

# POTENSI TANAMAN DALAM MENGAKUMULASI LOGAM Cu PADA MEDIA TANAH TERKONTAMINASI LIMBAH PADAT INDUSTRI KERTAS

Henggar Hardiani\*

\* Balai Besar Pulp dan Kertas, Bandung

Naskah diterima tanggal : 15 Januari 2009

## ***PLANTS POTENCY IN ACCUMULATING Cu METAL AT SOIL MEDIA CONTAMINATED BY SOLID WASTE OF PAPER INDUSTRY***

### **ABSTRACT**

*Open dumping disposal cause several environmental problems such as pollution in soil, surface and ground water. This disposal also reduce both the aesthetic and usability area for human activities. Consequently, it is clear that the problems must be overcome. Phytoremediation is a process in pollutant clean up using plants characterized by effective, inexpensive and environmentally friendly. The effectiveness influenced by type and contaminated concentration and plants. The plants used in this research were *Ischaemum timorense* Kunth. and *Dahlia pinnata* Cav. The experiment used factorial design of two factors namely media and planting. Parameter response of this research is metal Cu accumulation, because the content of this pollutant was high enough in deinking waste. The result showed that *Dahlia pinnata* Cav had ability to accumulate and to absorb Cu higher compared to *Ischaemum timorense* Kunth, with absorption efficiency of Cu 3.73% and 0.32% respectively. The ability to accumulate of Cu in root of *Ischaemum timorense* Kunth, stem and leaf were 55,31 mg/kg (30,9%); 31,60 mg/kg (17,7%) and 22,11 mg/kg (12,4%) respectively, whereas *Dahlia pinnata* Cav were 77,41 mg/kg (43,2%) ; 30,0 mg/kg (16,8%) and 39,04 mg/kg (21,8%).*

*Keyword: Phytoremediation, accumulation of Cu metal; solid waste of paper industry; Ischaemum timorense and Dahlia pinnata;*

### **INTISARI**

Pembuangan limbah padat secara timbunan terbuka berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran media air dan tanah. Pembuangan cara ini juga dapat mengurangi estetika dan pemakaian lahan yang digunakan untuk aktivitas manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan pemulihan lahan terkontaminasi pada lokasi bekas timbunan tersebut. Fitoremediasi sebagai pemulihan media tanah terkontaminasi yang menggunakan tanaman merupakan teknologi yang efektif, murah dan ramah lingkungan. Efektifitas proses sangat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi kontaminan serta tanaman yang digunakan. Penelitian dilakukan menggunakan tanaman *Ischaemum timorense* Kunth dan *Dahlia pinnata* Cav dengan rancangan acak pola faktorial yang terdiri atas 2 faktor yaitu media tanam dan umur tanam. Parameter yang diuji adalah logam Cu yang merupakan polutan cukup tinggi di dalam limbah *deinking* industri kertas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *Dahlia pinnata* Cav mempunyai kemampuan mengakumulasi dan menyerap logam Cu lebih besar dibandingkan dengan *Ischaemum timorense* Kunth dengan efisiensi penyerapan berturut-turut sebesar 3,73% dan 0,32%. Kemampuan akumulasi Cu pada akar *Ischaemum timorense* Kunth, batang dan daun berturut-turut sebesar 55,31 mg/kg (30,9%); 31,60 mg/kg (17,7%) dan 22,11 mg/kg (12,4%), sedangkan akumulasi Cu tanaman *Dahlia pinnata* Cav. dalam akar, batang dan daun adalah 77,41 mg/kg (43,2%); 30,0 mg/kg (16,8%) dan 39,04 mg/kg (21,8%).

Kata kunci: Fitoremediasi; akumulasi logam Cu; limbah padat industri kertas; tanaman rumput kakawatan (*Ischaemum timorense*) dan dahlia (*Dahlia pinnata*);

## PENDAHULUAN

Industri Kertas dengan proses *deinking* adalah salah satu industri yang menghasilkan limbah padat yang diklasifikasikan sebagai limbah B3 dari sumber yang spesifik (Peraturan Pemerintah no18/1999 dan 85/1999 tentang *Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun*). Pada umumnya limbah padat tersebut mengandung logam berat toksik yang berasal dari tinta yang larut dalam air limbah. Logam berat tersebut adalah Pb, Cr, Cu, Ni, Zn, Cd dan Hg (Gottsching et al, 2000). Logam berat secara alamiah akan terus menerus berada di alam, karena tidak mengalami transformasi (*persistent*), sehingga menyimpan potensi peracunan yang laten. Karakteristik limbah padat industri kertas baik tanpa maupun dengan proses *deinking* umumnya mengandung logam Cu cukup tinggi, yaitu dapat mencapai 110 mg/kg yang belum memenuhi persyaratan untuk dibuang ke lingkungan (Progress Report, 2006). Menurut Kep-04/Bapedal/09/1995, nilai Cu yang dipersyaratkan sebesar 100 mg/kg untuk landfill kriteria B atau sama dengan nilai DMEG (discharge multimedia environmental goals) (Fitchko, 1989 dalam Notodarmojo, 2005). Keberadaan logam berat dalam media perlu mendapatkan perhatian yang serius karena tiga hal, meliputi : 1) sifat racun dan potensi karsinogeniknya; 2) mobilitas logam dalam media bisa dengan cepat berubah dari yang tadinya immobile dan 3) mempunyai sifat konservatif dan cenderung kumulatif dalam tubuh manusia.

Logam Cu berpotensi toksik terhadap tanaman dan berbahaya bagi manusia karena bersifat karsinogenik (Notodarmojo, 2005). Kandungan logam Cu dalam jaringan tanaman yang tumbuh normal sekitar 5-20 mg/kg, sedangkan pada kondisi kritis dalam media 60-120 mg/kg dan dalam jaringan tanaman 5-60 mg/kg. Pada kondisi kritis pertumbuhan tanaman mulai terhambat sebagai akibat keracunan Cu (Alloway, 1995) dan menurut Lasat (2007) konsentrasi lebih dari 10 ppm dapat menjadi racun terhadap tanaman. Oleh karena itu pengetahuan mengenai sifat dan karakteristik serta potensi toksisitas logam Cu terhadap tanaman sangat dibutuhkan.

Tindakan pemulihan (remediasi) perlu dilakukan agar lahan yang tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan

secara aman. Pada terakhir ini perhatian peneliti dan perusahaan komersial serta industri terhadap penggunaan tumbuhan sebagai agensia pembersih lingkungan tercemar telah meningkat. Pengolahan limbah yang mengandung Cu hingga saat ini masih menggunakan cara fisika-kimia yang membutuhkan peralatan dan sistem monitoring yang mahal. Konsep pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan media tanam yang dikenal dengan fitoremediasi bukan lagi merupakan hal yang baru.

