

POTENSI PEMANFAATAN LIMBAH PEMBAKARAN BATUBARA PLTU SEBAGAI MEDIA TANAM DALAM KEGIATAN REVEGETASI LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA

The Potential Utilization of Coal Combustion Products (CCPs) as a Growing Media for Revegetation of Abandoned Coal Mine Area

ALI R. KURNIAWAN, WULANDARI SURONO dan MARSEN ALIMANO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373
e-mail: ali@tekmira.esdm.go.id

SARI

Lahan bekas tambang batubara di Indonesia umumnya dicirikan dengan kondisi keseimbangan ekosistem permukaan tanah yang terganggu dan kualitas kesuburan tanah yang rendah. Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk mengatasi masalah tersebut di antaranya dengan memanfaatkan abu batubara sebagai bahan tambahan dalam media tanam untuk revegetasi lahan. Abu batubara diketahui mengandung unsur makro dan mikro yang berguna untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu batubara (campuran abu dasar dan abu terbang) sebagai media tanam terhadap pertumbuhan tanaman caisin (*Brassica chinensis*) dan LCC (*Legume Cover Crops*) jenis *Centrosema pubescens* serta akumulasi logam berat pada biomassa di kedua tanaman uji tersebut. Dilakukan analisis komposisi kimia abu batubara untuk mengetahui tingkat kesuburannya dan analisis pertumbuhan tanaman serta akumulasi logam berat pada biomassa di kedua tanaman uji tersebut. Dari hasil analisis, diketahui abu batubara PLTU Bukit Asam mengandung unsur-unsur yang berguna untuk menunjang pertumbuhan tanaman seperti Ca, S dan Mg. Penambahan abu batubara sebesar 10 % pada tahap ke-1, 2 dan 3 penanaman menghasilkan rata-rata berat basah caisin yang paling banyak di antara perlakuan lainnya masing-masing sebesar 15,9, 34,5 dan 23,8 gram. Penambahan abu batubara sebesar 17,5 % sampai dengan tahap penanaman ke-3 berpengaruh positif dengan menurunnya kandungan logam berat Cu, Zn, Pb dan Cd pada tanaman caisin masing-masing sebesar 40, 60, 100 dan 50%. Sedangkan untuk kandungan logam Cr dan As cenderung stabil pada setiap tahap penanaman. Pada tanaman *Centrosema pubescens*, penambahan abu batubara 5 % menghasilkan rata-rata biomassa yang paling banyak sebesar 27,1 gram. Penambahan abu batubara pada tanaman *Centrosema pubescens* menurunkan kandungan logam berat Pb dan Zn masing-masing sebesar 34,5 dan 25,3%, namun menaikkan kandungan logam Cu dan Cd masing-masing sebesar 41,7 dan 50%.

Kata kunci: revegetasi, abu batubara, pertumbuhan tanaman, logam berat

ABSTRACT

*The abandoned mine areas in Indonesia are characterized by imbalanced ecosystem and low soil quality. The addition of Coal Combustion Products (CCPs) may improve the soil quality. CCPs are well known as a material for growing media in revegetation process. Based on previous research, coal ash contains important macro and micro nutrients for improving soil fertility and supporting plant growth. The objective of this research is to determine the effect of CCPs utilization as growing media on the growth of caisin (*Brassica chinensis*) and LCC (*Legume Cover Crops*) type *Centrosema pubescens*, and measuring heavy metal accumulation in both plant biomasses. Chemical composition of CCPs was first analyzed*

to identify the degree of soil fertility. Then, the influence of CCPs addition to growth of caisin (*Brassica chinensis*) and *Centrosema pubescens* was observed. The heavy metal accumulation in biomass of both plants was also analyzed. The result of analysis shows that CCPs of Bukit Asam power plant contained the useful micro elements such as Ca, S and Mg to support the growth of plant. Among other treatments, the addition 10% of CCPs on the first, second and third stages of plantation produced the most optimum biomass of caisin with 15.9, 34.5 dan 23.8 gram, respectively. The addition of CCPs has a positive effect on caisin since it reduced heavy metals contents such as Cu, Zn, Pb and Cd as much as 40, 60, 100, 50 %, respectively. However, the content of Cr and Ar tends to be stable. For *Centrosema pubescens*, the addition 5% of CCPs generated the highest biomass (27.1 gram). The addition of CCPs on the *Centrosema pubescens* decreased heavy metal content of Pb (34.5%) and Zn (25.3%) but increased Cu and Cr contents significantly by 41.7 and 50 %, respectively.

Keywords : Revegetation, coal combustion product, plant growth, heavy metals

PENDAHULUAN

Metode penambangan batubara sistem terbuka (*open-cut mining*) di Indonesia telah mengakibatkan terjadinya perubahan bentang alam, terganggunya keseimbangan ekosistem permukaan tanah dan penurunan kualitas kesuburan tanah. Tanah pada lahan bekas tambang batubara secara umum dicirikan dengan kandungan jumlah pasir yang tinggi, nilai KTK, bahan organik dan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Ciri lainnya, memiliki kapasitas menyimpan air yang rendah, tingkat keasaman yang tinggi dan meningkatnya kadar Fe oksida. Akibatnya, tanah menjadi tidak cocok bagi pertumbuhan tanaman ataupun sebagai lahan hutan (Chen dkk., 2009). Perubahan bentang alam terlihat jelas dengan adanya kolam air dalam ukuran yang sangat besar, sementara gangguan keseimbangan ekosistem permukaan tanah dicirikan dengan adanya populasi hayati tanah yang hilang sehingga tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Terjadinya penurunan kesuburan tanah disebabkan oleh adanya dislokasi antara lapisan tanah atas yang lebih subur dengan lapisan tanah di bawahnya yang kurang subur. Akibat nyata dari kondisi tersebut adalah menurunnya daya dukung tanah bekas tambang dalam mendukung pertumbuhan tanaman revegetasi (Subowo, 2011). Berdasarkan hasil penelitian Subardja (2009) lahan bekas penambangan sistem terbuka juga memiliki tingkat kerawanan erosi yang cukup tinggi.

