



Research Articles

Pengaruh Biochar Terhadap Mobilitas Merkuri (Hg) Pada Percobaan Pencucian (*Leaching*) Tertutup

Effect of Biochar on Mercury (Hg) Mobility in a Closed Leaching Experiment

Baiq Eliza Prizma¹, Sukartono^{*2}, I Gusti Made Kusnarta¹, Suwardji¹, Fahrudin¹

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram

²Centre for Sustainable Farms System (CESFARMS) University of Mataram

**corresponding author, email: kartono1962 @unram.ac.id*

Manuscript received: 23-08-2023. Accepted: 20-09-2023

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar terhadap mobilitas Hg pada percobaan leaching tertutup menggunakan tanah terkontaminasi tailing pengolahan emas. Percobaan factorial ditata menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAK) yang menguji tiga jenis biochar (biochar sekam padi, tempurung kelapa, dan biochar tongkol jagung) dan tiga dosis biochar (0, 10 ton ha⁻¹ dan 15 ton ha⁻¹). Kolom PVC yang berisi campuran tanah tercemar dan dibiochar disiram dengan air bebas ion sebanyak empat kali pencucian dengan total penyiraman 1090 ml. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat menurunkan mobilitas merkuri (Hg) pada tanah tercemar tailing pengolahan emas. Konsentrasi Hg terlarut dalam leachate menurun dengan peningkatan dosis aplikasi biochar. Leachate dari perlakuan biochar tongkol jagung (15 ton ha⁻¹) menunjukkan konsentrasi Hg paling rendah sebesar 0,0012 ppm namun tidak berbeda nyata dengan leachate dari kolom tanah yang diaplikasikan biochar tempurung kelapa dan sekam padi. Konsentrasi Hg pada hasil pencucian (leachate) pada semua perlakuan biochar berkisar 0,0012 - 0,0062 ppm berbeda nyata dengan konsentrasi leachate dari kolom tanah tanpa biochar yakni 1,62 ppm. Hal ini memberikan petunjuk bahwa biochar dapat mengurangi laju pencucian, sehingga konsentrasi Hg tidak banyak tercuci di dalam tanah. Oleh karena itu, biochar dapat dijadikan sebagai bahan pembenah tanah dalam meremidiasi tanah tercemar merkuri (Hg) sehingga dapat memperlambat mobilitas merkuri (Hg) agar berdampak kecil pada lingkungan.

Kata kunci: Biochar; leachate; Merkuri (Hg); Mobilisasi

ABSTRAK

This study aims to determine the effect of biochar application on Hg mobility in a closed leaching experiment using gold processing tailings contaminated soil. The factorial experiment was set up using a Completely Randomized Design (RBD) which tested three types of biochar (rice husk biochar, coconut shell, and corncob biochar) and three doses of biochar (0.10 tons ha⁻¹ and 15 tons ha⁻¹). The PVC column containing a mixture of polluted soil and dibiochar was washed four times with deionized water for a total of 1090 ml of watering. The results showed that the application of biochar can reduce the mobility of mercury (Hg) in small scale gold processing tailings polluted soils. The dissolved Hg

concentration in the leachate decreased with increasing dose of biochar application. Leachate from corn cob biochar (15 tons ha⁻¹) treatment showed the lowest Hg concentration of 0.0012 ppm but was not significantly different from leachate from the soil column that was applied coconut shell and rice husk biochar. The concentration of Hg in the leachate for all biochar treatments ranged from 0.0012 - 0.0062 ppm, significantly different from the leachate concentration of the soil column without biochar, which was 1.62 ppm. This provides an indication that biochar can reduce the leaching rate, so that the concentration of Hg is not much leached into the soil. Therefore, biochar can be used as a soil enhancer in remediation of mercury (Hg) polluted soil so that it can slow down the mobility of mercury (Hg) so that it has a small impact on the environment.

Key words: Biochar; Leachate; Mercury; Mobilization

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah termasuk bahan mineral dan galian tambang dan masih banyak sumberdaya alam lainnya. Salah satu bahan galian yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah emas. Adanya potensi kandungan emas yang tinggi menyebabkan jumlah lokasi pertambangan nasional terus bertambah, baik pertambangan besar, sedang, kecil maupun pertambangan emas tanpa izin (PETI). Darwiega (2017) menyebutkan jumlah PETI yang tersebar di seluruh Indonesia mencapai 800 lokasi dan diperkirakan akan terus bertambah seiring dengan ditemukannya lokasi pertambangan baru. Di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) penambangan emas tanpa izin telah berlangsung sejak tahun 2008 (Utomo et al., 2012). Sugianti & Astiti (2014) menyebutkan pada tahun 2013 Balai Lingkungan Hidup NTB mencatat terdapat 1.108 lokasi pemerosesan emas yang tersebar di pulau Lombok dan terpusat di kabupaten Lombok Tengah dan Lombok Barat.

