



Pemanfaatan Biochar dan Respon Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L) pada Tanah Tercemar Merkuri (Hg)

Utilization of Biochar and Growth Response of Green Mustard Plant (*Brassica juncea* L) on Mercury (Hg) Polluted Soil

Baiq Siti Rohmaniati¹, Sukartono^{2*}, Fahrudin¹, Kusnarta¹, Lolita Endang Susilowati¹

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram

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

*)corresponding author, kartono1962@unram.ac.id

Manuscript received:

Accepted:

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi biochar terhadap mobilitas merkuri (Hg) pada tanah tercemar yang ditanami sawi (*Brassica juncea*) serta respon pertumbuhan sawi (*Brassica juncea*) dalam menyerap merkuri (Hg). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu metode yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar pada berbagai dosis terhadap mobilitas merkuri dengan menggunakan indikator tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L) pada tanah tercemar merkuri (Hg). Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan Juni 2023 di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Pelangan, Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat di beberapa titik dekat unit pengolahan emas. Sampel diambil pada lapisan tanah atas setinggi 30 cm dengan jarak 100 cm dari tempat pengolahan kemudian dikompositkan. Sifat kimia tanah termasuk konsentrasi Hg sebelum dan sesudah percobaan diukur. Variabel agronomi meliputi berat segar dan berat kering akar, berat kering total dan konsentrasi Hg dalam jaringan tanaman juga diukur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan biochar padi menurunkan mobilitas Hg dalam tanah. Konsentrasi Hg yang dapat diekstraksi pada tanah yang diberi perlakuan biochar lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan potensi adsorpsi sejumlah IHg dan MeHg oleh permukaan negatif biochar dan juga terbentuknya asosiasi ikatan Hg dengan gugus fungsi biochar. Namun hal ini perlu konfirmasi lebih lanjut.

Kata kunci : Merkuri (Hg), fitoremediasi, sawi hijau, biochar

ABSTRACT

This study aims to determine the potential of biochar on the mobility of mercury (Hg) in polluted soil planted with mustard greens (*Brassicca juncea*) and to determine the growth response of mustard greens (*Brassicca juncea*) in absorbing mercury (Hg). This study used the experimental method, which is a method that aims to examine the effect of biochar application at various doses on the mobility of mercury using the indicator plant mustard greens (*Brassicca juncea* L) in mercury (Hg) polluted soil. This experiment was carried out from March to June 2023 in the Greenhouse of the Faculty of Agriculture, University of Mataram. Soil samples were collected in Pelangan Village, Sekotong District, West Lombok Regency at several points near the gold processing unit. The samples were taken at top soil of 30 cm with a distance of 100 cm from the processing site then composited. Soilschemical properties including concentration of Hg before and after experiments were measured. Agronomic variables include fresh and dry weight of roots, total dry weight of and concentration of Hg in plant tissue were also measured. The results of the study showed that the application of rice biochar reduced mobility of Hg in soils. The concentration of extractable-Hg in biochar-treated soils were lower compared to control. This is likely related to the potential adsorption of a number of IHg and MeHg by the negative surface of the biochar and also the formation of association of Hg bonds with the functional groups of the biochar. However, this needs further confirmation.

Keywords: *Mercury (Hg), phytoremediation, mustard green, rice husk biochar*

PENDAHULUAN

Salah satu wilayah yang memiliki potensi tambang emas di Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB) adalah Kecamatan Sekotong, yang secara administratif masuk dalam wilayah Kabupaten Lombok Barat. Kegiatan penambangan emas di Kecamatan Sekotong dimulai sejak tahun 2008 sampai sekarang (Iwan, 2018), baik oleh masyarakat Sekotong maupun dari luar Sekotong. Hampir semua kegiatan penambangan yang dilakukan oleh masyarakat bersifat illegal (tanpa izin dari pemda setempat), bahkan aktivitas penambangan tidak menerapkan standar operasional prosedur (SOP) keselamatan dalam kegiatan penambangan. Aktivitas penambangan emas di Kecamatan Sekotong biasa dikenal dengan sebutan "Pertambangan Emas Tanpa Izin (PETI)".

Hampir semua desa di Kecamatan Sekotong terdapat lokasi PETI, tetapi yang paling terkenal kegiatan PETInya ada di 3 lokasi, yaitu Desa Buwun Mas, Desa Kedaro dan Desa Pelangan yang melibatkan \pm 5000 penambang tradisional (Yuyun Ismawati & Jindrich Petrlik., 2013). Keberadaan PETI di Kecamatan Sekotong diakui mampu meningkatkan perekonomian masyarakat di kawasan lingkaran tambang melalui penyerapan tenaga kerja serta dari hasil tambang. Meskipun demikian, kegiatan penambangan telah menimbulkan masalah lingkungan yang serius, salah satunya pencemaran dari limbah tambang yang minim akan pengelolaan.

