

**PENGARUH PENAMBAHAN LOGAM Zn PADA SERAPAN LOGAM Cu OLEH TANAMAN KIAPU (*PISTIA STRATIOTES L*) PADA AIR****INFLUENCE OF ADDITION METAL Zn TO Cu ABSORPTION BY KIAPU (*Pistia Stratiotes L*) PLANT IN WATER****Tania Pramadewi Busran<sup>1</sup> dan Indah Rachmatiah<sup>2</sup>**Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan  
Institut Teknologi Bandung<sup>1</sup>tania.pramadewi@gmail.com@yahoo.co.id dan <sup>2</sup>indahrssi@tl.itb.ac.id

**Abstrak:** Fitoremediasi merupakan salah satu metode penggunaan tanaman hijau yang bekerja sama dengan mikroorganisme tertentu untuk membersihkan zat kontaminan atau membuat jadi berkurang atau tidak berbahaya. Teknik fitoremediasi merupakan pengolahan secara *in situ*, yaitu pengolahan yang langsung dilakukan di area yang terkontaminasi. Teknik ini sangat cocok untuk membersihkan area yang terkontaminasi dengan limbah organik, nutrient, atau logam berat berbahaya. Kiapu (*Pistia Stratiotes*) merupakan salah satu tumbuhan yang hidupnya mengapung pada permukaan air. Tanaman ini dapat hidup di daerah tropis, sub tropis dan daerah yang bertemperatur hangat di seluruh dunia. Biasanya tanaman ini banyak dijumpai di sawah, sungai, dan saluran air. Pada penelitian ini akan diuji kemampuan tanaman kiapu dalam menyerap logam Cu dan Zn yang mencemari sistem perairan tawar khususnya pada kegiatan jarring apung. Kadar logam Cu dan Zn yang terserap oleh kiapu ini diukur dengan metodologi dan teknik-teknik yang telah ada meliputi ekstraksi air, ekstraksi tanaman berupa akar dan daun, dan pengukuran kadar logam Cu dan Zn sampel dengan spektrometer Gamma. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan logam Zn pada penyerapan logam Cu di oleh tanaman kiapu. Serta mengetahui perbandingan penurunan konsentrasi campuran Cu dan Zn dengan Cu saja di dalam air serta perbandingan penyerapan konsentrasi campuran Cu dan Zn dengan Cu saja oleh tanaman kiapu. Hasil dari penelitian ini adalah dibuktikan bahwa tanaman kiapu dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediator karena memiliki nilai faktor biokonsentrasi > 1 ml/gram.

**Kata kunci :** Fitoremediasi, faktor biokonsentrasi, ekstraksi.

**Abstract:** Phytoremediation is one method of use green plants that work with certain microorganisms to clean up substances or contaminants or do not make it less dangerous. Phytoremediation is the *in situ* processing technique, which direct processing performed in the contaminated area. This technique is very suitable for cleaning areas contaminated by organic waste, nutrients, or dangerous heavy metals. Kiapu (*Pistia stratiotes*) is a plant which life is floating on water surface. These plants can live in tropical, sub tropical and warm temperature regions around the world. Usually these plants are commonly found in rice fields, rivers and waterways. This research will test the ability of kiapu to absorb Cu and Zn metals that contaminate freshwater systems, especially on floating nets activities. Metal content of Cu and Zn absorbed by this kiapu measured by the methodology and techniques that already exist include water extraction, extraction of roots and leaves of plants, and measuring the metal content of Cu and Zn samples with gamma spectrometer. The purpose of this study is to determine the effect of Zn on Cu absorption by kiapu. and reveal the comparative decline in the concentration of the mixture of Cu and Zn with Cu only in the water and the absorption ratio of mixture of Cu and Zn with Cu kiapu only by plants. The results of this research is proven that plants can be used as a plant kiapu phytoremediator because it has a bioconcentration factor values > 1 ml / gram.

## 1. PENDAHULUAN

Waduk Cirata merupakan salah satu pembangkit listrik yang dibangun untuk dapat menghasilkan daya listrik terpasang sebesar 1008 MW atau energi pertahunnya 1,426 GW jam sebagai pemasok tenaga listrik Jawa dan Bali. Waduk Cirata memanfaatkan air Sungai Citarum dan meliputi tiga wilayah yaitu Kabupaten Bandung, Cianjur, dan Purwakarta.

Dalam fungsinya sebagai PLTA, kegiatan di waduk ini tidak tertutup hanya pada penyediaan listrik saja tetapi banyak kegiatan/aktivitas lainnya seperti perikanan, lalu lintas, pertanian, pariwisata, dan kegiatan perekonomian lainnya. Kegiatan yang banyak dilakukan di Waduk Cirata ialah budidaya perikanan dengan menggunakan Keramba Jaring Apung (KJA). Keramba Jaring Apung merupakan aktivitas usaha budidaya perikanan di waduk yang dimanfaatkan sebagai pendapatan bagi penduduk.

Pencemaran lingkungan merupakan masalah yang penting untuk diselesaikan, karena menyangkut keselamatan, kesehatan, dan kehidupan. Salah satu permasalahan pencemaran lingkungan yang harus diselesaikan adalah pencemaran logam berat.

