

**PENGARUH KERAPATAN TANAMAN KIAPU (*Pistia stratiotes* L)  
TERHADAP SERAPAN LOGAM Cu PADA AIR*****THE INFLUENCE OF PLANT DENSITY TO Cu ABSORPTION  
WITH WATER LETTUCE (*Pistia stratiotes* L)*****Annisa Nurfitri<sup>1</sup> dan Indah Rachmatiah SS<sup>2</sup>**Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan  
Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132<sup>1</sup>annisa.nurfitri@gmail.com dan <sup>2</sup>indahrss@yahoo.com

**Abstrak :** Fitoremediasi merupakan salah satu metode alternatif yang aman dan cukup efektif dalam memperbaiki kualitas air. Salah satu tanaman yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi ialah tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*). Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui serapan Cu oleh tanaman kiapu (*Pistia stratiotes*) dalam air serta apakah kerapatan tanaman berpengaruh pada serapan. Penelitian dilakukan dengan membuat model perairan kontrol dan tercemar. Pada model kontrol, media yang digunakan ialah air ledeng yang telah diaerasi sementara pada model tercemar media yang digunakan ialah air ledeng yang telah diaerasi dan dikontaminasi Cu dengan konsentrasi 0,0196 mg/l, 0,0228 mg/l dan 0,0226 mg/l. Variasi kerapatan tanaman yang dilakukan ialah 30 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 1), 40 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 2), dan 50 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 3). Pengukuran konsentrasi logam pada tanaman dan air dilakukan pada hari ke 0, 1, 3, 5, 10, 15 dan 20. Metode analisis logam berat yang dilakukan meliputi ekstraksi logam berat dan pengukuran dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Hasil yang didapat dari penelitian ini ialah terjadi penurunan konsentrasi logam Cu pada air dengan konsentrasi terendah terjadi pada hari ke 10 untuk model tercemar kerapatan 1 dan pada hari ke 15 untuk model tercemar kerapatan 2 dan 3. Akumulasi logam berat lebih banyak terdapat di bagian akar. Melalui uji T-berpasangan, disimpulkan bahwa variasi kerapatan yang dilakukan tidak mempunyai pengaruh yang signifikan dalam serapan logam Cu. Besarnya faktor biokonsentrasi dalam penelitian berkisar antara 1246,153 l/kg hingga 48014,95 l/kg mengindikasikan bahwa Kiapu merupakan tanaman hiperakumulator yang baik.

**Kata Kunci :** Cu; Fitoremediasi; Faktor Biokonsentrasi; Kerapatan tanaman; *Pistia stratiotes*

**Abstract :** *Phytoremediation is one of the alternative methods which is safe and effective enough in improving water quality. One of the plants that can be use in phytoremediation process is Water Lettuce (*Pistia stratiotes*). Research has been conducted to determine the Cu absorbtion by water lettuce (*Pistia stratiotes*) and the influence of plant density on the absorbtion. Research was done by creating control and polluted water models. In the control model, the media used is tap water that has been aerated. Meanwhile, in the polluted water model, the media used is tap water that has been aerated and contaminated with Cu with a concentration of 0.0196 mg/ l, 0.0228 mg/ l and 0.0226 mg/ l. Plant density variations that conducted are 30 mg/cm<sup>2</sup> (density 1), 40 mg/cm<sup>2</sup> (density 2) and 50 mg/cm<sup>2</sup> (density 3). Measurement of metal concentrations in plants and water carried out on day 0, 1, 3, 5, 10, 15 and 20. Methods of heavy metal analysis consist of the heavy metal extraction and measurement by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Results obtained from this research are the decreasing of Cu concentration on the water with the lowest concentrations occurred at day 10 to polluted water model-density 1 and on day 15 to polluted water model-density 2 and polluted water model-density 3. Accumulations of heavy metals are more numerous in the root. Through a paired T-test, concluded that the density variations of *Pistia stratiotes* do not affect significantly on the absorption of Cu. The amount of bioconcentration factor in the study ranged from 1246,153 l/kg up to 48014,948 l/kg indicates that *Pistia stratiotes* is a good hyperaccumulator plant.*

**Keywords:** *Bioconcentration Factor; Cu; Phytoremediation; Pistia stratiotes; Plant density*

## 1. PENDAHULUAN

Aktivitas manusia yang semakin meningkat menyebabkan peningkatan kebutuhan manusia. Untuk memenuhinya, muncul berbagai macam industri yang menggunakan berbagai macam bahan kimia sebagai bahan bakunya. Penggunaan bahan kimia yang semakin meningkat ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Sebagai contoh, saat ini masih banyak industri yang membuang langsung limbahnya ke badan air tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Padahal tak jarang limbah yang dibuang ini mengandung berbagai macam bahan yang berbahaya bagi manusia seperti contohnya logam berat.