Pengolahan emas yang dilakukan masyarakat di Sekotong dilakukan menggunakan metode “amalgamasi”, merupakan proses pencampuran batuan dengan logam berat (merkuri, sianida, timbal atau logam berat lainnya) di dalam penghalusan batuan menggunakan alat gelondong sehingga akan membentuk campuran emas dan merkuri (Hg). Logam berat yang banyak digunakan dalam pengolahan emas di Sekotoang adalah merkuri (Hg). Limbah yang dihasilkan dalam proses pengolahan emas ditampung dalam kolam penampung yang dibuat persis dekat gelondong. Hasil proses amalgamasi (lumpur hasil gelondong/puya) tanpa adanya pengolahan lebih lanjut yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran logam berat (Hg). Bahkan limbah hasil dari proses amalgamasi tersebut sudah tersebar di pemukiman, kebun dan sawah warga.

Merkuri (Hg) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan maupun lingkungan. Keberadaan Hg yang sudah mencemari lahan pertanian, akan bersenyawa dengan partikel tanah, kemudian Hg juga dapat tercuci ke lapisan tanah bawah sehingga dapat masuk kedalam ari tanah dalam. Akumulasi Hg dalam tanah yang berasal dari limbah hasil pengolahan emas juga berimplikasi pada penurunan aktivitas mikroba tanah, yang berujung pada penurunan tingkat kualitas tanah dan menurunnya produksi (Kurnia & Sutrisno, 2008).

Mengingat bahaya toksik yang ditimbulkan oleh Hg yang sudah terjeap oleh tanah, maka perlu upaya untuk meremediasi. Salah satu bahan yang digunakan dalam membenah tanah tercemar seperti ”Biochar”. Biochar merupakan bahan padatan yang kaya akan unsur karbon, yang berasal dari biomassa yang dipanaskan dalam kondisi tanpa oksigen (terbatas), dengan suhu relatif <700 °C yang memiliki manfaat untuk memperbaiki kualitas tanah dan menyimpan karbon dalam tanah (Lehmann et al., 2006).

Alternatif lain yang dapat dilakukan untuk meminimalisir Hg pada tanah yaitu dengan menggunakan tanaman yaitu tanaman sawi hijau (*Brassica juncea*). Sawi hijau memiliki potensi sebagai tanaman akumulator logam berat Hg. Sawi mampu hidup pada media pencemar serta mentranslokasikan dan mengakumulasi kadar pencemar logam yang terdapat pada media melalui akarnya (Kasmiyati et al., 2018). Hasil penelitian lain juga menjelaskan bahwa sawi merupakan tanaman hiperakumulator yang mampu menyerap Hg melalui akarnya sebesar 0,178 ppm dan mentranslokasikannya ke tajuk sebesar 0,40 ppm (Junyo et al. 2017).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Percobaan telah dilaksanakan sejak bulan Maret sampai dengan Juni tahun 2023, di Rumah Kaca Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Analisis sifat tanah dan tanaman di laksanakan di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Sedangkan untuk analisis kandungan merkuri (Hg) pada tanah dan jaringan tanaman dilakukan di Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Provinsi NTB.

Alat dan Bahan Penelitian

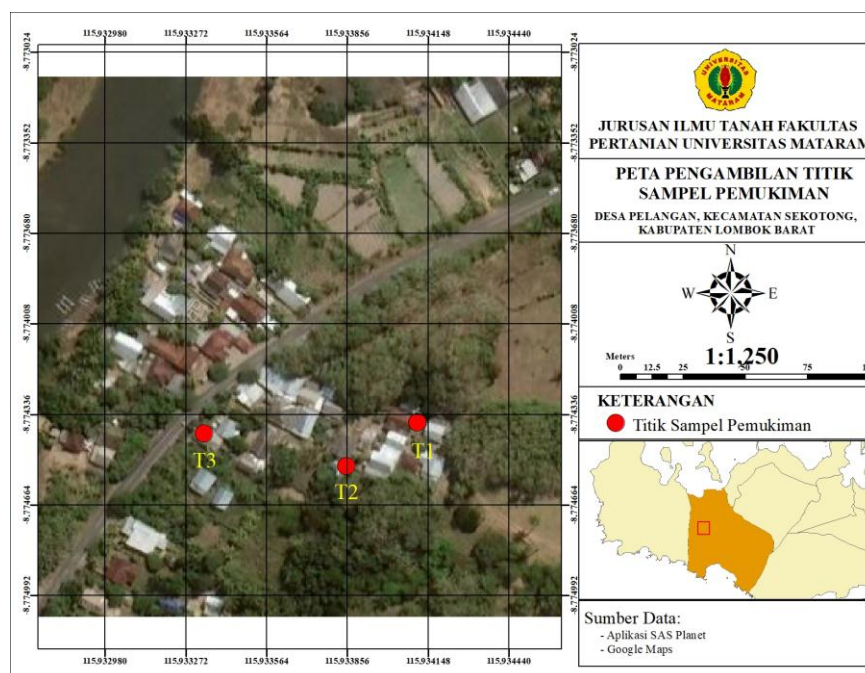
Alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah alat untuk dilapangan berupa ember, polybag, ring sampel, GPS, kertas label, pisau, cangkul, sekop, linggis, ayakan, timbangan, terpal, karung, oven, spidol, penggaris, gunting, bolpoin, buku. Peralatan yang digunakan untuk analisis laboratorium berupa gelas-gelas, dan AAS (*Automatic Absorption Spectrofotometry*) untuk membaca hasil analisi merkuri (Hg). Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah tanah tercemar merkuri (Hg) dengan konsentrasi sebesar 6,21 ppm, air, biochar, dan tanaman sawi hijau (*Basicca juncea* L) dan bahan-bahan kimia untuk analisis laboratorium.