Di perairan tawar banyak ditemukan atau terkandung pencemar logam berat. Kandungan logam berat pada waduk akan muncul seiring dengan peningkatan aktivitas industri, pertanian, domestik, pertambangan, dan polusi udara yang lama-lama akan terakumulasi. Logam berat dapat ditemukan pada batu, tanah, air, dan udara yang kemudian memasuki badan air melalui erosi ataupun kondisi cuaca. Logam berat yang terakumulasi pada perairan tawar ini akan mengakibatkan menurunnya kualitas air dan akan berpengaruh juga pada kualitas kesehatan ikan dan biota yang ada di dalamnya.

Logam berat merupakan salah satu komponen alami pada bumi yang tidak dapat didegradasi atau dihancurkan. Pada konsentrasi kecil, logam berat dapat memasuki tubuh melalui makanan, minuman, dan udara. Sebagai *trace element*, beberapa logam berat penting untuk mengatur metabolisme dalam tubuh manusia. Tetapi pada konsentrasi tinggi, logam ini berbahaya dan beracun karena cenderung mengalami bioakumulasi, yaitu kenaikan konsentrasi bahan kimia dalam organisme seiring dengan waktu, dibandingkan dengan konsentrasi di dalam lingkungan (Sutarto, 2007).

Fitoremediasi telah banyak didefinisikan sebagai penggunaan tanaman hijau tertentu sebagai akumulator yang bekerja sama dengan mikroorganisme tertentu untuk membersihkan zat kontaminan atau membuatnya jadi berkurang atau tidak berbahaya (Raskin *et al*, 1997). Teknik fitoremediasi berkembang menjadi salah satu alternatif pengolahan yang mendapat perhatian.

Keuntungan-keuntungan dari teknik fitoremediasi antara lain adalah *costeffective* untuk volume pencemar yang besar dan konsentrasi rendah, tidak membutuhkan peralatan yang rumit dan pekerja spesialis, lebih ramah lingkungan dan lainnya (Erakhrumen & Agbontalor, 2007). Ditambah dengan berkembangnya penelitian-penelitian mengenai fisiologi tumbuhan dan kemampuan yang dimilikinya, menambah daftar positif bagi fitoremediasi.

Teknik fitoremediasi pada awalnya banyak digunakan untuk mengolah bahan-bahan buangan organik maupun bahan-bahan inorganik berupa logam berbahaya dan

beracun yang mencemari lingkungan, khususnya lingkungan terrestrial dan lingkungan perairan. Sudah banyak data penelitian dan aplikasi lapangan yang menunjukkan penggunaan spesies tanaman tertentu untuk mengolah kontaminan tertentu.

Kiapu (*Pistia Stratiotes*) merupakan salah satu tumbuhan yang hidupnya mengapung pada permukaan air. Tanaman ini dapat hidup di daerah tropis, sub tropis dan daerah yang bertemperatur hangat di seluruh dunia. Biasanya tanaman ini banyak dijumpai di sawah, sungai, dan saluran air. *Pistia Stratiotes L.* (kiapu) telah secara luas dipelajari atau diteliti karena kemampuan mereka dalam penyerapan kontaminan dalam air dan selanjutnya digunakan untuk pengolahan air limbah. Oleh karena itu, kebanyakan studi ditujukan untuk menilai efisiensi removal mereka (Miretzky et al. 2004; Paris et al. 2005)

Penelitian yang ada sebelumnya yaitu penilitan untuk mengetahui bagaimana penyerapan campuran logam bercaun Cr, Ni, dan Zn oleh tanaman kiapu (M.A. Maine et al. 2009). Pada penelitian ini akan diuji kemampuan tanaman kiapu pada pengaruh penambahan logam Zn dalam penyerapan logam Cu di dalam air oleh tanaman kiapu. Kemudian hasil penelitian ini diterapkan dalam usaha menyerap logam Cu dan Zn yang mencemari sistem perairan tawar khususnya pada kegiatan jarring apung.

Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman kiapu (*Pistia Stratiotes*) dalam mereduksi logam Cu dan Zn di perairan tawar pada kegiatan jaring apung di Waduk Cirata. Pada penelitian ini juga akan mengkaji kemungkinan tanaman kiapu digunakan sebagai fitoremediator pencemaran logam *Copper* (Cu) dan *Zinc* (Zn) di lingkungan perairan. Sehingga pada akhirnya kualitas air yang tercemar bisa menjadi lebih baik.

## 2. METODOLOGI

**Aklimatisasi:** Tanaman kiapu dipilih untuk penelitian ini karena alasan kiapu mudah dicari di seluruh daerah di Indonesia. Tanaman Kiapu yang didapat dari penjual di daerah Taman Sari dibersihkan dari kotoran yang menempel pada akar dan daun. Selanjutnya, tanaman diaklimatisasi selama 10 hari dengan media tanam berupa air yang telah diaerasi untuk selanjutnya digunakan sebagai stok kultur untuk percobaan. Digunakan tanaman Kiapu sebanyak 150 buah yang tersebar pada 10 bak dengan berat rata-rata 2,543 gr, diameter rata-rata 8,672 cm dan panjang akar rata-rata 8,991 cm. Media yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu media air aerasi tanpa penambahan Cu dan Zn untuk model kontrol dan media air aerasi yang dikontaminasi Cu dan Zn untuk model tercemar. Adapun variasi kerapatan tanaman yang dilakukan ialah 30 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 1), dan 50 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 3). Konsentrasi Cu awal yang dikehendaki ialah 0,02 mg/l yang merupakan baku mutu Cu menurut PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Proses aklimatisasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah sampel tanaman Kiapu dapat tumbuh dengan baik pada kondisi lingkungan penelitian dan juga untuk membersihkan tanaman dari kandungan racun dan logam berat.