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).

Salah satu logam berat yang sering ditemui dalam perairan ialah tembaga (Cu). Cu adalah substansi sangat umum yang secara natural terdapat di alam dan tersebar melalui fenomena alam. Cu sering digunakan manusia untuk industri dan pertanian. Produksi Cu telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir dan karena itu, kuantitas Cu telah diperluas. Produksi Cu di dunia saat ini masih meningkat, berarti semakin banyak Cu berakhir di lingkungan. Sungai-sungai menyimpan Cu yang berasal dari limbah yang mengandung Cu. Di udara, Cu masuk terutama melalui asap pembuangan kendaraan berbahan bakar fosil. Cu di dalam udara akan bertahan selama beberapa lama, sebelum turun ke bumi melalui hujan. Hasilnya, pada tanah dapat mengandung banyak sekali Cu setelah hujan turun (Lenntech, 2005).

Paparan Cu jangka panjang dapat mengiritasi hidung, mulut, dan mata, sehingga menyebabkan sakit kepala, sakit perut, muntah-muntah, serta diare, hingga kerusakan hati dan ginjal serta kematian. Sampai saat ini, belum diketahui apakah Cu bersifat karsinogenik atau tidak. Beberapa penelitian mengindikasikan hubungan antara paparan Cu jangka panjang konsentrasi tinggi dan penurunan intelegensia pada remaja. Paparan pada industri seperti uap Cu, debu, atau kabut dapat menyebabkan *metal fume fever* dengan perubahan *athropic* pada membran mukus nasal. Keracunan Cu menyebabkan *Wilson's Disease*, yaitu sirosis hati, kerusakan otak, reduksi myelin, kerusakan ginjal, dan penumpukan Cu pada kornea (Lenntech, 2005).

Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi Cu dalam perairan. Namun, salah satu metode yang ekonomis dan aman bagi lingkungan ialah dengan cara biologis yaitu menggunakan tanaman untuk menyerap logam berat. Metode ini dinamakan fitoremediasi. Tanaman yang dapat digunakan dalam fitoremediasi dan mempunyai kemampuan tinggi dalam menyerap logam berat dinamakan tanaman hiperakumulator.

Kiapu (*Pistia stratiotes*) merupakan tanaman air terapung yang biasanya hidup di daerah tropis, sub tropis dan daerah yang bertemperatur hangat di seluruh dunia. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mishra dan Tripathi (2008), menunjukkan bahwa tanaman ini mempunyai kemampuan menyerap berbagai logam berat seperti Fe, Zn, Cu, Cr dan Cd. Di Indonesia, tanaman ini sangat mudah ditemui di sawah, danau, telaga dan rawa-rawa dengan air yang mengalir tenang.

Dalam penelitian ini, akan dibahas pengaruh kerapatan tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) dalam menyerap logam Cu. Adapun tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui sejauh mana tanaman Kiapu (*Pistia stratiotes*) dapat menurunkan konsentrasi logam Cu di air serta mengetahui apakah variasi kerapatan tanaman yang dilakukan mempunyai pengaruh terhadap serapan logam Cu. Hasil dari penelitian ini direncanakan akan diaplikasikan pada keramba jaring apung di Waduk Cirata untuk memperbaiki kualitas air pada keramba jaring apung tersebut.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Ruang Pengendalian Vektor, Laboratorium Higiene Industri dan Toksikologi, Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Bandung. Digunakan sejumlah lampu yang otomatis menyala dan padam setiap 12 jam sekali untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan cahaya.

### ***Aklimatisasi***

Tanaman Kiapu yang didapat dari penjual di daerah Cihideung Lembang dibersihkan dari kotoran yang menempel pada akar dan daun. Selanjutnya, tanaman diaklimatisasi selama 10 hari dengan media tanam berupa air ledeng yang telah diaerasi untuk selanjutnya digunakan sebagai stok kultur untuk percobaan. 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.