Rancangan Percobaan

Perlakuan yang diuji pada percobaan ini adalah takaran aplikasi biochar yaitu: B1: Biochar 0 ton/ha; B2: Biochar 10 ton/ha setara dengan 41.6 g/5 kg tanah; B3: Biochar 30 ton/ha setara dengan 125 g/5kg tanah. Perlakuan ditata menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga ulangan.

Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah tercemar Hg yang telah diambil dari lokasi pengolahan emas di Desa Pelangan, Kecamatan Sekotong (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil pada kedalaman lapisan 0-30 cm dengan jarak 10-100 m dari tempat pengolahan kemudian di kompositkan. Tanah yang diambil kemudian dikering anginkan selama 4 hari dan diayak dengan ayakan bermata saring 2 mm dan ditimbang sesuai dengan

jumlah yang dibutuhkan, yang ditempatkan pada masing-masing polybag. Tanah yang di butuhkan di masing-masing polybag adalah 5 kg. Sebagian tanah yang diambil dari lapangan digunakan dalam analisis awal untuk mengetahui kadar Hg.

Penyiapan Biochar

Biochar yang digunakan dalam percobaan ini adalah biochar dari bahan baku sekam padi. Pembuatannya dilakukan dengan pemanasan menggunakan metode pirolisis dalam kondisi udara terbatas. Proses pemanasan dilakukan dengan memasukkan bahan bakar ke dalam cerobong berupa kertas maupun arang sebagai sumber panas. Kegiatan pemanasan dilakukan selama 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.

Aplikasi biochar

Biochar sekam padi sesuai perlakuan dicampur merata dengan 5 kg tanah, kemudian dimasukkan ke dalam polybag. Kemudian masing-masing polybag yang berisi tanah ditambahkan air sejumlah 1000 ml untuk memenuhi 70% kandungan air kapasitas lapang. Kemudian media tanah tersebut diinkubasi selama 14 hari.

Penanaman dan pemeliharaan tanaman

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman sawi hijau yang telah disemai terlebih dahulu selama 2 minggu. Tiga bibit sawi ditanam pada masing-masing polybag pada kedalaman 4 cm. Penyiraman, dilakukan satu kali sehari dengan penambahan air unyuk memenuhi kelembaban tanah pada kondisi kapasitas lapang. Jika tanahnya masih dalam kondisi lembab tidak perlu ditambahkan air kedalam masing-masing polybag.

Pengukuran Variabel

Variabel tanah yang diamati meliputi: Konsentrasi merkuri (Hg) sebelum dilakukan percobaan dan konsentrasi merkuri (Hg) setelah dilakukan percobaan. Analisis merkuri akan dilakukan dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS).

Variabel agronomi yang diamati meliputi berat berangkasan basah dan kering tanaman. Berat berangkasan basah diukur setelah panen, dengan cara menimbang tajuk dan akar tanaman secara terpisah menggunakan timbangan analitik. Khusus untuk akar tanaman, dilakukan pembersihan tanah yang masih menempel sebelum dilakukan penimbangan. Penetapan berangkasan kering dilakukan setelah panen dengan metode pengovenan pada suhu 60°C hingga mencapai berat konstan. Berat berangkasan kering tajuk kemudian digunakan untuk perhitungan serapan merkuri (Hg) pada tajuk. Kadar merkuri (Hg) pada Akar dan Tajuk (ppm) juga diukur.

Analisis Data

Data hasil pengukuran dianalisis dengan analisis sidik ragam (*Analysis of Varince*) pada taraf nyata 5% menggunakan perangkat aplikasi Minitab for Windows versi 19.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah Percobaan

Karakteristik tanah yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 4. 1 Karakteristik Tanah Tercemar

Sifat Tanah	Nilai	Kriteria*
Hg total (ppm)	6,21	Tercemar
pH H ₂ O	6,7	Netral
C-organik (%)	1,74	Rendah
KTK (cmol/kg)	15,23	Rendah
Permeabilitas (cm/jam)	2,71	Lambat
Porositas(%)	49,87	Sedang
Berat Volume (g/cm ³)	1,28	Tinggi
Berat jenis (g/cm ³)	2,57	Tinggi
Tekstur tanah (pasir, debu, liat) (%)	(53), (34), (13)	Lempung berpasir

Keterangan : Pengharkatan menurut Balittanah (2009).

