

IDENTIFIKASI DAN UJI FITOREMEDIASI BEBERAPA TUMBUHAN AIR ASAL KOLONG PASCA PENAMBANGAN TIMAH

*Identification and Phytoremediation Test
Some Native Aquatic Plants from Post Tin-Mining Pit Ponds*

IDHA SUSANTI¹, SITI AMINAH¹, MUNAWAR²

¹Jurusan Biologi, FPPB Universitas Bangka Belitung

✉ Universitas Bangka Belitung, Jl. Merdeka No.04 Pangkalpinang

²Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya

✉ Universitas Sriwijaya, Jl. Palembang - Prabumulih KM.32 Sumatera Selatan

Abstract

Phytoremediation, an emerging cleanup technology for contaminated soils, groundwater, and wastewater that is both low-tech and low-cost to remove, contain, or render harmless such environmental contaminants as heavy metals, trace elements, organic compounds, and radioactive compounds in soil or water. Bangka Island has some environmental problem that caused tin mining activities. One of them is the formation of pits that have an impact on the carrying capacity of land resources and environmental quality.

The aims of research were to identify some native aquatic plants from tin-mined pit and to test some selectable native aquatic plants for bioremediation on medium treatment. Bioremediation tested have been done using 4 selectable plants on 5 combinations of water and medium treatment. The experiment is conducted with 4x5 designs of random factorial pattern and three replications. The measured parameters were: contents of heavy metal (Pb, Cu, Zn) of water, plant canopy and root; fresh weight ratio of the root/canopy, total fresh weight plant; total dry weight plant; DO; and pH.

Field surveys in several districts of Bangka (Pemali and Ridang Panjang) found some potential aquatic plants for phytoremediation. There were 14 species from 11 genres. Most of them were *Cyperaceae*. They were species in Pemali and Ridang Panjang pit ponds. The selectable plants which used for phytoremediation test were *E. ochrostachys*, *L. articulata*, *S. cucullata*, dan *T. angustifolia*.

The phytoremediation treatment showed 4 aquatic plants had good potential for phytoremediation. Based on the heavy metals measurements of Pb, Cu, and Zn, *L. articulata* was the best plant to accumulate Pb metal (317,35 ppm), and *T. angustifolia* was the best plant to accumulate Cu and Zn metals (43,55 and 167,25 ppm). Both were phytoaccumulation plants and using phytoextraction mechanism. The selectable plants could increase the DO value and pH rising on the medium treatment.

Keywords: aquatic plant, phytoremediation, tin, heavy metals

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan timah darat di Pulau Bangka meninggalkan kolam-kolam berukuran 2-50 ha dikenal dengan istilah kolong (Subardja *et al.* 2004). Menurut Novardi *et al.* (2003), di beberapa lokasi pengamatan, tanah, dan tailing di sekitar penambangan memiliki pH dan tingkat kesuburan yang rendah. Begitu pula kualitas air kolong di beberapa lokasi pengamatan memiliki pH yang rendah dan memiliki kandungan unsur-unsur berbahaya yang melebihi ambang batas yang disyaratkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Menurut Subardja & Santoso (2005) pH air kolong berkisar 2,91-4,95.

Perbaikan kualitas lingkungan secara alami tanpa campur tangan manusia memerlukan waktu 20 hingga 30 tahun (Djakamihardja *et al.* 2004). Diperlukan adanya usaha untuk mempercepat

perbaikan kualitas lingkungan di daerah pasca penambangan timah di Pulau Bangka. Upaya-upaya untuk memperbaiki keadaan lingkungan daerah penambangan perlu dilakukan agar tidak membahayakan lingkungan dan kolong dapat bermanfaat bagi masyarakat.

Kolong muda merupakan kolong yang berusia kurang dari 15 tahun, yang belum banyak dimanfaatkan karena dikuatirkan masih mengandung logam-logam berat. Kolong yang telah berusia 15 tahun, sebanyak 15,9% telah digunakan oleh masyarakat Bangka untuk kegiatan mandi, cuci dan reservoir. Sebanyak 4,28% kolong telah digunakan sebagai sumber air baku PDAM, pertanian, budidaya ikan dan rekreasi (PT. Timah Tbk 1997)

4. Berat basah dan berat kering akar.

5. Rasio akar/tajuk.

Parameter Kimia

Peubah diamati pada 0 hari sebelum tanam, 21 hari setelah tanam, dan 42 hari setelah tanam yakni DO dan pH (Alaerts & Santika 1984).

Analisis Logam Pb, Cu, dan Zn pada Sampel Tumbuhan mengikuti prosedur Balai Penelitian Tanah (2005), sementara Pengukuran konsentrasi logam pada sampel air dilakukan berdasarkan metode standar SNI 06-6989.8-2004, logam Cu SNI 06-6989.6-2004, dan logam Zn SNI 06-6989.7-2004 menggunakan SSA-nyala tipe 200. Pengukuran konsentrasi logam pada sampel tumbuhan dan air dilakukan pada perlakuan m1 dan m5.