Fitoremediasi salah satu metode remediasi dengan mengandalkan pada peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar logam berat. Tanaman mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat yang bersifat esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan telah ditemukan 435 jenis tanaman hiperakumulator yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi seperti tanaman *Musa paradisiaca*, *Zea mays*, *Dahlia pinnata*, *Vetiveria zizanioides*, *Alamanda cathartica*, *Panicum maximum*, *Ischaemum timorense*, *Helianthus annus*, *Papyrus sp.* dan tanaman air lainnya (Priyanto & Prayitno, 2007). Keberhasilan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman hiperakumulator sangat cocok digunakan dalam menurunkan kadar pencemar sampai memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Pusat Penelitian Biologi LIPI menyatakan *Dahlia sp.* dan *Helianthus annus* (Compositae) diketahui memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam Cr dengan kuantitas yang hampir sama dengan beberapa tanaman *Brassicaceae* yaitu sebesar 167 -196 mg/kg (Anonim, 2007). Beberapa spesies rumput-rumputan (*Poaceae*) telah diuji pula kemampuannya dalam mengakumulasi logam. *Panicum maximum* diketahui dapat mengakumulasi logam Cd sebesar 175 mg/kg dan *Zea mays* diketahui mengakumulasi logam Aluminium (Al) sebesar 107 mg/kg. Berdasarkan penelitian Sagita (2002) menyatakan bahwa famili *Poaceae* memiliki kemampuan mengkhelat logam dan membawanya kedalam sel akar melalui proses transport aktif sehingga tidak menghambat metabolisme tanaman tersebut.

Mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, sebagai berikut :

1. Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (*rizosfer*) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar.
2. Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya.
3. Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar (Priyanto dan Prayitno, 2007).

Logam berat Cu digolongkan kedalam logam berat esensial dalam konsentrasi yang sangat kecil, akan tetapi bila pada konsentrasi tinggi logam Cu akan menjadi racun bagi organisme hidup. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme tersebut (Palar, 2004). Logam berat dapat terakumulasi dalam media dan dengan cepat diserap oleh tanaman, walaupun berada pada konsentrasi yang sangat rendah, logam berat dapat bersifat toksik. Konsentrasi logam berat yang tinggi di dalam media dapat masuk ke dalam rantai makanan dan berpengaruh buruk pada organisme.

Jenis tanaman *Ischaemum timorense* Kunth. dan *Dahlia pinnata* Cav. digunakan dalam penelitian ini karena karakteristiknya termasuk spesies *ruderal* (spesies yang mampu berkembang dalam lingkungan tercemar serta mempunyai siklus hidup yang relatif cepat), dapat mengakumulasi pencemar dalam jumlah yang besar tanpa menampilkan gejala kerusakan eksternal (Sagita, 2002). Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian

untuk mengetahui apakah *Ischaemum timorense* Kunth. dan *Dahlia pinnata* Cav. berpotensi dapat dijadikan tanaman pengakumulasi Cu.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan gambaran sejauh mana mengenai kemampuan tanaman *Ischaemum timorense* Kunth. dan *Dahlia pinnata* Cav. dalam mengakumulasi logam berat khususnya Cu, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam penggunaan dan pemanfaatan tanaman tersebut sebagai fitoremediator lahan yang tercemar limbah padat industri kertas.

## BAHAN DAN METODA

### Bahan Penelitian

1. Media Percobaan :
  - Media tanah tidak terkontaminasi digunakan sebagai media kontrol : adalah media yang diambil dari lahan yang jauh dari lokasi pembuangan limbah.
  - Media tanah terkontaminasi: adalah media yang diambil dari lahan pembuangan limbah padat pabrik kertas proses *deinking*
2. Jenis Tanaman :

Tanaman yang digunakan untuk penelitian ini adalah anakan rumput kakawatan (*Ischaemum timorense*) dan umbi dahlia (*Dahlia pinnata*).

Cara pengambilan contoh media di lokasi timbunan terbuka dilakukan secara acak dengan memetak 2 x 2 m pada kedalaman sekitar 1 m. Selanjutnya dicampur dan dikeringkan.

### Metoda Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak pola faktorial, terdiri atas 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah jenis media tanah yang terkontaminasi dan tidak terkontaminasi dan faktor kedua adalah umur tanam 1, 2 dan 3 bulan. Penelitian dilakukan di laboratorium (rumah kaca) yang meliputi :

- a) Penyiapan media tanam  
Media tanam yang berupa tanah terkontaminasi dan tanah tidak terkontaminasi, masing-masing 9 kg. Sebelumnya telah dilakukan pengeringan dan penyaringan dengan saringan 10 mesh, kemudian dimasukkan pada pot sebanyak 1 kg setiap pot.

b) Penyiapan tanaman

Pembibitan

Pembibitan dilakukan di dalam pot di rumah kaca. Anakan rumput kakawatan dan umbi dahlia kemudian di aklimatisasi selama 3-4 minggu agar tunas dan akar sudah tumbuh merata. Anakan rumput kakawatan dan umbi tersebut kemudian ditanam pada media tanam yang telah disiapkan.

Penanaman

Anakan *Ischaemum timorensis* dan umbi *Dahlia pinnata* yang sudah siap tanam dipindahkan ke dalam pot yang telah berisi media tanam. Satu pot masing-masing hanya diisi oleh satu anakan rumput kakawatan atau satu umbi tanaman dahlia.

c) Percobaan dilakukan di rumah kaca. Perlakuan percobaan adalah variasi umur tanam dan media tanam. Variasi umur tanam, yaitu 1 bulan; 2 bulan dan 3 bulan, sedangkan media tanam adalah media tanah tidak terkontaminasi dan media tanah terkontaminasi limbah *deinking*. Media tanah tidak terkontaminasi digunakan sebagai pembanding dalam penelitian ini. Selama percobaan tidak dilakukan penambahan pupuk. Parameter pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan (tinggi tanaman) dan biomassa kering total serta kandungan Cu dalam akar, batang dan daun tanaman rumput kakawatan dan tanaman dahlia.

d) Evaluasi Data

Potensi tanaman sebagai remediator dilakukan dengan menghitung akumulasi dalam akar, batang, daun dan efisiensi akumulasi oleh tanaman, sebagai berikut:

Akumulasi Cu =

$$\frac{\text{Berat Logam dalam tanaman (akar/batang/daun)}}{\text{Berat tanaman (akar/batang/daun)}} \text{ mg/kg}$$

dan efisiensi akumulasi ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

Efisiensi Akumulasi Cu =

$$\frac{\text{Logam dalam tanaman total (Akar + Batang + Daun)}}{\text{Logam dalam tanah}} \times 100\%$$

Analisis data perhitungan efisiensi penurunan Cu dan efisiensi akumulasi oleh tanaman *Ischaemum timorensis* dan *Dahlia pinnata* menggunakan analisis varian dan dilanjutkan dengan Uji Rentang *Newman-Keuls* pada tingkat signifikansi 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Media Tanah sebagai Media Tanam

Analisis karakterisasi media tanah tidak terkontaminasi dan media tanah terkontaminasi oleh limbah proses *deinking* meliputi uji kimia; uji logam dan kesuburan media dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa hasil analisa tekstur tanah sebagai media tanah terkontaminasi maupun media tanah tidak terkontaminasi menunjukkan bahwa kandungan fraksi liatnya cukup tinggi 59% dan 63% (>55%) maka media tersebut mempunyai tekstur liat.

