



Bioprospek

<https://fmipa.unmul.ac.id/jurnal/index/Bioprospek>



FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN KAYU APU (*Pistia stratiotes* L.) DALAM KOLAM BEKAS TAMBANG BATUBARA TERHADAP PENYERAPAN LOGAM MANGAN (Mn) DAN KADMIUM (Cd)

Miryan Suciarti Purnama¹, Eko Kusumawati², Dwi Susanto²

¹ Laboratorium Fisiologi Perkembangan dan Kultur Jaringan Tumbuhan, Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman

² Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Mulawarman

INFO ARTIKEL

Terkirim 12 Desember 2017
Diterima 8 Februari 2018
Online 6 April 2018

Kata kunci.
Phytoremediation
Pistia stratiotes L
Coal Mine Used Pond
Mn Metals
Metal Cd

ABSTRAK

The aim of this research is to know the interaction that occurs on apu wood (*Pistia stratiotes* L.) in post-coal pool water and the ability of apu wood (*Pistia stratiotes* L.) on the absorption of manganese (Mn) and cadmium (Cd) from pond water post mining coal. This research use Factorial Randomized Completed Random (RAL) with 2 factors that is waste water concentration (100%, 75%, 50%, 25% and 0%) and variations in the weight of apu wood (*Pistia stratiotes* L.) (300 gr, 200 gr and 100 gr). The number of treatments was 20 treatment combinations. Each treatment was repeated 3 times. The data obtained were analyzed using SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) 16.0. The results show that apu wood is effective in lowering Mn and Cd metals against the pool of former coal mines. The effectiveness of Mn metal absorption by apu woods (*Pistia stratiotes* L.) indicated in all treatment combinations with a percentage of RE of 55.56-100% and the effectiveness of Cd metal absorption is shown in all treatment combinations with a percentage of RE of 81.81-100%.

1. Pendahuluan

Aktivitas manusia sering kali dapat mengganggu fungsi hutan. Salah satu kegiatan manusia yang paling berat dampaknya terhadap hutan adalah kegiatan di sektor pertambangan.

Sektor ini memberikan dua dampak penting terhadap kerusakan hutan, yaitu menghilangkan keberadaan hutan (penambangan terbuka) dan limbahnya (*tailing*) mencemari lingkungan (penambangan terbuka dan tertutup). Penambangan yang dilakukan tanpa adanya rehabilitasi akan menyebabkan terbentuknya lubang-lubang raksasa yang akhirnya akan

Korespondensi: miryansuciantiprnm@gmail.com
bioprospek@fmipa.unmul.ac.id

membentuk kolam karena terisi oleh air hujan.

Pengaruh negatif penting dari air tambang terhadap ekosistem didalamnya adalah pH yang sangat rendah, walaupun air asam tambang dari senyawa sulfur (S) ini juga melarutkan logam aluminium (Al), besi (Fe), seng (Zn), manganese (Mn), tembaga (Cu) ataupun kadmium (Cd) ke perairan (Asfie, 2010).

Untuk mengatasi permasalahan pencemaran air yang tercemar logam berat, baru-baru ini telah dikembangkan teknologi alternatif yang dapat membantu proses pengolahan yaitu dengan teknologi fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan sebuah teknologi yang menggunakan berbagai tanaman untuk menurunkan, mengekstrak atau menghilangkan kontaminan dari tanah dan air (EPA, 2000).

Salah satu tanaman air yang digunakan sebagai fitoremediasi yaitu kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) memiliki kemampuan untuk mengolah limbah, baik itu berupa logam berat, zat organik maupun anorganik. Jenis tumbuhan mengapung tersebut dapat dijadikan sebagai fitoremediator pencemaran air karena kemampuannya dalam mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya (Widyaningsih, 2012).

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian guna mengurangi atau menurunkan kadar logam tersebut menggunakan teknik fitoremediasi dengan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) sebagai agen untuk menyerap atau mengakumulasi zat-zat maupun logam pada daerah tercemar.

2. Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Desember 2017 bertempat di rumah kaca (*Green House*) Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas ukur, gelas kimia,

timbangan, Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), baskom. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aquadest, air kolam bekas tambang batubara, kayu apu, tisu dan air PDAM.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2 faktor dengan faktor pertama konsentrasi air tambang yaitu 0% (kontrol), 25%, 50%, 75%, 100% dan berat kayu apu 0gr (tanpa kayu apu), 100gr, 200gr, 300gr yang terdiri dari 20 perlakuan dan tiap perlakuan diulangi sebanyak 3 ulangan.

Prosedur Penelitian

Pengumpulan dan Seleksi Tumbuhan

Pada persiapan media tanamannya, pertama-tama dengan mengambil kayu apu yang masih muda kemudian akar kayu dibersihkan dari sampah-sampah yang terikut saat pengambilan tumbuhan tersebut menggunakan aquades.

Persiapan Media Tanam

Air tambang dibuat dengan variasi konsentrasi 0% (kontrol), 25%, 50%, 75%, 100%. Pengenceran air tambang dilakukan dengan penambahan air PDAM kemudian dari masing-masing konsentrasi dimasukkan kedalam bak-bak plastik. Bak-bak plastik tersebut kemudian diisi dengan kayu apu masing-masing dengan variasi berat kayu apu yang berbeda yaitu 0gr (kontrol), 100gr, 200gr, dan 300 gr masing-masing dalam 5 L. Perlakuan ditempatkan di rumah kaca (*Green House*) sebelum dan setelah perlakuan 14 hari penanaman, air tambang diukur meliputi pH, COD, BOD dan dianalisis kadar logam media tanam dan tanaman dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) 16.0. Untuk mengetahui perlakuan terbaik, apabila data tersebut normal dan homogen maka digunakan uji ANOVA, tetapi apabila tidak memenuhi

salah satunya maka akan dianalisis dengan *Kruskal Wallis* dan apabila ada beda nyata dilakukan uji *Mann Withney* pada taraf kepercayaan 95 %.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Air Kolam Bekas Tambang Terhadap Jumlah Daun Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)

Pengaruh air kolam bekas tambang batubara terhadap kayu apu disajikan sebagai berikut:

Tabel 1. Pengaruh air kolam bekas tambang batubara terhadap jumlah daun kayu apu (*Pistia stratiotes* L.)

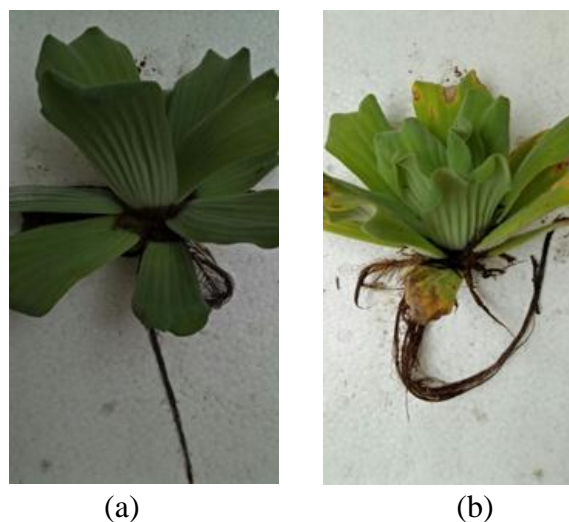
K \ P	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	Rataan
K ₁	15.67± 0.33 ^d	13.67± 0.33 ^b	10.83± 0.17 ^a	18.00± 0.00 ^f	17.00±0. 00 ^e	15.03± 0.17 ^a
K ₂	17.67± 0.33 ^f	33.8±0 .17 ⁿ	23.83± 0.17 ⁱ	23.00± 0.00 ^h	15.00±0. 00 ^c	22.7±0 .63 ^b
K ₃	24.67± 0.33 ^j	30.17± 0.17 ^m	27.00± 0.00 ^j	21.00± 0.00 ^g	26.00±0. 00 ^k	25.77± 0.1 ^c
Rataan	14.5± 0.33 ^a	25.89± 0.22 ^d	15.41± 0.08 ^b	15.5± 0.00 ^c	14.5± 0.00 ^a	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada uji *Mann-Whitney* dengan taraf kepercayaan 95%. P₀=air PDAM; P₁=25% air tambang; P₂=50% air tambang; P₃=75% air tambang; P₄=100% air tambang; K₁=100gr kayu apu; K₂=200gr kayu apu; K₃=300gr kayu apu