**Sampling;** Pengambilan sampel air dan sampel kiapu pada model perairan yang terkontaminasi dilakukan 7 kali dalam waktu penelitian 20 hari. Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-0, 1, 3, 5, 10,15, dan 20. Pengambilan sampel air sebanyak kurang lebih 250 ml dari delapan aquarium yang berbeda, sedangkan untuk sampel kiapu diambil 1 buah dari setiap aquarium setiap sampling. Sedangkan pada

perairan kontrol, sampling juga dilakukan 7 kali dalam waktu penelitian 20 hari dengan hari yang sama dengan pengambilan sampel terkontaminasi. Pengambilan sampel air sebanyak kurang lebih 250 ml dari dua aquarium yang berbeda, sedangkan untuk sampel kiapu diambil 1 buah dari setiap aquarium setiap sampling. Sampel sepuluh buah kiapu masing-masing dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu akar dan daun. Sebelumnya dilakukan dulu pengukuran panjang akar, diameter daun, dan jumlah daun. Sampel kiapu dimasukkan kedalam kotak dari aluminium foil, lalu ditimbang berat basahnya. Kemudian sampel tanaman dicacah dan diulek atau dihancurkan. Diukur berat daun serta akaryang telah dicacah dan dihancurkan. Setelah itu, sampel dikeringkan dengan oven selama 2 jam pada temperature 100°C. Sampel yang sudah kering ditimbang kembali untuk mendapatkan berat keringnya. Total jumlah sampel keseluruhan adalah 192 sampel. Sampel kiapu yang sudah dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu bagian akar dan daun dimasukkan ke dalam botol sampel. Botol sampel untuk sampel tanaman berukuran 30 ml dan botol sampel untuk sampel air berukuran 50 ml. Botol sampel kemudian dikirim ke Laboratorium Kimia (Pusat Survei Geologi) untuk diperiksa kadar Cu dan Zn didalamnya.

**Pengukuran lingkungan fisik;** Pengukuran lingkungan fisik air bak meliputi beberapa parameter seperti Temperatur, pH, DO, dan Kekeruhan. Peralatan yang digunakan untuk mengukurnya adalah Termometer, pHmeter, Dometer, dan *turbidy meter*. Pengukuran lingkungan fisik air ini dilakukan setiap hari selama 20 hari penelitian. Sedangkan pengukuran fisik tanaman meliputi pengukuran panjang akar, massa daun, massa akar, jumlah daun, dan diameter daun. Peralatan yang digunakan adalah meteran, neraca analitik dengan ketelitian 0.01 gram. Pengukuran lingkungan fisik tanaman ini dilakukan pada hari-hari dilakukan ekstraksi.

**Ekstraksi Logam Berat:** Kandungan logam berat pada air dan tanaman diukur secara berkala selama 20 hari dengan metode ekstraksi logam berat. Ekstraksi logam berat dalam air dilakukan dengan cara memekatkan 250 mL sampel air dengan 10 mL HNO<sub>3</sub>. Selanjutnya, sampel dipanaskan hingga volumenya kurang dari 50 mL. Setelah itu sampel diencerkan dengan akuades hingga mencapai volume 50 mL. Ekstraksi logam berat pada tanaman dilakukan dengan prosedur sebagai berikut. Pertama, sampel tanaman utuh ditimbang berat basahnya dengan menggunakan timbangan analitis. Setelah itu, sampel dipisahkan antara daun dan akarnya. Selanjutnya sampel dicacah dan dihaluskan. Sampel kemudian dikeringkan dan selanjutnya ditimbang. Aquaregia sebanyak 10 mL kemudian diberikan pada sampel. Sampel dipanaskan dalam waterbath selama sehari semalam. Terakhir, sampel disaring dan diencerkan hingga mencapai volume 25 mL. Kandungan logam dalam sampel selanjutnya dianalisa dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan selama 20 hari dengan pengukuran konsentrasi logam pada air dan tanaman di hari ke 0, 1, 3, 5, 10, 15 dan 20. Konsentrasi Cu awal yang dikehendaki ialah 0,02 mg/l yang merupakan baku mutu Cu menurut PP No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Berikut ini pada **Tabel 1.** merupakan variasi konsentrasi Cu dan penambahan

logam Zn yang dilakukan dalam penelitian ini.

