

Karakterisasi Biochar Terlapis Chitosan (*Biosan*) Sebagai Pembenhah Tanah Tercemar Logam Berat

Characterization of Chitosan-Coated Biochar (Biosan) as Soil Amendment Polluted with Heavy Metals

Amir Hamzah^{1*)}, Rossyda Priyadarshini²

¹Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang 65144, Jawa Timur, Indonesia

²Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya 60294, Jawa Timur, Indonesia

*)Penulis koresponden: ahz.tabalema@gmail.com

Sitasi: Hamzah, A., & Priyadarshini, R. (2023). Characterization of chitosan-coated biochar (*Biosan*) as soil amendment polluted with heavy metals. In: *Herlinda S et al. (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-11 Tahun 2023, Palembang 21 Oktober 2023.* (pp. 118–128). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Presently, the global concern for soil health stems from its direct impact on food safety. The extensive application of agrochemicals contributes significantly to the issue of soil pollution. Commonly identified pollutants in agricultural areas encompass heavy metals such as Pb, Cd, Cu, Zn, and various others. These toxic metals become entrenched in contaminated land and subsequently infiltrate plants, eventually accumulating in different plant tissues. This progression leads to the production of food that lacks the essential qualities for consumption. While soil enhancement agents like biochar and Chitosan are widely acknowledged for their potential in bolstering soil health, their usage remains limited and often isolated. Granule coating technology offers a viable solution to address soil-related predicaments. The amalgamation of biochar and Chitosan into granular structures, termed Chitosan-coated biochar technology, represents an innovative approach to soil amendment, operating in a multifaceted manner. This research was formulated sustainable soil amendment materials using the fabrication of biosan using granulation technology, followed by an extensive assessment of soil attributes and subsequent analyses. The amassed data were subjected to Anova at significance levels of 5% and 1%, followed by the BNT test in cases of significant variation. Specific parameters underwent descriptive analysis, which, which results showed that 100-mesh biochar, coated with a 20 grams/liter dose of chitosan, yielded a notably robust durability value of 81.83%. These results were not significantly differ from the utilization of 60-mesh biochar alongside a chitosan dosage of 15 grams/liter. The 100-mesh biochar treatment exhibited the longest dispersion time at 182.50 minutes, while chitosan treatment records a dispersion time of 104.15 minutes. This formulation demonstrated efficacy in diminishing the concentrations of heavy metals, specifically Cu by 37.78% and Pb by 39.65%.

Keywords: biochar, chitosan, amendment, soil

ABSTRAK

Saat ini kesehatan tanah menjadi perhatian global karena berkaitan dengan isu kesehatan pangan. Intensitas penggunaan bahan agrokimia yang tinggi berkontribusi besar terhadap pencemaran tanah. Pencemaran yang banyak terdeteksi di lahan pertanian diantaranya Pb, Cd, Cu, Zn dan logam berat lain. Lahan yang terkontaminasi logam berat selanjutnya

diserap oleh tanaman dan ditransfer ke berbagai jaringan tanaman. Keadaannya inilah yang mengakibatkan pangan kita menjadi tidak sehat untuk dikonsumsi. Bahan pembenah tanah seperti biochar dan Chitosan sebenarnya sudah banyak yang digunakan untuk perbaikan tanah, tetapi penggunaannya masih bersifat parsial dan cenderung sendiri-sendiri. Teknologi pelapis berbentuk granul merupakan pilihan yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tanah. Teknologi biochar terlapis Chitosan merupakan upaya penggabungan biochar dan Chitosan yang dibuat berbentuk granul sebagai alternatif pembenah tanah yang berfungsi secara kompleks. Penelitian ini bertujuan mendapatkan bahan pembenah tanah yang efektif sepanjang waktu. Penelitian ini diawali dengan pembuatan biosol dengan teknologi granulasi selanjutnya dilakukan karakterisasi dan analisis tanah. Data hasil pengamatan, dianalisis Anova pada taraf 5% dan 1%. Jika berbeda nyata, dilanjutkan dengan uji BNT. Parameter tertentu akan dianalisis secara diskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biochar ukuran 100 mesh dan dilapis chitosan dosis 20 gram/liter memiliki nilai durabilitas yang tinggi yaitu sebesar 81,83 %, tetapi tidak berbeda nyata dengan dosis biochar ukuran 60 mesh dan dosis chitosan 15 gram/liter air. Waktu dispersi tertinggi terdapat pada perlakuan biochar 100 mesh sebesar 182,50 menit, sedangkan perlakuan chitosan waktu dispersinya sebesar 104,15 menit. Formula ini juga mampu mereduksi logam berat Cu dan Pb masing-masing sebesar 37,78 % dan 39,65 %.

Kata kunci: biochar, chitosan, pembenah, tanah

PENDAHULUAN

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 McDonal (2014). Logam berat di dalam tanah tidak dapat mengalami biodegradasi sehingga pembersihan kontaminan menjadi pekerjaan yang berat dan mahal. Pembersihan polutan dengan cara konvensional (removal) memerlukan biaya yang mahal, sehingga perlu dikembangkan teknologi alternatif yang biayanya murah. Pada kasus lain, sebagian besar tanah yang tercemar logam berat kesuburannya sangat rendah.