Sifat-sifat kimia media tanah yang penting antara lain reaksi media (pH), KTK dan unsur-unsur hara esensial. Nilai pH media sangat penting untuk diketahui karena menentukan mudah tidaknya ion-ion unsur hara diserap oleh tanaman dan juga menunjukkan keberadaan unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman. Dari hasil analisis media menunjukkan bahwa media tanah terkontaminasi mempunyai pH netral dengan nilai pH 7,9 sedangkan media tanah tidak terkontaminasi menunjukkan agak masam (5,6-6,5) dengan nilai pH sekitar 5,6. Media yang terlalu asam maupun terlalu basa akan mencegah tanaman menyerap nutrisi dalam media meskipun unsur hara tersedia.

Ditinjau dari kandungan N, nilai N pada media tanah tidak terkontaminasi maupun media tanah terkontaminasi dikategorikan sedang (0,2-0,5%), dengan nilai berturut-turut sebesar 0,22% dan 0,35%. Menurut Winarso (2005) kelebihan N akan meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, tetapi akan memperpendek masa generatif.

Kandungan P dalam media tanah terkontaminasi sangat tinggi sebesar 82,5 mg/kg (>60), sedangkan dalam media tanah tidak terkontaminasi diklasifikasikan tinggi, yaitu sebesar 48,9 mg/kg (45-60).

Tabel 1. Hasil Analisis Media Tanah

No	Parameter	Satuan	Media tanah tidak terkontaminasi	Media tanah terkontaminasi
1	Tekstur	%	16	15
	- Pasir	%	21	26
	- Debu	%	63	59
	- Liat	%		
2	pH	-	5,6	7,9
3	Nitrogen (N)	%	0,22	0,35
	Karbon (C)	%	4,67	6,98
	Rasio (C/N)		21	20
4	Posfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	mg/kg	48,9	82,5
5	Kalium (K)	mg/kg	694,2	136,1
6	Kapasitas Tukar Kation (KTK)	me/100g	32,24	13,51
7	Unsur hara			
	- Ca	me/100g	15,13	28,66
	- Mg	me/100g	2,45	2,63
	- K	me/100g	2,27	0,41
	- Na	me/100g	1,18	0,93
8	Logam Cu	mg/kg	67,1	179

KTK adalah kemampuan atau kapasitas koloid media untuk memegang kation. Kapasitas ini secara langsung tergantung pada jumlah muatan negatif dari koloid media dan sangat ditentukan oleh tipe koloid. Nilai KTK untuk media tanah tidak terkontaminasi tinggi, yaitu 32,24 me/kg (25-40) maka media tersebut mempunyai kesuburan tinggi, sedangkan media tanah terkontaminasi mempunyai nilai KTK 13,51 me/kg (12-25) yang dikategorikan kesuburan sedang. Nilai KTK media mempunyai arti sangat penting dalam hubungannya dengan suplai unsur hara dan juga mempunyai pengaruh terhadap daya sangga media. Media tanah tidak terkontaminasi mempunyai kemampuan tinggi dalam menyimpan dan melepaskan kation dan kuat daya sangganya.

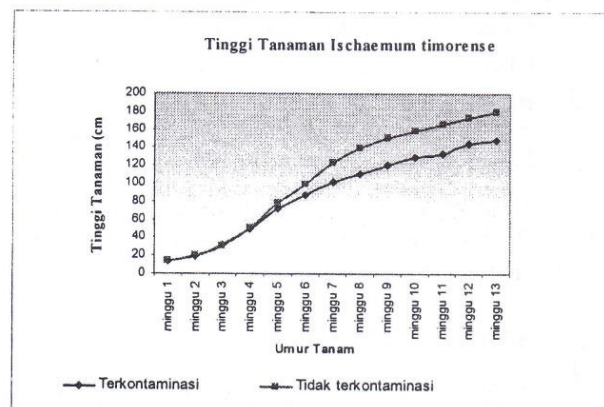
Ditinjau dari hasil analisis unsur hara menunjukkan bahwa pada media tanah tidak terkontaminasi maupun media tanah terkontaminasi mengandung unsur hara esensial (K,Ca,Mg,Na) klasifikasi tinggi, kecuali untuk unsur K pada media tanah terkontaminasi diklasifikasikan sedang. Dengan demikian kedua media tersebut mengandung unsur hara yang lebih tersedia dan mudah dimanfaatkan tanaman.

Kandungan logam Cu dalam tanah tidak terkontaminasi lebih rendah dibandingkan dengan tanah terkontaminasi. Akan tetapi kadar Cu baik dalam tanah terkontaminasi maupun tidak terkontaminasi telah melebihi nilai maksimal tanah tidak berbahaya menurut AMEG adalah 2,0 mg/kg, sehingga dapat dianggap berbahaya bagi manusia atau populasi biologis. Logam Cu termasuk sebagai mikro nutrien yang dibutuhkan oleh tanaman tetapi pada batas tertentu, apabila kandungan dalam tanah sangat tinggi dengan nilai > 10 mg/kg maka akan meracuni tanaman.

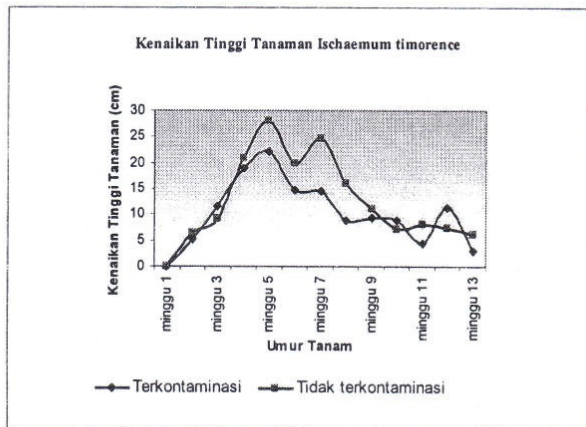
### Pertumbuhan Tinggi Tanaman : Tanaman *Ischaemum timorensis*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi tanaman *Ischaemum timorensis* meningkat seiring dengan umur tanam, baik pada perlakuan media tanah terkontaminasi maupun pada media tanah tidak terkontaminasi. Namun pada perlakuan media tanah terkontaminasi pertumbuhan tinggi tanaman lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan media tanah tidak terkontaminasi, yaitu berturut-turut sebesar 147,5 cm dan 179,5 cm.