Kabupaten Lombok Barat merupakan salah satu Kabupaten yang ada di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) yang dikenal dengan kawasan pariwisata terutama karena keindahan alam pantainya. Selain memiliki keindahan alam, Kabupaten Lombok Barat, juga memiliki potensi kandungan bahan tambang emas. Salah satu kecamatan di Kabupaten Lombok Barat yang dijadikan lokasi penambangan emas oleh masyarakat adalah kecamatan Sekotong.

Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, merupakan salah satu lokasi Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) di Indonesia yang telah beroperasi sejak tahun 2009 dengan metode Amalgamasi merkuri (Hg) untuk mendapatkan emas. Dalam setiap gram emas yang dihasilkan, terdapat sekitar 1-3 gram merkuri yang terlepas ke lingkungan dari proses Amalgamasi konsentrat (Telmer, 2007), di mana sebagian terlepas di udara dan sebagian lagi terlepas ke perairan bersama dengan lumpur hasil pencucian. Suatu penelitian pada PESK di Filipina menunjukkan bahwa hanya 10% emas yang dapat diperoleh dengan metode Amalgamasi Hg tersebut (Hylander et al., 2007).

Hamzah et al. (2012) melaporkan bahwa keberadaan PETI di beberapa daerah telah mampu meningkatkan perekonomian masyarakat lingkaran tambang melalui penyerapan tenaga kerja. Meskipun demikian, kegiatan tersebut telah menimbulkan beberapa masalah baru seperti pencemaran tanah dan air akibat pengelolaan limbah yang tidak bijaksana. Kegiatan PETI di Provinsi Nusa Tenggara Barat terindikasi menjadi sumber pencemaran lingkungan, karena limbah berupa tailing yang mengandung logam berat dibuang ke lahan dan badan air sekitar tambang (Afandi, 2014).

Salah satu jenis logam berat berbahaya yang terkandung dalam tailing gelondongan emas adalah merkuri (Hg). Salah satu sumber pencemaran unsur merkuri dalam tanah dapat berasal dari penambangan atau pengolahan emas dalam tahap penggilingan. Penggilingan menyebabkan merkuri terpecah menjadi butiran halus yang sifatnya sukar dipisahkan, sehingga dapat lepas dari gelondong (Juliawan et al., 2005).

Peneliti sebelumnya (Hamzah et al., 2012) menerangkan bahwa konsentrasi merkuri (Hg) dalam tanah menyebabkan ketersediaan unsur N, P, K, C organik dan KTK rendah, serta menjadikan pH tanah dalam kondisi masam. Ketersediaan Hg dalam konsentrasi tinggi pada tanah pertanian dapat membahayakan kesehatan konsumen apabila mengkonsumsi hasil panen dari tanah tersebut, karena Hg diketahui dapat masuk dalam rantai makanan (food chain) melalui berbagai mekanisme (Handayatno et al., 2014). Sonya et al. (2002) dalam penelitian melaporkan bahwa Hg yang masuk ke dalam tubuh dapat mengganggu proses-proses metabolisme dan menghambat kerja dari beberapa enzim, sehingga berdampak pada kerusakan otak, ginjal dan hati, bahkan akumulasi dalam jangka panjang dapat merusak susunan kromosom yang menyebabkan cacat bawaan pada manusia.

Mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan oleh Hg, diperlukan suatu metode untuk menurunkan kadar Hg pada tanah tercemar. Metode yang telah digunakan diantaranya adalah adsorpsi, absorpsi, pertukaran kation dan pemisahan dengan membran yang memiliki kelebihan serta kekurangannya masing-masing (Nurhasni, 2014). Dewasa ini, metode yang sering digunakan karena dinilai lebih ekonomis dan tidak menimbulkan residu beracun adalah metode adsorpsi menggunakan bahan organik dan absorpsi menggunakan tanaman (Setyaningtyas, 2005).

Wardalia (2016) melaporkan bahwa salah satu bahan organik yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat adalah biochar. Biochar merupakan bahan padat limbah pertanian (sulit terdekomposisi) yang diperoleh dari hasil proses karbonisasi biomassa secara pyrolisis (pembakaran tidak sempurna/ oksigen terbatas). Bahan baku pembuatan biochar seperti sekam padi, kayu, bambu, kotoran ayam, kulit kakao, tongkol jagung, dan batok kelapa. Biochar berfungsi sebagai bahan pembenah tanah untuk memperbaiki kualitas lahan seperti dalam memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air dan hara, serta menciptakan habitat bagi mikroorganisme simbiotik (Nurida, 2015).