### ***Pembuatan model perairan kontrol dan tercemar***

Pada penelitian ini, dibuat dua model perairan. Model pertama ialah model kontrol dimana tanaman Kiapu dimasukkan ke air tanpa pemaparan logam Cu. Model kedua ialah model tercemar dimana tanaman Kiapu diberi paparan logam Cu 0,02 mg/l. Pada setiap model, dilakukan 3 variasi kerapatan tanaman yaitu 30 mg/cm<sup>2</sup>, 40 mg/cm<sup>2</sup>, dan 50 mg/cm<sup>2</sup>. Setiap model dibuat pada bak berukuran 30x30x30 cm. Pada model pertama, untuk menciptakan konsentrasi Cu terlebih dahulu dibuat larutan induk Cu dengan konsentrasi 2 mg/L. Pembuatan larutan induk dilakukan dengan cara melarutkan serbuk CuSO<sub>4</sub> pada akuades. Selanjutnya, dilakukan pengenceran untuk mendapatkan larutan Cu dengan konsentrasi yang diinginkan. Untuk mendapatkan variasi kerapatan tanaman, dilakukan penimbangan tanaman dengan timbangan analitis hingga mendapatkan berat yang diinginkan.

### ***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 basahanya 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

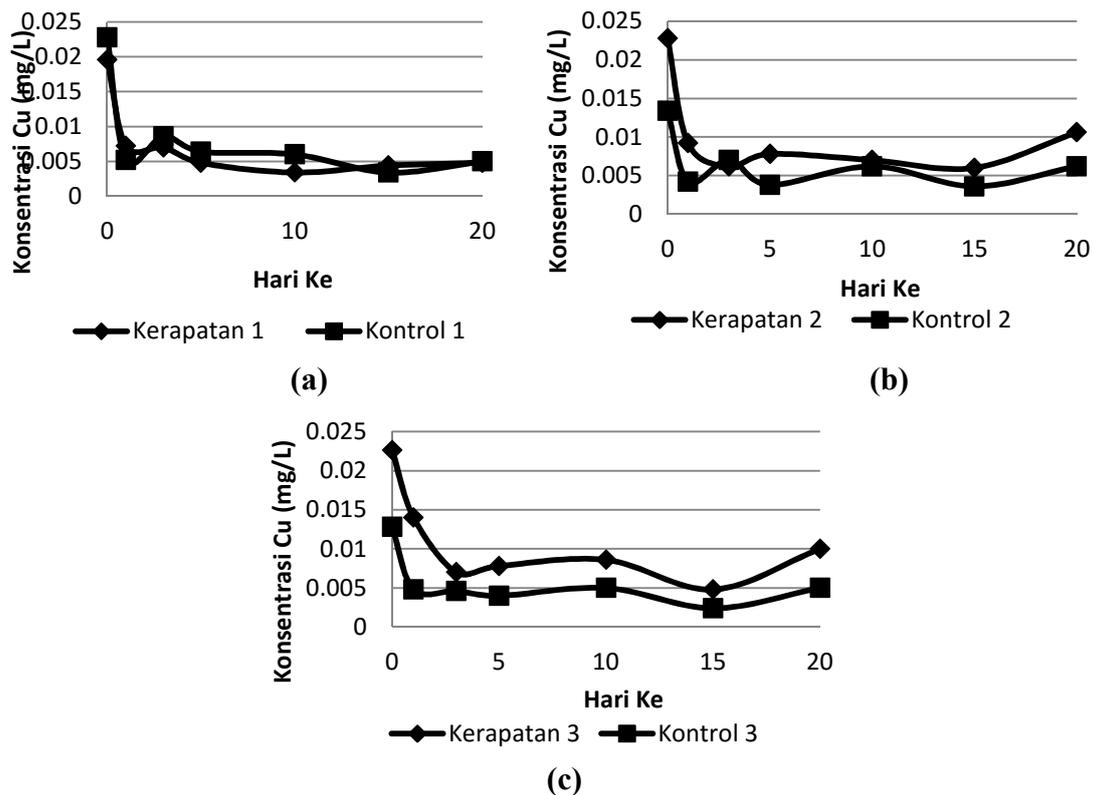
Penelitian ini dilakukan selama 20 hari dengan pengukuran konsentrasi logam pada air dan tanaman di hari ke 0, 1, 3, 5, 10, 15 dan 20. Digunakan tanaman Kiapu sebanyak 90 buah yang tersebar pada 6 bak berukuran 30x30x30 cm dengan berat rata-rata 2,482 gr, diameter rata-rata 8,051 cm dan panjang akar rata-rata 6,443 cm. Media yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu media air ledeng yang telah diaerasi tanpa penambahan Cu untuk model kontrol dan media air ledeng yang telah diaerasi dan dikontaminasi Cu untuk model tercemar. Masing-masing model terdiri dari 3 bak yang menggambarkan variasi kerapatan. Adapun variasi kerapatan tanaman yang dilakukan ialah 30 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 1), 40 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 2), dan 50 mg/cm<sup>2</sup> (kerapatan 3). Konsentrasi awal yang dikehendaki ialah 0,02 mg/l, yang merupakan rata-rata konsentrasi Cu di Waduk Cirata per Januari 2004 hingga September 2009. Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan, variasi konsentrasi yang didapat ialah 0,0196 mg/l, 0,0228 mg/l dan 0,0226 mg/l. Mengingat perbedaan konsentrasi yang tidak terlalu jauh, maka penelitian masih dapat dilakukan.

