cu dan Zn yang dianalisis dalam jaringan tanaman (daun dan akar).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu

Riset berlokasi di rumah kaca EHS Departement PT JRBM di Kabupaten Bolmong Prov. Sulut, dengan sumber Air Limbah Pertambangan (ALP) di Pit Osela (penambangan). Sampel penelitian yaitu ALP dianalisis di laboratorium pengujian air JRBM. Analisis logam dalam tanaman dianalisis di laboratorium yang terakreditasi PT Water Laboratory Nusantara (WLN) Manado. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2020 sampai dengan Januari 2021.

### Bahan dan Peralatan yang Digunakan

Dalam riset ini menggunakan beberapa bahan yaitu air limbah pertambangan, tumbuhan air (eceng gondok dan apu apu), air untuk kontrol serta bahan untuk uji kimia dan biologi air limbah pertambangan di laboratorium. Sedangkan peralatan yang dipakai dalam riset ini adalah pH meter, 9 drum masing-masing dengan volume ALT 30 L/drum, reaktor fitoremediasi, timbangan, AAS (*Atomic Absorbtion Spectrometer*) serta seperangkat alat laboratorium untuk pengujian kandungan kimia dan biologi pada air limbah pertambangan.

### Tahapan Persiapan

- a. Pemilihan sampel eceng gondok (*eichhornia c*) dan apu apu (*pistia s*) dalam bentuk yang relatif sama.
- b. Eceng gondok (*eichhornia c*) dan apu apu (*pistia s*) harus bebas dari hama penyakit tanaman (HPT).
- c. Melakukan pengukuran nilai pH dan kandungan logam pada air limbah pertambangan serta kandungan logam Cu dan Zn dalam jaringan eceng gondok (*eichhornia c*) dan apu apu (*pistia ss*).
- d. Melakukan aklimatisasi eceng gondok (*eichhornia c*) dan apu apu (*pistia s*) selama 7 hari sebelum digunakan dalam penelitian.

### Pengumpulan Data

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan desain Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian menggunakan tanaman air dan air limbah pertambangan (ALP) sebagai perlakuan, terdiri atas 2 kelompok perlakuan yaitu eceng gondok (*eichhornia c.*), apu apu (*pistia s.*) dan ALP (Pit Osela) dan 1 kelompok kontrol ALP

(Pit Osela) tanpa tanaman uji dengan 3 kali pengulangan. Aplikasi per-lakuan adalah sebagai berikut:

- a. ALP (Pit Osela) tanpa tanaman uji (kontrol) [t01]
- b. ALP (Pit Osela) + eceng gondok [t1]
- c. ALP (Pit Osela) + apu apu [t2]

Setiap perlakuan diletakkan ke dalam drum percobaan yang telah berisi media ALP. Selain kelompok perlakuan, kelompok kontrol juga akan diletakkan dalam drum tanpa ada tanaman airnya. Kelompok perlakuan tersebut termasuk kelompok kontrol akan diulang sebanyak 3 kali pengulangan. Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak 3 kali selama 38 hari yaitu pada hari ke-0, hari ke-17, dan hari ke-38, sedangkan untuk sampel tanaman diambil 3 kali dengan total sampel sebanyak 10 sampel selama 38 hari yaitu pada hari ke-0 berjumlah 2 sampel, pada hari ke-24 berjumlah 4 sampel dan pada hari ke-38 berjumlah 4 sampel. Sampel ALP dianalisis berdasarkan kadar tembaga (Cu), kadar zinc (Zn) dan nilai pH. Standard operasional prosedur (SOP) dalam pengukuran Cu, Zn dan pH pada sampel air menggunakan referensi atau rujukan SNI (Tabel 2).

**Tabel 2. Metode Pengujian Parameter**

Pengujian	Metode	Alat yang Digunakan
pH	SNI: 6989.11-2004	pH meter
Kadar Cu	SNI: 6989.6.2004	AAS
Kadar Zn	SNI: 6989.7.2004	AAS

Percobaan berlangsung selama 45 hari. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Cu, Zn dan pH Air Limbah Pertambangan (ALP)

#### Kadungan Cu

Cuprum atau tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang banyak ditemukan pada air limbah pertambangan. Hasil pemeriksaan kadar Cu Air Limbah Pertambangan (ALP) di Pit Osela (area penambangan) dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Kandungan Cu Pada Air Limbah Pertambangan Di Pit Osela (Area Pertambangan)**

Waktu pengambilan hari ke	Kandungan Cu (mg/l)			Baku Mutu Lingkungan (BML)
	Eceng Gondok Pit (EGP)	Apu Apu Pit (AAP)	Kelompok Kontrol	
1	8,57	8,57	8,57	2 mg/l
2	0,13	0,13	8,56	
3	0,11	0,12	8,51	