Mengatasi kedua hal tersebut perlu dikembangkan teknologi remediasi dengan intervensi bahan pembenah tanah yang efektif dalam menyerap logam berat dan memperbaiki kesuburan tanah. Biochar dan chitosan merupakan bahan yang memiliki kemampuan untuk meremediasi logam berat. Selama ini penggunaan keduanya dilakukan secara terpisah sehingga tidak terlalu efektif. Dengan demikian kedua bahan tersebut digabungkan dengan teknik pelapisan biochar dengan chitosan berbentuk granul akan lebih efektif dalam perbaikan tanah. Pilihan berbentuk granul dengan alasan lebih efektif jika diangkut dan praktis dalam penggunaan. Biochar terlapis chitosan berbentuk granul akan menyerupai pupuk granul yang selama ini beredar. Teknik pembuatannya dengan teknologi nano dengan berbagai ukuran untuk melihat efektifitas granulasi dan manfaatnya untuk tanah dan tanaman.

Alasan lain adalah penggunaan biochar dan chitosan dilakukan secara sebar dan terpisah-pisah potensi kehilangannya akan semakin besar, tetapi jika dibuat dalam bentuk granul akan lebih efisien. Namun perlu diteliti lebih jauh mengenai formulasi pelapisan yang menggabungkan biochar dan chitosan. Formulasi ini diharapkan menjadi salah satu langkah maju untuk membantu menyelesaikan pencemaran logam berat pada tanah sekaligus meningkatkan produktivitas tanah. Hasil yang diharapkan adalah produk meningkatkan dan aman untuk dikonsumsi, serta memiliki daya saing.

Biochar merupakan produk yang dihasilkan dari limbah pertanian yang diproses secara pirolisis. Biochar kaya akan karbon, berpori, kaya gugus fungsional, serta kapasitas adsorpsi fisikokimia yang baik. Beberapa tahun terakhir, biochar telah menarik perhatian banyak peneliti untuk memformulasikan biochar dengan bahan lain untuk percepatan perbaikan tanah. Salah satu teknologi memformulasikan antara biochar dan asam humat telah dilakukan Hamzah *et al.* (2022). Berdasarkan pengalaman ini maka tim peneliti mengajukan untuk memformulasikan antara biochar dan Chitosan sebagai sebagai pembenah tanah berbentuk granul. Piliham formula ini karena biochar terbukti sangat efektif dalam meningkatkan sifat tanah dan hasil panen. Biochar juga memiliki kapasitas adsorpsi yang baik dan berpotensi sebagai pembawa pupuk slow release (Qin *et al.*, 2016 ; Leng *et al.* (2020). Sedangkan Chitosan adalah polimer polikationik alami yang tidak beracun. Sifat polikationik chitosan dan turunannya mempunyai prospek besar sebagai adsorben karena sifat biokompatibilitasnya, biodegradabilitas, tidak berbahaya dan fleksibilitas kimia. Hal ini sangat berguna dalam perbaikan lingkungan, termasuk mendegradasi logam-logam berat (Issahaku *et al.*, 2023 ; Xi *et al.*, 2020).

Biochar dapat mempengaruhi siklus hara dalam tanah melalui retensi dan penyerapan hara serta meningkat bioavailabilitas sekaligus mengurangi pencucian (Schmidt *et al.*, 2021). Aplikasi biochar pada tanah asam dan basa secara signifikan meningkatkan pelepasan K, P, dan Mg dari tanah sekitar 40-50 kali lipat, sedangkan pada tanah alkalin pelepasannya jauh lebih tinggi (Shi *et al.*, 2019). Pada penelitian Xu *et al.*, (2023), menunjukkan bahwa amandemen biochar meningkatkan jumlah total logam berat di dalam tanah, tetapi 43–97% logam berat di tanah yang diperbaiki terkonsentrasi di fraksi sisa bioavailability lebih sedikit. Oleh karena itu penambahan biochar dapat dilakukan secara signifikan mengurangi akumulasi logam berat dalam biomassa sampai 50%. Hal ini menunjukkan biochar merupakan regulator potensial untuk memperbaiki tanah (Gonzaga *et al.*, 2019). Peneliti lain mengungkapkan, untuk membentuk komposit nano biochar adalah cara inovatif untuk mencapai kemanjuran biochar yang lebih besar untuk mengendalikan pencemaran (Taraqqi *et al.*, 2021).

Dalam hal chitosan, ditunjukkan bahwa chitosan merupakan adsorben yang efektif untuk menghilangkan toksisitas Zn pada tanah tercemar (Tripathi *et al.*, 2017) . Penggunaan chitosan dengan mono kalsium fosfat mengurangi bioavailabilitas Zn dan serapan tanaman. Chitosan memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai ekstraksi tanah yang terkontaminasi Pb, As, dan P (Paddila *et al.*, 2016).

Persentase remediasi dari tanah dengan larutan chitosan As, Pb, dan P masing-masing antara 17,00%, 1,80% dan 31,00%. Remediasi tanah oleh chitosan dan turunan chitosan sangat mendukung pemulihan lahan pertanian yang terdegradasi (Arabyarmohammadi *et al.*, 2018). Tujuan penelitian untuk mendapatkan bahan pembenah tanah yang efektif untuk perbaikan tanah dan reduksi logam berat.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Sampel

Biochar yang akan dilapisi chitosan diproses dengan teknologi nano untuk mendapatkan partikel halus dan seragam. Ukuran partikel halus yang diuji sebagai perlakuan adalah (a) 40 mesh, (b) 60 mesh dan (c) 100 mesh masing-masing sebanyak 0,5 kg. Sedangkan Chitosan yang digunakan sebagai pelapis adalah 10g, 15 g dan 20 g/liter air. Bahan chitosan tersebut kemudian masing-masing dilarutkan dengan 1 liter air. Larutan chitosan ini kemudian dicampurkan atau di semprotkan pada biochar yang sudah dihaluskan sesuai perlakuan. Sebagai perekat dicampurkan amilum selanjutnya digranul.

