

REMEDIASI LAHAN PERTANIAN YANG TERCEMAR LOGAM BERAT UNTUK MENGHASILKAN PRODUK PANGAN YANG SEHAT

Amir Hamzah dan Ricky Indri Hapsari
Universitas Tribhuwana Tunggaladewi
ahz.tabalema@gmail.com

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi remediasi dengan beberapa jenis tanaman indigenous yang dikombinasikan dengan biochar. Penelitian ini diawali pembuatan biochar dari limbah pertanian yaitu sekam padi dan limbah tembakau. Selanjutnya pengambilan sampel tanah untuk analisis kandungan hara dan cemaran logam berat. Biochar yang telah dibuat kemudian diaplikasikan ke tanah yang tercemar sebagai perlakuan. Percobaan ini disusun dalam RAK dengan 3 ulangan. Data hasil pengamatan, dianalisis Anova pada taraf 5% dan 1%. Parameter tertentu yang tidak bisa dianalisis secara statistik akan dianalisis secara diskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan hara pada lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan yang rendah terutama N (0,20) %, K (0,55) Cmol⁺/kg, dan KTK (5,89) me/100g, sedangkan kandungan C-organik dan P berada pada kisaran sedang dan tinggi masing-masing C-organik (2,96) % dan P (145,4) ppm. Kandungan logam berat dari enam unsur yang dianalisis empat diantaranya telah melewati nilai ambang batas masing-masing Hg (1,07)ppm, Pb (25,22)ppm, Cd (2,06)ppm, dan As (0,89)ppm. Dua dua unsur logam berat lain berada dibawah nilai ambang batas yaitu Cr (5,69)ppm sedangkan Cn tidak terdeteksi adanya logam berat. Biochar sekam padi dan jengkok yang dianalisis memiliki kandungan C-organik dan KTK yang tinggi, yaitu antara 31,92 – 40,24%, sedangkan kandungan N, P, dan K tergolong rendah. Potensi ini dapat dioptimalkan untuk memperbaiki produktivitas tanah. Dua jenis tumbuhan liar yang teridentifikasi (*Eleusine indica* dan *Acalypha microphylla*) memiliki potensi sebagai tanaman remediator terutama Pb dan Cd, karena kemampuan akumulasinya cukup tinggi.

Kata Kunci: biochar; remediasi; logam berat

PENDAHULUAN

Isu pencemaran tanah dan tanaman saat ini menyedot perhatian banyak pihak. Hal ini berkaitan dengan produktivitas lahan dan kesehatan tanaman. Faktor penyebabnya cukup beragam, salah satu diantaranya adalah penggunaan bahan agrokimia yang melampaui batas. Kondisi ini jika tidak diatasi, akan berdampak buruk pada kesehatan manusia dan generasi berikutnya. Wilayah sentra produksi hortikultura merupakan wilayah yang cukup besar pengaruhnya karena intensitas penggunaan pupuk dan pestisida tinggi. Hasil penelitian sebelumnya mengindikasikan telah terjadi pencemaran logam berat. Upaya mitigasi pencemaran logam berat yang selama ini dilakukan belum mampu memberikan dampak yang signifikan. Tanah yang tercemar logam berat memiliki efek terhadap lingkungan dan kesehatan manusia karena biomagnifikasi. Biomagnifikasi merupakan peningkatan konsentrasi logam sebagai unsur, mulai dari konsentrasi rendah sampai tinggi (Roy dan McDonald, 2013). Logam berat di tanah tidak dapat mengalami biodegradasi sehingga pembersihan kontaminan menjadi pekerjaan yang berat dan mahal. Pembersihan polutan dengan cara konvensional (*removal*) memerlukan biaya yang sangat mahal, sehingga perlu dikembangkan teknologi alternatif yang lebih murah. Pada kasus lain, sebagian besar tanah yang tercemar logam berat kesuburannya sangat rendah. Mengatasi kedua hal tersebut perlu dikembangkan teknologi remediasi dengan menggunakan tanaman indigenous dan penggunaan bahan amandemen untuk memperbaiki fisikokimianya. Teknologi fitoremediasi merupakan teknologi remediasi yang paling murah dibandingkan teknologi lain. Tanaman yang digunakan adalah tanaman yang tumbuh disekitar wilayah yang tercemar. Hamzah *et al.*, (2016), menggunakan lima jenis tumbuhan lokal untuk meremediasi logam berat. Tiga dari lima jenis tersebut berasal dari wilayah setempat dan memenuhi persyaratan sebagai tanaman remediator. Tanaman yang ideal untuk fitoremediasi harus memiliki produktivitas biomassa dan toleransi yang tinggi. Selain itu memiliki kemampuan akumulasi kontaminan yang tinggi.