Sumber : Diolah dari Data Primer, 2022

Kandungan Cu pada air limbah pertambangan di Pit Osela (area penambangan) kondisi awal Cu sebesar 15.59 mg/l, setelah diberikan tanaman air yaitu eceng gondok pada hari pertama pengambilan sampel yaitu 8.57 mg/l, hari kedua (setelah 7 hari) 0.13 mg/l dan hari ketiga (setelah 38 hari) 0.11 mg/l, kelompok apu apu hari pertama 8.57 mg/l, hari kedua 0.13 mg/l dan hari ketiga menurun menjadi 0.12 mg/l. Penurunan konsentrasi Cu oleh eceng gondok mulai dari 7.02 mg/l hingga 15.48 mg/l dengan efektifitas 45% hingga 99.3% dan penurunan konsentrasi Cu oleh apu apu mulai dari 7.02 mg/l hingga 15.47 mg/l dengan efektifitas 45% hingga 99.2%.

Pada kelompok kontrol pada hari pertama 8.57 mg/l, hari kedua menjadi 8.56 mg/l (setelah 1 hari) dan menurun menjadi 8,51 mg/l (setelah 2 hari). Hal ini menunjukkan bahwa laju penurunan konsentrasi Cu jauh lebih cepat dengan menggunakan tanaman air daripada tanpa tanaman air. Tanpa tanaman air, konsentrasi Cu di bak kontrol tidak dapat memenuhi baku mutu lingkungan (BML) 2 mg/l sampai pada waktu pengambilan sampel ke-3.

Pada penelitian ini terlihat adanya penurunan konsentrasi Cu yang signifikan, dimana penurunan konsentrasi Cu di Pit Osela yang diberikan eceng gondok mulai dari 7.02 mg/l hingga 15.48 mg/l (45% mg/l hingga 99.3%). Rendahnya konsentrasi Cu pada perlakuan kelompok eceng gondok disebabkan oleh sebagian Cu telah diserap oleh tanaman tersebut. Penurunan konsentrasi Cu dari hari pertama pengambilan data terlihat trend penurunan hingga penurunan Cu memenuhi Batas Mutu Lingkungan (BML) yaitu < 2 mg/l. Konsentrasi Cu pada Pit Osela (area penambangan) awal adalah 15.59 mg/L. Jika dilihat dari angka penurunannya dapat dikatakan bahwa eceng gondok dapat menurunkan kandungan Cu pada air limbah pertambangan di Pit Osela (area penambangan) sampai 0.11 mg/l

dengan efektifitas yang sangat tinggi (99.3%). Pada penelitian Dwijayanti N, P, A dkk (2016), eceng gondok dapat menurunkan kadar Cu pada limbah air laboratorium pengolahan dengan efektifitas penurunan sebesar 68.73%.

Efektivitas penyerapan Cu yang sangat tinggi dapat dipengaruhi oleh adanya reduksi logam Cu terlarut oleh mikroba *rhizosfera* yang terdapat pada akar eceng gondok dengan cara mikroba *rhizosfera* pada akar eceng gondok akan menyerap Cu yang terdapat pada perairan dan sedimen kemudian mengakumulasi bahan terlarut tersebut ke dalam struktur tubuhnya. Selain itu juga Cu organik akan diubah menjadi Cu anorganik oleh mikroba tersebut kemudian diserap oleh akar dan digunakan sebagai kofaktor (*metalloenzim*) dari enzim *plastosianin* yang berguna dalam proses *fotosintesis* yaitu merangsang pembelahan sel eceng gondok. (Setyowati dkk, 2015).

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan air menurut Mahmud dkk (2015) terbagi atas tiga proses yaitu (1) *fitosiderofor* yaitu proses penyerapan oleh *rizosfer* lewat pembentukan suatu zat khelat yang akan mengikat logam berat kemudian membawanya ke sel akar. Agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus di bawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan beberapa cara tergantung pada jenis tumbuhannya, (2) *translokasi* yaitu proses perpindahan logam oleh jaringan pengangkut *xylem* dan *floem* dari *radix* ke bagian tumbuhan, (3) *lokalisasi* logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga proses metabolisme pada tanaman tersebut tidak terhambat. Logam Cu merupakan mikronutrien yang diperlukan oleh tanaman air eceng gondok dalam proses metabolismenya (Irhamni dkk, 2015). Kemampuan eceng gondok dalam menyerap pencemar (polutan) disebabkan oleh akarnya yang bercabang-cabang halus, yang digunakan oleh mikroorganisme sebagai tempat pertumbuhan.