Upaya untuk mengatasi masalah yang ada pada lahan bekas tambang di antaranya dengan pemanfaatan abu batubara sebagai bahan tambahan untuk media tanam. Para peneliti telah melakukan studi tentang berbagai aspek dari pemanfaatan abu batubara khususnya abu terbang. Pada dasarnya, abu terbang terdiri dari banyak unsur yang memiliki kemiripan dengan unsur yang ada pada tanah, kecuali karbon organik dan nitrogen (Nawaz, 2013).

Walaupun abu terbang mengandung logam berat dan unsur mikro lain yang bersifat racun, tetapi juga mengandung banyak unsur makro dan mikro seperti boron, kalsium, seng dan lainnya yang berguna untuk meningkatkan tingkat kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Efek racun yang ditemukan dalam abu terbang pada umumnya dalam jumlah yang kecil dan konsentrasi unsur beracun masih berada di bawah ambang batas. Abu batubara juga memiliki karakteristik fisik yang bisa dimanfaatkan untuk pembenah tanah (*soil conditioner*) dan mendorong pertumbuhan tanaman (Kumar dan Chauhan, 2008; Kurniawan dan Hadijah, 2012). Abu terbang juga mampu menetralkan keasaman tanah karena sifat basa yang dimilikinya (Arivazhagan dkk., 2011). Abu terbang juga bisa berfungsi sebagai insektisida jika digunakan bersama dengan limbah organik (*bio-waste*), bahkan mampu mengurangi penggunaan pupuk kimia dalam jumlah yang signifikan (Nawaz, 2013).

Hasil dari beberapa penelitian di beberapa negara menunjukkan bahwa pencampuran abu terbang dengan bahan lain untuk kegiatan reklamasi atau revegetasi lahan bekas tambang dapat meningkatkan kesuburan tanah yakni dalam hal tersedianya kandungan nutrisi bagi tanaman (Mittra dkk., 2003; Singh dkk., 2011) dan berfungsi sebagai alternatif bahan amelioran (Truter dkk., 2009). Penelitian yang dilakukan Sondari (2011) juga menunjukkan bahwa abu dasar yang dicampur dengan bokashi sebagai media tanam akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) memberikan pengaruh yang positif pada pertumbuhan tanaman. Namun, pemanfaatan abu batubara dengan komposisi campuran abu dasar dan abu terbang dari PLTU untuk revegetasi lahan bekas tambang batubara di Indonesia dan identifikasi dampak yang ditimbulkannya masih memerlukan penelitian tersendiri yang lebih spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu batubara yakni campuran abu dasar

dan abu terbang sebagai media tanam terhadap pertumbuhan tanaman caisin (*Brassica chinensis*) dan LCC (*Legume Cover Crops*) jenis *Centrosema pubescens* dan akumulasi logam berat pada biomassa di kedua tanaman uji tersebut.

METODOLOGI

Percontoh abu batubara yang merupakan campuran abu terbang dan abu dasar dengan persentase masing-masing 50 % diambil dari PLTU Bukit Asam Sumatera Selatan. Pada campuran abu batubara tersebut dilakukan pengujian pH, kandungan bahan organik, komposisi hara makro dan mikro serta kandungan logam berat untuk mengetahui status tingkat kesuburannya. Langkah berikutnya dilakukan penentuan komposisi media tanam yang terdiri dari *overburden*, *top soil*, bahan organik dan abu batubara seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Jumlah volume *overburden*, *top soil* dan bahan organik sama pada setiap perlakuan, sedangkan volume abu batubara bervariasi mulai dari 5; 10; 12,5 dan 17,5 %, disertai sebuah kontrol (0%, tanpa penambahan abu batubara). Persentase volume berdasarkan kapasitas dari pot media tanam yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman uji.

Penanaman tanaman caisin (*Brassica chinensis*) yang merupakan tanaman hiperakumulator logam berat dilakukan dalam 3 tahap penanaman pada tiap media tanam. Kemudian dilakukan pengamatan aspek pertumbuhan tanaman dan akumulasi logam berat pada biomasnya. Apabila kandungan logam berat yang ada pada caisin melebihi ambang batas kandungan logam berat tanaman konsumsi yang ditetapkan WHO maka komposisi media tanam akan ditinjau ulang (ditolak). Namun apabila kandungan logam berat pada caisin di bawah ambang batas yang ditetapkan maka akan dilanjutkan dengan penanaman LCC (*Legume Cover Crops*) (diterima). Tanaman LCC yang ditanam adalah jenis

Centrosema pubescens yang merupakan tanaman kacang-kacangan, berfungsi sebagai tanaman perintis dan pelindung *top soil* pada kegiatan revegetasi. Tahap terakhir dilakukan pengamatan terhadap berat tanaman LCC dan kandungan logam berat pada biomasnya. Metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia Abu Batubara

Data hasil analisis komposisi kimia abu batubara yang merupakan campuran abu terbang dan abu dasar disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan abu batubara mempunyai pH alkalis, kandungan C-organik, N-total dan C/N rasio rendah. Kandungan hara total P (0,03 %) dan K (0,05 %) dikategorikan dalam kriteria rendah (Hardjowigeno, 1995).