Pada kasus lain, beberapa tanaman tersebut tidak mampu tumbuh secara baik karena kondisi tanah yang tercemar sebagian besar memiliki kesuburan tanah yang rendah. Rendahnya kesuburan tanah baik fisik, kimia dan biologi akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman terganggu akan mempengaruhi tingkat serapan logam berat. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan menggunakan bahan amandemen, salah satunya adalah biochar. Penggunaan biochar telah terbukti memperbaiki kesuburan tanah karena mengandung senyawa karbon yang relatif stabil.

Dalam jangka panjang, biochar mampu memperbaiki sifat fisik kimia dan biologi tanah. Biochar adalah karbon-organik yang dihasilkan dari proses pirolisis dengan oksigen terbatas. Selain memperbaiki produktivitas tanah, biochar juga mampu mengimobilisasi logam berat sehingga tidak tersedia (Bian, *et al.*, 2014). Penelitian yang pernah dilakukan tahun 2012 dengan menggunakan biochar yang dikombinasikan dengan FeSO_4 pada tailing dengan tanaman *Chromolaena odorata*, mampu menyerap Hg dan Pb masing-masing 8 mg kg^{-1} dan 61 mg kg^{-1} (Hamzah *et al.*, 2012). Penggunaan biochar dapat meningkatkan produktivitas tanah melalui proses adsorpsi dan reaksi fisikokimia. Sifatnya yang alkali, biochar dapat meningkatkan pH tanah dan stabilisasi logam berat. Penerapan biochar untuk remediasi tanah yang terkontaminasi dapat memberikan solusi baru untuk masalah polusi tanah. Berbagai penelitian membuktikan bahwa biochar mampu memperbaiki produktivitas tanah dan menyerap logam berat (Sukartono dan Utomo, 2012 ; Fellet *et al.*, 2014).

Melihat permasalahan serta potensi biochar maka perlu dikembangkan teknologi remediasi yang mampu menyerap logam berat, sekaligus meningkatkan produktivitas tanah. Namun perlu diteliti lebih jauh mengenai formulasi teknologi remediasi yang menggabungkan antara tanaman indigenous dengan biochar. de Abreu *et al.*, (2012), biochar memiliki potensi untuk dikombinasikan dengan tanaman remediator. Formulasi ini diharapkan menjadi teknologi penyelesaian logam berat yang hanya sekali remediasi langsung aman (*one execution methode*).

Selama ini penelitian yang dilakukan lebih banyak bersifat parsial antara tanaman remediator dengan logam berat, dan biochar dengan logam berat. Keduanya memiliki potensi yang sama sehingga perlu dikembangkan teknologi remediasi yang menggabungkan keduanya. Penggabungan kedua potensi ini akan memberikan dampak lain karena sama-sama memiliki kemampuan yang sama untuk meremediasi logam berat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknologi remediasi lahan tercemar dengan biochar dan tanaman indigenous.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di desa Sumber Brantas Kota Batu. Wilayah ini merupakan salah satu sentra hortikultura di Jawa Timur yang telah terindikasi tercemar (Hamzah *et al.*, 2016). Penelitian ini diawali dengan pembuatan biochar dari 2 jenis limbah pertanian (jerami padi, dan limbah tembakau). Biochar diproduksi dengan metode pembakaran lambat (karbonasi) pada temperature $300 - 400^\circ\text{C}$ dengan oksigen terbatas (pirolisis). Selanjutnya biochar dianalisis di laboratorium untuk mengetahui karakteristiknya. Analisis meliputi : pH (H_2O), C-organik (Walkey-Black), N (kjelhdahl), P total (olsen), K total, KTK (Amonium Acetat pH 7,0).