Proses selanjutnya yaitu granulasi yang dilakukan tiga kali ulangan pada setiap perlakuannya. Proses granulasi dilakukan hingga granul terbentuk dengan ukuran rata-rata diameter granul 2-5 mm selama ± 10 menit. Setelah butiran-butiran granul terbentuk lalu butiran granul dikeluarkan dari pan granulator. Melakukan proses granulasi yang sama dengan perlakuan lainnya. Setelah proses granulasi selesai, langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengeringan dengan penjemuran langsung di bawah sinar matahari. Penjemuran terus dilakukan hingga kadar air (water content) bahan (butiran granul) 9%-12%. Proses selanjutnya yaitu pengayakan. Ayakan yang digunakan yaitu ayakan dengan diameter lubang 2 - 5 mm. Butiran-butiran granul diletakkan diayakan dan menggoyangkan perlahan selama 10 menit. Setelah pengayakan selesai, butiran granul dengan diameter lubang 2-5 mm ditimbang. Parameter yang diamati meliputi :

1. Uji Durabilitas

Uji durabilitas digunakan untuk mengetahui kualitas fisik granul secara mekanik. Biochar terlapis chitosan granul sebanyak 500 gram dimasukkan ke shaker dan dinyalakan selama 10 menit. Setelah 10 menit, alat mesin dimatikan dan ditimbang granul yang masih utuh/tidak pecah. Nilai durabilitas dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{ Durabilitas} = \frac{m_o}{m_i} \times 100\%$$

dimana:

m_o = massa granul yang utuh (g)

m_i = massa granul sebelum uji (g)

2. Waktu Dispersi

Waktu dispersi diuji dengan cara memasukkan 5 gram BTC granul ke dalam gelas beker yang berisi 100 ml air. Mendiamkan dan mencatat waktu hancurnya granul, waktu hancur yang lebih lama akan menunjukkan karakteristik fisik granul yang semakin baik (Utari et al., (2015).

3. Inkubasi

Inkubasi dilakukan dengan menggunakan pot ukuran 5 kg. Perlakuan percobaan meliputi 2 faktor. Faktor 1, Ukuran partikel biochar (U), terdiri dari U1 = 40 mesh, U2 = 60 mesh, dan U3 = 100 mesh. Sedangkan factor kedua adalah Dosis Chitosan (K), terdiri dari K1= 10 g⁻¹ liter, dan K2=15 g⁻¹ liter air. K3=20 g⁻¹ liter air, diulang sebanyak 3 kali sehingga total perlaakuan 27 pot percobaan. Tanah yang telah diberi perlakuan selanjutnya disiram sampai kapasitas lapang. Setelah penyiraman, pot ditutup dengan plastik dan direkatkan dengan karet. Sampel tanah kemudian di inkubasi di screen house, Tujuan perlakuan inkubasi adalah agar dapat mengukur kandungan unsur hara yang dilepaskan oleh Biosan secara bertahap. Inkubasi dilakukan selama 1 bulan atau 4 minggu. Sampel tanah diambil selanjutnya dilakukan analisa. Karakteristik Biosan dianalisa dengan *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispesive Spectroscopy* (SEM-DEX). Selain itu juga dianalisa logam berat Cu dan Pb untuk mengetahui persentasi reduksi logam berat.

HASIL

Uji Durabilitas dan Waktu Dispersi

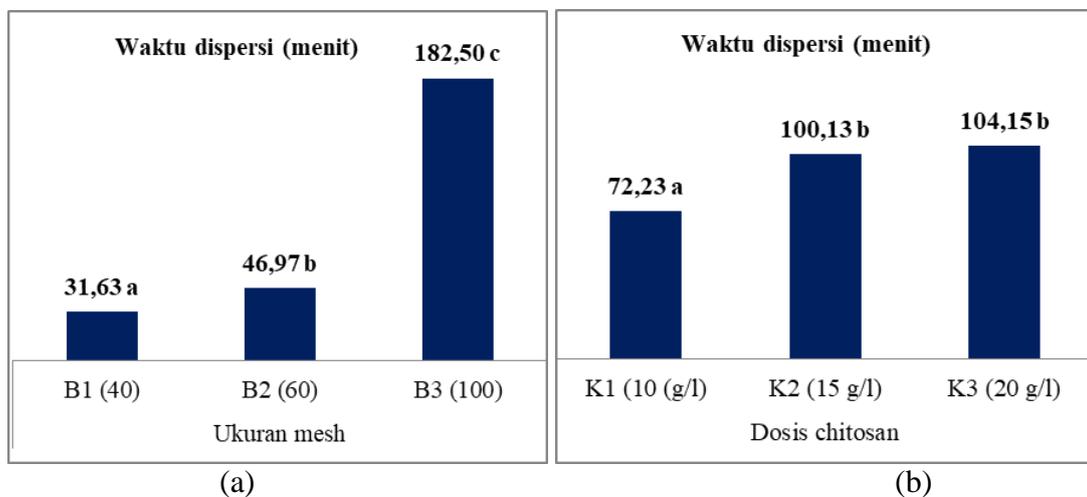
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penggunaan ukuran partikel biochar 40, 60 dan 100 mesh dengan dosis chitosan 10, 15 dan 20 gram/liter air menunjukkan interaksi yang nyata. Hasil analisis ragam ukuran partikel dan dosis kitosan terhadap durabilitas (Tabel 1).