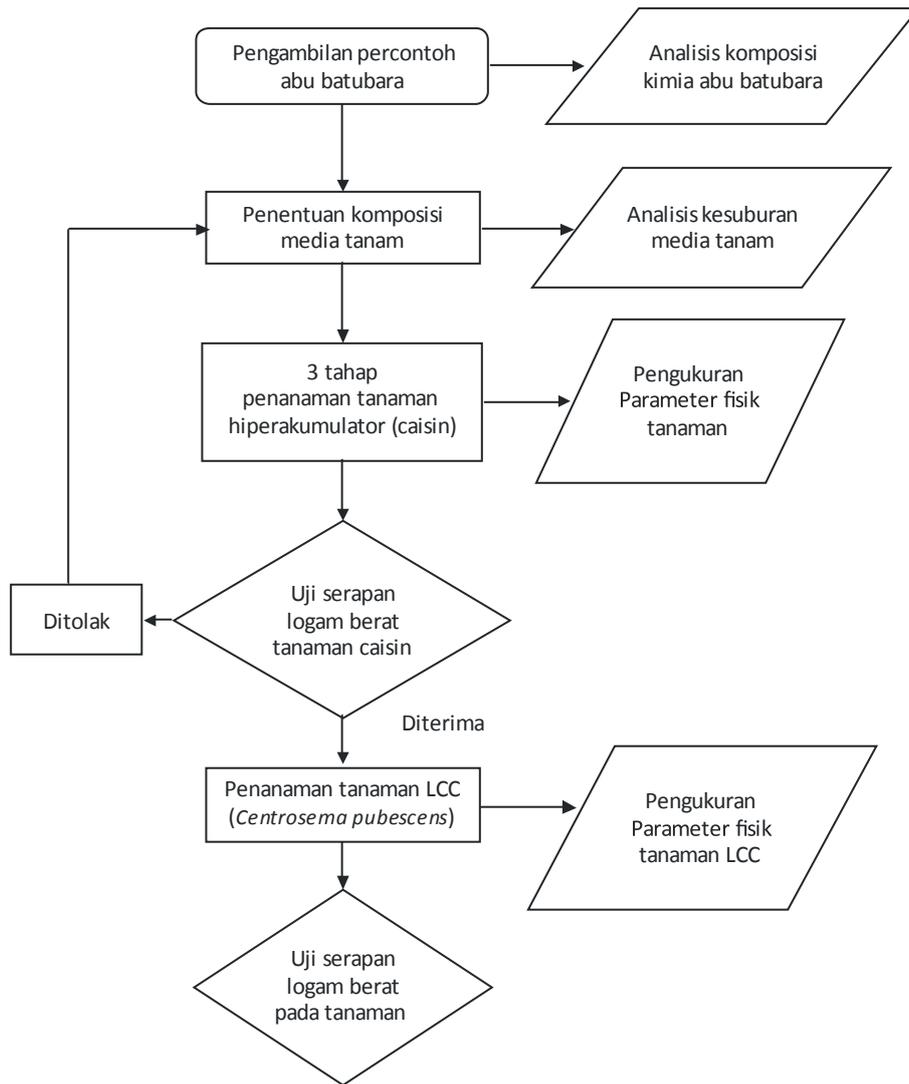
Abu batubara PLTU Bukit Asam mengandung bahan nutrisi yang penting untuk menunjang pertumbuhan tanaman diantaranya Ca, S dan Mg. Keberadaan Ca dapat menurunkan tingkat keasaman tanah menjadi lebih basa. Hal ini akan menguntungkan karena pada umumnya tanah pada lahan bekas tambang abu batubara memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Abu batubara juga mengandung sejumlah hara mikro seperti Zn (30 ppm) yang menunjang pertumbuhan tanaman. Pada abu batubara juga terdapat kandungan logam berat seperti Pb, Cd, Cr dan As, namun secara umum dalam kadar yang kecil.

Komposisi Kimia Media Tanam Sebelum Penanaman

Komposisi kimia media tanaman sebelum penanaman disajikan pada Tabel 3. Pemberian abu batubara meningkatkan pH tanah terekstrak H₂O pada setiap perlakuan, dari 4,7 pada kontrol menjadi 5,5 pada pemberian 17,5% abu batubara. Kandung-

Tabel 1. Komposisi media tanaman

<i>Overburden</i> (% volume)	<i>Top Soil</i> (% volume)	Bahan Organik (% volume)	Abu Batubara (% volume)
45	30	12,5	0
45	30	12,5	5
45	30	12,5	10
45	30	12,5	12,5
45	30	12,5	17,5



Gambar 1. Diagram alir metodologi penelitian

Tabel 2. Hasil analisis komposisi kimia abu batubara

Parameter	Nilai	Kriteria
pH :		
H ₂ O	8,6	Alkalis
Bahan Organik :		
C (%)	0,19	Sangat rendah
N (%)	0,02	Sangat rendah
C/N	10	Rendah
Ekstrak HNO ₃ + HClO ₄		
Hara makro dan makro sekunder (%)		
P	0,03	Rendah
K	0,05	Rendah
Ca	2,4	Sangat tinggi

Tabel 2. Lanjutan...

Parameter	Nilai	Kriteria
Mg	0,65	Tinggi
Na	1,04	Sangat tinggi
S	0,01	
Hara mikro (ppm)		
Cu	11	-
Zn	30	-
Logam berat (ppm)		
Pb	6,1	-
Cd	0,04	
Cr	3,4	
As	4,5	

Tabel 3. Hasil analisis komposisi kimia media tanaman

Parameter	Perlakuan				
	Kontrol	5%	10%	12,50%	17,50%
pH :					
H ₂ O	4,7	5,1	5,4	5,2	5,5
Bahan Organik :					
C (%)	2,04	1,63	1,72	1,16	1,07
N (%)	0,15	0,13	0,15	0,09	0,08
C/N	14	13	11	13	13
P ₂ O ₅ (HCl 25%) mg 100g ⁻¹	40	55	68	62	68
K ₂ O (HCl 25%) mg 100g ⁻¹	52	63	61	49	54
P-Bray-1 (mg kg ⁻¹ P)	73,7	43,8	6,1	5,9	4,2
Kation : (cmol (+)kg ⁻¹)					
Ca	5,1	6,73	6,34	7,84	7,96
Mg	4,59	4,32	4,21	3,74	4,11
K	0,75	0,9	0,66	0,49	0,5
KTK (cmol (+)kg ⁻¹)	20,33	21,33	19,31	21,29	18,61
Kejenuhan Basa (KB) (%)	80	83	97	98	98
Al ³⁺ (cmol (+)kg ⁻¹)	2,28	0,4	0,08	0,48	0,02
H ⁺ (cmol (+)kg ⁻¹)	0,5	0,14	0,14	0,14	0,1

an C-organik dan N-total tanah menurun sejalan dengan peningkatan pemberian abu batubara masing-masing dari 2,04% dan 0,15% menjadi 1,07% dan 0,08%, sedangkan C/N relatif hanya sedikit mengalami penurunan. Kandungan P₂O₅ dan K₂O total (terekstrak HCl 25%) masing-masing meningkat dari 40 dan 52 mg/100g pada kontrol menjadi 68 dan 61 mg/100g pada pemberian