Biochar juga memiliki kemampuan untuk mengurangi keaktifan logam berat sehingga dapat digunakan pada tanah tercemar (Hidayat, 2015). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar terhadap mobilitas Hg pada percobaan leaching tertutup menggunakan tanah terkontaminasi tailing pengolahan emas.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Percobaan leaching berlangsung sejak bulan Mei sampai Oktober tahun 2023, di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Analisis sifat tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram dan analisis kandungan merkuri (Hg) dilakukan di Laboratorium Balai Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Alat dan Bahan Penelitian

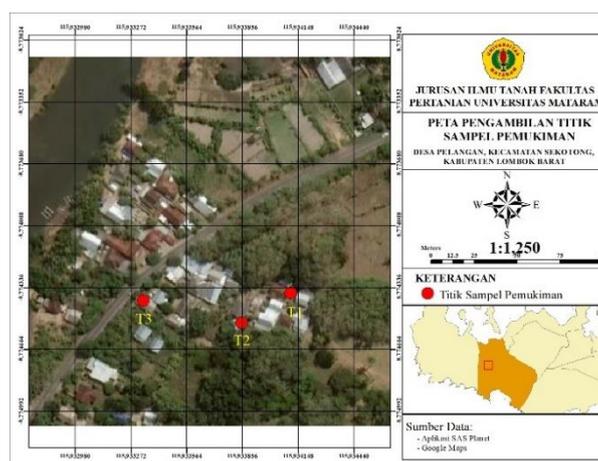
Alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah ring sampel, GPS, kertas label, pisau, cangkul, sekop, linggis, ayakan, AAS (*Automatic Absorption Spectrofotometry*) dan peralatan gelas analisis kimia laboratorium. Sedangkan bahan yang digunakan adalah sampel tanah tercemar limbah pengolahan emas, biochar (bahan sekam padi, tempurung kelapa, tongkol jagung), paralon, ember, botol penampung filtrat, aquades, kawat, kain kasa, karung dan bahan-bahan kimia untuk analisis laboratorium.

Rancangan Percobaan

Percobaan factorial ditata menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang menguji 3 jenis biochar (biochar sekam padi, biochar tempurung kelapa dan biochar tongkol jagung) dengan tiga dosis yakni 0, 10 ton ha⁻¹ dan 15 ton ha⁻¹. Kombinasi perlakuan tersebut diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 kombinasi perlakuan.

Pengambilan sampel tanah

Sampel tanah diambil pada jarak 1 meter sekitar lahan pengolahan gelondongan emas di Desa Pelangan yang tersebar di tiga titik lokasi pengolahan emas skala kecil (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil pada kedalaman lapisan 0-30 cm. Sampel yang diambil di ketiga titik lokasi tersebut dicampur menjadi satu sampel komposit. Adapun jumlah tanah yang diambil sebanyak 200 kg. Tanah yang diambil kemudian dikering anginkan selama 2 hari dan diayak dengan ayakan bermata saring 2 mm untuk keperluan analisis awal tanah dan percobaan pencucian (*leaching*).

Penyiapan Biochar

Biochar dibuat dengan metode *retort kiln* melalui pemanasan bahan baku dalam kondisi oksigen terbatas. Proses pemanasan dilakukan dengan memasukkan bahan-bakar ke dalam cerobong berupa kertas maupun bara/arang sebagai sumber panas dalam proses pirolisis biochar. Kegiatan pemanasan berlangsung sekitar 5 jam. Bahan biochar yang telah menjadi arang kemudian dikeluarkan dan disemprot dengan air bersih agar tidak terjadi pembakaran lanjutan menjadi abu. Biochar dikering anginkan kemudian dihaluskan dan diayak dengan ayakan bermata saring 0,5 mm (Djaenudin 2007).

Percobaan pencucian (leaching)

Percobaan pencucian kolom tanah dirancang dengan konstruksi peralatan dibuat dari pipa PVC berdiameter 3 inch dan tinggi 30 cm. Tabung PVC tertutup dibagian bawah dengan 12 lubang pori berukuran 5mm (Gambar 2).



Gambar 2. Penataan/tata letak perlakuan *leaching*

Jumlah air yang digunakan untuk penyiraman ditetapkan berdasarkan acuan curah hujan rata-rata bulan basah selama 5 tahun terakhir di daerah Sekotong. Rata-rata curah hujan bulan basah adalah 263 mm, sehingga dikonversikan kedalam volume air pencucian sebesar 1090 ml. Pencucian tanah pada masing-masing kolom dilakukan 4 kali menggunakan air bebas ion (272,5 ml setiap kali pencucian). Pencucian dilakukan selang 4 hari dengan membuat simulasi kejadian air hujan buatan di daerah Sekotong. Air hasil pencucian ditampung kemudian dianalisis kandungan merkurnya.

Analisis Tanah

Analisis sifat tanah yang diukur sebelum percobaan adalah BV, BJ, Porositas, permeabilitas, infiltrasi, C-Organik, KTK, pH_{H₂O}, kadar lengas dan konsentrasi Hg. Sedangkan analisis akhir meliputi analisis konsentrasi merkuri (Hg) tanah setelah perlakuan *leaching* dan konsentrasi merkuri (Hg) dalam air perkolasi hasil pencucian (*leachate*).