Tabel 1. memperlihatkan bahwa pertumbuhan kayu apu pada air kolam bekas tambang batubara menunjukkan perbedaan yang signifikan pada masing-masing perlakuan berdasarkan hasil uji *Mann-Whitney*. Hal ini dibuktikan dengan notasi yang berbeda-beda. Diduga karena sejak awal perlakuan jumlah atau massa kayu apu yang ditambahkan masing-masing perlakuan berbeda-beda sehingga turut mempengaruhi jumlah daun setiap perlakuan. Rataan jumlah daun terbanyak terlihat pada perlakuan P₁ (25%) yaitu 25.89. Hal ini disebabkan karena air tambang yang digunakan untuk perlakuan termasuk rendah (25%) sehingga kayu apu mampu berkembangbiak dengan baik. Perubahan yang terjadi pada nilai jumlah daun dan warna daun ini dipengaruhi oleh proses penyerapan logam yang dilakukan oleh kayu apu tersebut. Menurut Hermawati,

dkk (2005), tanaman dalam kondisi air yang terbatas proses fotosintesisnya akan terhambat. Terhambatnya proses fotosintesis akan berdampak pada penurunan jumlah asimilat yang dibentuk oleh tanaman sehingga berpengaruh pada biomassa tanaman.

Perubahan morfologi kayu apu setelah digunakan untuk fitoremediasi air kolam bekas tambang batubara dapat dilihat dalam Gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 1. Morfologi Kayu Apu (a) Sebelum perlakuan; (b) Sesudah perlakuan

Pada Gambar 1. dapat dilihat sebelum perlakuan kayu apu terlihat memiliki daun yang segar dan berwarna hijau namun setelah perlakuan terlihat daunnya berubah warna menjadi kekuningan dan akar menghitam. Menurut Ulfin (2005) penurunan metabolisme pada kayu apu yang ditanam dalam konsentrasi yang tinggi, mengakibatkan jaringan sel dalam akar cepat rusak hal ini akan berdampak pada produksi fitokelatin. Fitokelatin merupakan enzim yang digunakan untuk mengikat logam. Turunnya metabolisme tanaman dapat diketahui dari penampakan fisik dari daun pada tanaman yang cepat sekali menguning dan tanaman mengalami kerontokan pada bulu-bulu akar. Turunnya metabolisme juga disebabkan karena hiperakumulasi ion logam yang terlalu berlebih.

Pengaruh Air Kolam Bekas Tambang Batubara Terhadap Laju Pertumbuhan Relatif (LPR) Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.)

Pengaruh air kolam bekas tambang batubara terhadap laju pertumbuhan relative (LPR) kayu apu disajikan sebagai berikut:

Tabel 2. Pengaruh air kolam bekas tambang batubara terhadap laju pertumbuhan relatif (LPR)

K \ P	P					Rataan
	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	
K ₁	0.0003	-0.0015	-0.0007	-0.0027	-0.0005	-0.0051
	±0.00 ^{de}	±0.00 ^{bcd}	±0.00 ^{cde}	±0.00 ^b	±0.00 ^{cde}	±0.00 ^a
K ₂	0.000	-0.0053	0.0003	-0.0002	0.0001	-0.001
	1±0.00 ^{de}	±0.00 ^a	±0.00 ^{de}	±0.00 ^{cde}	±0.00 ^{de}	±0.00 ^b
K ₃	0.000	0.0007	-0.0019	0.0007	0.0007	0.0002
	7±0.00 ^e	±0.00 ^e	±0.00 ^{bc}	±0.00 ^e	±0.00 ^e	±0.00 ^c
Rataan	0.0003	0.0015	0.0006	0.0006	0.0008	
	±0.00 ^a	±0.00 ^d	±0.00 ^b	±0.00 ^b	±0.00 ^c	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada uji *Mann-Whitney* dengan taraf kepercayaan 95%. P₀=air PDAM; P₁=25% air tambang; P₂=50% air tambang; P₃=75% air tambang; P₄=100% air tambang; K₁=100gr kayu apu; K₂=200gr kayu apu; K₃=300gr kayu apu