Pengambilan contoh tanah dan tumbuhan liar dilakukan secara acak pada 3 plot di masing-masing lokasi yang berbeda. Sampel tanah yang telah diambil kemudian dikeringkan dan diayak dengan ayakan 2 mm kemudian dianalisis untuk menentukan status kesuburan serta tingkat pencemaran logam berat. Analisis sifat kimia tanah meliputi pH (H_2O), C-organik (Walkey-Black), N (Kjedahl), P total (olsen), K total, KTK (Amonium Acetat pH 7,0). Sedangkan logam berat yang dianalisa terdiri dari Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Crom (Cr), merkuri (Hg), Sianida (Cn) dan Arsenik (As), dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrometry*).

Tanah yang akan dianalisa diambil 2 gram untuk didestruksi kemudian dilarutkan dalam 10 ml HNO_3 dan HCL O_4 di dalam gelas kimia dan dipanaskan sampai tersisa volume 2 ml kemudian dipanaskan lagi dengan dicampur dengan aquades secara bertahap sampai cairan berubah menjadi jernih (putih bersih). Cairan yang sudah jernih kemudian dicampur dengan aquades untuk kemudian disaring, supernatant hasil penyaringan diambil lalu diukur kandungan logam beratnya menggunakan AAS.

Disaat yang bersamaan, diidentifikasi dua jenis tumbuhan liar yang dominan tumbuh. Kedua jenis tumbuhan liar tersebut adalah *Eleusine indica* dan *Acalypha microphylla*. Kedua jenis tersebut, di cabut dan dikeringkan. Bagian atas tanaman dipisahkan kemudian dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kotoran kemudian dioven pada suhu 60 °C sampai 72 jam. Analisis logam berat dilakukan secara terpisah antara akar, batang dan daun. Hasil ini digunakan untuk mengetahui kemampuan masing-masing tanaman dalam mengakumulasi logam berat. Jenis logam berat dan metode analisis dilakukan sama seperti analisis tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Biochar dan Analisis Kandungan Hara

Pembuatan biochar diawali dengan menyiapkan bahan baku dari limbah pertanian berupa sekam padi dan limbah tembakau. Sekam padi diperoleh dari penggilingan padi, sedangkan limbah tembakau diperoleh dari pabrik rokok. Proses pembakaran dilakukan di laboratorium Bioenergi Universitas Tribhuwana Tungadewi. Sebelum dilakukan pembakaran, bahan baku dijemur terlebih dahulu sampai kering udara. Pembakaran dilakukan dengan menggunakan pirolisator melalui pembakaran tidak sempurna (pyrolysis) dengan suhu sekitar 250-300°C selama kurang lebih 4 jam (Nurida dkk., 2012). Masing-masing jenis bahan baku dimasukkan ke dalam drum pirolisator sampai penuh. Ilustrasi proses pembuatan Biochar dapat dilihat pada gambar 1. Setelah proses pembakaran selesai, biochar diayak dengan ayakan ukuran 2 mm. selanjutnya di analisis untuk mengetahui kandungan hara.

Hasil analisis kandungan hara dari dua jenis bahan biochar yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Bahan pembenah tanah biochar sekam padi dan limbah tembakau yang dianalisis memiliki pH netral (7,4 dan 6,0). Kandungan hara N, P, dan K tergolong rendah yaitu N (0,14 dan 0,18 %). Kandungan P terdeteksi sebesar 0,93 dan 0,23 ppm, sedangkan K masing-masing 1,92 dan 2,12 mg/100g. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan untuk mensuplai hara sangat rendah. Namun keunggulan kedua jenis biochar terletak pada tingginya kandungan C-organik, dimana sekam padi 31,92 %, dan limbah tembakau sebesar 40,24%. Keunggulan lainnya KTK cukup tinggi yaitu 32,34 dan 29,02 me/100g. Karakteristik lain dari biochar adalah memiliki fisik yang berongga sehingga akan mampu berperan dalam memulihkan kualitas tanah. Tingginya KTK pada biochar akan mampu mengikat kation-kation tanah untuk pertumbuhan tanaman.