Sumber : Data Primer Diolah

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kondisi tanah awal yang digunakan dalam percobaan ini dalam kondisi tercemar Hg, Indikasi ini ditunjukkan total kandungan Hg pada tanah awal sebesar 6,21 ppm yang sudah melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan PP No. 101 Tahun 2014 batas normal Hg pada tanah adalah 0,3 ppm. Tingginya kandungan Hg pada tanah tersebut disebabkan karena lokasi pengambilan sampel tanah berada didekat kolam hasil dari proses amalgamasi (penggelondongan batuan) “puya” yang mengandung Hg.

Selain kandungan Hg pada tanah, Tabel 1 juga menyajikan beberapa parameter sifat fisik dan kimia tanah yang cukup bervariasi. Permeabilitas tanah yang memiliki nilai rata-rata 2,71 cm/jam yang masuk kriteria lambat. Sedangkan, porositas tanah memiliki nilai sebesar 49,87 % yang masuk kriteria sedang. Menurut Setyowati (2007) Semakin besar ruang pori-pori diantara partikel tanah maka akan semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air, begitupun sebaliknya. Porositas tanah mempengaruhi keberadaan merkuri (Hg) dalam tanah. Artinya semakin rendah porositas tanah mengakibatkan keberadaan merkuri (Hg) pada tanah menjadi stabil (tidak hilang atau tidak mudah terbawa oleh aliran air) (Hapsari *et al.*, 2023).

Kemudian, Berat Volume tanahnya sebesar 1,28 g/cm³ dan Berat Jenis tanah sebesar 2,57 g/cm³ termasuk dalam kriteria tinggi. Menurut Hapsari et al. (2023) semakin tinggi BV tanah maka semakin tinggi nilai bobot isinya, yang artinya semakin sulit tanah dalam meneruskan air, sehingga akan sulit terjadinya mobilitas merkuri di dalam tanah dan mengakibatkan merkuri terperap pada lapisan tanah serta sulit untuk mengalirkannya ke lapisan tanah bawah. Hal ini didukung dengan tingginya kandungan merkuri (Hg) pada tanah awal sebelum dilakukan percobaan (Tabel 1).

Untuk parameter sifat kimianya adalah pH, C-organik dan KTK tanah. Data analisis awal (Tabel 1) menunjukkan pH tanah sebesar 6,7 yang tergolong netral. Kisaran pH tersebut masih tergolong agak masam atau rendah yang dapat menyebabkan tingginya kandungan Hg pada tanah karena diikat kuat pada koloid tanah. pH tanah mencerminkan kelarutan ion hidrogen dalam tanah serta menggambarkan tingkat kemasaman tanah. Semakin rendah pH tanah, maka akan semakin mudah aktivitas penyebaran logam dalam tanah, karena akan lebih mudah terlarut pada tanah yang bersifat asam.

Selanjutnya C-organik dan Kapasitas Tukar Kation (KTK) tanah yang merupakan parameter yang saling mempengaruhi. Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan C-organik tanah sebesar 1,74% tergolong rendah dan KTK tanah sebesar 15,23 cmol/kg tergolong rendah. Data ini menunjukkan bahwa semakin rendah C-organik tanah, maka nilai KTK tanah juga akan semakin rendah. Hal ini didukung dengan pendapat Rahmah *et al.* (2014) bahwa rendahnya kandungan C Organik dalam tanah berdampak pada penurunan KTK yang menjadi salah satu faktor penyebab berkurangnya efisiensi pemupukan, karena unsur hara yang berasal dari pupuk mudah tercuci, fiksasi hara meningkat. Tinggi rendahnya bahan organik (C organik) dalam tanah sangat berpengaruh dalam mengikat logam berat merkuri dalam tanah. Dengan demikian kandungan bahan organik yang rendah mengakibatkan konsentrasi merkuri (Hg) dalam tanah sangat tinggi dikarenakan bahan organik tanah mampu mengikat atau menonaktifkan ketersediaan dan penyebaran merkuri (Hg) dalam tanah (Mirdat *et al.*, 2013).

Berdasarkan data karakteristik tanah awal, baik sifat fisik maupun kimia tanah tentu akan mempengaruhi pertumbuhan dan mobilitas Hg pada tanah tersebut itulah yang menjadi dasar dilakukannya percobaan remediasi tanah dengan menggunakan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea*) dan pembenah tanah (biochar) pada tanah yang sudah tercemar oleh merkuri Hg.