10% abu batubara dan selanjutnya relatif konstan terhadap P-total dan menurun terhadap kandungan K-total tanah. Terhadap kandungan P-tersedia (Bray 1) terjadi penurunan yang tajam dari 73,5 (mg kg⁻¹ P) pada kontrol mejadi 4,2 (mg kg⁻¹ P) pada pemberian 17,5% abu batubara. P tersedia dalam tanah dapat diartikan sebagai P tanah yang dapat larut dalam air dan asam sitrat. Nilai optimal hasil



a



b

Gambar 2. Pertumbuhan tanaman (a) caisin dan (b) *Centrosema pubescens*

pengukuran P tanah dengan metode Bray dan Kurtz P-1 untuk pertumbuhan tanaman sebesar 25 - 30 mg P/kg. Pada kontrol dan media tanaman dengan penambahan abu batubara 5 %, P tersedia tergolong sangat tinggi. Penurunan P-Bray-1 yang terjadi pada perlakuan penambahan abu batubara menurut Johnson dkk. (2011) disebabkan oleh menurunnya kapasitas tukar anion dari tanah.

Kandungan Ca-dd (dapat ditukar) meningkat dari 5,1 menjadi 7,9 (cmol (+)kg⁻¹), Mg-dd relatif konstan; sedangkan kandungan K-dd dan Na-dd menurun masing-masing dari 0,75 dan 6,02 (cmol (+)kg⁻¹ pada kontrol menjadi 0,5 dan 5,75 (cmol (+)kg⁻¹ pada pemberian 17,5% abu batu bara. Pemberian abu batu bara juga sedikit menurunkan kapasitas tukar kation tanah (KTK) tanah dari 20,33 menjadi 18,61 (cmol (+)kg⁻¹ akan tetapi meningkatkan Kejenuhan Basa (KB) dari 80% menjadi 98% pada pemberian 17,5% abu batu bara. Kandungan Al³⁺ dan H⁺ menurun dengan pemberian abu batu bara kenaikan pH menjadi 5,5 pada pemberian 17,5% abu batubara. Secara kuantitatif sifat kimia tanah media campuran sebelum tanam tergolong tinggi sampai sangat tinggi seperti pada P₂O₅ > 41 (mg/100 gram), K₂O > 41 (mg/100 gram), P-Bray-1 > 35 (mg/kg P), Ca > 0,6 me/100 gram dan Kejenuhan Basa (KB) > 70 % (Hardjowigeno, 1995). Namun karena perbandingan rasio hara yang tidak berimbang antara kandungan C-organik, N-total dengan kandungan hara P dan K, serta Ca dan Mg tergolong tinggi sehingga mengurangi tingkat kesuburan tanah.

Berat Basah Caisin

Tabel 4 menunjukkan berat basah caisin selama 3 kali tahapan penanaman. Koefisien variasi (CV) adalah perbandingan antara simpangan standar dengan nilai rata-rata untuk melihat sebaran data dari rata-rata hitungannya. Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai CV bervariasi dari 4 – 47 %. Jika CV semakin kecil maka sebaran data semakin homogen dan sebaliknya. Penanaman tahap ke-2 ini merupakan waktu yang paling optimal dalam proses pertumbuhan tanaman, karena pada setiap perlakuan menghasilkan rata-rata berat basah yang tertinggi dibandingkan dengan kedua tahapan penanaman lainnya. Dengan adanya penambahan abu batubara terjadi penurunan berat basah caisin pada tahap penanaman ke-1 dan ke-2. Pada tahap penanaman ke-1 berat basah caisin menurun sebesar 45,4 % dari berat basah rata-rata kontrol sebesar 21,8 gram menjadi 14,3 gram pada perlakuan penambahan abu batubara 17,5 %. Kondisi yang sama juga terjadi pada tahap penanaman ke-2, yaitu terjadi penurunan berat basah sebesar 34 % dari rata-rata berat basah kontrol sebesar 39,1 gram menjadi 25,8 gram pada perlakuan penambahan abu batubara 17,5 %. Namun pada tahap penanaman yang ke-3 terjadi peningkatan berat basah caisin sebesar 46,7 % dari rata-rata berat basah caisin pada kontrol sebesar 15,2 gram menjadi 22,3 gram pada perlakuan penambahan abu batubara sebesar 17,5 %. Berat basah caisin pada kontrol lebih besar dibandingkan pada media tanam yang mendapatkan penambahan abu batubara pada tahap 1 dan 2. Kondisi tersebut kemungkinan karena adanya faktor

Tabel 4. Berat basah caisin

Perlakuan	Nilai	Berat basah caisin penanaman ke- (gram)		
		I	II	III
Kontrol	Rata-rata	21,8	39,1	15,2
	CV (%)	15,3	7,0	30,4
5%	Rata-rata	14,1	33,5	12,6
	CV (%)	37,6	18,7	36,6
10%	Rata-rata	15,9	34,5	23,8
	CV (%)	46,7	4,0	23,7
12.5%	Rata-rata	12,9	28,3	19,7
	CV (%)	47,0	30,0	21,0
17.5%	Rata-rata	11,9	25,8	22,3
	CV (%)	14,3	22,0	22,0