Pertumbuhan tinggi rata-rata tanaman terhadap periode umur tanam dan pola pertambahan tinggi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Pengaruh Umur Tanam dan Jenis Media terhadap Tinggi Rata-Rata Tanaman *Ischaemum Timorensis*



Gambar 2. Kenaikan Tinggi Tanaman *Ischaemum Timorence* Setiap Minggu

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa kecenderungan pertambahan tinggi tanaman pada perlakuan media tanah tidak terkontaminasi berfluktuasi. Peningkatan tinggi tanaman pada minggu ke 6 relatif masih tinggi, namun setelah itu pada minggu ke 8 peningkatannya mulai menurun dan cenderung konstan sampai minggu ke 13. Bila dibandingkan dengan perlakuan media tanah terkontaminasi peningkatan tinggi tanaman cukup berfluktuasi dari minggu 1 sampai dengan minggu ke 13 dan kecenderungannya menurun terus. Kondisi ini menunjukkan bahwa kadar Cu yang berlebih dalam media tanam menghambat pertumbuhan tanaman. Menurut Lahudin, 2007 mengatakan bahwa kelebihan kadar Cu dalam media yang melewati ambang batas akan menjadi pemicu terjadinya keracunan khususnya pada tanaman. Kandungan Cu di dalam media berkisar antara 2-250 ppm Cu, padahal kandungan Cu dalam media tanah terkontaminasi sebesar 179 mg/kg Cu dan kadar Cu dalam media tanah tidak terkontaminasi sebesar 67,1 mg/kg.

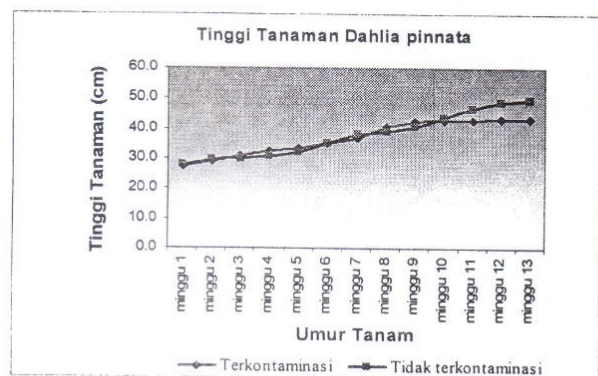
### Tanaman *Dahlia pinnata*

Tinggi tanaman merupakan ukuran tanaman yang sering diamati baik sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh perlakuan yang ditetapkan (Herawati, 1991). Pengamatan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman *Dahlia pinnata* dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.

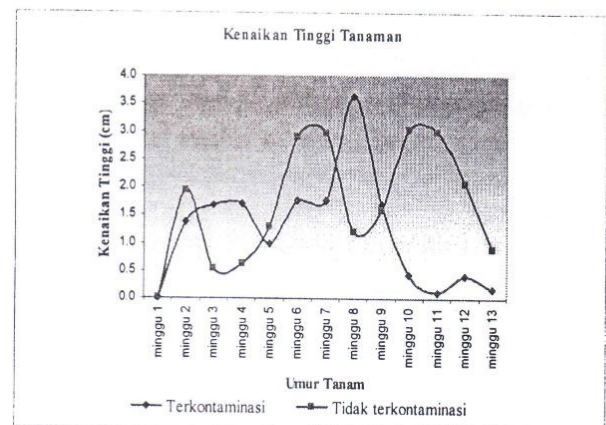
Hasil pengamatan dari Gambar 3 terlihat bahwa tinggi tanaman *Dahlia pinnata* meningkat seiring dengan umur tanam dan hampir konstan, baik pada perlakuan media tanah terkontaminasi maupun pada media tanah

tidak terkontaminasi. Namun pada media tanah terkontaminasi pertumbuhan tinggi tanaman sedikit lebih rendah dibandingkan dengan media tanah tidak terkontaminasi, yaitu berturut-turut sebesar 43,3 cm dan 49,8 cm.

Bila dibandingkan dengan tanaman *Ischaemum timorence* mengalami peningkatan lebih tinggi dibandingkan dengan *Dahlia pinnata*, hal ini dikarenakan tanaman *Ischaemum timorence* mempunyai kemampuan berkembang lebih tinggi dan batang *Ischaemum timorence* mampu memanjang dengan cepat.



Gambar 3. Pengaruh Umur Tanam dan Jenis Media Terhadap Tinggi Tanaman *Dahlia Pinnata*



Gambar 4. Kenaikan Tinggi Tanaman *Dahlia Pinnata* Setiap Minggu

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa kecenderungan peningkatan tinggi tanaman pada media tanah tidak terkontaminasi berfluktuasi dan cenderung meningkat, terlihat pada minggu ke 7; ke 10 dan minggu ke 11. Berbeda dengan media tanah terkontaminasi tinggi tanaman meningkat dari minggu 1 sampai dengan minggu ke 13 dan selanjutnya peningkatannya menurun terus. Kondisi ini menunjukkan bahwa kadar Cu yang berlebih dalam media tanam menghambat pertumbuhan tanaman.

**Biomassa Tanaman *Ischaemum timorense* dan *Dahlia pinnata***

Analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan umur tanam dan jenis media serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap biomassa tanaman *Ischaemum timorense*. Nilai F jenis media  $51,41 > 4,75$  dan umur tanam  $22,81 > 3,88$  sedangkan interaksinya  $15,08 > 3,88$ . Berbeda dengan tanaman *Dahlia pinnata* perlakuan umur tanam tidak berpengaruh nyata, nilai F umur tanam  $1,24 < 3,88$ , sedangkan jenis media  $87,27 > 4,75$  dan interaksinya  $11,73 > 3,88$ . Rata-rata biomassa tanaman *Ischaemum timorense* dan tanaman *Dahlia pinnata* dengan perlakuan umur tanam dan jenis media dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk tanaman *Ischaemum timorense*, biomassa tanaman terbesar terjadi pada perlakuan umur tanam 2 bulan dalam media tanah tidak terkontaminasi, yaitu sebesar 13,40 g. Kondisi ini berbeda sangat nyata dengan perlakuan lainnya, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan umur tanam 3 bulan.

Biomassa tanaman pada media tanah terkontaminasi lebih rendah dibandingkan

dengan media tanah tidak terkontaminasi, yaitu terbesar hanya 7,44 g. Kondisi ini sejalan dengan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun, bahwa kandungan logam Cu dalam media yang berlebih menghambat pertumbuhan tanaman. Faust (2000) mengatakan bahwa logam Cu mempengaruhi pertumbuhan biomassa tanaman, walaupun logam Cu merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tanaman, namun dalam jumlah yang berlebih akan menyebabkan beracun bagi tanaman.

Pola yang sama untuk tanaman *Dahlia pinnata*, biomassa tanaman terbesar terjadi pada perlakuan umur tanam 3 bulan dalam media tanah tidak terkontaminasi, yaitu sebesar 103,27 g dan tidak berbeda nyata dengan umur tanam 2 bulan, sedangkan pada tanah terkontaminasi biomassa terbesar hanya 67,68 g. Biomassa tanaman pada tanah tidak terkontaminasi mengalami peningkatan seiring dengan umur tanam, sebaliknya dengan media tanah terkontaminasi umur tanam tidak memberikan pengaruh yang nyata. Bila dibandingkan dengan tanaman *Ischaemum timorense* biomassa tanaman *Dahlia pinnata* lebih besar.