Analisis data

Hasil pengamatan pH, DO, dan analisis Pb, Cu, dan Zn pada sampel tumbuhan dan air dianalisis secara deskriptif. Daya adaptasi tumbuhan dilakukan dengan mengukur pertambahan berat basah (akar dan tajuk), berat kering akhir (akar dan tajuk), rasio berat basah akar/tajuk. Hasil tersebut dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (uji F), bila uji F berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut yaitu uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk menentukan perlakuan yang terbaik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-jenis Tumbuhan Air di Kolong

Berdasarkan hasil survei beberapa kolong di Kabupaten Bangka terpilih dua kolong sebagai lokasi pengambilan sampel yakni di Desa Pemali dan Desa Riding Panjang. Pemilihan kedua lokasi tersebut, berdasarkan pada banyaknya jumlah jenis tumbuhan di kolong tersebut, kemudian tumbuhan dominan yang ditemukan di kolong tersebut diuji awal untuk perlakuan bioremediasi. Tumbuhan tersebut berasal dari 2 desa yaitu Desa Pemali (1°52'15,96" LS) dan (106°03'02,86" BT); dan Desa Riding Panjang (1°58'31,16" LS) dan (106°09'03,95" BT).

Tabel 1 menunjukkan jumlah jenis tumbuhan air di Desa Pemali adalah 10 jenis dan di Desa Riding Panjang 4 jenis, keberadaan tumbuhan air tersebut berkaitan dengan kondisi lingkungan perairan di kolong tersebut yang telah membaik.

Tumbuhan yang ditemukan dari kolong Pemali umumnya berkembangbiak dengan biji, kecuali tumbuhan *S. cucullata* yang berkembangbiak dengan spora. Pengamatan terhadap tumbuhan di kolong Riding Panjang terdapat dua tumbuhan yang berkembangbiak dengan biji yaitu *T. angustifolia* dan *Najas* sp. dan terdapat dua tumbuhan yang berkembangbiak dengan spora yaitu *Chara* sp. dan *Isoetes* sp.

Tabel 1. Data tumbuhan air di kolong Desa Pemali dan Desa Riding Panjang

No	Nama lokal	Nama ilmiah	Famili
1	-	<i>Limnophila rugosa</i> (Roth) Mett.	Scrophulariaceae
2	Pucut	<i>Eleocharis ochrostachys</i> Steud.	Cyperaceae
3	-	<i>Fuirena umbellata</i> Kottb.	Cyperaceae
4	Serendai	<i>Scleria purpurascens</i> Steud.	Cyperaceae
5	Kariamom	<i>Utricularia</i> sp.	Lentibulariaceae
6	Lanun	<i>Rhiza echinosperma</i> (Clarke) Hook.	Hydrocharitaceae
7	-	<i>Philytrum lanuginosum</i> Banks & S. Philydraceae	
8	-	<i>Myriophyllum</i> sp.	Haloragaceae
9	-	<i>Salvinia cucullata</i> Roxb.	Salvinaceae
10	Purun	<i>Lepironia articulata</i> (Retz.) Dumort.	Cyperaceae
11	Typha	<i>Typha angustifolia</i> L.	Typhaceae
12	-	<i>Najas</i> sp.	Najadaceae
13	-	<i>Chara</i> sp.	Characeae
14	-	<i>Isoetes</i> sp.	Isoetaceae

Tumbuhan air yang dominan pada kolong Desa Pemali yakni *E. ochrostachys*, *L. articulata*, *S. cucullata*, *P. lanuginosum* dan tumbuhan air yang dominan pada kolong Desa Riding Panjang yakni *T. angustifolia*. Tumbuhan ini lebih dominan diduga karena kemampuan adaptasinya dan kemampuan berkembangbiak lebih cepat dari tumbuhan lainnya. Tumbuhan *E. ochrostachys* memiliki stolons yang panjang, *L. articulata*, *P. lanuginosum*, dan *T. angustifolia* memiliki rimpang sebagai alat perkembangbiakan vegetatif.

Berdasarkan pertumbuhan pada perlakuan media dan air pra penelitian dipilih empat jenis tumbuhan terbaik, yakni *E. ochrostachys* (t1), *L. articulata* (t2), *S. cucullata* (t3), dan *T. angustifolia* (t4).

Pertumbuhan Tumbuhan Air Asal Kolong

Salah satu parameter pertumbuhan tumbuhan adalah produksi biomassa. Biomassa merupakan akumulasi dari berbagai cadangan makanan seperti protein, karbohidrat dan lemak. Semakin besar biomassa suatu tumbuhan, maka proses metabolisme dalam tumbuhan berjalan dengan baik, begitu juga sebaliknya jika biomassa yang kecil menunjukkan adanya suatu hambatan dalam proses metabolisme tumbuhan (Fahrudin 2009). Produksi biomassa yang tinggi merupakan salah satu karakteristik yang diharapkan sebagai tumbuhan hiperakumulator. Ringkasan hasil sidik ragam pertumbuhan disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis keragaman jenis tumbuhan (*E. ochrostachys*, *L. articulata*, *S. cucullata*, dan *T. angustifolia*) menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap semua parameter pertumbuhan kecuali berat kering akar. Hasil analisis keragaman jenis media menunjukkan pengaruh yang signifikan pada semua parameter pertumbuhan, kecuali parameter rasio akar/tajuk dan berat kering akar.