Penelitian dilakukan 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 3,6-4,3. Adapun perbandingan antara kondisi lingkungan dalam penelitian dan kondisi optimum bagi pertumbuhan Kiapu dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut ini.

**Tabel 1.** 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%	73,3%	Terpenuhi
pH	6,5-7,0	6,8-8	Tidak Terpenuhi
Temperatur Bak	17-30°C	25°C-26°C	Terpenuhi

Logam berat dalam air dan tanaman dianalisa dengan metode AAS. Setelah dilakukan perhitungan, didapat bahwa konsentrasi Cu dalam air terlihat pada **Gambar 1**. Dapat dilihat bahwa konsentrasi Cu di air mengalami penurunan seiring dengan waktu. Hal ini membuktikan bahwa Kiapu merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap logam Cu. Pada model tercemar kerapatan 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 dan 20. Pada model tercemar kerapatan 2 dan 3, konsentrasi Cu terendah terjadi pada hari ke 15. 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.



**Gambar 1.** Konsentrasi Cu di air pada (a) kerapatan 1 (b) kerapatan 2 (c) kerapatan 3.

Terdapat perbedaan titik jenuh tanaman antara model tercemar kerapatan 1 dengan model tercemar kerapatan 2 dan 3. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan konsentrasi awal pada air. Pada model tercemar kerapatan 1, konsentrasi Cu memiliki nilai yang lebih kecil dibanding kerapatan lainnya. 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. Semakin tinggi perbedaan konsentrasi yang terjadi maka difusi juga semakin besar. Pada model tercemar kerapatan 1, konsentrasi air yang lebih kecil menyebabkan perbedaan dengan konsentrasi yang terdapat pada tanaman tidak terlalu besar, sehingga kejenuhan lebih cepat terjadi.

Pada hari ke 1, telah terjadi penurunan konsentrasi logam Cu lebih dari 50% pada setiap modelnya. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan logam berat terjadi lebih cepat pada awal waktu penelitian. Hal ini juga berhubungan dengan proses difusi yang telah dijelaskan di atas. Pada awal penelitian, konsentrasi Cu yang terdapat pada tanaman masih memiliki perbedaan nilai yang cukup jauh dengan konsentrasi Cu di air sehingga proses difusi berlangsung dengan cepat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mishra dan Tripathi (2008), didapat bahwa penyerapan logam tertinggi hingga 95% terjadi pada hari ke 12 dan pada 3 hari pertama, penyerapan logam mencapai lebih dari 50%. Konsentrasi Cu awal dalam penelitian ialah 1 mg/l, 2 mg/l dan 5 mg/l. Adapun tanaman Kiapu yang digunakan ialah sebanyak 100 gr dalam 10 l air. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mishra dan Tripathi (2008), pada penelitian ini dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan titik jenuh tanaman. Hal ini berkaitan dengan perbedaan konsentrasi Cu, kerapatan tanaman, serta perbedaan kondisi penelitian.

Pada model kontrol dimana tidak dilakukan penambahan Cu, ternyata telah terdapat Cu pada air. Bahkan pada kerapatan 1, konsentrasi Cu di model kontrol lebih tinggi dari model tercemar. Cu ini dapat berasal dari air ledeng yang merupakan sumber media pada model kontrol.

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 2**.

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 adalah 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 senada dengan penelitian sebelumnya.