Apu apu atau kayu apu dapat menyerap kandungan Cu pada ALP. Dalam penelitian ini didapatkan hasil penyerapan konsentrasi Cu pada Pit Osela (area penambangan) mulai dari 8.57 mg/l hingga 0.12 mg/l. Efektifitas penurunan konsentrasi Cu pada Pit Osela mulai

dari 7.02 mg/l hingga 15.47 mg/l (45% hingga 99.2%). Hasil yang sama juga didapatkan pada penelitian Raras dkk (2015) menyebutkan bahwa tumbuhan air apu apu mampu menyerap logam Cu pada air tercemar selama pengukuran 4 minggu yaitu sebesar 4.18 ppm, 4,48 ppm, 3.75 ppm dan 2.53 ppm. Apu apu tumbuhnya mengapung pada air dengan akar akarnya yang menggantung terendam di bawah bagian daunnya mengambang. Dari berbagai penelitian membuktikan apu apu dapat menurunkan kadar logam berat termasuk diantaranya Cu pada air limbah. Penelitian Barorah dkk (2018) diketahui bahwa tumbuhan akuatik apu apu dapat menurunkan kandungan Cu secara efektif yaitu Cu 2 ppm sebesar 94% dan Cu 5 ppm sebesar 90%. Hal ini terjadi karena apu apu termasuk tanaman hiperakumulator yang dapat menyerap logam berat pada akarnya. Semakin banyak tanaman apu apu yang dipakai maka akan semakin besar pula penyerapannya. Penyerapan akan terjadi dimana ion ion tembaga akan masuk melalui akar tumbuhan secara radial. Mekanisme masuknya ion logam secara radial, mula mula ion yang terlarut bersama air menembus epidermis akar kemudian translokasi logam berat dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam berat pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme suatu tumbuhan.

### Kandungan Zn

Untuk kandungan Zn pada limbah air pertambangan di *Pit Osela* (area penambangan) setelah diberikan tanaman air yaitu eceng gondok dan kayu apu dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Kandungan Zn Pada Air Limbah Pertambangan Di Pit Osela (Area Penambangan)

Waktu pengambilan hari ke	Konsentrasi Zn (mg/l)			Baku Mutu Lingkungan (BML)
	Eceng Gondok Pit (EGP)	Apu Apu Pit (AAP)	Kelompok Kontrol	
1	7,01	7,01	7.01	5 mg/l
2	0,07	0,07	7.02	
3	0,00	0,00	7.01	

Sumber : Diolah dari Data Primer, 2022

Tabel 4 menunjukkan konsentrasi Zn pada air limbah pertambangan di Pit Osela (area penambangan), konsentrasi awal Zn 7.03 mg/l. Perlakuan dengan eceng gondok, Zn pada hari pertama yaitu 7.01 mg/l, setelah 7 hari terjadi penurunan konsentrasi Zn menjadi 0.07 mg/l,

dan pada hari ketiga menjadi 0,00 mg/l. Trend yang sama terjadi juga untuk perlakuan dengan tanaman apu-apu. Penurunan konsentrasi Zn dengan perlakuan tanaman setelah beberapa waktu akhirnya air limbah tersebut dapat memenuhi baku mutu lingkungan (BML) 5 mg/l. Jika dibandingkan dengan konsentrasi awal Zn di Pit Osela yaitu 7.03 mg/l maka konsentrasi Zn yang diberikan eceng gondok maupun apu apu terjadi penurunan mulai 0,02 hingga 7.03 dengan efektifitas mulai dari 0.28% hingga 100%.

Untuk kelompok kontrol yang tidak diberikan tanaman air, kandungan Zn hari pertama 7.01 mg/l, hari kedua 7.02 mg/l (setelah 1 hari) dan menurun menjadi 7.01 mg/l setelah 2 hari). Hal ini menunjukkan bahwa laju penurunan konsentrasi Zn jauh lebih cepat dengan menggunakan tanaman air daripada tanpa tanaman air. Tanpa tanaman air, konsentrasi Zn di bak kontrol tidak dapat memenuhi baku mutu lingkungan (BML) 5 mg/l sampai pada waktu pengambilan sampel ke-3.