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan Analisis Sidik Ragam (*Analysis of Variance, ANOVA*) menggunakan aplikasi Minitab for Windows ver. 19.1 pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN***Sifat Fisik dan Kimia Tanah Sebelum Percobaan***

Analisis sifat fisik dan kimia tanah ditunjukkan pada Tabel. 1 sebagai berikut.

Tabel. 1 Sifat Fisik dan Kimia Tanah Sebelum Percobaan

No	Parameter	Metode	Satuan	Hasil	Harkat*
1	Tekstur Tanah (pasir, debu, liat)	Pipet	%	53;34;13	Lempung berpasir
2	Struktur Tanah				
	BV	Ring Sample	g/cm ³	1,2	
	BJ	Piknometer	g/cm ³	2,6	
	Porositas	-	%	53	
3.	Permeabilitas	Constant Head	cm/jam	3,96	Agak lambat
4.	Infiltrasi	Double Ring Infiltrometer	cm/menit	0,199	Sedang
5	pH H ₂ O	pH meter	-	6,7	Netral
6	KTK	NH ₄ OAc	me/100g	15,73	Rendah
7	C-organik	Kalorimetri	%	1,113	Sangat Rendah
8	Kadar Lemas	Gravimetri	%	4,58	Sangat Rendah
9.	Hg total	Ekstrak SnCl ₂ dan NaBH ₄ (natrium borohidrat).	Ppm	2,40	Sangat Tinggi

Keterangan: *Balai Penelitian Tanah (2009)

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanah sekitar pengolahan emas skala kecil di Desa Pelangan, Sekotong termasuk kategori tanah tercemar Hg dengan total kandungan Hg sebesar 2,40 ppm. Balai Penelitian Tanah (2009) menyebutkan bahwa batas normal Hg pada tanah pertanian berkisar antara 0,01-0,3 ppm. Tingginya kandungan Hg pada sampel tanah disebabkan karena pengaruh limbah pengolahan emas yang terdistribusi di permukaan lahan. Semakin dekat dengan lokasi pengolahan emas maka semakin tinggi konsentrasi Hg yang dihasilkan. Menurut Muddarisna *et al.* (2012), sekitar 20% dari total Hg yang digunakan dalam proses amalgamasi terbawa oleh tailing dan berakhir di tanah, sehingga potensinya sebagai pencemar tanah sangat tinggi.

Tanah yang digunakan pada percobaan ini memiliki tekstur tanah lempung berpasir (*sandy loam*) dengan komposisi fraksi pasir 53%, debu 34%, dan liat 13%. Berat Volume (BV) tanah sebesar 1,25 g/cm³ dan Berat Jenis (BJ) tanah sebesar 2,65 g/cm³, sehingga nilai porositas sebesar 53%. Kadar lemas tanah yang digunakan untuk percobaan sebesar 4,58%. Sedangkan untuk permeabilitas tanah 3,96 cm/jam yang tergolong agak lambat karena saat pengambilan sampel diambil pada kedalaman 0-30 cm, ini menandakan bahwa semakin dalam lapisan tanah maka semakin lambat permeabilitas tanahnya. Permeabilitas tanah menggambarkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Sedangkan nilai infiltrasi tanah sebesar 0,20 cm/menit yang tergolong sedang (Tabel 1). Infiltrasi menggambarkan laju Gerakan air dalam profil tanah. Semakin rendah permeabilitas tanah maka semakin rendah pula laju infiltrasinya.

Parameter selanjutnya adalah pH, C-organik dan KTK yang merupakan sifat kimia tanah yang penting sehingga ketiganya merupakan satu kesatuan parameter yang saling mempengaruhi. Data analisis awal (Tabel 1) menunjukkan bahwa pH pada areal tersebut sebesar 6,7 tergolong netral. Hal ini karena sampai pada pH netral muatan koloid tanah negatif

sehingga merkuri dapat banyak diikat. Kisaran pH tersebut masih sesuai untuk pertumbuhan tanaman, karena dapat mendukung ketersediaan unsur hara, baik makro maupun mikro masih tersedia pada kisaran pH tersebut (Hazelton dan Murphy, 2007). Selain itu, pH tanah netral pada suatu tanah disebabkan adanya bahan organik dalam tanah yang dihasilkan dari seresah-seresah tanaman. Peningkatan bahan organik dalam tanah dapat mempengaruhi pH dalam tanah (Hardjowigeno, 2003).

Sedangkan pada kandungan C-organik dengan nilai 1,11% dan KTK 15,73 cmol/kg yang tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena kandungan bahan organik pada tanah rendah. Bahan organik mempunyai daya jerap kation yang lebih besar daripada koloid liat (Roesmarkam, 2002). Hal ini menyebabkan semakin rendah kandungan bahan organik suatu tanah maka semakin rendah pula nilai C-organik dan KTKnya. Mirdat, *et al.*, (2013), menjelaskan bahwa tinggi rendahnya bahan organik dalam tanah berpengaruh terhadap pengikatan Hg di dalam tanah, apabila kandungan bahan organik dalam tanah tinggi, maka daya ikat partikel Hg dalam tanah akan tinggi pula. Pada penelitian ini karena rendahnya bahan organik pada tanah sebelum percobaan, maka dilakukan penambahan bahan organik lain seperti biochar pada perlakuan pencucian (*leaching*).