Tabel 2. Hasil sidik ragam parameter pertumbuhan

Parameter	Tumbuhan		Media		Tumbuhan*Media		KK (%)
	F.Hit	P-level	F.Hit	P-level	F.Hit	P-level	
BBTA	42,83*	0,0001	11,04*	0,0001	9,89*	0,0001	28,87
BBAK	5,02*	0,005	2,71*	0,0443	1,46 ^{ns}	0,183	32,71
BBT	34,21*	0,0001	9,4*	0,0001	6,97*	0,0001	21,17
R A/T	4,8*	0,0062	1,52 ^{ns}	0,2168	1,30 ^{ns}	0,2563	49,21
BKTA	18,82*	0,0001	3,28*	0,0209	2,08*	0,0427	33,83
BKAK	1,13 ^{ns}	0,351	1,63 ^{ns}	0,1871	1,58 ^{ns}	0,1402	46,57
BKT	8,18*	0,0003	2,63*	0,0496	1,81 ^{ns}	0,0810	32,46

Keterangan: * = Signifikan pada $P_{level} \leq 0,05$; ns = non signifikan $P_{level} \geq 0,05$, BBTA (berat basah tajuk), BBAK (berat basah akar), BBT (berat basah total), R A/T (rasio akar tajuk), BKTA (berat kering tajuk), BKAK (berat kering akar), BKT (berat kering total)

Hasil analisis keragaman interaksi antara jenis tumbuhan dan jenis media menunjukkan pengaruh yang signifikan, sedangkan berat basah akar, rasio akar tajuk dan berat kering akar dan berat kering total tidak berpengaruh secara signifikan.

Hasil uji lanjut pertumbuhan pada empat jenis tumbuhan air di media m1, m2, m3, m4 dan m5 yang berpengaruh signifikan yakni berat basah tajuk, berat basah akar, berat basah total, rasio akar tajuk, berat kering tajuk, dan berat kering total disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Hasil uji lanjut perlakuan tumbuhan

Jenis tumbuhan	BBTA (g)	BBAK (g)	BBT (g)	R A/T	BKTA (g)	BKT (g)
t1	20,34c	32,32b	52,66c	1,65ab	4,03b	10,3b
t2	28,39b	32,66b	61,05c	1,19bc	5,84a	16,12a
t3	56,31a	47,61a	103,93a	0,96c	4,94b	10,02b
t4	26,31bc	39,66ab	65,96b	1,79a	4,89b	11,13b

Keterangan: BBTA (berat basah tajuk), BBAK (berat basah akar), BBT (berat basah total), R A/T (rasio akar tajuk), BKTA (berat kering tajuk), BKT (berat kering total); *E. ochrostachys* (t1), *L. articulata* (t2), *S. cucullata* (t3), *T. angustifolia* (t4); angka yang diikuti huruf yang sama maka tidak berpengaruh secara signifikan pada uji Duncan taraf kepercayaan 95%

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan *S. cucullata* (t3) memiliki berat basah tajuk, berat basah akar, dan berat basah total tertinggi masing-masing yakni 56,31 g, 47,61 g, dan 103,93 g. *T. angustifolia* (t4) memiliki rasio akar tajuk tertinggi dibandingkan dengan tumbuhan uji lainnya yakni 1,79, dan *L. articulata* (t2) menunjukkan berat kering tajuk dan berat kering total tertinggi dengan nilai masing-masing yakni 8,84 g dan 16,12 g.

L. articulata menunjukkan berat kering tajuk yang tertinggi, hal ini diduga *L. articulata* lebih banyak mengakumulasi hasil fotosintesis pada bagian tajuk. Biomassa tajuk merupakan akumulasi fotosintat yang berada di bagian batang dan daun (Fahrudin 2009).

Hasil uji lanjut media terhadap pertumbuhan empat jenis tumbuhan yang menunjukkan pengaruh yang signifikan yakni berat basah tajuk, berat basah

akar, berat basah total, berat kering tajuk, berat kering total disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji lanjut perlakuan media

Media	BBTA (g)	BBAK (g)	BBT (g)	BKTA (g)	BKT (g)
m1	25,8b	28,23b	54,03c	4,25b	9,02b
m2	32,89b	43,43a	75,48b	6,33a	12,91a
m3	47,76a	41,34a	89,00a	6,48a	13,73a
m4	33,33b	40,30a	73,43b	6,3a	12,37ab
m5	25,24b	37,37ab	62,62bc	5,06ab	11,5ab

Keterangan: BBTA (berat basah tajuk), BBAK (berat basah akar), BBT (berat basah total), BKTA (berat kering tajuk), BKT (berat kering total); m1 (kontrol), m2 (tanah PMK, air kolong, dan tailing 0,5 kg), m3 (tanah PMK, air kolong, dan tailing 1 kg), m4 (tanah PMK, air kolong, dan tailing 1,5 kg), m5 (air kolong dan tailing 2 kg); angka yang diikuti huruf yang sama maka tidak berpengaruh secara signifikan pada uji Duncan taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan hasil pada Tabel 4, perlakuan media m3 memiliki nilai tertinggi pada parameter berat basah tajuk (47,76 g), berat basah total (89 g), berat kering tajuk (6,48 g), dan berat kering total (13,73 g), sedangkan perlakuan media m2 memiliki nilai tertinggi pada parameter berat basah akar yakni 43,43 g. Rata-rata perlakuan m3 menunjukkan total yang tinggi. Hal ini diduga karena pertumbuhan tumbuhan pada media tersebut lebih baik, karena sebagian hara disubsidi oleh tanah, sedangkan pada kontrol tidak lebih baik karena media uji merupakan media non-kolong yaitu hanya berupa pasir tailing. Kandungan hara pada tanah podsolik merah kuning umumnya rendah karena pencucian basa berlangsung intensif, kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat (Prasetyo & Suriadikarta 2006).