Untuk membuktikan hal tersebut, dapat dilakukan uji T-berpasangan terhadap konsentrasi Cu di akar dan daun pada model tercemar. Uji T-berpasangan dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% atau tingkat signifikansi 5%. Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

$H_0$  = Rata-rata konsentrasi Cu di akar dan daun adalah sama

$H_1$  = Rata-rata konsentrasi Cu di akar dan daun adalah berbeda

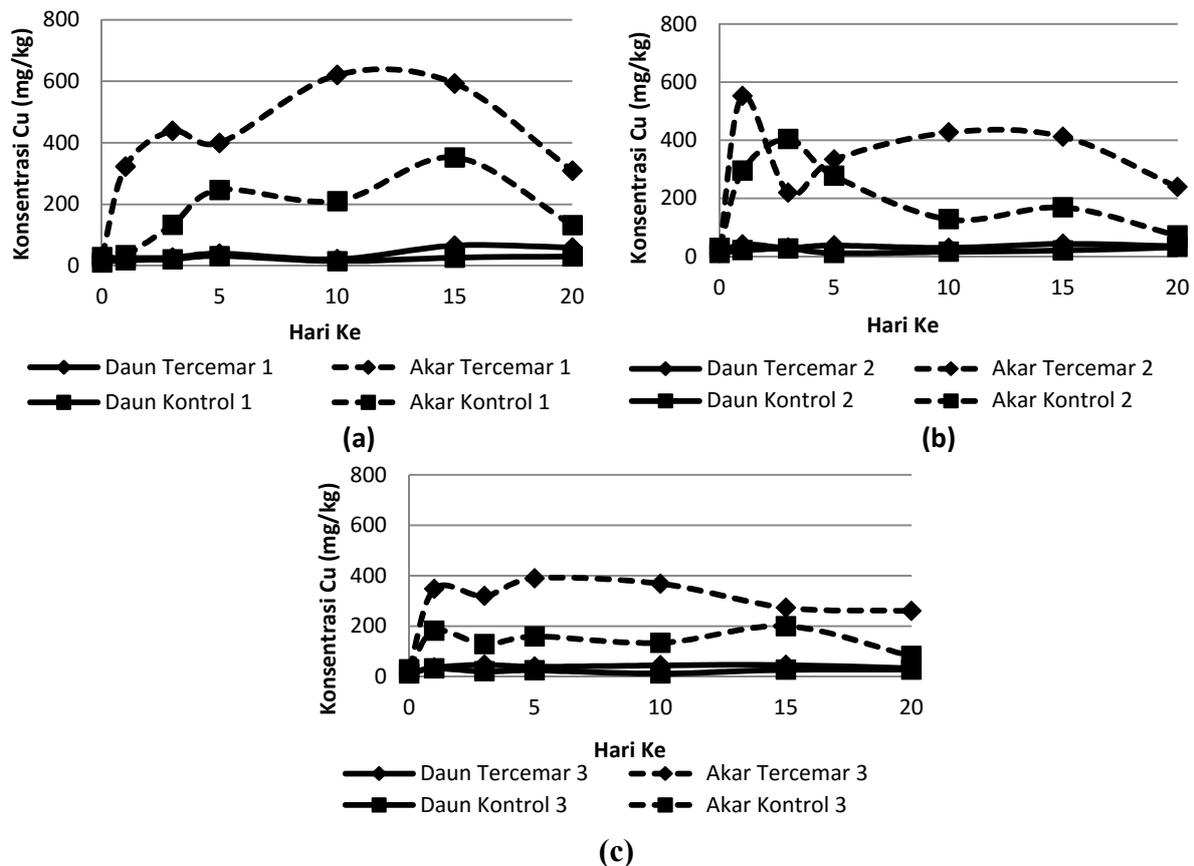
Dasar pengambilan keputusan untuk tahap pengujian di atas adalah sebagai berikut :

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

Dari hasil uji T-berpasangan pada **Tabel 2** dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan konsentrasi Cu yang signifikan pada daun dan akar. Pernyataan ini membuktikan pernyataan sebelumnya dimana disebutkan bahwa konsentrasi Cu pada akar tanaman Kiapu jauh lebih tinggi daripada bagian daunnya.

Pada pengambilan sampel tanaman hari ke 0, didapat hasil bahwa ternyata pada tanaman telah mengandung logam Cu dengan konsentrasi 11,589 mg/kg pada daun dan 28,963 mg/kg pada akar walaupun sebelumnya telah dilakukan proses aklimatisasi. Hal ini dapat disebabkan karena pada proses aklimatisasi digunakan media air ledeng yang telah diaerasi. Air ledeng ini disinyalir telah mengandung sejumlah logam Cu sehingga tanaman tidak dapat sepenuhnya bersih dari kandungan Cu. Kandungan logam pada tanaman ini juga yang menyebabkan perbedaan titik jenuh antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya karena akan terjadi perbedaan laju penyerapan Cu oleh tanaman.