Konsentrasi merkuri (Hg) pada tanah dan leachate setelah pencucian (leaching) akibat pemberian berbagai jenis biochar

Data konsentrasi Hg pada tanah dan leachate dari berbagai perlakuan biochar ditunjukkan pada table 2 berikut:

Tabel 2. Konsentrasi merkuri (Hg) pada tanah dan leachate setelah percobaan

Biochar	Konsentrasi Hg (ppm)			
	Tanah		Leachate	
	10 ton ha ⁻¹	15 ton ha ⁻¹	10 ton ha ⁻¹	15 ton ha ⁻¹
B1	0,45 ^a	0,39 ^a	0,0026 ^a	0,0015 ^a
B2	0,31 ^a	0,31 ^a	0,0062 ^a	0,0033 ^a
B3	0,72 ^a	0,64 ^a	0,0017 ^a	0,0012 ^a
B0	1,63 ^b		0,0211 ^b	
BNJ 5%	1,21		0,01	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata pada p 0.05

B0 (tanpa biochar), B1 (biochar sekam padi), B2 (Biochar tempurung kelapa) dan B3 (biochar tongkol jagung)

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa kehadiran biochar dapat menurunkan mobilitas merkuri (Hg), ditunjukkan oleh lebih rendahnya kandungan Hg di tanah dan hasil pencucian (*leachate*) dibandingkan dengan tanah tanpa biochar. Ketiga jenis biochar pada semua takaran memiliki pengaruh yang sama terhadap konsentrasi Hg di tanah dan hasil pencucian (*leachate*). Pada (Tabel 2) Konsentrasi Hg pada tanah setelah penambahan biochar pada baris yang sama, konsentrasi merkuri (Hg) tertinggi diperoleh pada perlakuan B3 (biochar tongkol jagung 15 ton ha⁻¹), namun tidak berbeda nyata pada perlakuan B1 (biochar sekam padi) dan B2 (biochar tempurung kelapa) karena persamaan notasi pada perlakuan, sedangkan konsentrasi Hg pada hasil pencucian (*leachate*) terendah diperoleh pada perlakuan biochar

tongkol jagung (15 ton ha^{-1}) tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan biochar lainnya. Ini mengindikasikan bahwa biochar tongkol jagung lebih memperlambat laju pencucian merkuri (Hg) sehingga merkuri tidak banyak atau lebih sedikit tercuci di dalam tanah.

Sayangnya, pada penelitian ini tidak bisa menentukan berapa besar merkuri yang terikat oleh komponen biochar dan bahan organik lainnya karena tidak menggunakan metode tracer isotop sehingga tidak bisa mengetahui berapa total Hg yang dijerap oleh biochar (Bussan et al, 2016). Lebih detail Bussan et al. (2016) melaporkan bahwa biochar (5% biochar yang berasal dari serbuk kayu) secara signifikan menurunkan laju IHg dalam tanah sebesar 88% tanpa banyak berdampak pada laju demetilasi. Metilasi merupakan transformasi merkuri anorganik menjadi merkuri organik berbentuk metil oleh aktivitas mikroorganisme anaerobik (Fardiaz, 1992).

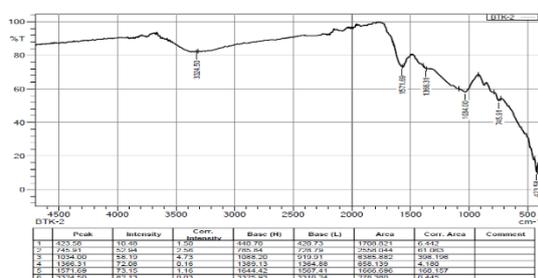
Pada penelitian ini tidak ditemukan adanya interaksi antar jenis biochar dengan dosis biochar, akan tetapi kehadiran biochar dapat menurunkan mobilitas Hg. Penurunan mobilitas Hg pada media tanah yang diberi biochar berkaitan erat dengan potensi biochar yang memiliki afinitas yang tinggi dalam menjerap inorganic-Hg dan metil merkuri (Shu et al. 2016). Selain itu, biochar juga mempunyai luas permukaan yang besar dan kaya muatan negatif yang mendukung proses jerapan Hg pada permukaan struktur karbon aromatik. Biochar dengan area permukaan yang luas dan pori-porinya memiliki afinitas yang tinggi terhadap logam berat karena ion logam berat dapat dijerap secara fisik oleh permukaan biochar yang kemudian di retensi didalam pori-porinya (Kumar, *et al.* 2011).