Hasil uji lanjut interaksi perlakuan tumbuhan dengan media terdapat tiga parameter yang berpengaruh signifikan yakni berat basah tajuk dan berat basah total *S. cucullata* yang ditanam pada media tailing 1 kg (t3m3) mempunyai nilai interaksi tertinggi, dengan biomassa masing-masing 115,10 g dan 177,03 g. Hal ini menunjukkan media pada m3 memberikan hara yang lebih baik daripada media lain terhadap parameter berat basah tajuk dan berat basah total pertumbuhan tumbuhan *S. cucullata*.

Hasil uji lanjut menunjukkan berat kering tajuk tertinggi ditunjukkan pada tumbuhan *L. articulata* yang ditanam pada media tailing 1,5 kg (t2m4) dengan nilai 10,97 g. Hal ini menunjukkan bahwa media perlakuan m4 memberikan hara yang lebih baik daripada media lain terhadap parameter berat basah tajuk dan berat basah total pertumbuhan tumbuhan *L. articulata*.

Konsentrasi Logam pada Sampel Air

Pengukuran konsentrasi logam pada sampel air setelah perlakuan menunjukkan konsentrasi yang berbeda terhadap logam Pb, Cu, dan Zn. Data selengkapnya tersaji pada Tabel 5.

Pengukuran logam berat pada sampel air setelah perlakuan menunjukkan untuk konsentrasi

air kolong penelitian berada di lokasi penggunaan Air kolong memiliki pengaruh terhadap beresal dari Tabel 5. perlakuan

Perlakuan

t1

t2

t3

t4

Keterangan :

Konsentrasi

Peng

tumbuhan

yang mam

melakukan

dipanen (Ju

Umu

tumbuhan y

2011). Day

antara 25-4

Batas toksis

tingkat ting

Kirkby (19

melaporkan

dalam tumbu

Hasil

sampel tu

kandungan

ppm (Tabel

air kolong dan air kontrol yang digunakan pada penelitian relatif sama karena masing-masing masih berada di bawah ambang baku mutu air untuk penggunaan konvensional yang dipersyaratkan. Air kolong yang digunakan pada penelitian tidak memiliki toksisitas yang tinggi, oleh karena itu pengaruh perlakuan dimungkinkan lebih banyak berasal dari pengaruh nutrisi, DO dan pH perlakuan. Tabel 5. Konsentrasi logam berat berbagai perlakuan

Perlakuan		Konsentrasi logam (ppm)		
		Pb	Cu	Zn
t1	m1	1t	0,33	0,32
	m5	1t	0,12	0,15
t2	m1	1t	0,06	0,06
	m5	1t	0,04	0,2
t3	m1	1t	0,16	0,32
	m5	1t	0,06	0,06
t4	m1	1t	0,1	0,06
	m5	1t	0,06	0,06

Keterangan : 1t = tidak terdeteksi, *E. ochrostachys* (t1), *I. articulata* (t2), *S. cucullata* (t3), *T. angustifolia* (t4); m1 (kontrol) dan m5 (air kolong dan tailing 2 kg)

Konsentrasi Logam pada Sampel Tumbuhan

Pengamatan terhadap konsentrasi logam pada tumbuhan dilakukan untuk menyeleksi tumbuhan yang mampu mengakumulasi logam berat dan melakukan translokasi logam berat kebagian yang dipanen (Juhaeti et al. 2009).

Umumnya tingkat keracunan logam Zn pada tumbuhan yaitu 500 ppm berat kering (Anonim 2011). Daya racun Cu terhadap tumbuhan berkisar antara 25-45 ppm berat kering (Anonim 2011). Batas toksisitas logam berat Pb pada daun tumbuhan tingkat tinggi adalah 1000 ppm ($\mu\text{g/g}$). Mengel & Kirkby (1987, diacu dalam Sonderi 2009), melaporkan bahwa konsentrasi kritis logam Pb dalam tumbuhan adalah 10 sampai 20 $\mu\text{g g}^{-1}$ (ppm).

Hasil pengukuran logam Pb pada keempat sampel tumbuhan yang diuji menunjukkan kandungan logam berada pada kisaran 54,5-317,35 ppm (Tabel 6). Hal ini menunjukkan keempat jenis tumbuhan dapat beradaptasi pada kondisi konsentrasi logam Pb yang tinggi dalam tumbuhan tersebut. Pengukuran konsentrasi logam Cu, terdapat tiga tumbuhan yang berada pada kisaran diatas 25 ppm yakni, *I. articulata*, *S. cucullata*, dan *T. angustifolia*. Ketiga tumbuhan tersebut dapat beradaptasi terhadap konsentrasi logam Cu yang toksik. Logam Zn pada keempat tumbuhan tersebut masih pada taraf normal yakni belum mencapai 500 ppm. Berikut merupakan hasil pengukuran logam berat Pb, Cu, dan Zn (Tabel 6).

Konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn menunjukkan kurang adanya kecenderungan terjadinya hubungan yang erat antar perlakuan dengan hasil pengukuran penelitian ini (Tabel 6). Hal ini diduga karena tumbuhan yang digunakan

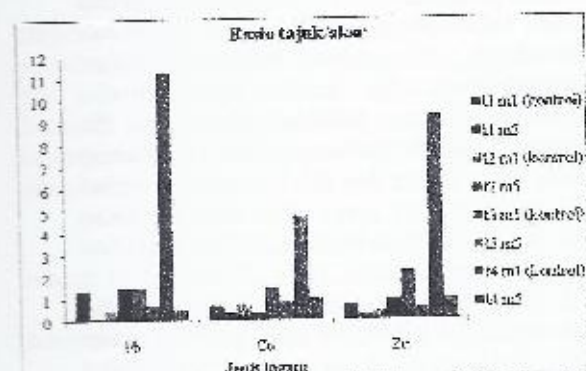
sebagai bahan uji kandungan logam Pb, Cu, dan Zn tidak seragam dan telah mengakumulasi logam cukup besar dari habitat asalnya, sebelum digunakan sebagai tumbuhan uji dalam penelitian.

Tabel 6. Logam Pb, Cu, dan Zn pada bagian tajuk dan akar tumbuhan air yang diuji

Nama tumbuhan	Perlakuan	Bagian tumbuhan	Pb	Cu	Zn
<i>E. ochrostachys</i>	t1m1	Tajuk	37	6,33	18,65
	t1m5	Akar	22,45	9,15	26,15
	Total		54,45	15,5	44,8
	t2m1	Tajuk	11,8	6,6	14,2
	t2m5	Akar	100,05	17,25	51,4
	Total		111,85	23,85	65,6
<i>I. articulata</i>	t2m1	Tajuk	13,75	12,25	16,55
	t2m5	Akar	26,4	16,05	37,85
	Total		40,15	28,3	54,4
	t3m1	Tajuk	78,9	6,5	30,75
	t3m5	Akar	52,6	18,6	52,9
	Total		131,5	25,1	103,65
<i>S. cucullata</i>	t3m1	Tajuk	72	16,25	124,05
	t3m5	Akar	48,2	30,65	55,95
	Total		120,2	46,9	180
	t4m1	Tajuk	31,1	19,8	33,5
	t4m5	Akar	45,9	22,6	58,55
	Total		77	42,4	92,05
<i>T. angustifolia</i>	t4m1	Tajuk	291,55	36	167,25
	t4m5	Akar	25,8	7,55	18,05
	Total		317,35	43,55	185,3
	t4m5	Tajuk	23	7,25	21,7
	t4m5	Akar	47	7,2	21,85
	Total		70	14,45	43,55

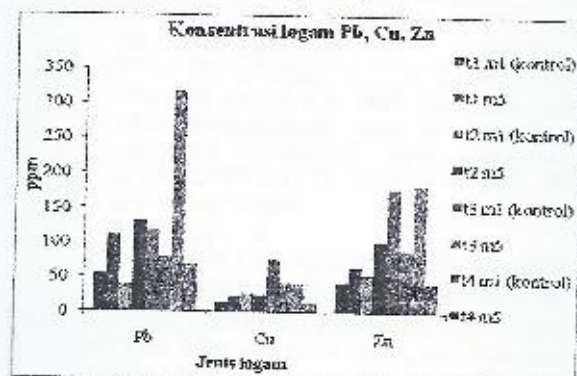
Keterangan : t1m1 (*E. ochrostachys* di media kontrol), t1m5 (*E. ochrostachys* di media 2 kg tailing dan air kolong), t2m1 (*I. articulata* di media kontrol), t2m5 (*I. articulata* di media 2 kg tailing dan air kolong), t3m1 (*S. cucullata* di media kontrol), t3m5 (*S. cucullata* di media 2 kg tailing + air kolong), t4m1 (*T. angustifolia* di media kontrol), t4m5 (*T. angustifolia* di media tailing 2 kg + air kolong).

Menurut Menurut Shen et al. (1997) dan Prasad (2003), tanaman hiperakumulator logam berat memiliki ciri rasio konsentrasi logam berat antara tajuk terhadap akar >1 . Rasio ini disebabkan oleh translokasi unsur dari bagian akar ke bagian tajuk tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal, yang dibuktikan oleh rasio tajuk akar yang nilainya lebih dari satu. Rasio konsentrasi tajuk akar logam Pb, Cu, dan Zn disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rasio konsentrasi tajuk akar logam Pb, Cu, dan Zn, *E. ochrostachys* (t1), *I. articulata* (t2), *S. cucullata* (t3), *T. angustifolia* (t4); m1 (kontrol) dan m5 (air kolong dan tailing 2 kg).

Semua tumbuhan yang diuji menunjukkan nilai rasio konsentrasi Pb tajuk akar lebih dari satu, tumbuhan *E. ochrostachys*, *S. cucullata*, dan *T. angustifolia* terdapat pada perlakuan kontrol dan *L. articulata* terdapat pada perlakuan media tailing tertinggi. Hal ini menunjukkan keempat tumbuhan uji tersebut efisien dalam mentranslokasikan logam Pb dari bagian akar ke bagian tajuk.