Tabel 2. menunjukkan bahwa air limbah mempengaruhi nilai laju pertumbuhan relatif. Hal ini ditunjukkan dari nilai laju pertumbuhan relatif kayu apu yang tidak mengalami peningkatan bahkan mengalami penurunan. Pada Tabel 2 terdapat nilai negatif, hal ini disebabkan karena banyak tanaman yang mati atau daun-daun yang mulai membusuk pada akhir penelitian sehingga berpengaruh pada berat kering akhir tanaman karena berat awal tanaman erat hubungannya dengan nilai laju pertumbuhan relatif (LPR). Greulich dan Adams (1962) menyatakan bahwa faktor iklim yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman diantaranya adalah temperatur, cahaya, kelembaban udara, komposisi gas di atmosfer, pergerakan udara, tekanan udara dan presipitasi.

Pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap Logam Mangan (Mn) dalam Kolam Bekas Tambang Batubara

Hasil analisis menggunakan uji *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa pemberian tanaman kayu apu berpengaruh signifikan terhadap kandungan kadar logam Mn pada air kolam bekas tambang batubara (P<0.05). Rataan logam mangan (Mn) setelah 14 hari terhadap kualitas air disajikan sebagai berikut:

Tabel 3. Pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap logam mangan (Mn) pada air kolam bekas tambang batubara

No.	Perlakuan	Removal efficiency (%)
1	P ₀ K ₀	0 ^a
2	P ₀ K ₁	0 ^a
3	P ₀ K ₂	0 ^a
4	P ₀ K ₃	0 ^a
5	P ₁ K ₀	0 ^a
6	P ₁ K ₁	55.56 ^b
7	P ₁ K ₂	55.56 ^b
8	P ₁ K ₃	100 ^e
9	P ₂ K ₀	0 ^a
10	P ₂ K ₁	100 ^e
11	P ₂ K ₂	100 ^e
12	P ₂ K ₃	100 ^e
13	P ₃ K ₀	0 ^a
14	P ₃ K ₁	100 ^e
15	P ₃ K ₂	90.48 ^d
16	P ₃ K ₃	76.19 ^c
17	P ₄ K ₀	0 ^a
18	P ₄ K ₁	100 ^e
19	P ₄ K ₂	100 ^e
20	P ₄ K ₃	100 ^e

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada uji *Mann-Whitney* dengan taraf kepercayaan 95%. P₀=air PDAM; P₁=25% air tambang; P₂=50% air tambang; P₃=75% air tambang; P₄=100% air tambang; K₀=0gr; K₁=100gr kayu apu; K₂=200gr kayu apu; K₃=300gr kayu apu

Berdasarkan Tabel 3. dapat dilihat bahwa kayu apu mempengaruhi logam mangan di dalam air kolam bekas tambang batubara. Hal ini dapat dilihat dari nilai RE logam mangan yang dapat dicapai pada semua kombinasi yaitu antara 55.56-100% kecuali perlakuan P₀ (0%). Pada perlakuan P₃ (75%) seiring bertambahnya jumlah kayu apu nilai *removal efficiency* (RE) tidak meningkat melainkan mengalami penurunan. Hal ini dapat disebabkan karena kayu apu sudah berada pada titik jenuh dan tidak mampu lagi menyerap logam berat secara optimal. Hal tersebut juga dinyatakan oleh Zubair, dkk (2015) bahwa kemampuan penyerapan logam oleh suatu tumbuhan dipengaruhi oleh

waktu pemaparan, ketika tumbuhan sudah tidak mampu menyerap logam pada lama pemaparan tertentu, hal tersebut menunjukkan bahwa tumbuhan telah mencapai titik jenuhnya. Titik jenuh adalah waktu batas maksimum yang dapat ditolerir tumbuhan dalam menyerap kontaminan.

Pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap Logam Kadmium (Cd) dalam Air Kolam Bekas Tambang Batubara

Hasil analisis menggunakan *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa pemberian tanaman kayu apu berpengaruh signifikan terhadap kandungan kadar logam Cd pada air kolam bekas tambang batubara ($P < 0.05$). Rataan logam Cd terhadap kualitas air disajikan sebagai berikut:

Tabel 4. Pengaruh kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap logam kadmium (Cd) pada air kolam bekas tambang batubara

No.	Perlakuan	Removal efficiency (%)
1	P ₀ K ₀	0 ^a
2	P ₀ K ₁	100 ^d
3	P ₀ K ₂	100 ^d
4	P ₀ K ₃	100 ^d
5	P ₁ K ₀	0 ^a
6	P ₁ K ₁	100 ^d
7	P ₁ K ₂	100 ^d
8	P ₁ K ₃	100 ^d
9	P ₂ K ₀	0 ^a
10	P ₂ K ₁	81.81 ^b
11	P ₂ K ₂	100 ^d
12	P ₂ K ₃	100 ^d
13	P ₃ K ₀	0 ^a
14	P ₃ K ₁	100 ^d
15	P ₃ K ₂	100 ^d
16	P ₃ K ₃	82.76 ^c
17	P ₄ K ₀	0 ^a
18	P ₄ K ₁	100 ^d
19	P ₄ K ₂	100 ^d
20	P ₄ K ₃	100 ^d

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada uji *Mann-Whitney* dengan taraf kepercayaan 95%. P₀=air PDAM; P₁=25% air tambang; P₂=50% air tambang; P₃=75% air tambang; P₄=100% air tambang; K₀=0gr; K₁=100gr kayu apu; K₂=200gr kayu apu; K₃=300gr kayu apu

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa kayu apu mampu menurunkan kadar logam kadmium. Hal ini dapat dilihat dari *removal efficiency* (RE) logam kadmium yang dapat dicapai pada semua kombinasi perlakuan yaitu antara 81.81-100% kecuali kontrol (tanpa kayu apu). Pada perlakuan P₂ seiring bertambahnya jumlah kayu apu nilai *removal efficiency* (RE) semakin meningkat namun sebaliknya pada perlakuan P₃ (75%) seiring bertambahnya jumlah kayu apu nilai *removal efficiency* (RE) tidak meningkat melainkan mengalami penurunan hingga 82.76%. Hal ini dapat disebabkan karena kayu apu sudah mencapai titik jenuhnya dalam penyerapan logam tersebut sehingga tidak mampu lagi menyerap logam berat secara optimal. Konsentrasi logam dalam air limbah mempengaruhi pertumbuhan tanaman, dimana dengan meningkatnya konsentrasi logam dalam air limbah menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat.

Kadmium merupakan logam berat nonesensial bersifat toksik bagi tumbuhan. Logam kadmium akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Bila jumlah Cd yang masuk tersebut melebihi ambang maka pertumbuhan tanaman itu sendiri akan terhambat atau bahkan kematian sel (Palar, 2008).

Pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap Kualitas Air Kolam Bekas Tambang Batubara

Hasil analisis menggunakan *Kruskal Wallis* menunjukkan bahwa pemberian tanaman kayu apu berpengaruh signifikan terhadap pH, BOD dan COD pada air kolam bekas tambang batubara ($P < 0.05$). Rataan pH, BOD dan COD setelah 14 hari terhadap kualitas air disajikan sebagai berikut:

Tabel 5. Pengaruh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) terhadap kualitas air kolam bekas tambang batubara