**Tabel 1.** Variasi Konsentrasi Cu dan Zn pada Model Tercemar

Variasi Konsentrasi Cu dan Zn		Konsentrasi Cu 0.02 mg/l
Konsentrasi Zn	0.05 mg/l	Kerapatan rendah
	0.2 mg/l	Kerapatan rendah

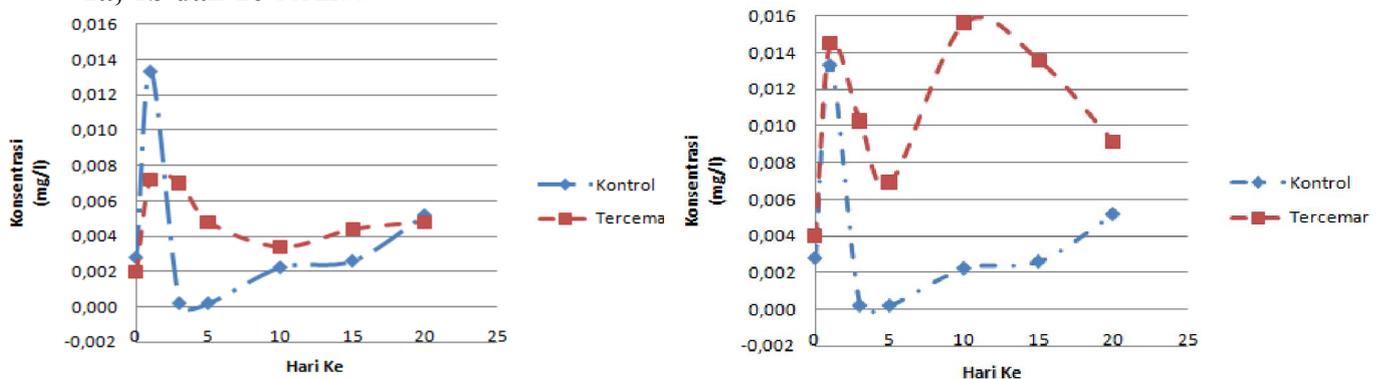
Penelitian dilakukan di Laboratorium Higiene Industri dan Toksikologi Institut Teknologi Bandung dengan temperatur ruangan rata-rata 26,4°C dan kelembaban ruangan rata-rata 73,3%. Setiap harinya, dilakukan pengukuran parameter fisika dan kimia seperti pH, temperatur dan oksigen terlarut pada setiap bak. Adapun pH pada setiap bak berkisar antara 6,8-8, temperatur berkisar antara 25°C-26°C, dan oksigen terlarut berkisar antara 2,5-4,8. Adapun perbandingan antara kondisi lingkungan dalam penelitian dan kondisi optimum bagi pertumbuhan Kiapu dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut ini.

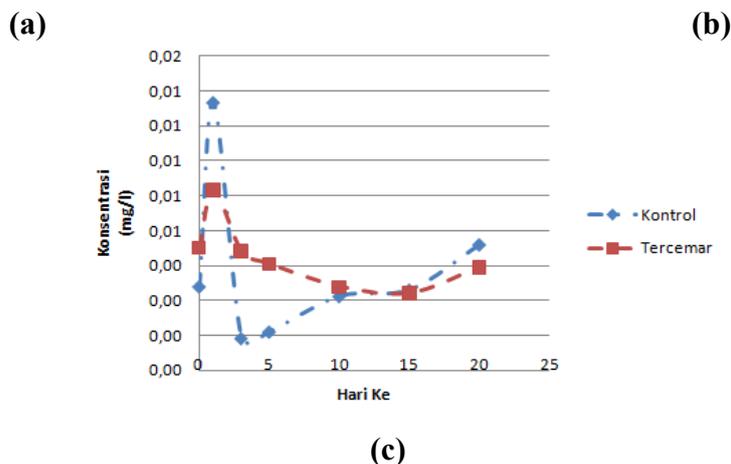
**Tabel 2.** Perbandingan kondisi lingkungan dalam penelitian dengan kondisi optimum

Parameter	Kondisi Optimum bagi kiapu	Kondisi dalam penelitian	Terpenuhi / Tidak
Temperatur ruangan	17-30 °C	26,4 °C	Terpenuhi
Kelembaban ruangan	60-90 %	73,30%	Terpenuhi
pH	6-8	6,8-8	Terpenuhi
Temperatur bak	17-30 °C	24-26 °C	Terpenuhi
DO	>2	2,5-4,8	Terpenuhi

Dalam kaitannya dengan kondisi ideal tanaman kiapu untuk tumbuh, maka setiap harinya dilakukan pengukuran terhadap suhu dan kelembaban di dalam Laboratorium tersebut. Pengukuran yang dilakukan waktunya tidak sama, hal ini dilakukan agar hasil yang didapatkan lebih representatif.

Logam berat dalam air dan tanaman dianalisa dengan metode AAS. Setelah dilakukan perhitungan, didapat bahwa konsentrasi Cu dalam air terlihat pada **Gambar 1a, 1b dan 1c** berikut.