Pada kolom tanah yang tidak diberi biochar (Tabel 2), terlihat Hg lebih banyak tercuci karena tidak ada bahan penjerap merkuri (Hg) atau penahan untuk memperlambat laju pencucian merkuri (Hg). Rendahnya retensi atau daya ikat tanah terhadap Hg juga diduga berkaitan erat dengan rendahnya kandungan liat dalam tanah (data tekstur tanah Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa fraksi pasir memiliki porositas yang besar juga sehingga kurang mampu menjerap merkuri (Hg) dan lebih cepat mengalami mobilitas pada tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Alloway (1990) yang menyatakan bahwa fraksi liat merupakan sifat tanah yang penting dalam menjerap ion-ion logam berat. Selain kandungan liat, menurut Steinnes (1990), penjerapan logam berat Hg juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH tanah, kadar bahan organik tanah dan potensial redok. Perubahan kondisi seperti penurunan pH, peningkatan konsentrasi asam-asam organik atau penurunan potensial redok dapat secara drastis menurunkan kuatnya ikatan logam berat dan meningkatkan mobilitasnya (Schulin et al., 1995). Oleh karena itu pengaruh perlakuan pencucian dengan pemberian biochar mampu menurunkan mobilitas Hg dalam larutan tanah sehingga dalam air pencucian (*leachate*) juga semakin kecil.

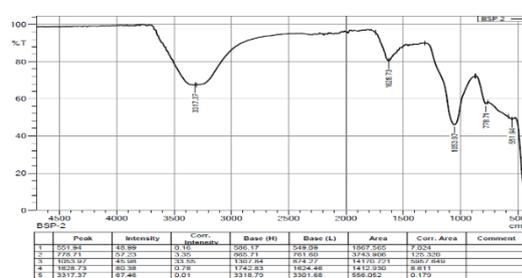
Umumnya, merkuri cenderung bertahan lebih lama di dalam tanah berliat karena terjerap oleh koloid liat dan koloid organik dalam tanah. Tanah yang kaya akan bahan organik, cenderung membentuk senyawa kompleks atau dikenal sebagai kompleks organik logam dari hasil reaksi dengan logam berat, sehingga tingkat kelarutannya berkurang. Dengan demikian maka keberadaan biochar dalam tanah dapat menurunkan mobilitas merkuri dalam tanah. Dengan demikian maka biochar dapat dijadikan sebagai alternatif bahan pembenah tanah untuk meremidiasi tanah tercemar logam berat sehingga peningkatan laju pencucian merkuri (Hg) di dalam tanah dapat diperkecil agar tidak menimbulkan dampak yang meluas pada lingkungan.

Potensi menyerap kation dari biochar juga berkaitan dengan struktur ikatan karbon dan juga keberadaan gugus-gugus fungsional yang ada pada ikatan kimia. Cui et al. (2012) dan Jones et al. (2012) menemukan bahwa selama proses pembuatan biochar, permukaan biochar teroksidasi dan banyak gugus fungsional yang mengandung oksigen (seperti gugus COH dan COOH) terbentuk kembali, sehingga menghasilkan lebih banyak muatan negatif dan efisiensi pertukaran ion yang lebih tinggi. Selain itu, biochar memiliki struktur karbon aromatik dan tingkat stabilitas kimia dan biologi yang tinggi setelah pirolisis, sehingga sangat tahan terhadap degradasi. Namun, persistensi biochar di lingkungan tidak berarti biochar tetap tidak berubah di lingkungan tanah atau sedimen (Schmidt dan Noack 2000).

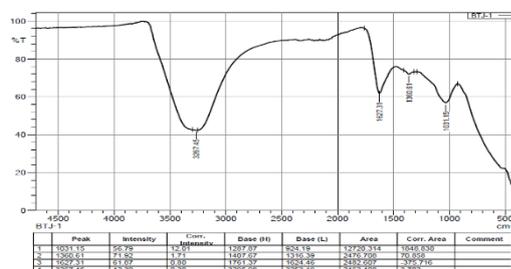
Spektrum FTIR dari ketiga jenis biochar dilakukan untuk mengidentifikasi secara kualitatif keberadaan gugus fungsional atau ikatan kimia senyawa organik yang terkandung dalam partikel biochar. Hasil pembacaan spektro infrared pada masing-masing biochar disajikan pada gambar berikut.