Tabel 1. Hasil Analisis kandungan hara Biochar Sekam padi dan limbah tembakau

Jenis Biochar	Unsur makro					
	pH (H ₂ O)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (mg/100g)	C-org. (%)	KTK (me/100g)
Sekam padi	7,4	0,14	0,93	1,92	31,92	32,34
Jengkok	6,0	0,18	0,23	2,12	40,24	29,02

Biochar merupakan bahan padatan yang terbentuk melalui proses pembakaran bahan organik tanpa oksigen (pyrolysis) pada temperatur 250-500°C. Lehman (2007), biochar mampu bertahan dalam tanah hingga lebih dari 1000 tahun dan mampu mensekuestrasi karbon dalam tanah. Ada dua sifat utama yang dimiliki oleh biochar yaitu memiliki daya serap hara yang tinggi dan persisten dalam tanah sebagai bahan amelioran. Penambahan biochar dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mampu memulihkan kualitas tanah yang telah terdegradasi. Atkinson *et al.* (2010), Penggunaan biochar dapat memperbaiki struktur tanah, tekstur, porositas, distribusi ukuran partikel dan densitasnya. Struktur molekul biochars menunjukkan tingkat stabilitas kimia dan mikroba yang tinggi. Memiliki struktur yang berpori dan luas permukaannya yang besar. Struktur ini dapat menyediakan tempat berlindung bagi mikroorganisme tanah yang menguntungkan seperti mikoriza dan bakteri, dan mempengaruhi pengikatan kation dan anion.

Hasil analisis diatas, diharapkan akan mampu mensupport pertumbuhan tanaman, selanjutnya akan mampu menurunkan kandungan logam berat. Ferreiro *et al.*, (2013), telah menggunakan biochar untuk meremediasi logam berat. Penggunaan biochar kotoran ayam efektif untuk mengurangi konsentrasi Cd dan Pb. Karami *et al.* (2011) telah membuktikannya dengan menambahkan biochar ke tanah tambang dan terbukti mampu mengurangi konsentrasi Pb.

Penggunaan biochar juga mampu menurunkan Pb (II) dan Cu (II) masing-masing 18,8-77,0% (Jiang *et al.* 2012).

Analisis Tanah dan Kandungan Logam Berat

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa tingkat kesuburan yang rendah sampai sangat rendah. Hasil ini memperlihatkan tanah memiliki pH yang netral. Sementara N, K dan KTK tergolong rendah sampai sangat rendah. Hal ini terlihat dari nilai hasil analisis yang diperoleh masing-masing N (0,20) %, K (0,55) Cmol⁺/kg, dan KTK (5,89) me/100g. Kisaran angka ini menunjukkan bahwa kandungan hara N, K dan KTK berada pada kisaran rendah sampai sedang. Hal sebaliknya terlihat pada kandungan unsur P dan C-organik. Kandungan P terdeteksi sangat tinggi (145,4) ppm, dan C-organik berada pada kondisi sedang 2,96 %. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan P dan C-organik di lokasi penelitian berada pada kondisi sedang sampai sangat tinggi (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis tanah

Hara Makro	pH (H ₂ O)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K (Cmol ⁺ /kg)	C-org. (%)	KTK (me/100g)
	6,7 n	0,20 r	145,4 st	0,55 sr	2,29 s	5,89 r
Logam Berat	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)	As (ppm)	Cr (ppm)	Cn (ppm)
	25,22	1,96	1,07	0,78	5,69	td

Keterangan : td = tidak terdetek

Kandungan N dan K yang diperoleh pada penelitian ini, sejalan dengan yang telah diungkapkan oleh Hamzah *et al.* (2016), dimana kandungan N dan K yang diperoleh sebesar 0,13% dan 0,03 Cmol⁺/kg. Penyebab utamanya adalah intensitas penggunaan lahan yang tinggi sehingga menguras kedua unsur tersebut. Sayuran daun lebih banyak menyerap nitrogen ketimbang unsur lain. Hal yang sama terjadi pada tanaman kentang yang lebih banyak menyerap kalium untuk pembentukan umbi. Rendahnya kandungan N dan K akan merupakan faktor pembatas dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Intensitas penggunaan lahan yang tinggi disertai dengan tingkat penyerapan yang tinggi merupakan salah satu faktor rendahnya kandungan N dan K. Tingginya penyerapan nitrogen mengakibatkan ketersediaan nitrogen menjadi berkurang.