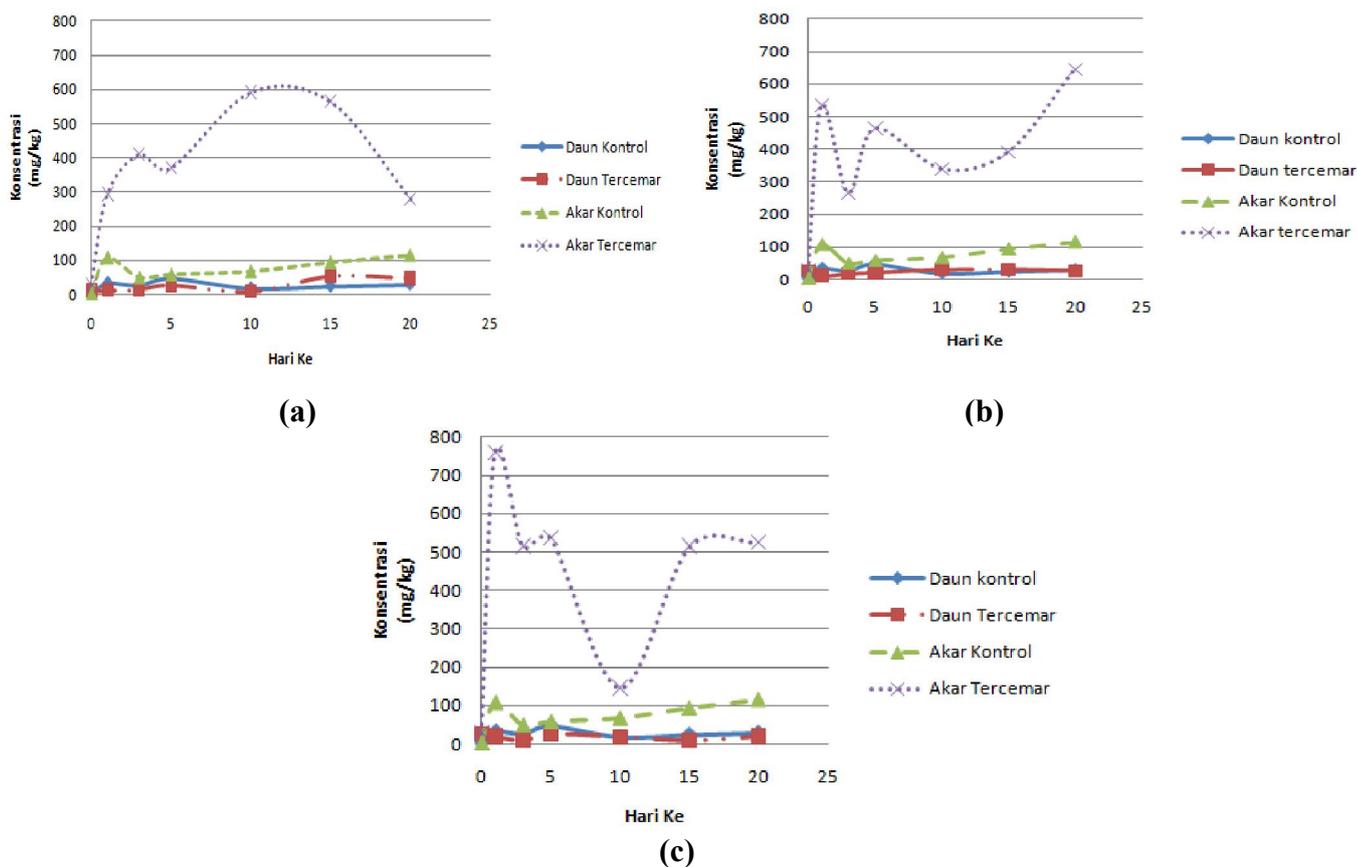


**Gambar 1.** Konsentrasi Cu di air dengan 3 variasi penambahan konsentrasi logam Zn yaitu (a). Tanpa penambahan logam Zn, (b). Dengan penambahan logam Zn konsentrasi rendah, dan (c). Dengan penambahan logam Zn konsentrasi tinggi

Berdasarkan **Gambar 1a**, **Gambar 1b** dan **Gambar 1c**, dapat dilihat bahwa konsentrasi Cu di air mengalami penurunan seiring dengan waktu. Hal ini membuktikan bahwa Kiapu merupakan tanaman bioakumulator yang mampu menyerap logam Cu. Pada model konsentrasi Cu 1, konsentrasi Cu terendah terjadi pada hari ke 10. Kemungkinan hal ini terjadi karena pada hari ke 10 tanaman sudah berada pada titik jenuh dan tidak mampu lagi menyerap logam berat secara optimal, sehingga pada hari selanjutnya yang terjadi ialah berupa pelepasan logam berat dari dalam tanaman ke air. Hal ini ditunjukkan dengan konsentrasi Cu di air yang cenderung meningkat pada hari ke 15. Pada model konsentrasi Cu 2 yaitu Cu rendah dan Zn rendah, konsentrasi Cu terendah juga terjadi pada hari ke 10. Sedangkan pada model konsentrasi Cu 3 yaitu Cu rendah dan Zn tinggi konsentrasi Cu terendah terjadi pada hari ke 5. Berarti pada model ini, kejenuhan tanaman terjadi pada hari ke 15. Pada hari ke 20, konsentrasi Cu di air meningkat yang berarti terjadi pelepasan Cu dari tanaman ke air.

Terdapat perbedaan titik jenuh tanaman antara model konsentrasi Cu 1 yaitu Cu rendah dan Zn rendah dan model konsentrasi Cu 3 yaitu Cu rendah dan Zn tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan konsentrasi awal pada air. Serapan logam dari air ke bagian tumbuhan terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi antara media dan jaringan tanaman. Menurut Winarso (2005), transportasi ion-ion yang terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi disebut difusi.