Pada **Gambar 2** juga dapat dilihat bahwa pada kerapatan 1, konsentrasi Cu pada tanaman memiliki nilai yang cenderung tinggi yaitu mencapai 620,488 mg/kg pada hari ke 10. Jika dibandingkan dengan model tercemar kerapatan lain, maka dapat dikatakan bahwa tanaman Kiapu di kerapatan 1 memiliki kandungan konsentrasi Cu tertinggi. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa kerapatan 1 merupakan kerapatan yang paling berpengaruh dalam penelitian ini. Selain itu, menurut Tucker (1981), kepadatan tanaman yang tinggi dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman.



**Gambar 2** Konsentrasi Cu pada tanaman (a) kerapatan 1 (b) kerapatan 2 dan (c) kerapatan 3

**Tabel 2.** Uji T-berpasangan antara Konsentrasi Cu di akar dan daun

Konsentrasi Cu di tanaman	Nilai Signifikansi Hitung	Kesimpulan
Akar Tercemar 1 – Daun Tercemar 1	0,001	$H_0$ ditolak, $H_1$ diterima
Akar Tercemar 2 – Daun Tercemar 2	0,002	$H_0$ ditolak, $H_1$ diterima
Akar Tercemar 3 – Daun Tercemar 3	0,000	$H_0$ ditolak, $H_1$ diterima

Untuk melihat sejauh mana perbedaan yang ditimbulkan oleh kerapatan 1, maka dilakukan uji T-berpasangan atas konsentrasi logam Cu pada tanaman di setiap kerapatan. Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

$H_0$  = Rata-rata konsentrasi Cu pada tanaman antara kerapatan satu dengan lainnya adalah sama

$H_1$  = Rata-rata konsentrasi Cu pada tanaman antara kerapatan satu dengan lainnya adalah berbeda

Hasil dari uji T-berpasangan dapat dilihat pada **Tabel 3**. Seluruh uji menghasilkan kesimpulan bahwa rata-rata konsentrasi Cu pada tanaman antara model

tercemar kerapatan satu dengan lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Menurut Ulfin (2005), pada kerapatan rendah, penguapan lebih berlangsung sempurna sehingga tercipta sifat alami pertumbuhan yang lebih bagus. Pada penelitian ini, kerapatan paling rendah yaitu kerapatan 1 tidak mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan konsentrasi Cu. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti kondisi penelitian yang kurang optimum serta konsentrasi awal pada air yang terlalu kecil sehingga perbedaan konsentrasi antara tanaman dan air tidak berbeda jauh. Selain itu, hal ini juga dapat terjadi karena variasi kerapatan yang dilakukan tidak menunjukkan suatu kondisi yang berbeda secara signifikan. Suatu kondisi perbedaan kerapatan yang drastis dapat dicapai dengan menggunakan bak yang lebih besar dalam penelitian. Pengambilan sampel tanaman yang dilakukan untuk ekstraksi logam juga menyebabkan perubahan kerapatan tanaman.

**Tabel 3.** Uji T-berpasangan antara Konsentrasi Cu di tanaman

Konsentrasi Cu di tanaman	Nilai Signifikansi Hitung	Kesimpulan
Tercemar 1 – Tercemar 2	0,510	H <sub>0</sub> diterima, H <sub>1</sub> ditolak
Tercemar 1 – Tercemar 3	0,945	H <sub>0</sub> diterima, H <sub>1</sub> ditolak
Tercemar 2 – Tercemar 3	0,562	H <sub>0</sub> diterima, H <sub>1</sub> ditolak

Uji T-berpasangan juga dilakukan terhadap konsentrasi Cu pada tanaman antara model tercemar dan model kontrol. Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

H<sub>0</sub> = Rata-rata konsentrasi Cu pada tanaman antara model kontrol dan model tercemar adalah sama

H<sub>1</sub> = Rata-rata konsentrasi Cu pada tanaman antara model kontrol dan model tercemar adalah berbeda