*CV : koefisien variasi

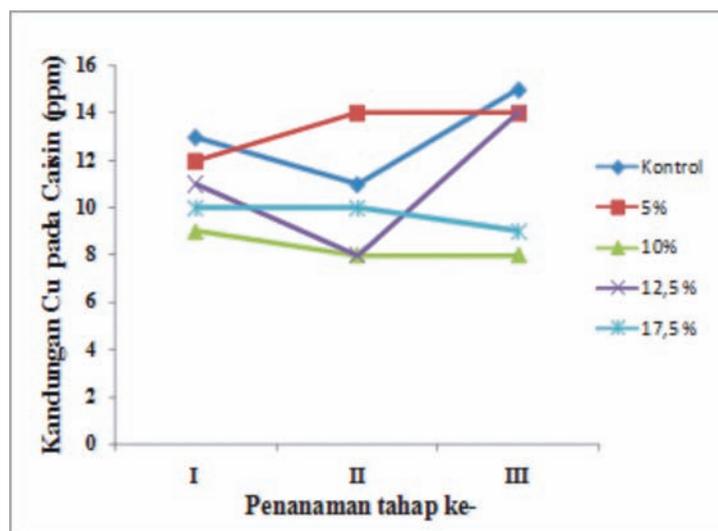
peningkatan konduktivitas listrik dan karakteristik tanaman uji seperti yang telah dijelaskan oleh Mittra dkk. (2005). Penambahan abu batubara 10% adalah yang paling optimal dalam menghasilkan berat basah caisin pada ketiga tahap penanaman.

Kandungan Logam Berat pada Caisin

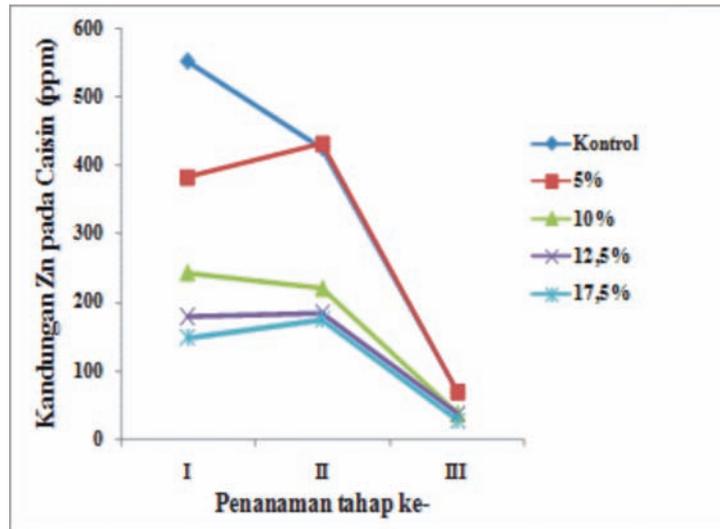
Kandungan logam Cu pada tanaman caisin dapat dilihat pada Gambar 3. Penambahan abu batubara sebesar 5-17,5 % pada media tanam memberikan dampak positif pada penurunan kandungan Cu tanaman caisin di semua tahap penanaman. Penurunan kandungan Cu yang terbesar terjadi pada

tahap penanaman ke-3 yakni sebesar 46,7 % dari 15 ppm pada kontrol menjadi 8 ppm pada penambahan abu batubara sebesar 10 %. Pada tahap penanaman ke-1, penurunan kandungan Cu tertinggi sebesar 27,3 %, dari 13 ppm pada kontrol menjadi 9 ppm pada perlakuan penambahan abu batubara 10%. Pada tahap penanaman ke-2, kandungan Cu mengalami penurunan tertinggi sebesar 27,3 % pada penambahan abu batubara 10 dan 12,5 % dibandingkan dengan kontrol.

Kandungan logam Zn dalam tanaman caisin disajikan pada Gambar 4. Terlihat bahwa penambahan abu batubara mengurangi penyerapan logam Zn



Gambar 3. Kandungan Cu pada caisin

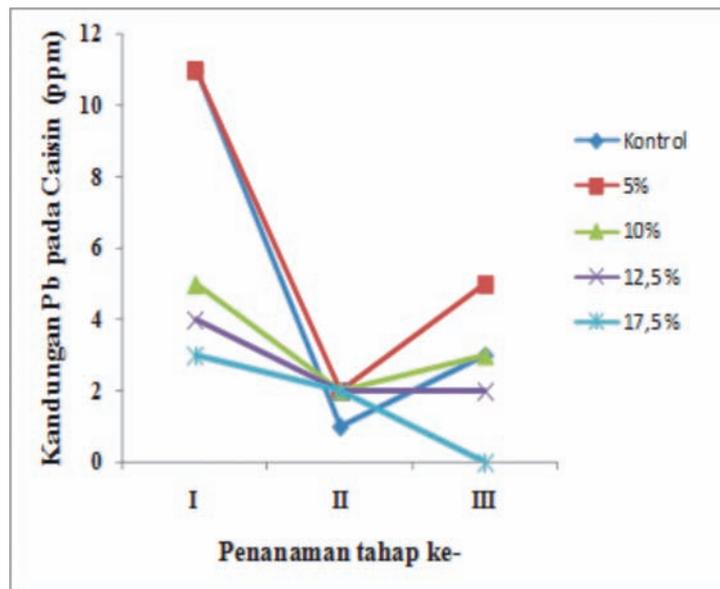


Gambar 4. Kandungan Zn pada caisin

oleh tanaman caisin. Pola penyerapan logam Zn relatif sama dari penanaman tahap ke-1, ke-2 dan ke-3, yaitu terjadi penurunan kandungan Zn secara simultan pada setiap perlakuan penambahan abu batubara. Pada tahap penanaman pertama terjadi penurunan yang paling tinggi di antara kedua tahap penanaman yakni sebesar 73 % dari 552 ppm pada kontrol menjadi 149 ppm pada perlakuan penambahan abu batubara 17,5 %. Pada tahap penanaman ke-2 dan ke-3 berturut-turut terjadi penurunan kandungan Zn sebesar 58.9 dan 60 %. Pada tahap penanaman ke-3, kandungan Zn dalam tanaman

menurun mencapai terendah pada pemberian 17,5% abu batu bara sebesar 28 ppm. Kandungan Zn pada tanaman caisin menurun sejalan dengan peningkatan pemberian abu batu bara.