Selain pada air, analisa kandungan logam berat juga dilakukan pada tanaman. Pada tanaman, sebelumnya dilakukan pemisahan akar dengan daun. Pemisahan ini bertujuan untuk melihat dimana logam yang diserap lebih banyak disimpan. Konsentrasi Cu pada tanaman dapat dilihat pada **Gambar 2a**, **2b** dan **2c** berikut ini.



**Gambar 2.** Konsentrasi Cu di tanaman kiapu dengan 3 variasi penambahan konsentrasi logam Zn yaitu (a). Tanpa penambahan logam Zn, (b). Dengan penambahan logam Zn konsentrasi rendah, dan (c). Dengan penambahan logam Zn konsentrasi tinggi

Dapat dilihat bahwa konsentrasi Cu lebih banyak terdapat pada akar dibandingkan pada daun. Hal ini terjadi karena mekanisme fitoremediasi bagi tanaman Kiapu ialah Rhizofiltrasi. Rhizofiltrasi merupakan proses adsorpsi/penyerapan atau presipitasi kontaminan ke dalam akar tanaman dalam bentuk larutan yang berada dalam zona akar (US EPA, 2000). Tewari (2008) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa akumulasi logam berat pada tanaman kiapu terletak di bagian akar. Hasil dari penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya (Paris et al.2005; Hadad et al.2006).

Untuk melihat apakah perbedaan pengaruh penambahan logam Cu terhadap penyerapan logam Zn oleh tanaman kiapu, maka dilakukan uji T-berpasangan (*paired T-test*) atas konsentrasi logam Cu pada setiap variasi kondisi variasi logam Cu. Uji T-berpasangan dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% atau tingkat signifikansi 5%. Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

$H_0$  = Rata-rata penurunan konsentrasi Cu antara kondisi variasi logam Zn yang ditambahkan dengan lainnya adalah sama

$H_1$  = Rata-rata penurunan konsentrasi Cu antara kondisi variasi logam Zn yang ditambahkan dengan lainnya adalah berbeda.

Dasar pengambilan keputusan untuk tahap pengujian di atas adalah sebagai berikut :

- Jika signifikansi hitung  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima,  $H_1$  ditolak

- Jika signifikansi hitung  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak,  $H_1$  diterima.

**Tabel 2.** Perbandingan nilai BCF konsentrasi Cu dengan 3 variasi penambahan logam Zn

Hari ke	Cu rendah	Cu rendah, Zn rendah	Cu rendah, Zn tinggi
1	9663,523	4963,631	5284,851
3	8753,937	3753,403	25340,392
5	28232,324	10811,161	31628,093
10	65390,323	3914,403	13631,719
15	86584,332	5656,524	46146,732
20	48096,594	14027,284	30937,152

Uji T-berpasangan atas konsentrasi logam Cu pada setiap variasi penambahan logam Zn dilakukan tiga kali. Uji pertama dilakukan antara konsentrasi Cu pada model konsentrasi Cu 1 dengan model konsentrasi Cu 2. Didapat signifikansi hitung 0,046. Terlihat bahwa nilai signifikansi hitung lebih kecil dari 0,05 yang berarti  $H_0$  ditolak. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata penurunan konsentrasi Cu pada model logam Zn yang ditambahkan pertama dengan model variasi logam Zn yang ditambahkan kedua berbeda. Uji kedua dilakukan antara konsentrasi Cu pada model konsentrasi Cu 1 dengan model konsentrasi Cu 3. Kali ini, didapat signifikansi hitung 0,205. Terlihat bahwa nilai signifikansi hitung lebih besar dari 0,05 yang berarti  $H_0$  diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata penurunan konsentrasi Cu pada model logam Zn yang ditambahkan 1 dengan model variasi logam Zn yang ditambahkan 3 adalah sama. Uji ketiga dilakukan antara konsentrasi Cu pada model konsentrasi Cu 2 dengan model konsentrasi Cu 3. Didapat signifikansi hitung 0,021. Dapat dilihat bahwa nilai signifikansi hitung kurang dari 0,05 yang berarti  $H_0$  diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata penurunan konsentrasi Cu pada model logam Zn yang ditambahkan 2 dengan model variasi logam Zn yang ditambahkan 2 berbeda.

Dari hasil uji T berpasangan tersebut dapat dilihat bahwa penambahan logam Zn mempunyai pengaruh dalam proses penyerapan logam Cu oleh tanaman kiapu. Adapun variasi penambahan Zn yang paling berpengaruh ialah model logam Zn yang ditambahkan kedua karena pada uji T berpasangan, kedua tes yang melibatkan model logam Zn yang ditambahkan 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata antara kerapatan tersebut dengan kerapatan lain. Sementara, hasil uji T berpasangan antara model logam Zn yang ditambahkan 1 dengan model logam Zn yang ditambahkan 3 tidak menunjukkan perbedaan rata-rata. Darmono (1995) menyatakan urutan toksisitas logam berat terhadap organisme air, urutan toksisitasnya adalah  $Hg^{2+} > Ag^+ > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > Cd^{2+} > As^{3+} > Cr^{3+} > Sn^{2+} > Fe^{3+} > Mn^{2+} > Al^{3+} > Be^{2+} > Li^+$ . Dari urutan tersebut terlihat bahwa Cu lebih bersifat toksik dibandingkan Zn. Hal ini menjelaskan apa yang terjadi pada hasil analisis paired T-Test antara model Cu tanpa penambahan Zn dengan model Cu dengan penambahan Zn dengan konsentrasi tinggi. Tidak adanya pengaruh Zn terhadap penyerapan logam Zn dapat disebabkan oleh terjadi kompetisi antara logam Cu dan Zn. Dan karena Cu lebih

tinggi tingkat toksisitasnya, maka tidak terjadi pengaruh yang berarti ketika ditambahkan logam Zn dengan konsentrasi tinggi.