No.	Perlakuan	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
1.	P ₀ K ₀	0.00 ^p	0.00 ^j	0.00 ^j
2.	P ₀ K ₁	-0.88 ^k	77.6 ^o	231.74 ^o
3.	P ₀ K ₂	-0.68 ^m	14.04 ^m	86.59 ^m
4.	P ₀ K ₃	-0.99 ⁱ	121.62 ^p	350.06 ^p
5.	P ₁ K ₀	0.02 ^q	0.00 ^j	0.00 ^j
6.	P ₁ K ₁	-0.05 ⁿ	-5.23 ⁱ	-5.30 ⁱ
7.	P ₁ K ₂	-0.01 ^o	-25.58 ^f	-66.5 ^f
8.	P ₁ K ₃	-0.89 ^j	6.20 ^l	15.75 ^l
9.	P ₂ K ₀	-0.01 ^o	0.00 ^j	0.00 ^j
10.	P ₂ K ₁	-1.27 ^f	-63.31 ^b	-141.6 ^c
11.	P ₂ K ₂	-1.19 ^g	-81.67 ^a	-236.22 ^a
12.	P ₂ K ₃	-1.52 ^c	-26.29 ^e	-72.25 ^e
13.	P ₃ K ₀	0.00 ^p	0.00 ^j	0.00 ^j
14.	P ₃ K ₁	-1.36 ^e	39.97 ⁿ	108.2 ⁿ
15.	P ₃ K ₂	-0.76 ^l	-27.54 ^d	-88.07 ^d
16.	P ₃ K ₃	-1.15 ^h	-7.54 ^g	-32.34 ^g
17.	P ₄ K ₀	0.00 ^p	0.00 ^j	0.00 ^j
18.	P ₄ K ₁	-1.44 ^d	2.15 ^k	10.6 ^k
19.	P ₄ K ₂	-1.55 ^b	-6.16 ^h	-13.27 ^h
20.	P ₄ K ₃	-1.68 ^a	-51.76 ^c	-158.08 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang berbeda menunjukkan beda nyata pada uji *Mann-Whitney* dengan taraf kepercayaan 95%
P₀=air PDAM; P₁=25% air tambang; P₂=50% air tambang; P₃=75% air tambang; P₄=100% air tambang; K₀=0gr; K₁=100gr kayu apu; K₂=200gr kayu apu; K₃=300gr kayu apu

Berdasarkan Tabel 5. menunjukkan bahwa pemberian kayu apu 100, 200 dan 300 gram mempengaruhi nilai pH air kolam bekas tambang batubara yang menunjukkan perbedaan yang signifikan pada masing-masing perlakuan. Hal ini dapat dilihat pada semua kombinasi perlakuan pH mengalami peningkatan yaitu antara 6.83-8.81, nilai pH tersebut masih berada dalam kisaran yang diperbolehkan oleh pemerintah yaitu 6-8 (Peraturan Gubernur Nomor 36 Tahun 2008). Peningkatan CO₂ yang diduga akibat adanya penguraian dalam proses fotosintesis menyebabkan terbentuknya asam karbonat dan bikarbonat oleh adanya reaksi ikatan CO₂ dengan H₂O menjadi lebih sedikit, sehingga jumlah ion H⁺ yang dibebaskan dalam reaksi tersebut menjadi berkurang dengan berkurangnya kandungan ion H⁺ maka pH air meningkat (Connell dan Miller, 1995; Hariyati, 1995). Meningkatnya nilai pH juga disebabkan oleh adanya pelarutan ion-ion logam sehingga dapat merubah konsentrasi ion hidrogen dalam air (Wardhana, 1995).

Berdasarkan Tabel 5. pemberian kayu apu 300 gram pada kombinasi perlakuan P₀K₃ menunjukkan penurunan BOD tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya dengan nilai selisih yaitu 121.62 mg/L. Hal ini dapat dijelaskan bahwa kayu apu 300 gram memberikan suplai oksigen yang terbaik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fachrurrozi (2010) bahwa biomassa *Pistia stratiotes* L. yang sangat banyak maka suplai oksigennya akan semakin tinggi. Selain itu, hasil fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman juga dapat mensuplai kebutuhan akan oksigen yang akan digunakan untuk menguraikan bahan organik yang terdapat di dalam air limbah. Penurunan BOD ini disebabkan oleh menurunnya kandungan bahan organik dalam air limbah, sedangkan BOD juga mengalami peningkatan tertinggi pada kombinasi perlakuan P₂K₂ dengan selisih yaitu -81.67 mg/L. BOD untuk perairan tambak yaitu 6 mg/L (PPRI No. 82 tahun 2001). Konsentrasi BOD yang mengalami peningkatan ini diduga diakibatkan oleh kondisi tanaman yang berangsur-angsur menguning dan