Hasil analisis kandungan logam Pb dalam tanaman caisin ditampilkan pada Gambar 5. Tampak bahwa penambahan abu batubara menurunkan jumlah serapan Pb pada tanaman caisin. Akumulasi Pb pada jaringan tanaman caisin dari penanaman tahap ke-1 sampai dengan tahap ke-3 menunjukkan kecenderungan penurunan yang signifikan.



Gambar 5. Kandungan Pb pada caisin

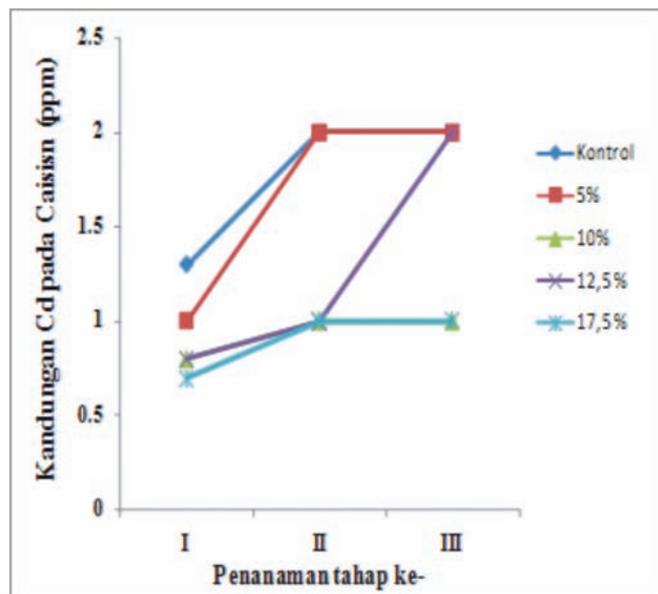
Penurunan tertinggi terjadi pada tahap penanaman ke-3 dari kandungan abu batubara sebesar 3 ppm pada kontrol menjadi 0 ppm pada penambahan abu batubara sebanyak 17,5 %. Kondisi ini berbeda dengan hasil penelitian dari Sondari (2011) yang menyatakan dengan penambahan abu dasar dan bokashi, akan meningkatkan serapan logam Pb pada tanaman akar wangi (*Vetiveria zizanioides*). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan karakteristik tanaman caisin dengan akar wangi dan tingkat keasaman media tanam yang juga berbeda.

Hasil analisis terhadap kandungan Cd pada tanaman caisin ditunjukkan pada Gambar 6. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa penambahan abu batubara pada media tanam, menurunkan kandungan logam Cd pada caisin. Penurunan kandungan Cd caisin dari tahap penanaman ke-1 sampai dengan ke-3 dengan penambahan abu batubara sebesar 17,5 % memiliki nilai yang sama yakni sebesar 50%. Sehingga dapat disimpulkan, penambahan abu batubara akan menurunkan jumlah serapan logam Cd pada tanaman.

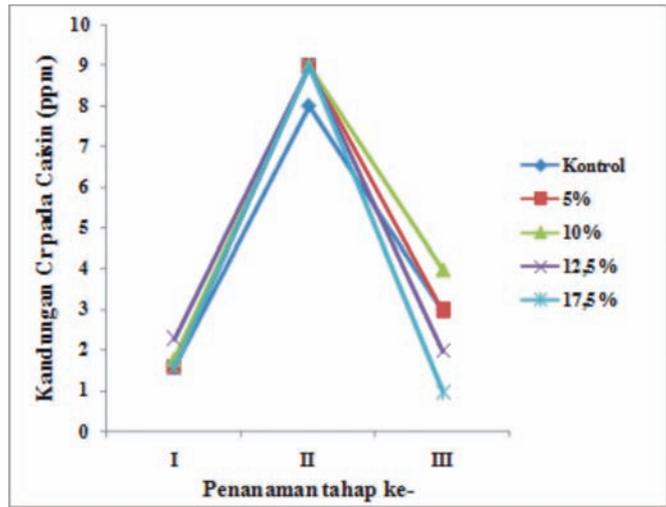
Gambar 7 menunjukkan hasil analisis kandungan logam berat Cr pada tanaman caisin. Perlakuan penambahan abu batubara cenderung tidak merubah serapan logam Cr pada tanaman caisin pada semua tahapan penanaman. Kandungan Cr mengalami lonjakan yang sangat tinggi pada saat penanaman tahap ke-2 pada semua perlakuan, namun kemudian menurun kembali pada penanaman tahap ke-3.

Hasil analisis kandungan logam As disajikan pada Gambar 8. Secara umum kandungan logam As pada caisin menunjukkan hasil 0 ppm (tidak terdeteksi) pada tiap perlakuan di semua tahap penanaman. Namun terdapat pencilan data yang cukup mencolok pada perlakuan 12,5 dan 17,5 % penambahan abu batubara pada penanaman tahap ke-2 sebesar 9 dan 10 ppm. Penyerapan As pada tanaman berkaitan erat dengan fosfat (P) karena kedua unsur ini memiliki sifat kimia yang serupa. Fitotoksisitas As adalah fungsi dari konsentrasi P (Gulz, 2002). Dapat diartikan bahwa dengan penambahan P di media tanah maka akan mengurangi penyerapan As oleh tanaman. Berdasarkan Gambar 8, terjadinya lonjakan penyerapan As pada tanaman caisin mungkin dikarenakan konsentrasi P dalam jumlah yang rendah pada saat tahap penanaman ke-2 sehingga kandungan logam As yang terserap pada tahap ini menjadi optimal. Selanjutnya kandungan logam As pada tahap penanaman ke-3 mungkin tidak tersedia lagi pada media tanam. Selain faktor penambahan P yang mungkin menyebabkan kenaikan atau penurunan fitotoksisitas As, terdapat juga faktor lain yaitu karakteristik tanah dan kondisi dari tanaman (Gulz, 2002).