Tabel 1. perlakuan ukuran partikel dan dosis kitosan terhadap durabilitas

Perlakuan	Rata-rata
B1K1	71,66 bcd
B1K2	73,23 cd
B1K3	73,70 d
B2K1	68,62 ab
B2K2	69,79 bc
B2K3	80,37 e
B3K1	65,99 a
B3K2	73,56 cd
B3K3	81,83 e

Keterangan : angka yang diikuti huruf sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata. Ukuran partikel biochar (B), B1=40 mesh, B2=60 mesh, B3=100 mesh. Dosis Chitosan (K), K1=10 g⁻¹ liter air. K2=15 g⁻¹ liter air, K3=20 g⁻¹ liter air air.

Data diatas menunjukkan bahwa penggunaan ukuran partikel biochar 40, 60, dan 100 mesh dengan berbagai dosis chitosan memperlihatkan bahwa penggunaan partikel biochar ukuran 100 mesh dan dosis 20 g⁻¹ liter air (K3B3) menunjukkan nilai durabilitas tertinggi (81,83%). Sedangkan nilai durabilitas terendah terdapat pada perlakuan ukuran biochar 60 mesh dengan dosis chitosan 10 g⁻¹ liter air (B2KK1) yaitu sebesar 68,62%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin halus ukuran partikel biochar 100 mesh yang dilapis chitosan sebesar 20 g⁻¹ liter air mampu membentuk granul yang kokoh. Nilai durabilitas yang tinggi (81,83 %) sangat berkaitan erat dengan waktu dispersi, dimana. Hasil analisis ragam perlakuan ukuran partikel dan dosis chitosan tidak terlihat adanya interaksi, tetapi berbeda nyata antar perlakuan (Gambar 1).



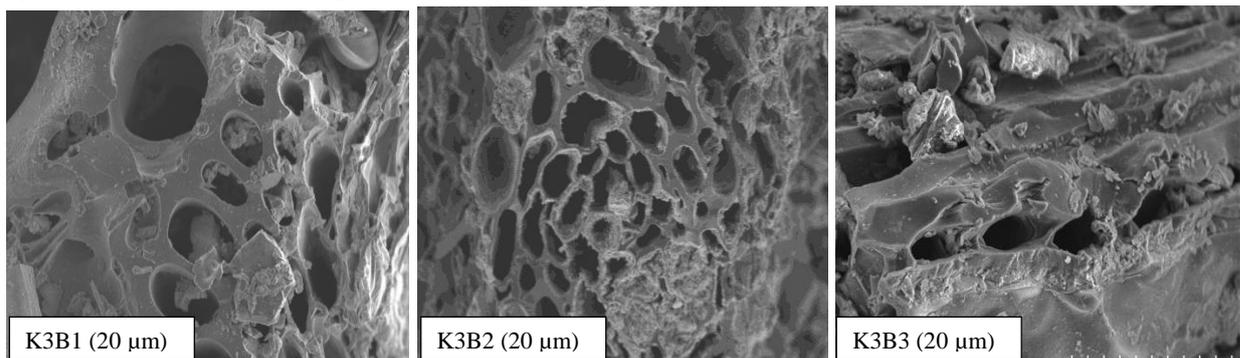
Gambar 1. Waktu disperse masing-masing perlakuan

Pada gambar 1 terlihat bahwa penggunaan ukuran partikel biochar memberikan perbedaan antar perlakuan. Waktu disperse paling lama terdapat pada ukuran partikel yang lebih halus (100 mesh) dengan lamanya waktu 182,50 menit. Sedangkan ukuran 60 dan 40 mesh waktu dispersinya terpaut cukup jauh masing-masing 46,97 dan 31,63 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin halus ukuran partikel tingkat kepadatannya lebih tinggi sehingga ruang pori yang terbentuk semakin kecil. Hal sebaliknya ukuran mesh yang lebih besar akan membentuk ruang pori yang besar sehingga waktu dispersinya lebih cepat.