Eceng gondok (*eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan air yang memiliki sifat akumulatif dalam penyerapan logam sehingga sering dimanfaatkan untuk mengurangi zat pencemar pada air limbah termasuk air limbah pertambangan. Salah satu zat pencemar dari logam berat adalah zink (Zn). Logam zink/seng dengan berbagai macam bentuk persenyawaannya dapat masuk dan mencemari lingkungan. Pencemaran logam ini sebagai bentuk samping dari aktivitas manusia antara lain pertambangan. Pada penelitian ini didapatkan hasil adanya penurunan konsentrasi zink secara signifikan pada kelompok perlakuan Eceng Gondok. Penurunan konsentrasi zink setelah pemberian eceng gondok pada Pit Osela yaitu 0.02 mg/l hingga 7.03 mg/l (0.28% hingga 100%).

Kemampuan menyerap logam yang tinggi pada eceng gondok dimungkinkan karena penyerapan yang terjadi dalam dua cara yaitu secara aktif dan pasif (Puspita, dkk.,2011). Penyerapan secara aktif melalui metabolisme tanaman dan secara pasif menggunakan gugus fungsional dalam jaringan tanaman. Penyerapan aktif tergantung pada anion dan kation yang terdapat pada tumbuhan. Proses inilah yang

melibatkan zat khelat yang terdapat pada akar sehingga ion logam dapat terserap. Eceng gondok akan mendepositkan logam berat ke dinding sel dalam vakuola dan berikatan dengan senyawa organik lainnya. Struktur spons yang dimiliki oleh eceng gondok juga mampu menyerap unsur-unsur pencemar dalam air limbah (Puspita dkk, 2011).

Tanaman apu apu termasuk diantara makrofit air tawar yang paling produktif di dunia dengan sifatnya yang toleran atau peka terhadap *kontaminan* (zat penyebab kontaminasi) pada air, serta kandungan nutrien yang tinggi yang berasal dari air limbah industri atau air limbah tercemar lainnya. Tanaman kayu apu atau apu apu merupakan jenis tanaman air *fitoremediator* yang memiliki potensi mengolah limbah baik limbah dari mineral logam berat, zat organik maupun zat anorganik. Tanaman ini sering dijumpai diperairan yang tenang seperti kolam. Tanaman air ini memiliki potensi yang besar dalam mengabsorpsi logam berat antara lain ferrum, zink, cuprum, crom dan cadmium tanpa menimbulkan keracunan atau toksisitas yang lain (Izzah dkk, 2017). Sebagai jenis tanaman air *fitoremediator*, apu apu dapat menurunkan kadar Zink dalam air limbah pertambangan. Hal ini dapat dilihat pada hasil penelitian yang diperoleh dimana kadar Zn pada air limbah pertambangan baik pada pit osela (penambangan) rata rata adalah 2.36 mg/l.

Penyerapan ion logam berat oleh tumbuhan air apu apu dipengaruhi oleh 3 faktor yaitu tekanan akar, kapilaristas dan transpirasi. Zn mudah diserap dalam makrofit termasuk oleh apu apu karena Zn termasuk nutrien yang sangat dibutuhkan oleh tumbuhan air, bersifat esensial agar pertumbuhannya menjadi sehat. Menurut Ugya (2015) tanaman apu apu merupakan agen efektif dalam mengurangi dan menghilangkan berbagai logam berat seperti Hg, Cd, Mn, Ag, Pb dan Zn di sungai Romi, Nigeria.

### **Konsentrasi pH**

Konsentrasi pH pada air limbah pertambangan di Pit Osela (area penambangan), konsentrasi awal pH di Site Bakan 3.03, pH pada hari pertama yaitu 3.32, hari kedua 7.38, dan pada hari ketiga meningkat menjadi 7.78. Trend yang sama

terjadi juga untuk perlakuan dengan tanaman apu-apu. Konsentrasi awal pH 3.03, hari pertama pH 3.32, hingga akhirnya terjadi peningkatan menjadi 7.89. Peningkatan konsentrasi pH dengan perlakuan tanaman air setelah beberapa waktu akhirnya air limbah tersebut dapat memenuhi baku mutu lingkungan (BML) 6-9.

Tabel 5. Konsentrasi pH Pada Air Limbah Pertambangan Di Pit Osela (Area Penambangan)

Waktu pengambilan hari ke	Konsentrasi pH			Baku Mutu Lingkungan (BML)
	Eceng Gondok Pit (EGP)	Kayu Apu Pit (KAP)	Kelompok Kontrol	
1	3,32	3,32	3.30	
2	7,38	7,45	3.30	6-9
3	7,78	7,89	3.30	

Sumber : Diolah dari Data Primer, 2022

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah. Menurut Effendi (2003), pH < 4 sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. pH pada pit osela/penambangan sebelum diberikan eceng gondok adalah 3.03 sehingga pada penelitian ini digunakan eceng gondok dan apu apu untuk mengolah air limbah pertambangan. Syarat pertumbuhan yang optimum bagi eceng gondok adalah air yang dangkal, ruang tumbuh luas, air tenang, cukup cahaya matahari, suhu antara 20-30°C, cukup unsur hara, dan pH antara 7-7,5. Eceng gondok merupakan tumbuhan yang sangat toleran terhadap kadar unsur hara yang rendah dalam air, tetapi respon terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga sangat besar. Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh pH. Pada pH sekitar 7,0-7,5, eceng gondok mempunyai pertumbuhan yang lebih baik. Pada pH di bawah 4,2 dapat meracuni pertumbuhan eceng gondok, sehingga eceng gondok mati (Ratnani RD, Hartati, Kurniasari L, 2011).