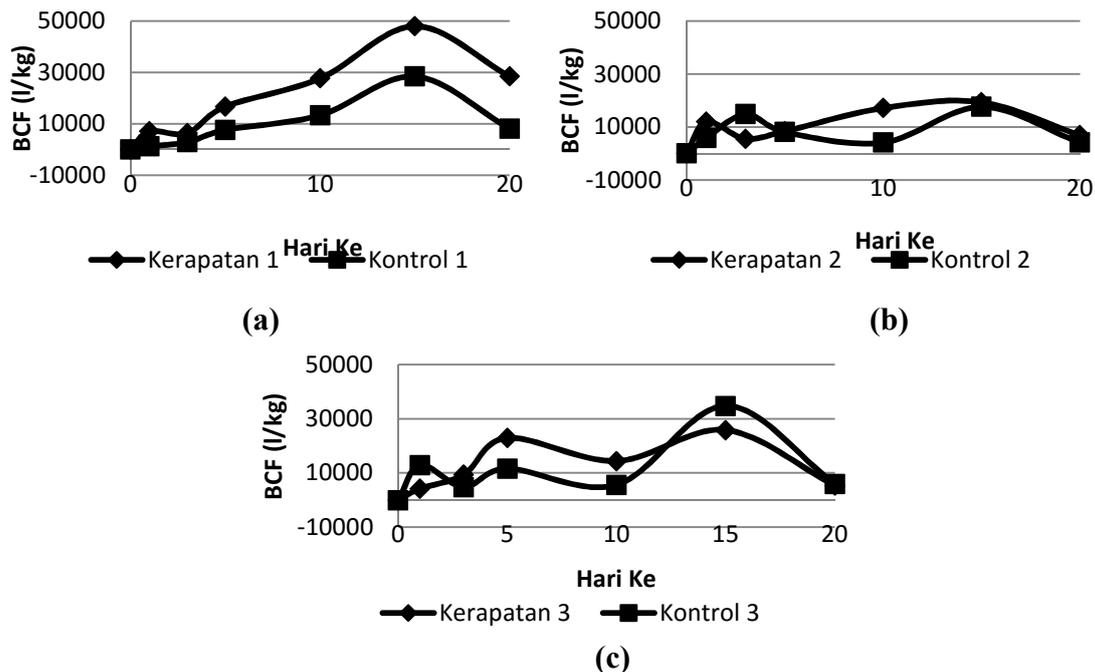
Hasil dari uji yang dilakukan dapat dilihat pada **Tabel 4**. Pada kerapatan 1 dan 3 terdapat perbedaan konsentrasi Cu yang signifikan pada model kontrol dan model tercemar. Berarti, penambahan Cu memiliki pengaruh terhadap penyerapan logam Cu oleh tanaman. Sementara itu, pada kerapatan 2 tidak terdapat perbedaan konsentrasi Cu yang signifikan pada model kontrol dan model tercemar.

**Tabel 4.** Uji T-berpasangan terhadap Konsentrasi Cu pada tanaman

Konsentrasi Cu di tanaman	Nilai Signifikansi Hitung	Kesimpulan
Kontrol 1 – Tercemar 1	0,026	H <sub>0</sub> ditolak, H <sub>1</sub> diterima
Kontrol 2 – Tercemar 2	0,151	H <sub>0</sub> diterima, H <sub>1</sub> ditolak
Kontrol 3 – Tercemar 3	0,041	H <sub>0</sub> ditolak, H <sub>1</sub> diterima

Selanjutnya dilakukan perhitungan faktor biokonsentrasi. Faktor biokonsentrasi atau *Bioconcentration Factor* (BCF) merupakan perbandingan konsentrasi suatu zat pada jaringan suatu komponen lingkungan dengan konsentrasi pada media. Hasil perhitungan BCF dengan menggunakan persamaan (1) dapat dilihat pada **Gambar 3**.

$$BCF = \frac{\text{Konsentrasi Cu pada tanaman (mg/kg)}}{\text{konsentrasi Cu pada air (mg/l)}} \quad (1)$$



**Gambar 3** Nilai BCF pada (a) kerapatan 1 (b) kerapatan 2 dan (c) kerapatan 3.

Faktor biokonsentrasi merupakan salah satu syarat untuk menentukan apakah suatu tanaman dapat digunakan dalam proses fitoremediasi. Zayed et al. (1998) menyebutkan bahwa sebuah tanaman akumulator logam yang baik harus memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat ke dalam jaringannya dengan nilai BCF  $\pm 1000$ . Dalam penelitian yang dilakukan oleh Odjegba dan Fasidi (2003) dengan menggunakan variasi konsentrasi Cu sebesar 0; 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 3,0 dan 5,0 mM selama 21 hari didapat hasil bahwa *Pistia stratiotes* mampu menyerap logam Cu dengan baik dan memiliki nilai BCF lebih dari 1000. Besarnya faktor biokonsentrasi dalam penelitian ini yang berkisar antara 1246,153 l/kg hingga 48014,95 l/kg mengindikasikan bahwa Kiapu merupakan tanaman hiperakumulator yang baik. Hasil dari penelitian ini pun senada dengan penelitian sebelumnya.