Pengaruh Dosis Biochar Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau Pada Tanah Tercemar Merkuri (Hg)

Tabel. 2 Rerata Panjang Akar (PA)/3 rumpun tanaman, Bobot Basah Akar (BBA)/3 rumpun tanaman, Bobot Kering Akar (BKA)/3 rumpun tanaman, Bobot Basah Tajuk (BBT)/3 rumpun tanaman dan Bobot Kering Tajuk (BKT)/3 rumpun tanaman

Perlakuan	Parameter Pengukuran				
	PA (cm)	BBA (g)	BKA (g)	BBT (g)	BKT (g)
B1	9	0,74	0,09	20,71	1,55
B2	10	1,01	0,13	26,21	2,03
B3	11	1,00	0,13	25,39	2,00
	NS	NS	NS	NS	NS

Berdasarkan Tabel 2, ditunjukkan bahwa pemberian biochar sekam padi pada berbagai dosis tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau yang ditanam pada tanah tercemar Hg. Hal ini diduga karena ketersediaan hara yang tidak cukup pada media tanam yang dibuktikan dengan kandungan C-organik dan KTK pada tanah yang rendah (Tabel 1). Kemungkinan juga dapat disebabkan masa panen sawi yang cepat, sehingga pemberian biochar belum memberikan pengaruh yang signifikan untuk pertumbuhan sawi, mungkin akan tersedia untuk tanaman berikutnya. Hal ini juga didukung oleh pernyataan Hamzah et al. (2012a) dalam hasil penelitiannya bahwa penambahan biochar pada tanah tercemar (Hg dan Pb) hanya menjadi sumber asam organik tanah dan mengikat unsur beracun sehingga menjadi tidak berbahaya bagi tanaman, dan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

Jika dilihat pada Tabel 2 di atas, ada kecenderungan peningkatan dosis biochar, meningkatkan panjang akar tanaman sawi hijau. Pada dosis biochar B3 (30 ton/ha setara dengan 125 g/5 kg tanah) menghasilkan panjang akar terpanjang yaitu sebesar 11 cm.

Kandungan Merkuri (Hg) pada Tanah Akhir Percobaan, Akar, dan Serapannya oleh Tanaman Sawi Hijau

Menurut Chan et al. (2007) bahwa penggunaan biochar pada tanah tercemar logam berat dapat berperan sebagai bahan pembenah tanah baik sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Biochar juga mampu berperan sebagai adsorben polutan logam berat dalam tanah, sehingga dapat menurunkan serapannya oleh tanaman.

Tabel. 3 Kandungan merkuri (Hg) pada tanah setelah percobaan dan serapannya

Perlakuan	Tanah Akhir (ppm)	Akar (ppm)	Serapan Hg (mg/3 rumpun tanaman)
B1	3,02 a	2,71 a	0,42 a
B2	1,64 b	2,30 a	0,47 a
B3	0,55 c	2,35 a	0,47 a
BNJ 5 %	0,85	1,07	0,29

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil penelitian pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa adanya penurunan konsentrasi Hg pada media tanam seiring dengan meningkatnya dosis biochar sekam padi. Kandungan Hg pada media tanam yang terendah diperoleh pada dosis perlakuan B3 (30 ton/ha setara dengan 125g/5 kg tanah). Kemudian diikuti oleh perlakuan B2 (10 ton/ha setara dengan 41.6 g/5kg tanah) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan B1 (0 ton/ha atau kontrol).

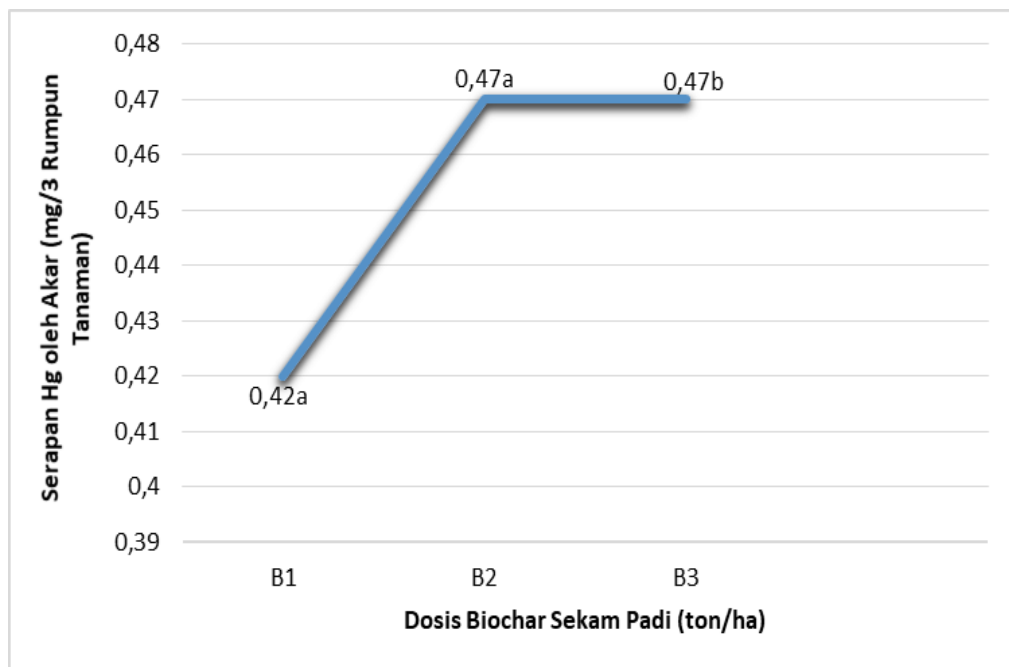
Penurunan kandungan Hg pada tanah akhir tersebut mengindikasikan bahwa aplikasi biochar mampu mempengaruhi mobilitas Hg pada tanah, dan adanya serapan Hg oleh akar tanaman sawi hijau yang didukung oleh data pada Tabel 3. Menurut Tropik (2015) biochar mempunyai kemampuan secara fisik dan kimia untuk menghilangkan keaktifan logam berat, karena mampu meningkatkan pH tanah dan kapasitas adsorpsi. Lanjut Alaboudi *et al.* (2019) menyatakan bahwa semakin banyak dosis biochar yang digunakan pada tanah tercemar logam berat, maka efisiensi penyisihan logam berat semakin tinggi.