Apu apu tumbuh optimum pada suhu berkisar antara 20-30 C dan pH antara 6,0-7,5. Pertumbuhan dari tumbuhan ini cukup mudah, yaitu setelah cukup dewasa, dari ketiak daun muncul batang kecil yang tumbuh menjulur dan pada ujungnya muncul anak kiapu. Anak kiapu ini memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru. Eceng gondok dan

apu apu dapat meningkatkan kadar pH pada air limbah pertambangan. Dalam hasil penelitian ini terlihat adanya peningkatan pH pada pit osela (penambangan) sebelumnya yaitu 3.03, eceng gondok terjadi peningkatan dari 0.29 hingga 4,74 dengan efektifitas peningkatan mulai dari 9.6% sampai 156% dan apu apu terjadi peningkatan konsentrasi dari 0.29 hingga 4.86 dengan efektifitas peningkatan mulai dari 9.6% hingga 160%. Pada dasarnya tumbuhan air baik eceng gondok maupun apu apu dapat menaikkan pH. Penelitian yang dilakukan oleh Yuwono B.S dkk (2018), tumbuhan air dapat menaikkan pH dan menurunkan COD, BOD, TSS, amoniak, minyak limbah domestic. Tumbuhan air eceng gondok dapat menaikkan pH dari 6.21 menjadi 7.11 pada hari ke4 obesrvasi dan 7.21 pada hari ke 8 observasi. Kayu apu dapat menaikkan pH pada hari ke 4 observasi dari 6.21 menjadi 7.20 dan hari ke 8 menjadi 7.38. Sebaliknya penggunaan bersama 2 jenis gulma yaitu eceng gondok dan apu apu dapat menaikkan pH pada hari ke 4 sebesar 7.26 dan hari ke 8 sebesar 7.42.

Perubahan nilai pH disebabkan karena adanya proses fotosintesis oleh tumbuhan. Eceng gondok dan apu apu dapat berfotosintesis. Pada proses fotosintesis, oksigen terlarut pada media tanam akan ditransfer ke akar tumbuhan. Hal ini menyebabkan tingginya CO<sub>2</sub>, sehingga CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan tumbuhan pada proses fotosintesis. Meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah kanan yang berarti terjadi pengurangan ion H<sup>+</sup> sehingga terjadi peningkatan nilai pH. Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi tumbuhan air. Fotosintesis memerlukan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang oleh komponen autotrof akan dirubah menjadi monosakarida. Penurunan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) akan meningkatkan pH perairan.

### Pengaruh Penyerapan Eceng Gondok dan Apu-Apu Terhadap Konsentrasi Cu dan Zn

#### Konsentrasi Cu Pada Akar dan Daun Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia c*) dan Apu Apu (*Pistia stratiotes*)

Hasil analisa Cu dalam jaringan tanaman dapat dilihat pada Tabel 6. Kandungan Cu dalam jaringan tanaman sebelum percobaan menunjukkan bahwa logam Cu pada jaringan tanaman baik akar maupun daun tanaman eceng gondok dan apu apu sangat kecil.

Tabel 6. Penyerapan Konsentrasi Cu Oleh Eceng Gondok Dan Apu Apu Pada Jaringan Tanaman (Daun Dan Akar)

Hari ke	Kandungan Cu			
	Eceng Gondok Pit		Apu Apu Pit	
	Daun	Akar	Daun	Akar
1	0.60	1.50	0.90	1.30
2	1.10	2.70	17.10	6.20
3	0.60	1.20	1.50	13.50

Keterangan : t/a = tidak ada. Batas minimum kadar Cu yang dapat dideteksi adalah 0.5  
 Sumber : Diolah dari Data Primer, 2022