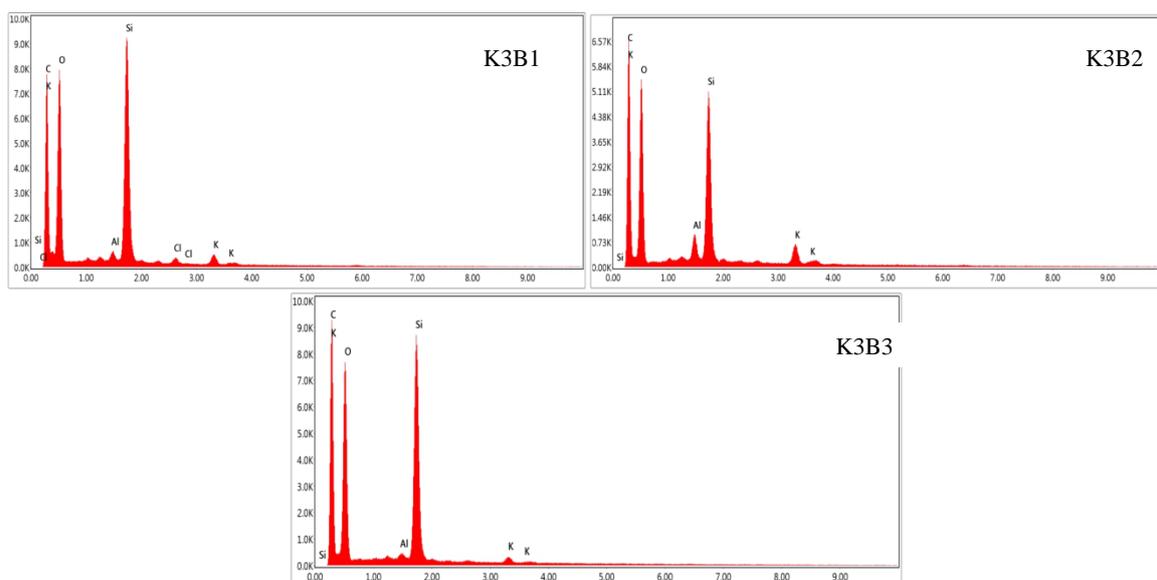
Hal yang sama terlihat pada penggunaan dosis chitosan, semakin tinggi dosis chitosan yang diberikan waktu dispersinya menjadi lebih lama, sebaliknya dosis yang kecil waktu dispersinya menjadi lebih cepat. Dosis chitosan tertinggi terdapat pada perlakuan dosis 20 g⁻¹ liter air dengan waktu disperse selama 104,15 menit, tidak berbeda nyata dengan dosis chitosan 15 g⁻¹ litera air. Hal ini berbeda dengan dosis chitosan 10 g⁻¹ liter air karena yang waktu disperse lebih cepat (72,23 menit). Dengan demikian maka penggunaan ukuran 100 mesh biochar dengan dosis chitosan 15 g⁻¹ liter air merupakan dosis yang ideal.

Karakteristik Biochar Terlapis Chitosan (Biosan)

Karakterisasi biochar terlapis chitosan dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS) untuk mengetahui karakteristik permukaan dan komposisi unsur yang terkandung di dalamnya. Hasil analisa image dan spectrum masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil SEM-EDX biochar terlapis chitosan



Gambar 3. Spektrum EDS biochar terlapis chitosan

Gambar 2 hasil SEM ukuran 20 μm menunjukkan bahwa distribusi ukuran pori terlihat sangat terbuka. Pada penelitian ini terlihat bahwa semakin halus biochar (100 mesh) dengan dosis chitosan 20 g^{-1} lietr air memperlihatkan ukuran porinya semakin sedikit dan kecil-kecil. Disamping itu terdapat beberapa kandungan hara yang terkandung di dalamnya (Gambar 3).

Hasil analisis spectra EDS Gambar 3 menunjukkan puncak unsur C, O, Si sangat dominan. Puncak O tertinggi berturut turut 42,09 – 45,50%, sedangkan O relative sama sekitar 38 %. Hal sebaliknya pada unsur Si puncak tertinggi pada K3B1 (15,89%), K3B2 (12,37%) dan K3B3 (14,71. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin kecil ruang pori karena penggunaan partikel biochar 100 mesh yang ditambahkan dengan chitosan dapat membentuk ruang pori yang lebih kecil karena compaction, sehingga berpengaruh juga terhadap prosentasi Si. Komposisi unsur masing-masing perlakuan (Table 2).

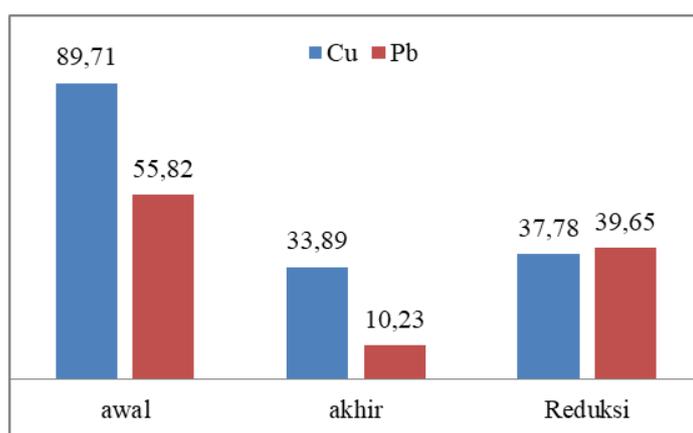
Tabel 2. Komposisi unsur hasil analisis EDS pada biochar terlapis chitosan

Perlakuan	Unsur (%)							
	C	O	Al	Si	K	P	Cl	Mg
K3B1	42,09	38,68	0,94	15,89	1,62	-	0,77	-
K3B2	43,49	38,57	2,39	12,37	3,17	-	-	-
K3B3	45,50	38,19	0,73	14,71	0,88	-	-	-

Hasil analisis pada table di atas diketahui bahwa unsur yang dominan adalah C, O, Al, Si dan K dengan berbagai variasi nilai, sedangkan beberapa unsur seperti P, Cl, Mg sebagian tidak terdetek atau hilang.