Tabel 2. Rata-Rata Biomassa Tanaman dengan Perlakuan Umur Tanam dan Jenis Media

No	Perlakuan	Biomassa tanaman <i>Ischaemum timorense</i> (g)	Biomassa tanaman <i>Dahlia pinnata</i> (g)
1	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	3,70 d	67,68 cd
2	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	3,51 d	50,16 e
3	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	7,44 c	55,78 de
4	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	4,54 d	77,11 c
5	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	13,40 a	99,19 ab
6	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	11,40 ab	103,27 a

Keterangan : Angka pada kolom biomassa tanaman yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

### Akumulasi Logam Cu dalam Tanaman

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Priyanto dan Priyatno, 2007). Penyerapan oleh akar, telah diketahui, bahwa agar tumbuhan dapat menyerap logam maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Analisis akumulasi logam Cu dalam tanaman *Ischaemum timorense* dan *Dahlia pinnata* dilakukan terhadap akar, batang dan daun.

#### Tanaman *Ischaemum timorense*

Pola akumulasi logam Cu dalam akar dan batang tanaman adalah sama. Perlakuan jenis media dan umur tanam berpengaruh nyata terhadap akumulasi Cu, namun hasil uji ini tidak menunjukkan adanya efek interaksi antar keduanya. Kondisi ini ditunjukkan dari nilai F pada akar, jenis media adalah  $56,79 > 4,75$  dan umur tanam  $4,19 > 3,88$  dan interaksinya sebesar  $1,10 < 3,88$ , sedangkan pada batang jenis media  $7,31 > 4,75$ ; umur tanam  $3,64 < 3,88$  dan interaksinya  $2,76 < 3,88$ . Rata-rata akumulasi Cu dalam akar, batang dan daun tanaman dengan perlakuan umur tanam dan jenis media dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa akumulasi Cu dalam akar tanaman *Ischaemum timorense* pada media tanah terkontaminasi pada umur tanam 2 bulan jauh lebih baik dari pada media tanah tidak terkontaminasi, yaitu berturut-turut 55,31 mg/kg dan 20,68 mg/kg. Akumulasi Cu dalam akar pada media tanah terkontaminasi lebih besar dari pada media tanah tidak terkontaminasi. Menurut Keller, 2005 mengatakan bahwa tanaman dapat mengakumulasi logam dalam jumlah yang besar tetapi pertumbuhannya sangat lambat atau biomassa tanaman rendah. Kondisi ini sejalan dengan data biomassa tanaman menunjukkan rendah dibandingkan dengan pada media tanah tidak terkontaminasi, sehingga diperkirakan terjadi pemekatan konsentrasi dalam akar tanaman.

Akumulasi logam Cu dalam batang tanaman dengan perlakuan umur tanam 2 bulan pada media tanah terkontaminasi jauh lebih baik dari perlakuan lain, yaitu sebesar 31,60 mg/kg. Akumulasi Cu pada media tanah terkontaminasi lebih tinggi dibandingkan dengan media tanah tidak terkontaminasi. Rendahnya akumulasi logam Cu dalam batang tanaman *Ischaemum timorense* pada media tanah tidak terkontaminasi disebabkan karena adanya pengenceran dengan meningkatnya biomassa kering batang. Selanjutnya ditinjau terhadap akumulasi Cu dalam daun *Ischaemum timorense*, hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan jenis media dan perlakuan umur tanam tidak berbeda nyata dan tidak adanya efek interaksi antar keduanya. Nilai F berturut-turut adalah  $0,28 < 4,75$  dan  $3,83 < 3,88$  dan interaksinya  $2,07 < 3,88$ .

Tabel 3. Rata-Rata Akumulasi Cu dalam Akar, Batang dan Daun Tanaman *Ischaemum Timorense* dengan Perlakuan Umur Tanam dan Jenis Media

No	Perlakuan	Akumulasi Cu (akar), mg/kg	Akumulasi Cu (batang), mg/kg	Akumulasi Cu (daun), mg/kg
1	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	36,6 cb	8,12 b	2,98 c
2	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	55,31 a	31,60 a	12,69 ab
3	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	49,46 ab	20,50 ab	22,11 a
4	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	15,22 e	6,14 b	12,95 ab
5	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	20,68 d	7,42 b	14,15 ab
6	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	22,67 d	14,40 ab	15,88 ab

Keterangan : Angka pada kolom akumulasi Cu yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%



Akumulasi Cu dalam daun pada media tanah terkontaminasi meningkat dari 2,98 mg/kg menjadi 12,69 mg/kg setelah umur tanam 2 bulan dan meningkat lagi menjadi 22,11 mg/kg setelah umur tanam 3 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi lokalisasi logam Cu dalam daun setelah umur tanam 3 bulan. Berbeda dengan media tanah tidak terkontaminasi akumulasi dan distribusi logam Cu oleh tanaman tidak berbeda nyata terhadap umur tanam 1 bulan akumulasi cukup tinggi yaitu sebesar 12,95 mg/kg, kemudian meningkat sedikit menjadi 14,15 mg/kg setelah umur tanam 2 bulan dan meningkat lagi menjadi 15,88 mg/kg setelah umur tanam 3 bulan. Hal ini terbukti bahwa dalam daun sudah terjadi lokalisasi logam Cu.

Secara umum akumulasi logam Cu dalam tanaman *Ischaemum timorense* pada media tanah terkontaminasi lebih tinggi daripada dalam media tidak terkontaminasi. Tingginya tingkat akumulasi tersebut disebabkan karena kandungan organiknya cukup tinggi, yaitu 6,98% dengan nilai rasio C/N sebesar 20, maka pH disekitar akar terjadi dekomposisi oleh mikroba sehingga dalam media menjadi asam. Mikroba tersebut berperan sebagai biokatalis dan Cu akan larut kemudian diserap oleh tanaman. Berarti senyawa organik dalam media tanah terkontaminasi mengikat logam membentuk senyawa yang bisa diabsorpsi oleh tanaman.

Menurut EPA (2000) bahwa tanaman *Bent grass* (kelompok rumput-rumputan) pada konsentrasi 7,5-71 mg/kg, bersifat akumulator terhadap logam Cu.

### Tanaman *Dahlia pinnata*

Hasil analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan jenis media dan umur tanam berpengaruh nyata terhadap akumulasi Cu dalam akar *Dahlia pinnata*. Namun hasil uji ini tidak menunjukkan adanya efek interaksi antar keduanya. Nilai F jenis media  $72,29 > 4,75$ , dan umur tanam  $3,89 > 3,88$  sedangkan interaksinya  $3,69 < 3,88$ . Rata-rata akumulasi Cu dalam akar, batang dan daun tanaman dengan perlakuan umur tanam dan jenis media dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa akumulasi logam Cu dalam akar tanaman pada umur tanam 2 bulan pada media tanah terkontaminasi jauh lebih baik dari perlakuan lainnya, yaitu sebesar 77,41 mg/kg. Akumulasi Cu pada media tanah terkontaminasi lebih tinggi dibandingkan dengan media tanah tidak terkontaminasi. Kondisi ini sejalan dengan data biomassa tanaman menunjukkan nilainya rendah, sehingga diperkirakan terjadi pemekatan konsentrasi dalam akar tanaman. Perlakuan umur tanam pada media tanah tidak terkontaminasi tidak ada pengaruh yang berarti terhadap akumulasi logam Cu.