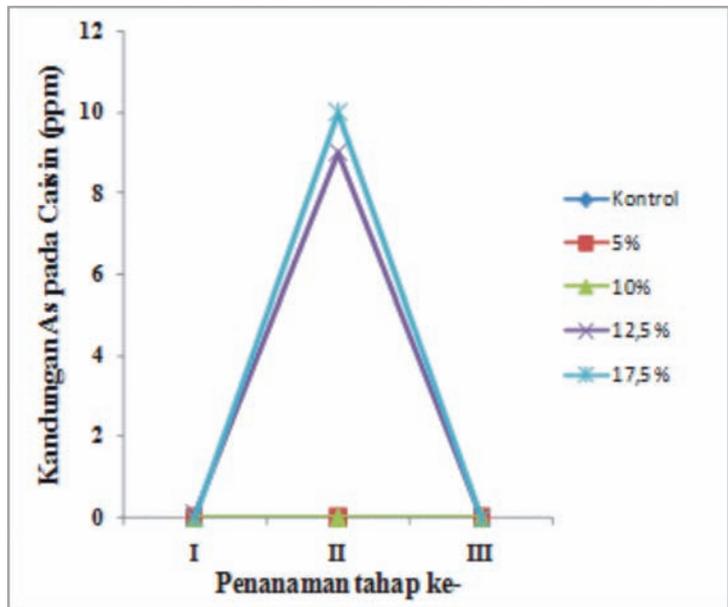
Dari hasil analisis berat basah dan kandungan logam berat pada caisin, terlihat jelas bahwa penambahan abu batubara pada media tanam sebanyak 5 - 17,5 % menghasilkan tingkat pertumbuhan tanaman yang relatif sama dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis logam berat pada biomassa



Gambar 6. Kandungan Cd pada caisin



Gambar 7. Kandungan Cr pada caisin



Gambar 8. Kandungan As pada caisin

tanaman caisin menunjukkan adanya pengaruh yang positif, yaitu mampu menurunkan kandungan logam berat pada tanaman caisin. Pada tanah yang memiliki tingkat keasaman tinggi, mobilitas dari logam lebih besar daripada mobilitas pada tanah yang bersifat netral dan basa. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan konsentrasi ion hidrogen yang memengaruhi mobilitas logam berat (Vameralli dkk., 2010). Penambahan abu batu bara menaikkan tingkat keasaman tanah menjadi lebih basa, sehingga menurunkan penyerapan logam berat pada tanaman caisin. Berdasarkan parameter

berat basah tanaman caisin dan kandungan logam berat, dapat diambil kesimpulan komposisi media tanam dengan penambahan abu batubara layak dilanjutkan untuk pengujian pada tanaman revegetasi lahan bekas tambang.

Berat Basah Tanaman *Centrosema pubescens*

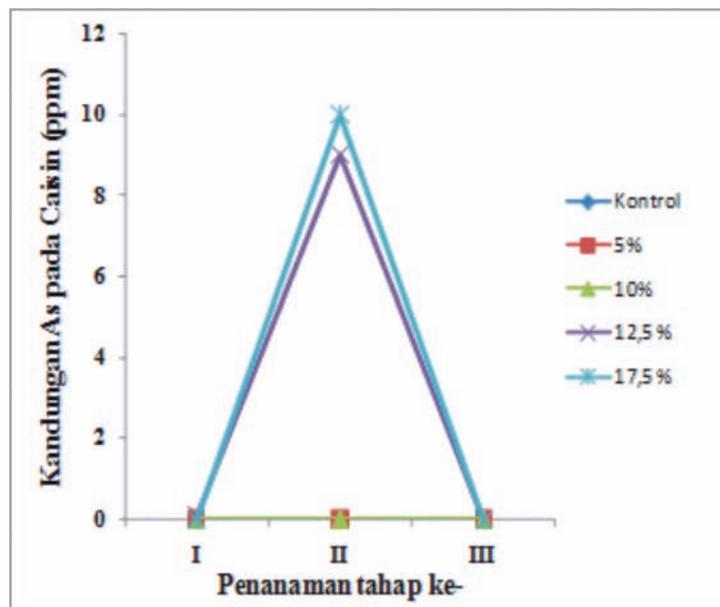
Gambar 9 menunjukkan rata-rata berat basah tanaman *Centrosema pubescens* pada tiap perlakuan. Semakin besar penambahan abu batubara pada media tanam menyebabkan terjadinya penurunan

berat basah biomassa tanaman *Centrosema pubescens*. Penurunan berat basah terjadi cukup signifikan dari 49.7 gram pada kontrol menjadi sebesar 14.3 gram pada penambahan abu batubara 17,5 %. Berat basah merupakan ukuran kuantitatif dari tingkat pertumbuhan tanaman. Hal ini juga mengindikasikan tingkat kualitas kesuburan tanah media tanam yang digunakan. Penambahan abu batubara sebanyak 5 % menghasilkan biomassa yang paling besar di antara perlakuan yang lain, rata-rata sebesar 27,1 gram.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa abu batubara PLTU Bukit Asam mengandung unsur yang berguna untuk menunjang pertumbuhan tanaman seperti Ca, S dan Mg. Abu batubara juga berpotensi untuk menurunkan tingkat keasaman tanah pada lahan bekas tambang. Secara kuantitatif sifat kimia tanah dari media tanam yang ditambah-



Gambar 9. Berat basah tanaman *Centrosema pubescens*

Kandungan Logam Berat *Centrosema pubescens*

Kandungan logam berat dalam tanaman *Centrosema pubescens* sebagai respon terhadap pemberian abu batubara disajikan pada Gambar 10. Kandungan logam Zn pada *Centrosema pubescens* mendominasi di semua perlakuan, sedangkan kandungan logam As dalam jumlah yang paling kecil di antara logam berat yang lain pada semua perlakuan. Dari grafik dapat dilihat bahwa penambahan abu batubara menurunkan kandungan logam berat Zn dan Pb, menaikkan kandungan Cu dan Cr, namun tidak mengubah kandungan logam Cd dan As pada tanaman *Centrosema pubescens*.