Reduksi logam Berat

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa penggunaan biochar dilapisi chitosan mampu mereduksi logam berat Pb dan Cd (gambar 4). Gambar 4 menunjukkan bahwa penggunaan biochar yang dilapisi chitosan cukup efektif dalam mengendalikan logam berat Cu dan Pb. Logam berat merupakan unsur logam yang keberadaannya sangat sulit didegradasi, namun dengan penggunaan biochar yang dilapisi chitosan mampu mereduksi logam berat Cu dan Pb.



Gambar 4. Reduksi logam berat Cu dan Pb

Logam berat Cu dan Pb diawal sebesar 89,71 dan 55,82 mg kg^{-1} , menurun diakhir penelitian yaitu Cu (33,89) dan Pb (10,23) mg kg^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa

penggunaan biochar dilapisis chitosan mampu mereduksi logam berat Cu sebesar 37,78% dan Pb sebesar 39,65%.

PEMBAHASAN

Karakteristik Biosan dan Reduksi Logam Berat

Secara umum karakteristik biosan yang digunakan sebagai pembenah tanah dapat dilihat dari seberapa besar nilai durabilitas dan waktu dispersinya di dalam tanah. Uji durabilitas ditujukan untuk mengukur kualitas fisik granul biosan dengan menghitung persentasi jumlah granul yang masih utuh dengan alat uji fisik berupa shaker. Hasil uji durabilitas menunjukkan kekuatan atau daya tahan suatu bahan untuk mempertahankan keawetan atau tingkat kerusakannya di dalam tanah. Dalam hal penggunaan ukuran partikel biochar dan chitosan yang diberi nama Bichosan sebagai pembenah tanah akan berada dalam tanah sampai pada waktu tertentu. Perlakuan di atas memperlihatkan bahwa semakin kecil ukuran partikel (100 mesh) ditambah dengan semakin besar dosis chitosan menghasilkan durabilitas yang baik. Hasil di atas menunjukkan bahwa penggunaan biochar yang berbentuk partikel dengan ukuran 100 mesh dengan chitosan 20 g⁻¹ liter air menunjukkan nilai durabilitas tertinggi yaitu 81,83%, sedangkan terendah terdapat pada perlakuan partikel ukuran 100 mesh dengan dosis chitosan 10 gram/liter merupakan nilai durabilitas terendah yaitu sebesar 65,99%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin halus partikel biochar dengan dosis chitosan 20 g⁻¹ iter air menunjukkan nilai durabilitas tertinggi karena memiliki daya rekat yang tinggi. Daya rekat yang tinggi berhubungan erat dengan nilai durabilitas yang tinggi.

Tingginya persentasi nilai durabilitas erat kaitannya dengan waktu disperse. Semakin lama waktu dispersi ganul dalam penelitian ini diharapkan keberaannya dalam tanah sebagai pembenah tanah akan semakin baik. Semakin lama pembenah dalam berada di dalam tanah maka pelepasan haran nya akan menjadi lebih lama, sehingga keberlanjutan tanah menjadi sangat baik. Hal ini terjadi karena ruang pori yang terbentuk semakin kecil karena ukuran biochar yang halus serta adanya chitosan, termasuk beberpa unsur lain Fe. Hal ini sejalan dengan penelitian (Damris *et al.*, 2018), yang mengatakan bahwa pada biochar sebelum ditambahkan Fe permukaan masih renggang, namun setelah ditambahkan Fe distribusi ukuran pori menjadi sempit diameter pori-pori menjadi lebih kecil.

Hal ini menunjukkan bahwa biochar yang diberi chitosan dapat diabsorpsi dan untuk mengisi ruang-ruang pori. Biochar jerami yang diberi perlakuan seperti Fe dapat mengabsorpsi 35,43 mg g⁻¹ dibandingkan dengan tanpa diberi perlakuan Fe hanya mampu mengabsorpsi sekitar 15,44 mg g⁻¹ (Zhou *et al.*, 2017).

Ruang-ruang pori pada Gambar 2 hasil analisa SEM-EDX diharapkan menjadi sarang mikroba sehingga membantu proses pelepasan hara. Secara spesifik biochar dapat mempengaruhi siklus hara dalam tanah melalui retensi dan penyerapan hara serta meningkatkan bioavailabilitas sekaligus mengurangi pencucian (Schmidt *et al.*, 2021). Pada tanah asam dan basa secara signifikan meningkatkan pelepasan K, P, dan Mg dari tanah sekitar 40-50 kali lipat, sedangkan pada tanah alkalin pelepasannya jauh lebih tinggi (Shi *et al.*, 2019). Xu *et al.* (2023), menunjukkan bahwa amandemen biochar meningkatkan jumlah total logam berat di dalam tanah, tetapi 43–97% logam berat di tanah yang diperbaiki terkonsentrasi di fraksi sisa bioavailability lebih sedikit. Oleh karena itu penambahan biochar dan chitosan diharapkan juga signifikan dalam mengurangi akumulasi logam berat. Hal ini menunjukkan bahwa biochar yang dilapisis chitosan dapat berfungsi sebagai regulator potensial untuk memperbaiki tanah (Gonzaga *et al.*, 2019).