akhirnya mati sehingga mengakibatkan bahan organik yang terlarut pada air meningkat yang kemudian mempengaruhi nilai dari BOD itu sendiri.

Pada Tabel 5. pemberian kayu apu 300 gram pada kombinasi perlakuan P₀K₃ menunjukkan penurunan COD tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya dengan selisih yaitu 350.06 mg/L. Hal ini dapat dijelaskan bahwa kayu apu 300 gram memberikan suplai oksigen yang terbaik. Menurut penelitian Fachrurazi (2010) penurunan nilai COD tersebut disebabkan karena bahan padatan telah mulai mengendap sehingga bahan buangan di air limbah juga berkurang. Selain itu, sebagian bahan buangan telah teroksidasi dan sebagian lagi juga telah terserap oleh tanaman sehingga juga mengurangi nilai COD, sedangkan pada kombinasi perlakuan P₂K₂ menunjukkan peningkatan COD tertinggi dengan selisih yaitu -236.22 mg/L. Meningkatnya konsentrasi COD ini diduga disebabkan karena tanaman kayu apu banyak yang rusak. Daun-daun yang telah rusak dan terendam air limbah akan membusuk sehingga pembusukan tersebut tentu akan menambah jumlah bahan organik dalam air limbah kemudian oksigen yang terlarut menjadi berkurang dan akhirnya menambah nilai COD air limbah. COD untuk pertambahan yaitu 50 mg/L (PPRI No. 82 tahun 2001).

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) terbukti mampu menurunkan kandungan logam mangan (Mn) dan kadmium (Cd) dalam air kolam bekas tambang batubara dengan meremoval logam mangan sebesar 55.56-100% dan logam Kadmium 81.81-100%.

Daftar Pustaka

Asfie, M. 2010. Pemanfaatan Kolam Pengendap Tambang Batubara untuk Budidaya Ikan Lokal dalam Keramba. *Jurnal Ris. Akuakultur*. 5 (3): 437-448.

Connell, D.W and G.J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Penerjemah: Koestoer, Y. UI Press: Jakarta.

EPA. 2000. *Introduction to Phytoremediation. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development*. U.S. Environmental Protection Agency. Ohio.

Fachurozi., L.B. Utami., D. Suryani 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia Stratiotes* L. terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4 (1): 1-75.

Greulach, V.A. and J.E. Adams. 1962. *Plants an Introduction to Modern Botany*. John Wiley & Sons: New York.

Hariyati. 1995. Penggunaan Enceng Gondok dan Kayu Apu untuk Meningkatkan Kualitas Limbah Cair Pabrik Kulit P.T. Budi Makmur Jaya Murni Yogyakarta. *Skripsi*. Fakultas Biologi. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.

Hermawati, E., Wiryanto., Solichatun. 2005. Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *Jurnal BioSMART*. 7 (2): 115-124.

Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta.

Ulfin, I dan Widya W. 2005. Studi Penyerapan Kromium dengan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.). *Jurnal Akta Kimindo*. 1 (1): 41-48.

Wardhana, W.A. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset: Yogyakarta.

Widyaningsih, 2012. Pengaruh Variasi Berat basah Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap Kandungan Krom (Cr) Limbah Cair Industri Sablon "Temenan" Monjali Yogyakarta. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta.

Zubair, A., Arsyad, A. dan Rosmiati, 2014. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) menggunakan Kombinasi Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dengan Aliran Batch. *Jurnal Teknik Sipil*. Universitas Hasanuddin: Makassar.