Penurunan kandungan Hg pada tanah akhir setelah dilakukan percobaan tersebut dengan semakin tinggi dosis biochar yang digunakan juga dapat disebabkan karena biochar mampu mengurangi konsentrasi atau kadar Hg pada larutan tanah karena kemampuan biochar yang mampu menurunkan ketersediaan dan kemampuan Hg untuk dapat diserap oleh tanaman (*bioavailibilitas*). Hal ini juga didukung oleh pedapat Cao *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa komponen mineral seperti fosfat dan karbonat dalam biochar berperan penting dalam stabilitas logam berat dalam tanah dan mengurangi bioavailibilitasnya, karena biochar memiliki afinitas yang tinggi dalam menjerap (adsorpsi) Hg dan MeHg, sehingga menurunkan akumulasi Hg dan toksisitas terhadap tumbuhan dan hewan (Yang *et al.*, 2021). Sayangnya penelitian ini tidak menggunakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar biochar dalam menyerap Hg seperti alat pelacak isotop.

Menurut Pivetz (2001) adanya penurunan kandungan Hg dalam tanah, dapat disebabkan karena kemampuan Hg sebagai logam berat yang mampu menguap ke atmosfer, yang dimana polutan Hg dari dalam tanah yang diserap oleh tanaman ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer dan kemudian diserap oleh daun. Proses ini yang kemudian disebut fitovolatilisasi (*Follage Filtration*). Fitovolatilisasi merupakan mekanisme yang melibatkan penggunaan tanaman untuk mengambil kontaminan dari tanah dan mengubahnya menjadi bentuk yang mudah menguap dan memindahkannya ke atmosfer (Saier & Trevors, 2010).

Selanjutnya Konsentrasi Hg pada akar tanaman tanaman sawi (Tabel 3). Konsentrasi tertinggi pada akar diperoleh pada dosis perlakuan B1 (tanpa biochar) dengan total kandungan 2,71 ppm, sedangkan nilai terendah diperoleh pada dosis perlakuan B2 (10 ton/ha setara dengan 41.6 g/5 kg tanah) dengan kandungan total 2,30 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penurunan konsentrasi Hg pada jaringan akar tanaman sawi tersebut disebabkan karena bahan organik berupa biochar mampu mengikat atau menonaktifkan penyebaran Hg dalam tanah. Sehingga semakin tinggi pemberian dosis biochar maka konsentrasi Hg pada akar tanaman akan semakin rendah dan sebaliknya, semakin rendah pemberian dosis biochar maka konsentrasi Hg pada jaringan tanaman akan semakin tinggi. Hal ini didukung oleh pendapat (Gupta *et al.*, 2013) Aplikasi biochar dapat mengurangi mobilitas Hg di tanah sehingga mengurangi resiko diserap oleh tanaman, karena tanaman menyerap logam berat dalam bentuk radikal bebas yang mempunyai mobilitas tinggi.

AA Puga dkk. (2015) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa terjadinya penurunan kandungan logam berat (Cd, Zn, dan Pb) pada tanaman, akibat dari pemberian aplikasi biochar yang menunjukkan bahwa terjadinya penurunan ketersediaan logam berat dalam tanah dengan meningkatnya dosis biochar, dan mengurangi serapan oleh dua tanaman (Kacang koro dan *Mucuna atterrina*). Ippolito *et al.* (2012) menyatakan bahwa biochar dapat menstabilkan logam berat dalam tanah, meningkatkan kualitas tanah dan secara signifikan mengurangi serapan oleh tanaman.