Dalam penelitian ini juga di duga ada beberapa unsur hilang di saat proses pembakaran

dengan suhu yang tinggi yaitu sekitar 400 °C. Namun beberapa unsur tetap berada dalamnya seperti C. Nilai C tertinggi yang diperoleh sekitar 45,50 %, mendekati nilai C yang diperoleh (Beillouin *et al.*, 2023), yang mendapatkan nilai C rata-rata sebesar 65%. Hal yang berbeda dilakukan peneliti lain yang menganalisa karbon aktif dari bahan baku tempurung kelapa, diperoleh nilai C sebesar 82,92 % (Budi *et al.*, 2012). Perbedaan tersebut karena kedua bahan dasar yang digunakan juga berbeda. Pada penelitian ini bahan dasar penelitian yang dipakai adalah biochar sekam padi yang diproses secara pirolisis. Aplikasi biochar dan amandemen organik lain memiliki efek jangka panjang dan bertahan lebih lama serta meningkatkan kesehatan tanah. Peningkatan kesehatan tanah akan memiliki efek positif terhadap produksi tanaman (Hamzah *et al.*, 2022). Efek positif lain adalah meningkatkan nilai kesehatan tanah karena sebagian besar logam berat di dalam tanah dapat direduksi

Reduksi Logam Berat

Penggunaan biochar yang dilapisi chitosan selain memperbaiki kualitas tanah juga dapat mereduksi logam berat. Reduksi ini diduga biochar yang dilapisi chitosan mampu melepaskan ikatan-ikatan ion yang berasal dari asam-asam organik. Biochar termasuk salah satu bahan amandemen yang potensial sebagai regulator untuk perbaikan tanah (Hamzah *et al.*, 2021). Taraqqi *et al.* (2021), nano biochar yang dibuat dapat mengendalikan pencemaran. Pada penelitian ini juga menggunakan nano biochar dengan berbagai macam ukuran sehingga sejalan dengan penelitian diatas. Selain biochar, chitosan juga dapat meremediasi tanah tercemar. Penggunaan chitosan dengan mono kalsium fosfat yang pernah dilakukan oleh Tripathi *et al.* (2017) mampu mengurangi bioavailabilitas Zn. Selain itu mampu meremediasi tanah yang tercemar As, Pb dan P masing-masing 17,00%, 1,80% dan 31,00%. Angka diatas masih lebih tinggi yang diperoleh dari penelitian ini. Penggunaan biochar sebagai pembenah tanah yang dikombinasi pupuk telah banyak diteliti, selain sebagai penyedia hara juga digunakan untuk meremediasi logam berat (Suete *et al.*, 2017 ; Widowati *et al.*, 2017 ; Hamzah *et al.*, 2023).

Logam berat Pb dan Cu yang direduksi dari penelitian ini masing-masing sebesar 39,65% dan 37,78%. Angka ini dianggap masih rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Hamzah *et al.*, 2023), dimana menggunakan biochar yang dicoated dengan asam humat (bicomat) pada dosis 10 ton/ha dan jarak tanam tanaman padi 20 x 40 cm mampu meningkatkan rata-rata berat gabah kering sebesar 7,93 kg petak⁻¹. Selain itu penggunaan bicomat juga mampu mereduksi Pb antara 26,23 – 58,77% dan Cu antara 56,12 – 89,96%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bicomat selain mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi juga berperan sebagai remediasi logam berat pada tanah tercemar.

Reduksi Pb yang diperoleh pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, tetapi pada logam berat Cu pada penelitian ini masih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya (Hamzah *et al.*, 2023) yang menggunakan bicomat. Perbedaan ini terjadi karena bahan pelapis biocharnya berbeda yaitu asam humat dan chitosan. Perbedaan pelapis yang berbeda ini diduga berbeda pula dalam mereduksi logam berat Cu.

KESIMPULAN

Penggunaan biochar ukuran 100 mesh dan dilapisi chitosan dosis 20 gram/liter memiliki nilai durabilitas yang tinggi (81,83 %), tidak berbeda nyata dengan biochar ukuran 60 mesh dan dosis chitosan 15 gram/liter air (80,37 %), dengan waktu disperse sebesar

182,50 menit dan 104,15 menit. Hasil analisis SEM-DEX menunjukkan penggunaan biochar terlapis chitosan memiliki potensi sebagai sumber karbon dan silika dikarenakan kandungannya antara 45,50 – 53,31% untuk karbon, dan 15 – 22% untuk silika. Penggunaan biochar terlapis chitosan mampu mereduksi logam berat Cu dan Pb masing-masing sebesar 37,78 % dan 39,65 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset Teknologi dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang membiayai penelitian ini, Skim PF, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Arabyarmohammadi H., Ahmad K. D., Mahmoud A., Raymond Y., Bitu A., Abbas Z., Sjoerd E. A.T. M. van der Zee. (2018). Utilization of a Novel Chitosan/Clay/Biochar Nanobiocomposite for Immobilization of Heavy Metals in Acid Soil Environment. *J Polym Environ* (2018) 26:2107–2119. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-1102-6>
- Beillouin D., Corbeels M., Demenois J., Berre D., Boyer A., Fallot A., Feder F., and Cardinael R. (2023). A global meta-analysis of soil organic carbon in the Anthropocene. *Natur Communication*. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39338-z>
- Budi, E., Hadi N., Setia B., Erfan H., Puji S., Ranggi S., Sunaryo. (2012). Kajian pembentukan karbon aktif berbahan arang tempurung kelapa. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2012.
- Damris M, Prabasari IG dan Bakar A. (2018). Effects of biochar amendment on stabilization of dissolved organic carbon in the soil of oil palm plantation. the 2nd Borneo International Conference on Applied Mathematics and Engineering (BICAME). ISBN 978-1-5386-7724-7/18/USB. 249-252.
- Gonzaga M.I.S., da Silva P.S.O., Santos J.C., de Olivera Junior L.F.G. (2019). Biochar increases plant water use efficiency and biomass production while reducing Cu concentration in *Brassica juncea* L. in a Cu-contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 183 (2019): 109557.
- Hamzah, A., Priyadarshini, R. and Astuti. (2022). The potential use of humic acid-coated biochar for reducing Pb and Cu in the soil to improve plant growth. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 10(1), 4001-4009, <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.101.4001>
- Hamzah A., Priyadarshini R., Astuti. (2022). The Use of Humic Acid-Coated Biochar (Bicomat) and Plant Spacing on Paddy Plant Production and the Reduction of Heavy Metal Content. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Agriculture (ICA 2022)*. <https://www.atlantispress.com/proceedings/ica-22/125987258>
- Hamzah A., Priyadarshini R., Astuti. (2021). Penggunaan biochar coated humat (Bicomat) untuk perbaikan tanah tercemar dan pertumbuhan tanaman. In *Proceedings Seminar Nasional Pertanian Berkelanjutan Untuk Mendukung Swasembada Hasil Pertanian*. ISBN: 978-623-352-145-1. <https://www.peragi.org/wp-content/uploads/2021/12/PROSIDING-SEMINAR-NASIONAL-PERAGI-2021.pdf>
- Issahaku I., Isaac K. T., Antonia Y. T. (2023). Chitosan and chitosan derivatives: Recent advancements in production and applications in environmental remediation. *Environmental Advances*, 11, April 2023, 100351. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2023.100351>