Gambar 3. FTIR Biochar tempurung kelapa



Gambar 4. FTIR Biochar sekam padi



Gambar 5. FTIR Biochar tongkol jagung

Dari hasil pembacaan spektro infrared (Gambar 3, 4 dan 5) struktur karbon dari biochar tersebut didominasi oleh ikatan C=CH (aromatik) dengan rangkaian gugus NH, gugus hidroksil karbon (COOH). Variasi rangkaian struktur C aromatik dari ketiga jenis biochar tersebut relatif sama terlihat dari variasi spektrum yang sama. Meskipun sama, tetapi jika menentukan struktur mana yang lebih bervariasi terdapat pada biochar tongkol jagung yang menunjukkan lebih banyak muatan negatif sehingga lebih banyak menyerap kation positif termasuk merkuri. Kehadiran gugus fungsional dari partikel biochar baik gugus hidroksil C=CH dan NH akan berperan meningkatkan muatan negatif sehingga berpotensi meningkatkan adsorpsi kation-kation positif termasuk merkuri (Hg), dengan demikian maka biochar dapat berperan mengurangi laju mobilitas merkuri (Hg) dalam tanah.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Biochar dapat menurunkan mobilitas merkuri (Hg) pada tanah hingga 94% (dari 0,0211 ppm menjadi 0,0012 ppm) terhadap perlakuan kontrol dan menurunkan konsentrasi Hg pada hasil pencucian (*leachate*) seiring dengan peningkatan dosis biochar. Hasil menunjukkan bahwa biochar tongkol jagung (15 ton/ha) menurunkan mobilitas merkuri pada hasil pencucian (*leachate*) sebesar 0,0012 ppm namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan biochar tempurung kelapa dan biochar sekam padi.

Saran

Untuk lebih dalam mengetahui sejauh mana mobilisasi merkuri, peneliti selanjutnya perlu menghitung laju pencucian setiap kali simulasi penyiraman dilakukan, sehingga tiap-tiap laju pencucian diketahui berapa besar Hg yang terjerap dan tercuci di dalam tanah. Selain itu, peneliti selanjutnya juga dapat menggunakan metode isotop agar mengetahui seberapa besar total Hg yang dijerap oleh biochar.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mataram atas dukungan fasilitas dan pembiayaan dan juga kepada pihak Nexus atas tambahan biaya analisis penelitian ini..

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi Y. 2014. *Uji Serapan Merkuri (Hg) oleh Tanaman Jagung (Zea mays L.) pada Tanah Tercemar Tailing Gelondongan dan Tong*. [Skripsi S1, unpublished]. Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Mataram, Indonesia.
- Akhmad Fauzi, 2004. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Teori dan Aplikasi*, Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama
- Alfian, Zul. 2006. *Merkuri: antara manfaat dan efek penggunaannya bagi kesehatan manusia dan lingkungan*. USU Press. Medan.
- Alloway. 1990. *Soil processes and behaviour of metals*. In Alloway (Ed.) *Heavy Metals in Soils*. Blackie Glasgow and London Halsted Press. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Alloway B J, 1995. *Heavy Metals in Soils*, Second Edition, Blackie Academic & Profesional, An Imprint Of Chapman & Hall, Glasgow.
- Ansyari, Isya. (2013). *Tailing (Limbah Pertambangan)*. Diakses pada tanggal 10 September 2022.
- Basri & Azis, Abdul. 2011. *Arang Hayati (Biochar) Sebagai Bahan Pembenh Tanah*. Serambi Pertanian (ISSN) 1907-7858, Vol V, No.6.
- Bussan DD, Sessums RF, Cizdziel JV (2016). *Activated carbon and biochar reduce mercury methylation potentials in aquatic sediments*. Bull Environ Contam Toxicol 96(4):536–539.
- Danarto Y.C., Samun T., *Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr. Ekuilibrium* 7: 13-16.

- Darung U, Mimbar SM, Syekhfani. 2001. *Pengaruh Waktu Pemberian Kapur dan Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Kedelai pada Tanah Gambut Pedalaman Kalteng*. Buletin Biosain. 1(2):
- Darwiega Y.I. 2017. *Merkuri dan Pertambangan Emas Skala Kecil*. Kumparan 21 Maret 2017. <http://m.kumparan.com/yuyun-ismawati/merkuri-dan-pertambangan-emas-skala-kecil.amp>. [28 Oktober 2018].
- Djaenudin D. 2007. *Potensi Sumber Daya Lahan untuk Perluasan Areal Tanaman Pangan di Kabupaten Merauke*. Jurnal Iptek Tanaman Pangan. 2(2): 180–194.
- Gani, A. 2009. *Potensi Arang Hayati (Biochar) sebagai Komponen Teknologi. Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian*. Iptek Tanaman Pangan Vol 4 no. 1. Sukamandi.
- Hamzah A., Kusuma Z., Utomo W.H., Guritno B. 2012. *Penggunaan Tanaman Vetiveria zizanoides L. dan Biochar untuk Remediasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Pertambangan Emas*. Jurnal Buana Sains 12: 53-60.
- Hanafiah K.A. 2014. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Herman D.Z. 2006. *Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dari Pengolahan Bijih Logam*. Jurnal Geologi Indonesia 1: 31-36.
- Hidayat B. 2015. *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar*. Jurnal Pertanian Tropik 2:31-41.
- Hylander, L.D., Plath, D., Miranda, C.R., Lucke, S., Ohlander, J. and Rivera, A.T.F. 2007. *Comparison of different gold recovery methods with regard to pollution control and efficiency*. Clean35: 52-61.
- Krisnayanti, B. D., Anderson, C. W., Utomo, W. H., Feng, X., Handayanto, E., & Mudarisna, N. (2012). *Assessment of environmental mercury discharge at a four-year-old artisanal gold mining area on Lombok Island, Indonesia*. Journal of Environmental Monitoring, 2598.
- Lehmann J., Joseph S. 2009. *Biochar for Environmental Management*. Earthscan. London.
- Jorgensen, E.S., and I. Johnsen. 1981. *Principle of Environmental Science and Technology*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Juliawan, N. D, Widiyatna dan J, Jatim. 2005. *Pendataan Penyebaran Unsur Merkuri Pada Wilayah Pertambangan Cibaliung, Kabupaten Padegalan, Provinsi Banten*. Hasil Kegiatan Subdit Konservasi TA.
- McKendry, P. (2002). *Energy Production from Biomass (part2) : Conversioan*. Technologies. Bioresource Technology 83, pp. 47-54.
- Nurida N. L, A. Dariah, S. Sutono. 2015. *Pembenah tanah alternatif untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan kering masam*. Jurnal tanah dan Iklim, 39(2); 99-109.
- Novak, J.M., W.J. Busscher, D.L. Laird, M. Ahmedna, D.W. Watts, and M.A.S. Niandou. 2009a. *Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain*. Soil Science 174:105-111.
- Oldeman, LR. 1994. *An international methodology for an assessment of soil degradation land georeferenced soils and terrain database*. Bangkok, 25-29 October 1994. FAO. Pp 35-68.