Hasil penelitian pada batang dan daun tanaman *Dahlia pinnata* menunjukkan bahwa jenis media dan umur tanam umumnya tidak berpengaruh nyata terhadap akumulasi Cu. Nilai F jenis media  $47,34 > 4,75$  dan umur tanam  $51,21 > 3,88$  sedangkan interaksi  $47,29 > 3,88$ . Akumulasi Cu tertinggi pada umur tanam 2 bulan, yaitu sebesar 30,00 mg/kg.

Tabel 4. Rata-Rata Akumulasi Cu dalam Akar, Batang dan Daun Tanaman *Dahlia Pinnata* dengan Perlakuan Umur Tanam dan Jenis Media

No	Perlakuan	Akumulasi Cu (akar), mg/kg	Akumulasi Cu (batang), mg/kg	Akumulasi Cu (daun), mg/kg
1	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	42,93 b	8,54 b	10,92 b
2	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	77,41 a	30,00 a	20,37 b
3	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	59,03 ab	6,42 b	39,04 a
4	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	15,26 c	6,67 b	11,81 b
5	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	15,78 c	7,96 b	13,37 b
6	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	17,52 c	7,93 b	14,24 b

Keterangan : Angka pada kolom akumulasi Cu yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Akumulasi Cu pada media tanah terkontaminasi lebih tinggi dari pada media tanah tidak terkontaminasi. Bila ditinjau pada daun, jenis media dan umur tanam berpengaruh nyata terhadap akumulasi Cu. Namun hasil uji ini tidak menunjukkan adanya efek interaksi antar keduanya. Nilai F jenis media  $5,91 > 4,75$  dan umur tanam  $4,44 > 3,88$  sedangkan interaksinya  $3,21 < 3,88$ . Umur tanam 3 bulan pada media tanah terkontaminasi jauh lebih baik dari pada lainnya, yaitu sebesar 39,04 mg/kg. Namun pada media tanah tidak terkontaminasi umur tanam tidak memberikan pengaruh yang nyata, akumulasi Cu tertinggi dalam daun pada umur tanam 3 bulan hanya sebesar 14,4 mg/kg.

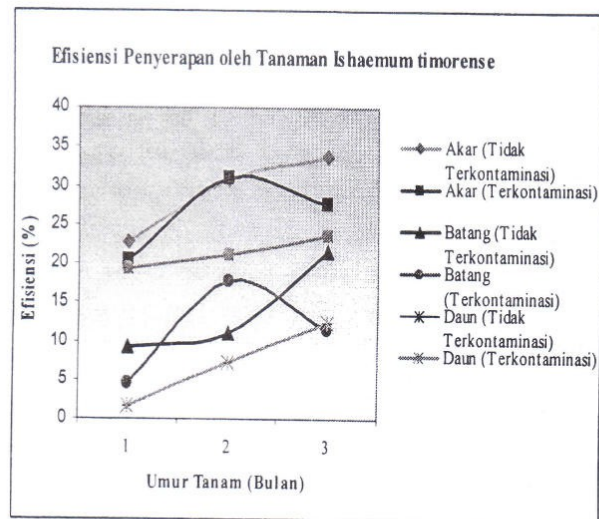
### Penyerapan Logam Cu

Penyerapan Cu oleh tanaman terbesar terjadi pada akar tanaman *Ischaemum timorense* maupun tanaman *Dahlia pinnata* dalam media tanah terkontaminasi. Penyerapan Cu oleh tanaman *Ischaemum timorense* dapat dilihat pada Gambar 5.

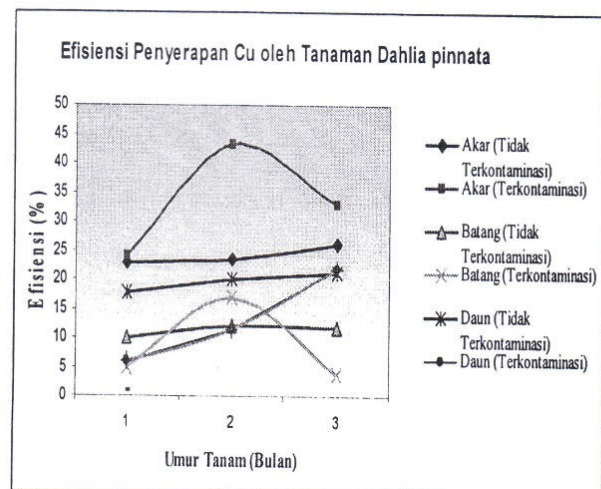
Akar tanaman *Ischaemum timorense* dapat menyerap logam Cu sebesar 30,9% terjadi pada media tanah terkontaminasi dengan umur tanam 2 bulan, sedangkan pada media tanah tidak terkontaminasi 33,79% pada umur tanam 3 bulan. Hal yang sama kecenderungan yang terjadi dalam batang tanaman 17,7% (media tanah terkontaminasi) dan 21,47% (media tanah tidak terkontaminasi), sedangkan dalam daun 12,4% (media tanah terkontaminasi) dan 23,6% untuk media tanah tidak terkontaminasi dengan umur tanam 3 bulan.

Lokalisasi, translokasi dan akumulasi merupakan mekanisme penyerapan oleh tanaman ketika mengambil logam, ditinjau dari mekanisme penyerapan. Penyerapan tersebut dapat diartikan bahwa kemampuan tanaman dalam lokalisasi logam pada sel dan jaringan sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti di akar dan dilanjutkan translokasi logam dari akar ke organ lain, yaitu batang dan daun (Priyanto&Prayitno, 2007). Logam yang diserap dari media oleh sel-sel akar akan mengikuti aliran transpirasi yang diatur oleh penyerapan air dari daun sehingga sebagian besar air dan logam tersebut akan mencapai daun (Lasat, 2000), sedangkan akumulasi, logam yang diserap oleh tanaman akan membentuk mekanisme sel akan ikut terserap bersamaan dengan air yang dibutuhkan

sebagai nutrisi (Lasat, 2000). Sistem fisiologi tanaman tidak dapat membedakan antara logam berat yang memiliki toksisitas tinggi, akibatnya logam berat dapat berkompetisi dengan logam yang berfungsi sebagai nutrisi pada saat proses pengambilan unsur hara dari media oleh akar (Salisbury&Ross, 1995). Dari uji akumulasi logam pada organ akar, batang dan daun tanaman terlihat bahwa penyerapan air bersama Cu terjadi pada kedua tanaman uji. Menurut Sagita (2002) akumulasi Cu terlihat tinggi di akar, hal ini dikarenakan akar langsung bersinggungan dengan media tanah terkontaminasi Cu, melalui akar Cu diserap oleh tanaman kemudian didistribusikan ke daun melalui batang