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

- Leng L., Xu S., Liu R., Yu T., Zhuo X., Leng S., Xiong Q., Huang H. (2020). Nitrogen containing functional groups of biochar: An overview. *Bioresource Technology* Volume 298, February 2020, 122286. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122286>.
- Padilla-Rodriguez, A., Codling, E.E. (2016). Potential of chitosan (chemically modified chitin) for extraction of lead-arsenate contaminated soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 47, 1650–1663. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1206123>
- Qin, L., Wang, Q., Jiang, E. and Gao, Z. (2016). Study on biochar coated urea fertilizer with lignin adhesive modified by different solvents. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery* 47(5), <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2016.05.023>.
- Roy, M. and McDonald, L. M. (2014). Metal uptake in plants and health risk assessments in metalcontaminated smelter soils, *Land Degrad. Dev.*, <https://doi.org/10.1002/ldr.2237>
- Schmidt H.P., Kammann C., Hagemann N., Leifeld J., Bucheli T.D., Monedero M.A.S., Cayuela M.L. (2021). Biochar in agriculture – A systematic review of 26 global meta-analyses, *RESEARCH REVIEW. GCB Bioenergy*. 2021;13:1708–1730. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12889>
- Shi, R.Y.; Ni, N.; Nkoh, J.N.; Li, J.Y.; Xu, R.K.; Qian, W. (2019). Beneficial dual role of biochars in inhibiting soil acidification resulting from nitrification. *Chemosphere* 2019, 234, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.030>
- Suete F., Sakka S., dan Uswah H., 2017. Respon Pertumbuhan Padi Gogo (*Oryza sativa*) Kultivar Lokal Pada Berbagai Tingkat Kelengasan Tanah. *J. Agrotekbis* 5 (2): 173 - 182. (2017). <http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/121/114>
- Taraqqi-A-Kamal A., Atkinson C.J., Khan A., Zhang K.K., Sun P., Akther S., Zhang Y.R. (2021). Biochar remediation of soil: linking biochar production with function in heavy metal contaminated soils. *Plant Soil Environ.*, 67: 183–201.
- Tripathi N., Choppala G., Singh R.S. (2017). Evaluation of modified chitosan for remediation of zinc contaminated soils, *Journal of Geochemical Exploration* 182 (2017) 180–184. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.08.011>
- Utari N.W.A., Tamrin 2, Sugeng T. (2015). Kajian karakteristik fisik pupuk organik granul Dengan Dua Jenis Bahan Perekat. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(3), 267-274.
- Widowati, Sutoyo, Iskandar, T. and Karamina, H. 2017. Characterisation of biochar combination with organic fertilizer: the effects on physical properties of some soil types. *Bioscience Research* 14(4):955-965. [https://www.isisn.org/BR-14-2017/955-965-14\(4\)2017BR-1544.pdf](https://www.isisn.org/BR-14-2017/955-965-14(4)2017BR-1544.pdf)
- Xi, J., Li, H., Xi, J., Tan, S., Zheng, J., and Tan, Z. (2020). Effect of returning biochar from different pyrolysis temperatures and atmospheres on the growth of leaf-used lettuce. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27, 35802–35813. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09840-8>
- Xu, P.; Gao, Y.; Cui, Z.; Wu, B.; Yan, B.; Wang, Y.; Zaitongguli, K.; Wen, M.; Wang, H.; Jing, N. (2023). Research Progress on Effects of Biochar on Soil Environment and Crop Nutrient Absorption and Utilization. *Sustainability* 2023, 15, 4861. <https://doi.org/10.3390/su1506486>
- Zhou L, Huang Y, Qiu W, Sun Z, Liu Z dan Song Z. (2017). Adsorption properties of nanoMnO₂-biochar composites for copper in aqueous solution. *Molecules*. 22, 173: <https://doi.org/10.3390/molecules22010173>