Tilley (2017), Kekurangan Nitrogen pada tanaman bergantung pada pasokan nitrogen yang diberikan. Kekurangan nitrogen pada tanaman lebih cenderung terjadi pada tanah yang rendah kandungan bahan organiknya. Hal ini didukung dengan hasil analisa C-organik yang berada pada kisaran sedang (2,96 %). Rendahnya kandungan C-organik mengakibatkan daya sangga terhadap nitrogen menjadi rendah, dan berdampak pada defisiensi nitrogen. Fakta lain dilapangan menunjukkan sebagian besar lahan yang diusahakan berada pada kemiringan > 30 % sehingga mudah tercuci. Kehilangan nitrogen akibat erosi, limpasan dan pencucian nitrat akan menyebabkan defisiensi nitrogen.

Pada aspek lain, hasil analisa kandungan logam berat sebagai indikator kesehatan tanah, telah melewati nilai ambang abatas yang dipersyaratkan. Kandungan logam berat dari enam unsur yang dianalisis empat diantaranya telah melewati nilai ambang batas masing-masing Hg (1,07)ppm, Pb (25,22)ppm, Cd (2,06)ppm, dan As (0,89)ppm sehingga tergolong tercemar. Dua unsur logam berat lain Cr (5,69)ppm, dan logam Cn tidak terdeteksi adanya logam berat (Tabel 2). Tidak terdeteksinya kandungan Cn diduga terlalu kecil nilai analisisnya sehingga tidak terdeteksi oleh alat analisis, atau memang tidak mengandung Cn sama sekali. Kandungan logam berat yang dianggap sangat berbahaya didalam tanah adalah Hg dan Cd, jika dibandingkan dengan logam berat yang lain.

Hasil analisis logam berat ini menunjukkan bahwa aktivitas penggunaan bahan agrokimia terutama pupuk dan pestisida cukup tinggi. Tingginya kandungan logam berat yang diperoleh diduga berasal dari dua sumber yaitu (1) berasal dari silika yang teroksidasi dan (2) berasal dari residu pestisida yang telah terakumulasi dalam jangka panjang. Tingginya kandungan silikat yang mengalami oksidasi akan membentuk garam-garam yang bersifat asam. Mineral silika dan silikat

besi, mempunyai sifat aktif secara kimiawi, dan apabila bersentuhan dengan udara akan mengalami oksidasi sehingga membentuk garam-garam bersifat asam yang mengandung sejumlah logam beracun seperti As, Hg, Pb, dan Cd yang dapat mencemari lingkungan (Herman, 2006).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan toksik. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih lanjut logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia.

Tingginya kandungan logam berat juga sebagai akumulasi dari fosfat (TSP) yang digunakan dalam jangka panjang akan memicu terbentuknya Cd. Jumlah normal kadmium di tanah berada di bawah 1 mg kg^{-1} . Secara alami logam berat Cd rata-rata kandungannya hanya $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$, tetapi angka yang diperoleh berada di atas nilai ambang batas yaitu $1,9 - 2,06 \text{ mg kg}^{-1}$. Pada tanah yang bebas polusi kandungan Cd adalah $0,06 - 1,00 \text{ mg/kg}$. Peningkatan kandungan Cd dapat berasal pupuk fosfat yang digunakan sebagai pupuk. Pupuk yang diberikan ke tanaman umumnya hanya diserap sedikit (1-5%) sisanya akan membentuk residu dan menjadi toksik bagi tanaman. Tanaman yang sering dipupuk dengan fosfat (SP-36 dan NPK) dalam jangka waktu lama dapat memicu akumulasi Cd di dalam tanah (Tresnawati *et al.*, 2014). Hasil pengukuran kandungan logam berat Cd yang pernah dilakukan Hamzah *et al.*, (2016) mencapai $2,26 \text{ mg kg}^{-1}$. Angka ini telah melebihi nilai ambang batas yang diperbolehkan. Nilai ambang batas kadmium dalam tanah seharusnya $< 2 \text{ mg kg}^{-1}$ (Noprini, 2011). Hal yang sama terlihat pada merkuri (Hg), dimana hasil penelitian menunjukkan bahwa zona atas dan tengah terdeteksi sebesar $1,07$ dan $0,36 \text{ mg kg}^{-1}$. Angka ini sudah berada di atas nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan dalam peraturan pemerintah No. 18 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah berbahaya dan beracun (B3) yaitu sebesar $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$.