Gambar 2. Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada sampel tumbuhan pada media kontrol (m1) dan konsentrasi tailing tertinggi (m5)

Gambar 2 menunjukkan keempat tumbuhan air asal kolong dapat mengakumulasi logam Pb, Cu, dan Zn, namun bervariasi dalam jumlah dan mekanisme akumulasi terhadap ketiga logam tersebut.

Berdasarkan pengukuran ketiga jenis logam, *E. ochrostachys* dapat mengakumulasi logam tertinggi terhadap logam Pb (111,85 ppm) di media tailing dan air kolong dan bersifat rizofiltrasi. Rizofiltrasi yaitu tumbuhan yang menggunakan akar untuk mendegradasi dan mengakumulasi bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik, sehingga logam yang diserap oleh tumbuhan cenderung terakumulasi di akar.

L. articulata dapat mengakumulasi logam tertinggi yang relatif sama dengan tumbuhan *E. ochrostachys* yakni logam Pb dengan konsentrasi tertinggi 131,5 ppm. Tumbuhan ini memiliki kaitan yang erat terhadap berat kering yang ditunjukkan dengan nilai berat kering tajuk tertinggi dibandingkan tumbuhan uji lainnya (Tabel 3). Berdasarkan parameter berat kering yang tinggi dan konsentrasi logam Pb yang tinggi pada tumbuhan tersebut, dapat diasumsikan bahwa tumbuhan tersebut toleran terhadap kondisi logam Pb dan dapat dijadikan agen bioremediasi logam Pb. Perpindahan timbal ke tumbuhan tergantung komposisi unsur logam dan pH. Konsentrasi timbal yang tinggi (100-1000 ppm) akan mengakibatkan pengaruh toksik pada fotosintesis dan pertumbuhan (Widaningrum et al. 2007).

S. cucullata mengakumulasi logam tertinggi terhadap logam Zn yakni 180 ppm pada perlakuan kontrol dan bersifat fitoekstraksi (*phytoaccumulation*) terhadap logam Zn. Fitoekstraksi yaitu proses tumbuhan menarik zat

kontaminan dari media sehingga terakumulasi di sekitar bagian batang dan daun tumbuhan (Peer et al. 2005). Tumbuhan ini juga dapat mengakumulasi logam Cu tertinggi dibandingkan dengan tumbuhan uji lain yakni sebesar 76,9 ppm pada perlakuan kontrol. Berdasarkan hasil pada Tabel 3 tumbuhan ini memiliki berat kering terendah, hal ini menunjukkan tidak adanya kaitan yang erat antara kemampuan menyerap logam dengan berat kering. Berdasarkan hal tersebut tumbuhan ini toleran terhadap logam Zn dan Cu namun belum dapat dijadikan agen bioremediasi logam Zn dan Cu.

T. angustifolia mengakumulasi logam tertinggi terhadap logam Pb pada perlakuan kontrol (317,35 ppm) dan bersifat fitoekstraksi terhadap penyerapan logam Pb, sedangkan terhadap logam Zn tumbuhan ini menunjukkan akumulasi tertinggi terhadap logam Zn (185,3 ppm) pada perlakuan kontrol dibandingkan dengan tumbuhan lain dan bersifat fitoekstraksi terhadap logam Zn. Tumbuhan ini memiliki hubungan yang erat dengan rasio konsentrasi logam Cu dan Zn tajuk akar (Tabel 3) dan peningkatan nilai DO (Gambar 4). Ini menunjukkan *T. angustifolia* dapat dijadikan agen bioremediasi terhadap logam Cu dan Zn.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap tiga jenis logam dapat diketahui bahwa *L. articulata* merupakan tumbuhan terbaik dalam mengakumulasi logam Pb, *T. angustifolia* merupakan tumbuhan yang terbaik dalam mengakumulasi logam Cu dan Zn, sedangkan tumbuhan yang terbaik mengakumulasi ketiga jenis logam adalah *T. angustifolia*.

Pengukuran DO (Dissolved Oxygen)

Oksigen terlarut adalah gas untuk respirasi yang sering merupakan faktor pembatas dalam lingkungan hidup pada sampel air tawar. DO dan pH merupakan indikator kualitas air. Kadar dan toksisitas Pb dipengaruhi oleh pH dan kadar oksigen (Effendi 2003). Keadaan perairan dengan kadar oksigen yang sangat rendah berbahaya bagi organisme akuatik. Semakin rendah kadar oksigen terlarut, semakin tinggi toksisitas (daya racun) Pb, Cu, dan Zn.

Nilai DO terhadap keempat tumbuhan pada penelitian menunjukkan kandungan oksigen masih memenuhi syarat lingkungan perairan yaitu berada pada kisaran 3,00-8,00 mg/L (Gambar 3). Kadar oksigen terlarut 3,00-5,00 mg/L telah memenuhi syarat untuk dilepas ke lingkungan, karena pada kondisi tersebut kondisi anaerobik dalam perairan dapat dihambat, sehingga kehidupan organisme didalamnya dapat berlangsung dengan baik.