Gambar 2. Serapan Merkuri (Hg) oleh Akar Tanaman Tanaman Sawi pada Berbagai Dosis Biochar

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap setiap garis menunjukkan tidak beda nyata

Parameter lainnya adalah serapan Hg oleh akar tanaman (Gambar 2). Serapan Hg pada akar tanaman tertinggi diperoleh pada dosis perlakuan B2 (10 ton/ha setara dengan 41.6 g/5 kg tanah) dan B2 (30 ton/ha setara dengan 125 g/5 kg tanah) dengan serapan sebesar 0,47 mg/pot.

Gambar 2 tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis biochar yang digunakan, serapan Hg oleh akar tanaman semakin tinggi, sehingga membuktikan bahwa hasil yang diperoleh menunjukkan data yang bervariasi. Hal ini didukung oleh pendapat Knox *et al.* (2000) bahwa semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi yang dapat ditentukan oleh jenis tumbuhan dan perlakuan yang diberikan. Lanjut Kasmiyati *et al.* (2018) menyatakan bahwa waktu kontak antara logam dengan adsorben sangat mempengaruhi daya serapnya terhadap logam berat. Artinya semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat.

Tingginya kandungan Hg pada akar tanaman sawi hijau (Tabel 3) didukung oleh pendapat Junyo *et al.* (2017) bahwa tanaman marga Brassica, seperti sawi hijau, pakcoy, dan kubis memiliki potensi sebagai tanaman akumulator logam berat Hg yang dalam mekanisme adsorpsinya tergolong sebagai *fitostabilisator* atau menyerap logam Hg dalam jumlah yang lebih banyak dan mentranslokasikannya ke jaringan akar dibandingkan pada jaringan tajuk.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat diasumsikan bahwa tanaman sawi hijau dalam penelitian ini berperan sebagai *fitostabilisator* Hg.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Aplikasi biochar sekam padi mempengaruhi mobilitas merkuri (Hg) seiring peningkatan dosis pada tanah yang ditanami sawi hijau.
2. Tanaman sawi hijau mampu tumbuh pada tanah tercemar dan dapat menyerap Hg terutama pada bagian akar, serta mampu berperan sebagai akumulator logam berat seperti (Hg).

Ucapan terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada kepada Dr. Ir. Sukartono, M.Agr. dan bapak Fahrudin, SP., MSi selaku dosen pembimbing dan Nexus selaku mitra dalam pengambilan sampel tanah di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Alaboudi, Khalid A., Berhan Ahmed, and Graham Brodie. 2019. "Effect of Biochar on Pb, Cd and Cr Availability and Maize Growth in Artificial Contaminated Soil." *Annals of Agricultural Sciences* 64(1): 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.aoad.2019.04.002>.

- Cao, Xinde, Lena Ma, Bin Gao, and Willie Harris. 2009. "Dairy-Manure Derived Biochar Effectively Sorbs Lead and Atrazine." *Environmental Science and Technology* 43(9): 3285–91.
- Chan, K. Y. et al. 2007. "Agronomic Values of Greenwaste Biochar as a Soil Amendment." *Australian Journal of Soil Research* 45(8): 629–34.
- Gupta, D. K., H. G. Huang, and F. J. Corpas. 2013. "Lead Tolerance in Plants: Strategies for Phytoremediation." *Environmental Science and Pollution Research* 20(4): 2150–61.
- Hamzah, A., Z. Kusuma, W.H. Utomo, and B. Guritno. 2012. "Penggunaan Tanaman *Vetiveria Zizanoides* L. Dan Biochar Untuk Remediasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Tambang Emas." *Buana Sains* 12(1): 53–60.
- Hapsari, Puji, and Zaenal Arifin. "Kajian Sifat Fisik Tanah Ustifluvents Sekotong Terkait Kandungan Merkuri (Hg) Dalam Tanah Assesment of Physical Properties of Ustifluvents Sekotong Releted to Mercury (Hg) Content in Soil." x(2).
- Ippolito, James A., David A. Laird, and Warren J. Busscher. 2012. "Environmental Benefits of Biochar." *Journal of Environmental Quality* 41(4): 967–72.
- Iwan. 2018. "Hubungan Pertambangan Emas Dengan Kadarmerkuri Dalam Rambut Penambang Di Desa Kedaro Sekotong Lombok Barat." *Jurnal Sangkareang Mataram* 4(1): 56–59.
- Junyo, Gema et al. 2017. "Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi Sebagai Akumulator Merkuri Pada Tanah." *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 4(1): 421–29. <http://jtsl.ub.ac.id>.
- Kasmiyati, Sri, Elizabeth Betty Elok Kristiani, and Maria Marina Herawati. 2018. "Pertumbuhan Dan Akumulasi Logam Krom Pada Anggota Brassicaceae Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Sluge Tekstil." In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, , 491–99.
- Kurnia, Undang, and dan N. Sutrisno. 2008. "Strategi Pengelolaan Lingkungan Pertanian." *Jurnal Sumberdaya Lahan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor* 2(1): 61. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jsl/article/view/200/100>.
- Lehmann, Johannes, John Gaunt, and Marco Rondon. 2006. "Bio-Char Sequestration in Terrestrial Ecosystems - A Review." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11(2): 403–27.
- Mirdat, Y. S., Patadungan, and Isrun. 2013. "Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Kawasan Pengelolaan Tambnag Emas Di Kelurahan Poboya, Kota Palu." *E-journal Agrotekbis* 1(2): 127–34.
- Alaboudi, Khalid A., Berhan Ahmed, and Graham Brodie. 2019. "Effect of Biochar on Pb, Cd and Cr Availability and Maize Growth in Artificial Contaminated Soil." *Annals of Agricultural Sciences* 64(1): 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2019.04.002>.