Gambar 5. Pengaruh Umur Tanam dan Jenis Media terhadap Penyerapan Cu oleh Tanaman *Ischaemum Timorense*



Gambar 6. Pengaruh Umur Tanam dan Jenis Media terhadap Penyerapan Cu oleh Tanaman *Dahlia Pinnata*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyerapan Cu dalam akar selalu lebih tinggi jika di dibandingkan dengan bagian batang dan daun tetapi waktu berpengaruh terhadap akumulasi Cu dalam organ tanaman, periode umur tanam yang telah ditetapkan yaitu 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan pada organ akar tidak mengalami peningkatan akumulasi tetapi pada organ daun dan batang kedua tanaman mengalami peningkatan akumulasi ini terlihat jelas setelah diserap oleh akar, Cu akan disalurkan melalui batang ke bagian lain dari tanaman dan pada saat mencapai daun unsur Cu mengikuti proses metabolisme yang berlangsung di daun, selanjutnya akan terikat pada senyawa yang membentuk di daun.

Berbeda dengan tanaman *Dahlia pinnata* dapat mereduksi logam Cu lebih besar baik oleh akar, batang maupun daun. Akar tanaman dapat menyerap Cu sebesar 43,2% dalam media tanah terkontaminasi dengan umur tanam 2 bulan, sedangkan pada media tanah tidak terkontaminasi terbesar 26,11% pada umur tanam 3 bulan. Kecenderungan sama terjadi dalam batang tanaman, yaitu sebesar 16,8% (media tanah terkontaminasi) dan 11,86% (media tidak terkontaminasi), sedangkan dalam daun tanaman sekitar 21,8% (media tanah terkontaminasi) dan 21,23% untuk media tanah tidak terkontaminasi pada umur tanam 3 bulan. Hal ini dimungkinkan karena tanaman *Dahlia pinnata* adalah merupakan tanaman umbi-umbian yang membutuhkan Cu yang cukup besar untuk pembentukan umbinya. Selain itu juga *Dahlia pinnata* mempunyai kapiler yang cukup besar, sehingga daya penyerapan terhadap Cu sangat besar. Efisiensi penurunan Cu oleh tanaman *Dahlia pinnata* dapat dilihat pada Gambar 6.

### **Efisiensi Akumulasi**

Hasil analisis varian menunjukkan bahwa perlakuan jenis media dan umur tanam serta interaksinya memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap efisiensi akumulasi oleh tanaman *Ischaemum timorense*. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai F nya, yaitu sebesar  $61,4 > 4,75$  untuk jenis media dan untuk umur tanam  $23,35 > 3,88$  sedangkan interaksinya  $25,97 > 3,88$ . Rata-rata Efisiensi akumulasi Cu oleh tanaman *Ischaemum timorense* dan tanaman *Dahlia pinnata* dapat dilihat pada Tabel 5.

Efisiensi akumulasi oleh tanaman *Ischaemum timorense* pada media tanah terkontaminasi meningkat seiring dengan umur tanam, namun peningkatan tersebut tidak berpengaruh nyata antar perlakuan. Efisiensi tertinggi dicapai pada umur tanam 3 bulan, yaitu sebesar 0,32%. Berbeda dengan media tanah tidak terkontaminasi perlakuan umur tanam memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap efisiensi akumulasi. Perlakuan umur tanam 2 bulan menunjukkan efisiensi tertinggi yaitu sebesar 1,99% dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Secara keseluruhan efisiensi akumulasi oleh tanaman *Ischaemum timorense* pada media tanah terkontaminasi lebih rendah dibandingkan dengan pada media tanah tidak terkontaminasi. Keadaan ini menunjukkan bahwa adanya logam Cu menghambat efisiensi penyerapan oleh tanaman.

Pola yang sama terjadi pada tanaman *Dahlia pinnata*, perlakuan jenis media dan umur tanam memberikan pengaruh yang sangat nyata, tetapi antar keduanya tidak ada interaksi. Nilai F untuk jenis media  $38,96 > 4,75$  dan untuk umur tanam  $7,28 > 3,88$ , sedangkan interaksinya sebesar  $1,60 < 3,88$ . Efisiensi akumulasi pada media tanah terkontaminasi tidak berbeda nyata terhadap umur tanam, terbesar sekitar 3,73% pada umur tanam 3 bulan, sedangkan pada media tanah tidak terkontaminasi sebesar 7,13%.

Evaluasi terhadap perlakuan jenis tanaman pada media tanah terkontaminasi menunjukkan bahwa perlakuan jenis tanaman memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap efisiensi serapan. Namun umur tanam dan interaksi antar keduanya tidak berpengaruh nyata, hal tersebut ditunjukkan dari nilai F sebesar  $94,48 > 4,75$  untuk jenis media dan umur tanam  $2,70 < 3,88$  sedangkan interaksinya  $1,30 < 3,88$ .

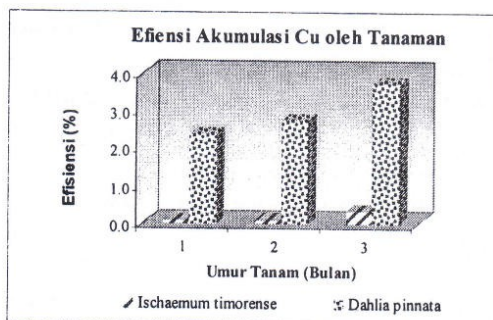
Lakitan, 2004 mengatakan bahwa logam Cu dibutuhkan oleh tumbuhan berumbi untuk membentuk umbinya. Secara keseluruhan bahwa pada media tanah terkontaminasi tanaman *Dahlia pinnata* mempunyai kemampuan menyerap dan mengakumulasi logam Cu lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman *Ischaemum timorense*. Kedua tanaman tersebut dibandingkan dengan tanaman jarak (*Jatropha curcas* L.) bahwa efisiensi serapan masih cukup tinggi, sedangkan tanaman jarak rendah, yaitu hanya sebesar 0,24% (Hardiani, 2008).