Gambar 3. Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada sampel tumbuhan pada media kontrol (m1) dan konsentrasi tailing tertinggi (m5)

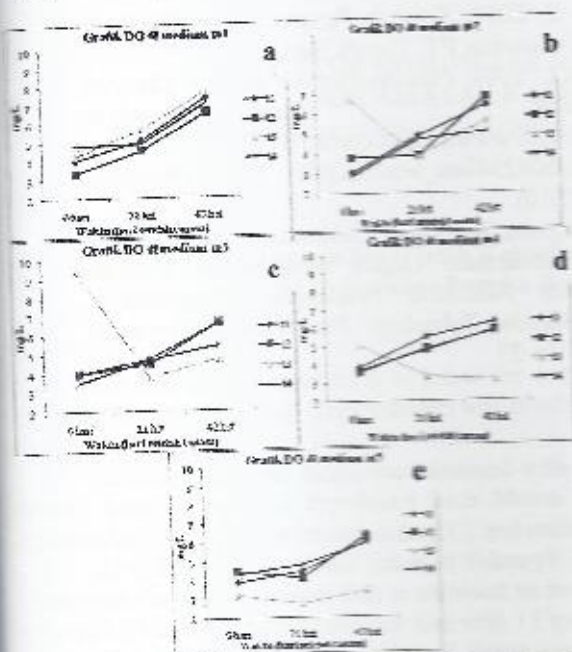
Berdasarkan hasil pengukuran terhadap tiga jenis tumbuhan dapat diketahui bahwa *L. articulata* merupakan tumbuhan terbaik dalam mengakumulasi logam Pb, *T. angustifolia* merupakan tumbuhan yang terbaik dalam mengakumulasi logam Cu dan Zn, sedangkan tumbuhan yang terbaik mengakumulasi ketiga jenis logam adalah *T. angustifolia*.

Pengukuran pH

pH air adalah suatu kekhidupan yang sangat mempengaruhi kehidupan organisme yang ada di dalamnya. pH air yang rendah akan mempengaruhi kehidupan organisme yang ada di dalamnya (Effendi 2004).

Pengukuran pH air menunjukkan bahwa pH air yang digunakan dalam penelitian ini berada pada kisaran 4-6,5, yang menunjukkan bahwa air tersebut bersifat asam. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya limbah asam yang masuk ke dalam perairan tersebut.

Grafik menunjukkan bahwa pH air yang digunakan dalam penelitian ini berada pada kisaran 4-6,5, yang menunjukkan bahwa air tersebut bersifat asam. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya limbah asam yang masuk ke dalam perairan tersebut. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya limbah asam yang masuk ke dalam perairan tersebut.



Gambar 3. Perubahan DO pada tumbuhan air asal kolong pada berbagai tingkat perlakuan media

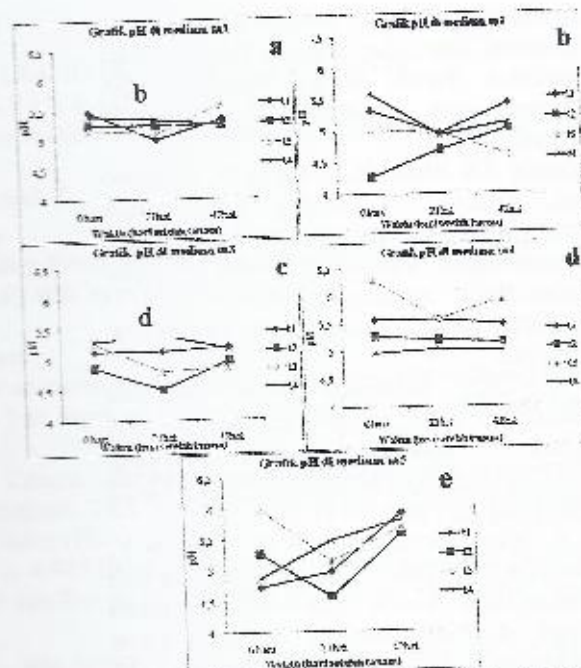
Berdasarkan kandungan oksigen dari empat jenis tumbuhan yang diuji, terdapat tiga tumbuhan yang rata-rata meningkat pada 42 hst (hari setelah tanam), yakni *E. ochrostachys*, *T. angustifolia* dan *L. articulata*. Berdasarkan hari pengamatan dari 0 hari hingga 42 hst, *E. ochrostachys* merupakan tumbuhan yang terbaik dalam peningkatan nilai DO.

Pengukuran pH

pH air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan adalah sekitar 6,5 – 7,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimia di perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah. Pada pH < 4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi (Warlina 2004).

Pengukuran nilai pH pada penelitian menunjukkan kenaikan dan penurunan baik itu pada tumbuhan *E. ochrostachys*, *L. articulata*, *S. cucullata*, dan *T. angustifolia*, dan berada pada kisaran 4-6,5. Hal ini menunjukkan nilai pH berada pada kisaran normal bagi pertumbuhan tumbuhan air tersebut, akan tetapi nilai pH ini tidak termasuk dalam syarat kualitas air. Pada pH < 4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah (Warlina 2004).