Melihat fenomena ini, maka langkah strategi yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan penggunaan sumberdaya tumbuhan lokal yang mampu memperbaiki produktivitas tanah. Salah satunya adalah penggunaan tumbuhan liar sebagai agen fitoremediasi. Hasil analisis akar jaringan tanaman (akar, batang dan daun) menunjukkan kedua jenis tumbuhan tersebut memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi. Hasil ini terlihat dari kemampuan masing-masing tumbuhan menyerap logam berat (Tabel 3).

Tabel 3. Jenis tumbuhan liar dan kemampuan menyerap logam berat

Jenis tumbuhan	Bagian yang dianalisis	Logam berat (ppm)		
		Pb	Cd	Hg
<i>Eleusine indica</i>	Akar	26,98	3,39	0,166
	Batang+daun	23,57	3,14	0,120
<i>Acalypha microphylla</i>	Akar	27,93	3,40	0,166
	Batang+daun	20,87	2,92	0,123

Kedua jenis tumbuhan liar masing-masing *Eleusine indica* dan *Acalypha microphylla* memiliki kemampuan yang sama dalam menyerap logam berat terutama Pb dan Cd. Akumulasi Pb yang Cd lebih tinggi terlihat di akar baik *E. indica* maupun *A. microphylla*. Akumulasi Pb di akar masing-masing sebesar 26,98 dan 27,93 ppm, sedangkan dibagian atas tanaman (batang+daun) sebesar 23,53 dan 20,87 ppm. Akumulasi Cd terdeteksi di bagian akar sebesar 3,39 dan 3,40 ppm, sedangkan dibagian atas tanaman (batang+daun) sebesar 3,14 dan 2,92 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa baik tumbuhan *E. indica* maupun *A. microphylla* memiliki potensi sebagai tanaman remediator. Potensi ini ditunjukkan dari kemampuannya dalam menyerap logam berat Pb > 20 ppm, sedangkan Cd $> 2,9$ ppm. Namun keduanya bukan merupakan tanaman remediator untuk Hg, karena kemampuannya menyerapnya < 1 ppm.

Tumbuhan *E. indica* diketahui telah memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Cd sampai > 50 % (Hamzah *et al.*, 2017). Potensi kedua tumbuhan ini dapat dikembangkan sebagai agen fitoremediasi. Kemampuan kedua jenis tumbuhan liar ini (*E. indica* dan *A. microphylla*) diharapkan mampu menstabilkan logam berat terutama Pb dan Cd. Semakin tinggi logam berat

yang diserap tanaman, dipastikan tanah menjadi sehat kembali. Tanah yang sehat akan menghasilkan produk pangan yang sehat.