Kandungan Cu dalam jaringan pada kelompok eceng gondok yaitu daun berada pada nilai 0.60 - 1.10 mg/kg dengan rata rata 0.85 mg/kg, akar berada pada nilai 1,20-2,70 mg/kg dengan rata rata 1.95 mg/kg jika dibandingkan dengan kandungan Cu pada daun sebelum perlakuan yaitu 0.60 mg/kg dan akar 1.50 mg/kg maka terjadi peningkatan kandungan Cu pada daun untuk kelompok perlakuan eceng gondok sebesar 41.7% dan akar sebesar 30%. Pada kelompok apu apu konsentrasi Cu pada daun berkisar 1.50-17.10 mg/kg dengan rata rata 9.3 mg/kg sedangkan kandungan Cu pada akar berada pada nilai 6.20-13.50 mg/kg dengan rata rata 9.85 mg/kg bila dibandingkan dengan kandungan Cu pada daun sebelum perlakuan yaitu 0.90 mg/kg dan akar 1.30 mg/kg maka terjadi peningkatan kadar Cu pada jaringan yaitu daun untuk kelompok perlakuan apu apu sebesar 933% (diatas 100% atau sekitar 9.3 kali lipat dari kadar Cu awal sebelum perlakuan) dan akar sebesar 657.7%. atau sekitar 6.5 kali dari kadar Cu awal).

Jika dilihat dari peningkatan kandungan Cu pada jaringan maka kandungan Cu tertinggi terdapat pada perlakuan Apu apu di bagian daun. Tingginya kadar Cu di daun menunjukkan bahwa kayu apu/apu apu memiliki kemampuan menyerap logam (Cu) lebih baik. Konsentrasi Cu dalam apu apu lebih besar pada daun daripada dalam akar dikarenakan daunnya berupa karangan dan memiliki akar yang kecil sehingga logam langsung ditranslokasikan pada daun. Apu apu merupakan tanaman air yang memiliki potensi menyerap limbah pada pertambangan. Tumbuhan ini dapat menyerap limbah cair dan dapat beradaptasi secara mudah terhadap kondisi lingkungan dengan salinitas rendah <10%. Apu apu (*pistia stratiotes*) tingkat penyerapannya terhadap polutan lebih efektif dibanding tumbuhan lainnya. Tingkat daya serap

terhadap logam berat lebih tinggi pada saat umur tumbuhan ini muda berbanding tumbuhan yang telah berumur sangat tua. Apu apu mengandung fitokelatin yaitu suatu protein yang terdiri dari atom belerang pada sistein yang berfungsi untuk mengikat logam berat selanjutnya bila logam berat masuk ke dalam tanaman, maka akan dikelat oleh suatu protein yang ada dalam akar kemudian disimpan sebagian ke daun.

**Konsentrasi Zn Pada Akar dan Daun Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia c*) dan Apu Apu (*Pistia s*)**

Kandungan Zn dalam jaringan pada kelompok eceng gondok yaitu daun berada pada nilai 1.60-1.80 mg/kg dengan rata rata 1.70 mg/kg, akar berada pada nilai 1,40-3.80 mg/kg dengan rata rata 2.60 mg/kg. Jika dibandingkan dengan kadar Zn pada daun sebelum perlakuan yaitu 2.10 mg/kg dan akar 4.70 mg/kg maka terjadi peningkatan kandungan Zn pada daun untuk kelompok perlakuan eceng gondok sebesar 19.04% dan akar sebesar 44.70%. Pada kelompok apu apu kadar Zn pada daun berkisar 6.00-40.10 mg/kg dengan rata rata 23.05 mg/kg sedangkan kadar Zn pada akar berada pada nilai 13.80-40.90 mg/kg dengan rata rata 27.35 mg/kg bila dibandingkan dengan kadar Zn pada daun sebelum perlakuan yaitu 9.90 mg/kg dan akar 84.10 mg/k maka terjadi peningkatan kadar Zn pada jaringan yaitu daun untuk kelompok sebesar 133% dan akar sebesar 67.3%.

Tabel 7. Penyerapan Konsentrasi Zn Oleh Eceng Gondok Dan Apu Apu Pada Jaringan Tanaman (Daun Dan Akar)

Hari ke	Kandungan Zn			
	Eceng Gondok Pit		Apu Apu Pit	
	Daun	Akar	Daun	Akar
1	2,10	4,70	9,90	84,10
2	1,80	3,80	40,10	13,80
3	1,60	1,40	6,00	40,90

Keterangan : t/a = tidak ada. Batas minimum kadar Zn yang dapat dideteksi adalah 0.5.  
 Sumber : Diolah dari Data Primer, 2022