Grafik pH (Gambar 4) menunjukkan tidak stabilnya nilai pH. Salah satu faktor nilai pH yang tidak stabil tersebut diduga dipengaruhi oleh rendahnya alkalinitas/ kapasitas penyangga. Alkalinitas adalah kuantitas anion yang dapat menetralkan kation hidrogen. Nilai alkalinitas yang rendah perairan dapat menyebabkan perubahan pH yang cukup besar dan fenomena perubahan pH harian adalah suatu yang biasa terjadi di perairan (Effendi 2003).



Gambar 4. Perubahan pH pada tumbuhan air pada berbagai perlakuan media

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Hasil survei dan identifikasi tumbuhan air menginventarisasi 10 jenis tumbuhan air asal kolong Desa Pemali dan 4 jenis tumbuhan asal kolong Desa Riding Panjang
2. *S. cucullata* menunjukkan berat basah tajuk (BBT) dan berat basah total (BBT) tertinggi pada media tailing 1 kg, dengan nilai masing-masing adalah 115,10 g dan 177,03 g.
3. *L. articulata* menunjukkan berat kering tajuk (BKT) tertinggi pada media tailing 1,5 kg dengan nilai 10,97 g.
4. *L. articulata* merupakan akumulasi logam Pb terbaik dan *T. angustifolia* mengakumulasi logam Cu dan Zn terbaik.
5. Tumbuhan yang terbaik dalam peningkatan nilai DO yakni *E. ochrostachys*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Dirjen DIKTI yang telah memberikan dana penelitian melalui Hibah Bersaing 2010, PT. Timah Tbk, dan BLHD Provinsi Kepulauan Bangka Belitung atas bantuan dan keringanan dalam akses laboratorium, sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G, Santika SS. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Anonim. 2011. *Tinjauan Pustaka*. http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/42439/BA13%2011_Tinjauan%20Pustaka_F94din-3.pdf?sequence=3 (26 Maret 2011).

- Balai Penelitian Tanah. 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Djakarnihardja AS, Rhazista N, Sarah D, Anggen TM, Arianto BS, Nining. 2004. *Studi Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan Timah di Pulau Bangka*. Bogor: Puslit Geoteknologi-LIPI.
- Efiendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fahrudin F. 2009. *Budidaya Caisin (Brassica Juncea L.) Menggunakan Ekstrak Tahi dan Pupuk Kacang*. [Netaip]. <http://eprints.uns.ac.id/273/1/1689528231012411.pdf>. (27 juni 2011).
- Noviardi R, Irianta B, Sukmayadi D, Kuman U, Subardja DA. 2003. *Studi Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Bekas Penambangan Timah di Pulau Bangka* [Abstrak]. Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI. http://opac.geotek.lipi.go.id/index.php?view_detail&id=1181 (23 maret 2011).
- Peer WA, Baxter IR, Elizabeth L, Richards, Freeman J.L, Murphy S.A. 2005. *Phytoremediation and Hyperaccumulator Plants*. <http://naturalsystems.uchicago.edu/naturalsystemsclassGMOPeer2005.pdf> (29 juni 2011).
- Prasad MNV. 2004. *Phytoremediation of Metal in The Environment for Sustainable Development*. Proc. India Natn. Sci. Acad. B70 1: 71-98.
- Prasetyo B.H., Suriadikarta D.A. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Utsial untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2):39-46.
- PT. Timah Tbk. 1997. *Laporan Akhir Identifikasi Kolong Pasca Penambangan Timah di Wilayah Bangka Belitung*. Bangka: PT. Timah.
- Shen ZG, Zhao FJ, McGrath SP. 1997. Uptake and Transport of Zinc in The Hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* and The Nonhyperaccumulator *Thlaspi ochroleucum*. *Plant Cell Environ.* 20: 898-906.
- Soemirat J. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Sondari N. 2009. Pertumbuhan, Kadar Logam Berat Pb dan Hasil Padi Gogo (*Oryza Sativa L.*) Akibat Pemberian Kombinasi Limbah Batubara Bottom Ash dan Bokashi Bottom Ash. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 9(2):88-94.
- Subardja A, Santoso AB. 2005. *Alternatif Pengolahan Pasir Air Limbah Penambangan Timah di Pulau Bangka*. Bogor: Pusat Penelitian Geoteknologi-LIPI.
- Timah Tbk. 1997. *Laporan Penambangan Timah di Wilayah Bangka Belitung*. Bangka: PT. Timah.
- Wahana. 2004. *Pemeriksaan Air Sumber Dampak dan Penanggulangannya*. http://www.wahana.com/PPS702-2004244ka_wahana.pdf (31 Desember 2005).
- Wahana. 2007. *Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Hasil Perikanan Cemarannya*. Jakarta: Wahana Pengamanan Pertanian 11:607.

The
District, Reg
Disrict.
Data
(RRA) Met
diversity inc
Abund
Under the c
fish with 29
The
dominance
indexs show

Key words

Kab
Propinsi B
Barat Sum
Samudera
Kaur dip
perbatasan
sebelah U
Lampung
Selatan O
Bengkulu
hak peng
perhitung
km².

D
Bengkulu
pantai dan
memiliki
Kabupate
Kabupate
hasil kaji
Daerah P
(dua bel
karang d
berada d
Raya dan
Tanjung
Tebing R
M
Dhahiyat
salah san