- Palar, H., 1994. *Pencemaran & Toksiologi Logam Berat*. Rineka Cipta.
- Patra M., Sharma A. 2000. *Mercury Toxicity in Plants*. Botanic Revision 66: 379-422
- Rahmawati D. 2010. *Identifikasi Kandungan Hg pada Beberapa Muara Sungai di Kecamatan Sekotong Kabupaten Lombok Barat*. [Skripsi S1, published]. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram. Mataram, Indonesia.
- Rondon, M. A., J. Lehmann, J. Ramirez, dan M. Hurtado. 2007. *Biological nitrogen fixation by common beans (Phaseolus vulgaris L.) increases with bio-char additions*. Biol Fertil Soils., 43: 699–708.
- Saeni, M. S. 2002. *Kimia Logam Berat*. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sarief, E. S., (1989). *Fisika-Kimia Tanah Pertanian*. Bandung: Pustaka Buana.
- Setyaningtyas, 2005, *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air*, Majalah Kimia Universitas Jenderal Soedirman., 31(1): 33-41.
- Slamet, Y.S.1996.*Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sudarno, Salimin Z., Amalina Y.N. 2015. *Pengaruh pH dan Waktu Proses dalam Penyisihan Logam Berat Cr, Fe, Zn, Cu, Mn dan Ni dalam Air Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Oksidasi Biokimia*. Jurnal Teknik Lingkungan 4: 1 -9.
- Susilo, Y. Eko Budi, 2003.*Menuju Keselarasan Lingkungan*. Malang: Averroes Press.
- Telmer, K. 2007. *Mercury and Small Scale Gold Mining ±Magnitude and Challenges Worldwide*. GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project.
- Utomo W.H., Muddarisna N., Handayanto E., Krisnayanti B.D. 2012. *Kadar Merkuri pada Limbah Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI) di Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Di dalam: *Seminar dan Expo Nasional Himpunan Ilmu Tanah Indonesia*. Hal. 1-12.
- Wang YJ, Dang F, Zheng XM, Zhong H (2019b). *Biochar amendment to further reduce methylmercury accumulation in rice grown in selenium-amended paddy soil*. J Hazard Mater 365:590–596.
- Wardalia. 2016. *Karakterisasi Pembuatan Adsorben dari Sekam Padi sebagai Pengadsorp Logam Timbal pada Limbah Cair*. Jurnal Integritas Proses 6:83-88.
- Widhiyatna, D. 2005. *Pendataan penyebaran merkuri akibat usaha pertambangan emas di daerah Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat*. SUBDIT KONSERVASI.
- Wijaya H. 2018. *Kajian Dosis Pupuk Abu Sekam Padi terhadap Pertumbuhan dan Serapan Si pada Tanaman Jagung (Zea mays L.)*. [Skripsi S1, unpublished]. Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Mataram, Indonesia.
- Yang Q, Youngjie Wang, Huan Zhong, 2021. *Remediation of mercury contaminated soils and sediments using biochar*. <https://doi.org/10.1007/s42773-021-00087-1>
- Zhang P, Sun H, Yu L, Sun T, 2013. *Adsorption and catalytic hydrolysis of carbaryl and atrazine on pig manure derived biochars: impact of structural properties of biochars*. J Hazard Mater 244– 245:217–224
- Zulfahmi. 1996. *Model Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Pasir dan Batu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Mineral. Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber daya Mineral. Bandung. Hal 19.