Tingginya kadar Zn pada akar menunjukkan bahwa kemampuan apu apu sebagai tanaman air yang dapat melakukan fitoremediasi menyerap logam dari air limbah pertambangan lebih baik dibandingkan dengan tanaman eceng gondok. Apu apu merupakan tanaman air yang dapat mengakumulasi logam bukan hanya di bagian daun tapi juga di bagian



akar. Cara penyerapan logam berat di bagian akar dengan cara *rizofiltrasi*. *Rizofiltrasi* merupakan cara penghilangan kontaminan di air oleh akar tanaman melalui absorpsi diikuti penyimpanan logam di dalam akar. Akumulasi dan distribusi logam di bagian akar sangat dikaitkan dengan mekanisme *kompartmentalisasi*, sehingga mencegah transport logam ke bagian pucuk. Pertumbuhan akar yang baik dapat memberikan keuntungan kepada kegiatan fitoremediasi karena akar lebih banyak menyerap logam.

Pengangkutan air dan garam-garam mineral dilakukan melalui penyerapan oleh sel-sel akar. Setelah melewati sel-sel akar, yang terlarut akan masuk ke xylem dan selanjutnya terjadi pengangkutan secara vertikal dari akar menuju batang sampai ke daun, kemudian dibawa ke seluruh bagian tumbuhan oleh jaringan tanaman yaitu floem. Akibatnya berat basah tanaman meningkat, konsentrasi logam berat Zn pada air menurun dan konsentrasi logam berat Zn pada tanaman juga semakin meningkat. Tingginya akumulasi logam di akar disebabkan tumbuhan menyerap unsur hara beserta logam yang ada dari air melalui akar. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur-unsur hara ke bagian lain. Sehubungan dengan fungsi tersebut maka akar akan banyak menyerap unsur hara sehingga akumulasi logam akan lebih tinggi di akar dibandingkan dengan batang dan daun. (Hasyim, NA, 2016).

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Kandungan Cu, Zn dan pH pada air limbah pertambangan, yaitu:

Konsentrasi Cu pada ALP Pit Osela (area penambangan) kondisi awal sebesar 15.59 mg/l. setelah diberikan eceng gondok hari pertama yaitu 8,57 mg/l, hari kedua 0.13 mg/l, dan hari ketiga 0,11 mg/l. Penurunan konsentrasi Cu oleh eceng gondok mulai dari 7.02 mg/l hingga 15.48 mg/l dengan efektifitas 45% hingga 99.3%. Konsentrasi Cu setelah diberikan apu apu hari pertama yaitu 8,57 mg/l, setelah 7 hari menjadi 0.13 mg/l, dan hari ketiga (38 hari) menjadi 0,12 mg/l. Konsentrasi Cu pada kelompok kontrol hari pertama 8.57 mg/l, hari kedua 8.56 mg/l dan hari ketiga menjadi 8,51 mg/l. Konsentrasi Zn pada

ALP di Pit Osela (area penambangan) kondisi awal sebesar 7.03 mg/l, setelah diberikan eceng gondok dan apu apu pada hari pertama yaitu 7.01 mg/l, hari kedua 0.07 mg/l, dan hari ketiga menjadi 0,00 mg/l. Penurunan konsentrasi Zn oleh eceng gondok dan apu apu mulai dari 0,02 hingga 7.03 dengan efektifitas mulai dari 0.28% hingga 100%. Konsentrasi Zn pada kelompok kontrol hari pertama 7.01 mg/l, hari kedua menjadi 7.02 mg/l dan hari ketiga menjadi 7.01 mg/l. Konsentrasi pH pada ALP di Pit Osela (area penambangan) kondisi awal sebesar 3.03. Perlakuan kelompok eceng gondok hari pertama yaitu 3.32, hari kedua 7.38, dan pada hari ketiga meningkat menjadi 7.78. konsentrasi pH pada kelompok apu apu, konsentrasi awal pH 3.03, hari pertama pH 3.32, hingga akhirnya terjadi peningkatan menjadi 7.89. Peningkatan konsentrasi pH dengan perlakuan tanaman air setelah beberapa waktu akhirnya air limbah dapat memenuhi baku mutu lingkungan (BML) 6-9. Jika dibandingkan dengan konsentrasi awal pH di Pit Osela yaitu 3.03 maka konsentrasi pH yang diberikan eceng gondok terjadi peningkatan dari 0.29 hingga 4,74 (efektifitas 9.6% sampai 156%) dan apu apu terjadi peningkatan konsentrasi dari 0.29 hingga 4.86 (efektifitas dari 9.6% hingga 160%). Kelompok kontrol yang tidak diberikan tanaman air. Konsentrasi awal pH 3.03, pH hari pertama 3.30, hari kedua dan ketiga konsentrasinya sama yaitu 3.30. Ada pengaruh penyerapan eceng gondok dan apu apu pada kandungan Cu dan Zn di jaringan tanaman (daun dan akar).