kan dengan abu batubara masuk dalam kategori kesuburan tanah yang tinggi sampai sangat tinggi. Penambahan abu batubara berfungsi dengan baik pada tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah seperti pada lahan bekas tambang batubara. Pada penelitian ini, penambahan abu batubara sebesar 10 % menghasilkan berat basah caisin yang paling optimal. Pada tanaman caisin, perlakuan penambahan abu batubara berpengaruh positif dengan menurunnya kandungan logam berat Cu, Zn, Pb dan Cd. Semakin besar penambahan abu batubara, semakin besar pula penurunan kandungan ke-4 logam berat tersebut karena media tanam menjadi lebih basa. Namun, perlakuan penambahan abu

batubara tidak memengaruhi penyerapan Cr dan Ar. Sementara itu, pada tanaman *Centrosema pubescens*, penambahan abu batubara mengurangi berat biomassa, menurunkan kandungan logam berat Pb dan Zn, namun menaikkan kandungan logam Cu dan Cr.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk optimalisasi komposisi media tanam pada aplikasi di lahan reklamasi bekas tambang seperti dengan penambahan volume bahan organik dan penggunaan mikoriza yang mampu meningkatkan biomassa tanaman. Perlu pula dilakukan pengujian media pada tanaman keras sehingga mendapatkan hasil yang optimal dalam kegiatan revegetasi lahan bekas tambang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada pihak terkait seperti Puslitbang tekMIRA yang telah memberikan dukungan pendanaan kegiatan penelitian. Penghargaan penulis sampaikan pula kepada PLTU Bukit Asam dan PT Tambang Batubara Bukit Asam atas kemudahan dalam mendapatkan percontoh penelitian. Rasa terima kasih penulis sampaikan terutama kepada Lasmaria S., Nurjaya dan Nia Rosnia Hadijah atas dukungan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Arivazhagan, K., Ravichandran, M., Dube, S.K., Mathur, V.K., Krishna R.K., Yagnanarayana K., Pasha, M.M.K, Sinha, A.K., Sarangi, B.D., Tripathi, V.K.M., Gupta, S.K, Singh, R., Ali Mushtaq, Thakur, A.S., Narayan, R. 2011. Effect of coal ash on agricultural crops: showcase project on use of fly ash in agriculture in and around thermal power station areas of National Thermal Power Corporation Ltd., India. *World of Coal Ash (WOCA) Conference*. May 9-12 2011, in Denver.USA.

Chen, L., Kost, D., Walker, H., Guol, X., Bigham, J.M., Beeghly, J. and Dick, W.A. 2009. Reclamation of an abandoned surface coal mined land using a dry flue gas desulfurization product. *World of Coal Ash (WOCA) Conference* – May 4-7, 2009 in Lexington, KY, USA. Paper#22

Gulz, P. A. 2002. *Contaminated soils and interaction with phosphate*. Dissertation submitted to the Swiss Federal Institute of Technology Zurich for the degree of Doctor of Natural Science. 108 p.

Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu tanah*. Edisi Revisi. Penerbit Akademika Pressindo. Jakarta. Hal. 126.

Johnson, Keisha N.; Allen, Arthur L.; Kleinman, Peter J. A.; Hashem, Fawzy M.; Sharpley, Andrew N.; and Stout, William L., 2011. *Effect of coal combustion by-products on phosphorus runoff from a coastal plain soil*. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Paper # 546.

Kumar, V and Chauhan, U. K. 2008. Evaluation of fly-ash as a carrier for *Beauveria bassiana* formulation. *An International Journal The Ecoscan*. Vol. 2, No. 1, p. 107-109.

Kurniawan, A.R. and Hadijah, N.R. 2012. Comprehensive environmental evaluation of Bukit Asam power plant coal ash. *Indonesian Mining Journal (IMJ)*, Vol.15 Number 3, p. 123-129.

Mitra, B.N., Karmakar, S., Swain, D. K. and Ghosh, B. C. 2003. Fly ash a potential source of soil amendment and a component of integrated plant nutrient supply system. *International Ash Utilization Symposium*. Center for Applied Energy Research. University of Kentucky. USA. Paper#28.

Mitra, B.N., Karmakar, S., Swain, D.K., Ghosh, B.C., 2005. Fly ash a potential source of soil amendment and a component of integrated plant nutrient supply system. *Fuel* 84, p. 1447–1451.

Nawaz, I. 2013. Disposal and utilization of fly ash to protect the environment. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 2, Issue 10, October 2013. p. 5259-5266.

Singh, S., Gond, D.P, Pal, A., Tewary, B. K. and Sinha, A. 2011. Performance of several crops grown in fly ash amended soil. *World of Coal Ash (WOCA) Conference*. May 9-12 2011, in Denver.USA. Paper#86.

Sondari, N. 2011. Effect of bokashi bottom ash dosages on the growth of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and its lead content. *Indonesian Mining Journal (IMJ)*, Vol. 14, Number 3 October 2011 p. 101-107.

Subardja, D. 2009. Karakteristik dan potensi lahan bekas tambang timah di Bangka Belitung untuk Pertanian. Buku 1, *Semilokanas Inovasi Sumberdaya Lahan*, Hal. 189-197.

- Subowo, G. 2011. Environment friendly open pit mining systems and reclamation post-mining efforts to improve the quality of land resources and soil biodiversity. *Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 5 No. 2*, Desember 2011.
- Truter, W.F , Rethman, N.F.G., Catharina, Potgieter E., and Kruger, R.A., 2009. Re-vegetation of cover soils and coal discard material ameliorated with class F fly ash. *World of Coal Ash (WOCA) Conference*. May 4-7, 2009 in Lexington, KY, USA. Paper #210.
- Vamerali, T. M., and Mosca, G. 2010. *Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land : A review*. Springer-Verlag Environ Chem Lett. 8:1–17.