-
- Cao, Xinde, Lena Ma, Bin Gao, and Willie Harris. 2009. "Dairy-Manure Derived Biochar Effectively Sorbs Lead and Atrazine." *Environmental Science and Technology* 43(9): 3285–91.
- Chan, K. Y. et al. 2007. "Agronomic Values of Greenwaste Biochar as a Soil Amendment." *Australian Journal of Soil Research* 45(8): 629–34.
- Gupta, D. K., H. G. Huang, and F. J. Corpas. 2013. "Lead Tolerance in Plants: Strategies for Phytoremediation." *Environmental Science and Pollution Research* 20(4): 2150–61.
- Hamzah, A., Z. Kusuma, W.H. Utomo, and B. Guritno. 2012. "Penggunaan Tanaman *Vetiveria Zizanoides* L. Dan Biochar Untuk Remediasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Tambang Emas." *Buana Sains* 12(1): 53–60.
- Hapsari, Puji, and Zaenal Arifin. "Kajian Sifat Fisik Tanah Ustifluvents Sekotong Terkait Kandungan Merkuri (Hg) Dalam Tanah Assesment of Physical Properties of Ustifluvents Sekotong Releted to Mercury (Hg) Content in Soil." x(2).
- Ippolito, James A., David A. Laird, and Warren J. Busscher. 2012. "Environmental Benefits of Biochar." *Journal of Environmental Quality* 41(4): 967–72.
- Iwan. 2018. "Hubungan Pertambangan Emas Dengan Kadarmerkuri Dalam Rambut Penambang Di Desa Kedaro Sekotong Lombok Barat." *Jurnal Sangkareang Mataram* 4(1): 56–59.
- Junyo, Gema et al. 2017. "Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi Sebagai Akumulator Merkuri Pada Tanah." *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 4(1): 421–29. <http://jtsl.ub.ac.id>.
- Kasmiyati, Sri, Elizabeth Betty Elok Kristiani, and Maria Marina Herawati. 2018. "Pertumbuhan Dan Akumulasi Logam Krom Pada Anggota Brassicaceae Yang Ditumbuhkan Pada Media Limbah Sluge Tekstil." In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*, , 491–99.
- Kurnia, Undang, and dan N. Sutrisno. 2008. "Strategi Pengelolaan Lingkungan Pertanian." *Jurnal Sumberdaya Lahan Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor* 2(1): 61. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jsl/article/view/200/100>.
- Lehmann, Johannes, John Gaunt, and Marco Rondon. 2006. "Bio-Char Sequestration in Terrestrial Ecosystems - A Review." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11(2): 403–27.
- Mirdat, Y. S., Patadungan, and Isrun. 2013. "Status Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Tanah Pada Kawasan Pengelolaan Tambnag Emas Di Kelurahan Poboya, Kota Palu." *E-journal Agrotekbis* 1(2): 127–34.
- Patra, Manomita, Niladri Bhowmik, Bulbul Bandopadhyay, and Archana Sharma. 2004. "Comparison of Mercury, Lead and Arsenic with Respect to Genotoxic Effects on Plant Systems and the Development of Genetic Tolerance." *Environmental and Experimental*

Botany 52(3): 199–223.

Pivetz, Be. 2001. “Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites.” *EPA Ground Water Issue*: 1–36.
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Phytoremediation+of+Contaminated+Soil+and+Ground+Water+at+Hazardous+Waste+Sites#1>.

Saier, M. H., and J. T. Trevors. 2010. “Phytoremediation.” *Water, Air, and Soil Pollution* 205(SUPPL.1): 2008–10.

Tropik, Jurnal Pertanian. 2015. “31- 41.” 2(1): 31–41.

Yang, Qian, Yongjie Wang, and Huan Zhong. 2021. “Remediasi Tanah Dan Sedimen Yang Terkontaminasi Merkuri Menggunakan Biochar : Tinjauan Kritis.” : 23–35.

Yuyun Ismawati, Jindrich Petrlik, Joe DiGangi. 2013. “Titik Rawan Merkuri Di Indonesia, Situs PESK: Poboya Dan Sekotong Di Indonesia, Laporan Kampanye Bebas Merkuri IPEN.” : 1–18.