KESIMPULAN

Kandungan hara pada lokasi penelitian memiliki tingkat kesuburan yang rendah terutama N (0,20) %, K (0,55) Cmol⁺/kg, dan KTK (5,89) me/100g, sedangkan kandungan C-organik dan P berada pada kisaran sedang dan tinggi masing-masing C-organik (2,96) % dan P (145,4) ppm. Kandungan logam berat dari enam unsur yang dianalisis empat diantaranya telah melewati nilai ambang batas masing-masing Hg (1,07) ppm, Pb (25,22) ppm, Cd (2,06) ppm, dan As (0,89) ppm. Dua dua unsur logam berat lain berada dibawah nilai ambang batas yaitu Cr (5,69) ppm sedangkan Cn tidak terdeteksi adanya logam berat. Biochar sekam padi dan jengkok yang dianalisis memiliki kandungan C-organik dan KTK yang tinggi, yaitu antara 31,92 – 40,24%, sedangkan kandungan N, P, dan K tergolong rendah. Potensi ini dapat dioptimalkan untuk memperbaiki produktivitas tanah. Dua jenis tumbuhan liar yang teridentifikasi (*Eleusine indica* dan *Acalypha microphylla*) memiliki potensi sebagai tanaman remediator terutama Pb dan Cd, karena kemampuan akumulasi cukup tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson C. J., Jean D.F., and Niel A.H., 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Journal Plant and Soil*, 337, 1-18.
- Bian R., Stephen J., Liqiang C., Genxing P., Lianqing L., Xiaoyu L., Afeng Z., Helen R., Singwei W., Chee C., Chris M., Bin G., Paul M., and Scott D., 2014. A three-year experiment confirms continuous immobilization of cadmium and lead in contaminated paddy field with biochar amendment. *Journal of Hazardous Materials*, 272 : 121–128. www.elsevier.com/locate/jhazmat
- de Abreu, C. A., Coscione, A. R., Pires, A. M., and Paz-Ferreiro, J. 2012. Phytoremediation of a soil contaminated by heavy metals and boron using castor oil plants and organic matter amendments, *J. Geochem. Explor.*, 123, 3–7.
- Fellet G., Marmiroli M., and Marchiol L., 2014. Elements uptake by metal accumulator species grown on mine tailings amended with three types of biochar. *Science of the Total Environment* 468–469 : 598–608. www.elsevier.com/locate/scitotenv.
- Ferreiro J.P., Lu H., Fu S., Méndez A., and Gascó G., 2013. Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review. *Solid Earth Discuss.*, 5 : 2155–2179, www.solid-earth-discuss.net/5/2155/2013/ doi:10.5194/sed-5-2155.
- Hamzah A., Z. Kusuma, W.H. Utomo, and B. Guritno, 2012. Siam weed (*Chromolaena odorata* L.) for phytoremediation of artisanal gold mine tailings. *Journal Tropical of Agriculture*, 50 (1-2) : 88-91.
- Hamzah A., Ricky I.H., Erwin I.W., 2016. Phytoremediation of Cadmium-contaminated agricultural land using indigenous plants. *IJOEAR Vol-2, No 1* : 8-14. www.Ijoear.com
- Hamzah A., Ricky I.H., Rossyda P., 2017. The potential of wild vegetation species of *Eleusine indica* L., and *Sonchus arvensis* L. for phytoremediation of Cd-contaminated soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. Vol. 4, No. 3 : 797-805
- Herman. D.Z., 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol. 1 No. 1 : 31-36.
- Jiang, J., Xu, R. K., Jiang, T. Y., and Li, Z. 2012. Immobilization of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by the addition of rice 5 straw derived biochar to a simulated polluted Ultisol, *J. Hazard. Mater.*, 229–230 : 145–150.

- Lehman, J., 2007. Bio-energy in the black. Concepts and question. *Front Ecology Environment.*, 5, 381–387
- Karami N., Rafael C., Eduardo M.J., Nicholas W.L., and Luke B. 2011. Efficiency of green waste compost and biochar soil amendments for reducing lead and copper mobility and uptake to ryegrass. *Journal of Hazardous Materials*, 191: 41-48. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011>.
- Nopriani, LS., 2011. Quick test technique to identify soil heavy metals contamination in apple land in Batu. Faculty of Agriculture, Brawijaya University (in Indonesia)
- Roy, M. and McDonald, L. M. 2014. Metal uptake in plants and health risk assessments in metal-contaminated smelter soils, *Land Degrad. Dev.*, doi:10.1002/ldr.2237.
- Sukartono dan W.H. Utomo, 2012. Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir (*sandy loam*) semiarid tropis Lombok. *Jurnal Buana Sains*, Volume 12 No.1 : 91-98.
- Tilley Nikki (2017), Understanding nitrogen requirements for plants. <https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/soil-fertilizers/nitrogen-plant-fertilizer.htm>
- Tresnawati A., Kusdianti R. dan Solihat R., 2014. Chlorophyll content and biomass of plant potato (*Solanum tuberosum* L) in accumulates of heavy metal cd soil. *Formica Online*, Volume 1, Nomor 1, Januari 2014 (in Indonesia)