**Faktor Biokonsentrasi**

Faktor Biokonsentrasi air dengan tanaman merupakan proses penting dalam kaitannya dengan proses fitoremediasi. Faktor biokonsentrasi pada dasarnya adalah perbandingan konsentrasi suatu zat pada jaringan suatu komponen lingkungan dengan konsentrasi pada media. Dalam kasus penelitian ini adalah perbandingan konsentrasi tanaman dengan konsentrasi pada sampel air. Perhitungannya dapat menggunakan **Persamaan 1.** :

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Logam berat di Tanaman (mg/kg)}}{\text{Konsentrasi Logam berat di Air (mg/l)}} \quad (1)$$

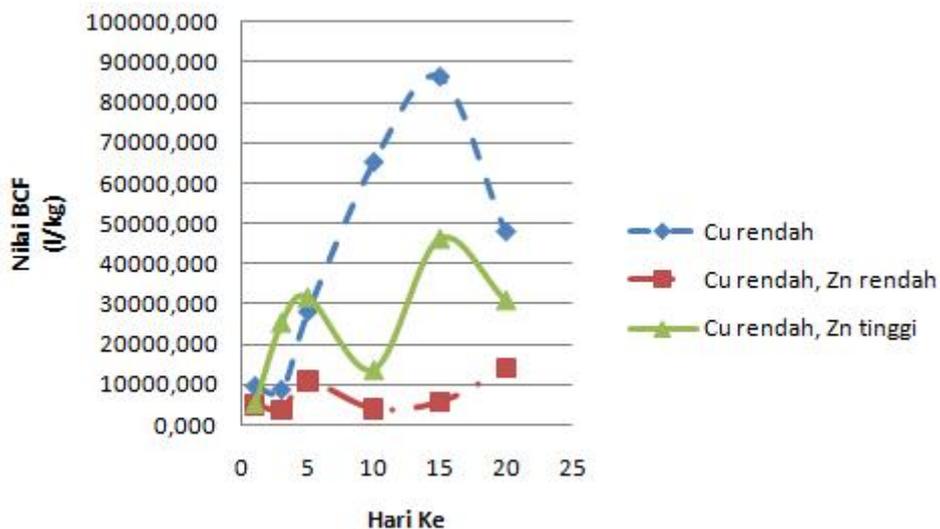
Konsentrasi Logam berat di Air (mg/l)

Hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel berikut ini.

**Tabel 3.** Perbandingan nilai BCF dari variasi penambahan logam Zn

Hari ke	Cu rendah	Cu rendah, Zn rendah	Cu rendah, Zn tinggi
1	9663,523	4963,631	5284,851
3	8753,937	3753,403	25340,392
5	28232,324	10811,161	31628,093
10	65390,323	3914,403	13631,719
15	86584,332	5656,524	46146,732
20	48096,594	14027,284	30937,152

Kemudian dari hasil perhitungan nilai BCF di tanaman dengan 3 variasi penambahan konsentrasi logam Zn, ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 4.**



#### **Gambar 4. Nilai BCF**

Menurut para peneliti dari perusahaan Edenspace, salah satu perusahaan pembersih lingkungan yang mengembangkan metode fitoremediasi, faktor biokonsentrasi lebih besar dari 1,0 merupakan batas ambang terendah suatu tanaman disebut pengakumulator logam. Pada faktor biokonsentrasi lebih dari 1,0 jumlah logam yang terkonsentrasi di dalam tanaman lebih besar daripada yang terkonsentrasi di dalam tanah atau air, sehingga material tanaman yang harus dibuang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah tanah atau air yang harus dipindahkan untuk berat kontaminan yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa fitoremediasi dapat menghemat biaya pembersihan. Dari percobaan yang mereka lakukan, pada tingkat faktor biokonsentrasi lebih besar dari 20, telah tercapai nilai ekonomis karena dapat menghemat biaya pembersihan hingga 95% (Haryanto, 2004).

Besarnya faktor biokonsentrasi untuk logam Cu pada tanaman kiapu yaitu antara 3914 l/kg – 86584 l/kg, mengindikasikan bahwa tanaman kiapu merupakan akumulator yang ekonomis. Untuk kondisi air yang hanya ada logam Cu, nilai faktor biokonsentrasi terbesar terjadi pada hari ke-15. Untuk kondisi air yang ada logam Cu dan ada penambahan logam Zn dengan konsentrasi rendah, nilai faktor biokonsentrasi terbesar terjadi pada hari ke-20. Untuk kondisi air yang ada logam Cu dan ada penambahan logam Zn dengan konsentrasi tinggi, nilai faktor biokonsentrasi terbesar terjadi pada hari ke-15. Kondisi ini menunjukkan kondisi maksimum penyerapan yang dilakukan oleh tanaman kiapu. Keberadaan tanaman kiapu yang melimpah di Indonesia merupakan modal besar untuk proses fitoremediasi yang kedepannya mungkin dilakukan pada sistem perairan yang tercemar.