Uji T-berpasangan dilakukan terhadap nilai BCF pada model tercemar untuk setiap kerapatan. Hipotesis untuk pengujian ini adalah:

$H_0$  = Rata-rata nilai BCF antara kerapatan satu dengan yang lainnya pada model tercemar adalah sama

$H_1$  = Rata-rata nilai BCF antara kerapatan satu dengan yang lainnya pada model tercemar adalah berbeda

Dari hasil uji pada **Tabel 5**, dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan nilai BCF yang signifikan pada setiap kerapatan. Hal ini semakin menguatkan pernyataan dimana pada penelitian ini tidak terdapat kerapatan yang cukup berpengaruh pada absorpsi logam Cu oleh tanaman Kiapu.

**Tabel 5.** Hasil Uji T-berpasangan antara nilai BCF pada setiap kerapatan

Nilai BCF	Nilai Signifikansi Hitung	Kesimpulan
Tercemar 1 – Tercemar 2	0,088	$H_0$ diterima, $H_1$ ditolak
Tercemar 1 – Tercemar 3	0,154	$H_0$ diterima, $H_1$ ditolak
Tercemar 2 – Tercemar 3	0,537	$H_0$ diterima, $H_1$ ditolak

#### 4. KESIMPULAN

Kiapu (*Pistia stratiotes*) dapat menyerap logam Cu dibuktikan melalui penurunan konsentrasi Cu pada air setiap harinya. Pada model tercemar 1, titik jenuh tanaman terjadi pada hari ke 10 sementara pada kerapatan lain terjadi pada hari ke 15. Perbedaan ini disebabkan oleh konsentrasi awal yang berbeda pada model tercemar kerapatan 1 dengan model tercemar kerapatan 2 dan 3. Akumulasi logam berat lebih banyak terdapat di bagian akar dibandingkan daun dengan nilai maksimum sebesar 620,488 mg/kg pada model tercemar kerapatan 1 di hari ke-10. Hal ini disebabkan karena mekanisme fitoremediasi tanaman Kiapu merupakan rhizofiltrasi. Nilai BCF pada penelitian ini lebih besar dari 1000 yang menunjukkan bahwa tanaman Kiapu merupakan tanaman hipperakumulator yang baik. Nilai BCF maksimum dicapai oleh model tercemar kerapatan 1 hari ke 10 dengan nilai sebesar 48014,948 l/kg. Kandungan logam Cu tertinggi pada tanaman terdapat pada kerapatan 1 sehingga dapat dikatakan bahwa kerapatan 1 merupakan kerapatan yang terbaik dalam menyerap logam Cu. Namun ternyata variasi kerapatan yang dilakukan tidak mempunyai pengaruh yang signifikan pada serapan logam Cu dibuktikan melalui uji T-berpasangan. Dalam penelitian selanjutnya, sebaiknya digunakan bak yang berukuran lebih besar sehingga dapat dibuat variasi kerapatan yang cukup drastis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- EPA. *Introduction to Phytoremediation*. EPA/600/R-99/107, February, 2000.
- Lenntech. 2005. *Copper*. <http://www.lenntech.com/periodic-chart-elements/Cu-en.htm>. 21 Januari 2010
- Odjegba, V.J. dan Fasidi, I.O. *Accumulation of Trace Elements by Pistia stratiotes: Implication for phytoremediation*. *Ecotoxicology*. 13, 637-646, 2004.
- Sutarto, Ratri Indri Hapsari. 2007. *Kontaminasi Logam Berat pada Ikan Mas Budidaya Jaring Apung di Waduk Cirata*, Tugas Akhir Sarjana ITB. Bandung
- Tewari A, Singh R, Singh NK, Rai UN. *Amelioration of municipal sludge by Pistia stratiotes L.: role of antioxidant enzymes in detoxification of metals*. *Bioresource Technology* 2008 Dec;99(18):8715-21. Epub 2008 May 21.
- Tucker, Craig S. *Relationships between culture density and the composition of three floating aquatic macrophytes*. *Hydrobiologia*. Volume 85, Number 1, Oktober 1981, Halaman 73-76
- Ulfin, I. dan Widya, W., *Studi Penyerapan Kromium dengan Kayu Apu*. Akta Kimindo. Vol.1 No.1 Oktober, 2005
- Virendra Kumar Mishra, A. dan B.D. Tripathia. *Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes*. *Bioresource Technology*. Volume 99, Issue 15, October 2008, Halaman 7091-7097
- Winarso, S. *Kesuburan Tanah. Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Gava Media. 2005.
- Zayed, A., Gowthaman, S. dan Terry, N. *Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed*. *J. Environ. Qual.* 27, 715-721. 1998.