2. Eceng gondok dan apu apu dapat memberikan pengaruh terhadap penyerapan Cu dan Zn pada jaringan tanaman yaitu pada daun dan akar.

### Saran

Pengolahan air limbah pertambangan dapat memanfaatkan tumbuhan air (eceng gondok dan apu apu) serta tumbuhan air lainnya untuk menghasilkan air limbah yang aman terhadap lingkungan. Perlu ada penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan eceng gondok dan apu apu dalam pengolahan air limbah pertambangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baroroh F, Handayanto E, Irwanto, 2018. Fitoremediasi air tercemar Tembaga (Cu) menggunakan *Salvinia Molesta* dan *Pistia Stratiotes* serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman *Brassica Rapa* Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan. Volume 5. No 1. Hal 689-690.
- Dwijayanti, N. P. A., I. E. Suprihatin., D. Putra, 2016. Fitoekstraksi Cu, Cr, dan Pb Limbah Tekstil dengan Tumbuhan Kiambang (*Pistia stratiotes* L). *Jurnal Kimia* 10 (2): 275-280.
- Fajrin, AM. 2006. Pemanfaatan Kompos Limbah Kulit Kayu dalam Pengolahan Air Asam Tambang dengan Menggunakan Metode Successive Alkalinity Producing System (SAPS). [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hasyim, N.A. (2016). *Potensi Fitoremediasi Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Dalam Mereduksi Logam Berat Seng (Zn) Dari Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo*. UIN Alauddin.
- Herniwanti, Priatmadi JB, Yanuwiadi B, Soemarno. 2014. *Water Plants Characteristic for Phytoremediation of Acid Mine Drainage Passive Treatment*. *Inter J Basic Applied Sci* 13 (06) : 14-20.
- Irhamni., Setiaty P., Edison P., Wirsal H. 2015. Kajian Akumulator Beberapa Tanaman Air dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal*. FKM Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Izzah, I., Supriatno, & Wardiah. (2017). *Kiambang (Pistia Stratiotes) Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Krom (Cr)*.
- Mahmud, M., Fitryane Lihawa, Ishak Isam Indriaty M Patuti. 2015. Fitoremediasi sebagai Alternatif Pengurangan Limbah Merkuri Akibat Penambangan Emas Tradisional di Ekosistem Sungai Tulabolo Kabupaten Bone Bolango. *Jurnal*. Universitas Negeri Gorontalo.
- Puspita, UR, A. S. Siregar dan N. V. Hidayanti. 2011. Kemampuan Tumbuhan Air sebagai Agen Fitoremediator Logam Berat Kromium (Cr) yang terdapat pada Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Penelitian Berkala Perikanan Terubuk*, Vol. 39 No. 1. Himpunan Alumni Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau.
- Rahmawaty. 2002. Restorasi lahan bekas tambang berdasarkan kaidah ekologi. [skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Raras, D.P., Yusuf, B. dan Alimuddin. 2015. Analisis Kandungan Ion Logam Berat (Fe, Cd, Cu dan Pb) pada Tanaman Apu-Apu (*Pistia stratiotes*) dengan Menggunakan Variasi Waktu. *Prosiding Seminar Tugas Akhir FMIPA UNMUL* ISBN:978-602-72658-0-6.
- Ratnani Rd, Hartati , Kurniasari L, 2011 Pemanfaatan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Untuk Menurunkan Kandungan Cod(Chemical Oxygen Demond), Ph, Bau, Dan Warna Pada Limbah Cair Tahu. Vol 7 No 1
- Rondonuwu, SB. 2014. Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains* 14(1) : 52-59.
- Setyowati, S., Nanik H.S., Erry W. 2015. Kandungan Logam Tembaga (Cu) dalam Eceng Gondok (*Eichornia crasipes*) Perairan dan Sedimen Berdasarkan Tata Guna Lahan di Sekitar Sungai Banger Pekalongan. *Bioma*, 7 (1): ISSN 1410-8801
- Sidauruk, L dan Sipayung , P. 2015. Fitoremediasi Lahan Tercemar Di Kawasan Indusrti Medan Dengan Tanaman Hias. *Jurnal Pertanian Tropik* 2 (2):178-186.
- Ugya A, Y, Imam T, Sand Tahir Salisu M, 2015. The Use of *P. Stratiotes* To Remove some heavy metal from Romi Stream. Case Study Of Kaduna Refinery And Petrochemical company polluted stream. *IOSR jurnal of environmental science, toxicology and food technology (IOSR JESTFT)* vol 9 no 11.