#### **4. KESIMPULAN**

Pada penelitian tanaman yang digunakan untuk fitoremediasi adalah tanaman kiapu yang nantinya akan diaplikasikan pada kegiatan jaring apung di Waduk Cirata. Dari penelitian ini didapat hasil untuk perbandingan penyerapan konsentrasi Cu pada 3 kondisi yaitu kondisi tidak ada penambahan logam Zn, kondisi terdapat penambahan logam Zn konsentrasi rendah, dan terdapat penambahan logam Zn dengan konsentrasi tinggi. Terdapat perbedaan titik jenuh tanaman antara model konsentrasi Cu 1 yaitu Cu rendah dan Zn rendah dan model konsentrasi Cu 3 yaitu Cu rendah dan Zn tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan konsentrasi awal pada air. Akumulasi logam berat lebih banyak terdapat di bagian akar disebabkan karena mekanisme fitoremediasi tanaman Kiapu merupakan rhizofiltrasi. Penambahan logam Zn konsentrasi rendah mempunyai pengaruh dalam penyerapan konsentrasi logam Cu, sedangkan penambahan logam Zn dengan konsentrasi tinggi tidak berpengaruh pada penyerapan logam Cu oleh tanaman kiapu. Hal ini dibuktikan melalui uji T-berpasangan. Kondisi penambahan logam Zn yang paling berpengaruh ialah kondisi kedua yang merupakan penambahan Zn dengan konsentrasi rendah karena pada konsentrasi rendah penguapan lebih berlangsung sempurna sehingga tercipta sifat alami pertumbuhan yang lebih bagus. Besarnya faktor biokonsentrasi untuk logam Cu pada tanaman kiapu yaitu antara 3914,403 ml/gr – 86584,332 ml/gr, mengindikasikan bahwa tanaman kiapu merupakan akumulator yang ekonomis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aquariumwiki. *Pistia stratiotes*. 2008. [http://theaquariumwiki.com/Pistia\\_stratiotes](http://theaquariumwiki.com/Pistia_stratiotes). (Tanggal akses: 7 Mei 2010)
- Darmono, 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press. Jakarta.
- EPA. *Introduction to Phytoremediation*. EPA/600/R-99/107, February, 2000.
- Erakhrumen and Andrew Agbontalor. 2007. *Phytoremediation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and remediation in developing countries*. Educational Research and Reviews Vol. 2 (7), pp. 151-156, July 2007 ISSN 1990-3839, Academic Journal
- Izzat, A.E.A., *Chemical and Biological Activity of Zinc, Cooper and some Other Nutrient Elements in Sudanese Soils*. Laboratory of Analytical and Agrochemistry, Faculty of Agriculture, State University of Ghent, Belgium, 1984.
- Lenntech. 2005. *Copper*. <http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm>. (Tanggal akses: 3 Februari 2010)
- Mahmud, R., Inoue, N., Kasajima, S., Shaheen, R. *Assessment of Potential Indigenous Plant Species for the Phytoremediation of Arsenic-Contaminated Areas of Bangladesh*. International Journal of Phytoremediation, Volume 10, Issue 2 March 2008, pages 119 -132
- Maine, M., Duarte, M., Sun'e', N., 2001. *Cadmium uptake by floating macrophytes*. Water Res. 35, 2629–2634.
- Nicholas R. Axtell, Steven P. K. Sternberg and Kathryn Claussen. Lead and nickel removal using *Microspora* and *Lemna minor*. 1999. [Bioresource Technology Volume 89, Issue 1](#), August 2003, Pages 41-48.
- Peraturan Pemerintah RI No.82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- RASKIN, I.; KUMAR, P.B.A.N.; DUSHENKOV, S. and SALT, D.E. Bioconcentration of heavy metals by plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 1994, International Journal of Phytoremediation, vol. 5, no. 3, p. 285-290.
- Sutarto, Ratri Indri Hapsari. 2007. *Kontaminasi Logam Berat pada Ikan Mas Budidaya Jaring Apung di Waduk Cirata*, Tugas Akhir Sarjana ITB. Bandung
- Tarigan and Mion **Bode Haryanto, (2004)**, *Model On Energetic Balance to Determine Energy Productivity of Renewable Fuel from Biological Resources*, **Journal of Industrial Engineering Systems** Vol 5 No. 1, Industrial Engineering Department Faculty of Engineering, USU, Medan.
- Tewari A, Singh R, Singh NK, Rai UN. *Amelioration of municipal sludge by Pistia stratiotes L.: role of antioxidant enzymes in detoxification of metals* Bioresour Technol. 2008 Dec;99(18):8715-21. Epub 2008 May 21
- Virendra Kumar Mishra, a, and B.D. Tripathia. *Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes*. *Bioresource Technology*.

Volume 99, Issue 15, October 2008, Pages 7091-7097

Winarso, S. *Kesuburan Tanah. Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta : Penerbit Gava Media. 2005.