Tabel 5. Rata-Rata Efisiensi Akumulasi Logam Cu oleh Tanaman *Ischaemum Timorensense* dengan Perlakuan Umur Tanam dan Jenis Media

No.	Perlakuan	Efisiensi akumulasi oleh tanaman <i>Ischaemum timorensense</i> (%)	Efisiensi akumulasi oleh tanaman <i>Dahlia pinnata</i> (%)
1	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	0,10 c	2,39 c
2	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	0,10 c	2,76 c
3	Media Tanah Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	0,32 c	3,73 c
4	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 1 bulan	0,22 c	4,13 c
5	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 2 bulan	1,99 b	6,35 ab
6	Media Tanah Tidak Terkontaminasi, umur tanam 3 bulan	0,79 a	7,13 a

Keterangan : Angka pada kolom efisiensi yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Pola efisiensi akumulasi logam Cu oleh tanaman *Dahlia pinnata* dan *Ischaemum timorensense* pada media tanah terkontaminasi dapat digambarkan seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Efisiensi Akumulasi Logam Cu oleh Tanaman *Ischaemum Timorensense* dan *Dahlia Pinnata*

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

- Tanaman *Dahlia pinnata* dan *Ischaemum timorensense* mampu menyerap Cu tetapi pada media tanah terkontaminasi terganggu pertumbuhannya baik terhadap tinggi tanaman maupun biomasnya
- Pertumbuhan tinggi tanaman *Dahlia pinnata* lebih rendah daripada tanaman *Ischaemum timorensense*, akan tetapi pertumbuhan biomasnya lebih besar.
- Kemampuan akumulasi logam Cu yang tertinggi dari kedua jenis tanaman dalam media tanah terkontaminasi limbah B3 industri kertas dengan proses *deinking*

terdapat pada akar tanaman. Akumulasi logam Cu dalam akar tanaman *Ischaemum timorensense* Kunth. sebesar 55,31 mg/kg dan batang 31,60 mg/kg serta daun 22,11 mg/kg, sedangkan oleh *Dahlia pinnata* Cav. akar 77,41 mg/kg dan batang 30,0 mg/kg serta daun 39,04 mg/kg

- Tanaman *Ischaemum timorensense* dapat mengakumulasi logam Cu oleh akar sebesar 30,9% dan batang 17,7% serta daun 12,4%, sedangkan tanaman *Dahlia pinnata* Cav. oleh akar sebesar 43,2% dan batang 16,8% serta daun 21,8%.
- Efisiensi akumulasi logam Cu pada tanaman *Dahlia pinnata* lebih besar dibandingkan dengan tanaman *Ischaemum timorensense* dengan rata-rata efisiensi akumulasi sebesar 3,73 % pada umur tanam 3 bulan, sedangkan *Ischaemum timorensense* hanya sebesar 0,32 %

### Saran :

- Fitoremediasi dapat dikembangkan dengan menggunakan tanaman hiperakumulator yang selektif dengan menerapkan teknik budidaya melalui manipulasi genetika agar efektif dan efisien
- Untuk meningkatkan daya akumulasi fitoremediasi perlu mengidentifikasi karakteristik tanaman diantaranya, sebagai berikut:
  - o Tumbuhan harus bersifat hipertoleran agar dapat mengakumulasi sejumlah besar logam berat di dalam batang serta daun.

- o Tumbuhan harus mampu menyerap logam berat dari dalam larutan media dengan penyerapan yang tinggi.
  - o Tumbuhan harus mempunyai kemampuan untuk mentranslokasi logam berat yang diserap akar ke bagian batang serta daun.
- Penelitian ini perlu dikembangkan dengan perlakuan mikroba pada bibit misalnya mikoriza untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap toksisitas Cu

### Ucapan Terimakasih

Terimakasih penulis sampaikan kepada Fitra mahasiswa UNPAD atas bantuannya dan kerjasamanya dalam pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metals in Soils*. 2<sup>nd</sup> ed. Published by Blackie Academic and Professional.
- Anonim, 2007 Dahlia sp dan Ischaemum timorensis. <http://www.Warintek.com> [8/28/2007]
- Anonim, 2007 Fitoremediasi Upaya Mengolah Air Limbah dengan Media Tanaman. Dahlia sp dan Ischaemum timorensis. <http://www.Digitallibrary.com> [8/28/2007]
- , 2006. *Progress report* PT. Adi Prima, 2000-2005.
- Chaney, R.L; et al. 1997. *Phytoremediation of soil metals*. Current Opinions in Biotechnology 8:279-284.
- Darmono.1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Mahkluk Hidup*, Jakarta: UI - Press.
- Faust, M.B; Christians, N.E. 2000. *Copper Reduces Shoot Growth and Root Development of Creeping Bentgrass*, Published in Crop Sci. 40 : 498-502.
- Gaspar, G.M. & Attila, A. 2005. *Phytoremediation study : Factors influencing heavy metal uptake of plants. Proceedings of the 8<sup>th</sup> Hungarian Congress on Plant physiology*.
- Ghosh, M.& Singh,S.P. 2005. *A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of its Byproducts*. Applied Ecology and Environmental Research 3 (1): 1 -18.
- Gottsching, L. & Pakarinen,H.. 2000. *Recycled Fiber and Deinking*. Finland : Paperrmaking Science and Technology.
- Hardiani.H. 2008. *Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas Secara Fitoremediasi*“, Jurnal Riset Industri. Vol. 2. No.2. Hal. 64–75.
- Herawati, S; Subiyanto. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia.
- Keller, C; Hammer, D. 2005. Alternatives for Phytoremediation: Biomass Plants versus Hyperaccumulators. Geophysical Research Abstract, Vol. 7, 03285.
- Lahudin. 2007. *Aspek Unsur Makro dalam Kesuburan Media*. Universitas Sumatera Utara.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-dasar fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : Penerbit PT. Raja Grafindo Persada.
- Lasat, M.M. 2003. *The Use of Plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil*. American Association for the Advancement of Science Environmental Science and Engineering Fellow
- Lepp, N.W. 1981. *Effect of Heavy metal Pollution on Plants*. Applied Science Publishers, Volume 1.
- Notohadiprawiro, T. 2006. *Logam Berat Dalam Pertanian*, Ilmu Media Universitas Gajah Mada.
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Media dan Air Media*. Penerbit ITB
- Nugroho, B. *Ekologi Mikroba pada Media tanah terkontaminasi Logam Berat*. Melalui [http://www.ekologi mikroba.html](http://www.ekologi_mikroba.html) [8/28/2007].
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Jakarta : Penerbit Renika Cipta.
- Poerwowidodo, M. 1993. *Telaah Kesuburan Media*. Bandung : Penerbit Angkasa.
- Prasad. M.N.V. 2003. *Metal hyperaccumulation in plants – Biodiversi prospecting for phytoremediation technology*. Journal of Biotechnology, Vol.6 No.3. 285 – 300.
- Priyanto, B.; Priyatno, J. *Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khusus Logam Berat*. Melalui <http://lfl.flora.htm>. [8/28/2007]

- Rufus, L.1997. *Phytoremediation of Soil Metals*.  
Current Opinion in Biotechnology, 8 :  
279-284.
- Salisbury.F.B. & Ross. C.W. 1995 *Fisiologi  
Tumbuhan* diterjemahkan oleh Diah R  
Lukman & Sumaryono, Penerbit ITB, Jilid 1,  
2 dan 3.
- Sagita, W.A. 2002. *Uji Kemampuan Akumulasi  
Logam Kadmium dar Media oleh Rumput  
Gagajahan (Panicum maximum Jacq)*  
Skripsi S1 Biologi ITB
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Media. Dasar  
Kesehatan dan Kualitas Media*.  
Yogyakarta : Penerbit Gava Media.
- Widianarko, B. 2004. Prospek Fitoremediasi  
Logam Berat, majalah Tekno Limbah,  
Vol.10.
-