

Kontaminan Logam Berat (Pb, Cd, Dan Cu) pada Tanah dari Pemupukan Berbasis Jerami Padi

Yulis Hindarwati¹, Tri Retnaningsih Soeprobowati^{2,3}, Munifatul Izzati³, Hadiyanto^{2,4}

¹ Pusat Riset Tanaman Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Cibinong Science Center, Jl. Raya Jakarta-Bogor. Km.46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat-Indonesia 16911.;

e-mail: yulis_hindarwati@yahoo.co.id

² Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro

³ Departemen Biologi, Fakultas Sain dan Matematika. Universitas Diponegoro

⁴ Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

ABSTRAK

Pemupukan organik maupun anorganik diperlukan sebagai suplemen unsur hara dalam memperbaiki kualitas lahan pertanian. Pemanfaatan limbah jerami padi sebagai bahan dasar pupuk masih diperlukan perhatian karena sering mengandung logam berat. Penelitian bertujuan untuk mengkaji kontaminan logam berat Pb²⁺, Cd²⁺, dan Cu²⁺ pada tanah dari berbagai pemupukan yang berbasis jerami. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan terdiri dari: Kontrol (tanpa perlakuan), Jerami segar, Jerami lapuk, Kompos jerami, Pupuk NPK, NPK+jerami segar, NPK+jerami lapuk, NPK+kompos jerami, NPK+Pupuk kandang, Pupuk Kandang (PK). Hasil penelitian menunjukkan terdapat semua peningkatan kandungan logam berat Pb²⁺, Cd²⁺, dan Cu²⁺ pada tanah dari semua pemupukan baik organik maupun anorganik.

Kata kunci: Kontaminan Logam Berat, tanah sawah, pemupukan jerami

ABSTRACT

Fertilization is needed as a nutrient supplement in improving land quality. Utilization of straw waste as a basic material for organic fertilizers containing heavy metals is a contaminant, especially on agricultural land. The aim of the research was to study the heavy metal contaminants Pb²⁺, Cd²⁺, and Cu²⁺ in the soil from various straw-based fertilizers. The study used a Randomized Block Design (RAK) with 10 treatments and 3 replications. The treatments consisted of: control (without treatment), fresh straw, weathered straw, straw compost, NPK fertilizer, NPK + fresh straw, NPK + weathered straw, NPK + straw compost, NPK + manure, and manure. The results showed that there was an increase in the heavy metal content of Pb²⁺, Cd²⁺, and Cu²⁺ in the soil from all fertilizers, both organic and inorganic.

Keywords: Heavy metal contaminants, soil field, fertilization straw

Citation: Hindarwati, Y., Soeprobowati, T. R., dan Izzati, M. (2023). Kontaminan Logam Berat (Pb, Cd, dan Cu) pada Tanah dari Pemupukan Berbasis Jerami Padi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 21 (1). 8-14. doi: 10.14710/jil.21.1.8-14

1. PENDAHULUAN

Kontaminan yang semakin sering kita temukan di dalam tanah terutama pada lahan pertanian adalah logam berat. Tanah berperan penting dalam keamanan pangan sehingga kesehatan tanah diperlukan pemantauan dan pengendalian. Baruah et al., (2021) menyebutkan bahwa tanah dapat tercemar oleh berbagai kontaminan organik dan anorganik. Pencemaran tanah bisa diakibatkan penumpukan unsur tertentu dengan jumlah yang melebihi batas seharusnya (Aisyah et al., 2018).

Pencemaran tanah yang terakumulasi, akan meningkatkan kontaminan dan serapan dalam tanaman sehingga berpengaruh pada kesehatan manusia. Kontribusi logam berat ke dalam tanah yang pada akhirnya terserap tanaman sangat dipengaruhi sumber asal pengkontaminan, proses paparan, dan

dampak yang diakibatkan. Sesuai sifat logam berat yang persisten sehingga terakumulasi dalam tanah (Alam, 2020).

Kontaminasi yang terdapat di dalam tanah diantaranya logam berat timbal (Pb) dan Kadmium (Cd), salah satu pencemaran lingkungan yang berbahaya (Yullita et al., 2015). Sumber pengkontaminan logam berat tersebut dapat berasal dari bahan dasar pembuatan pupuk yang ditambahkan maupun dari lingkungan. Logam berat sering kita temukan baik pada penggunaan pupuk organik maupun anorganik dan pestisida selama berbudidaya. Kualitas pupuk sangat ditentukan dari bahan baku dan unsur yang tidak bermanfaat diantaranya logam berat. Produksi pupuk organik setidaknya aman bagi lingkungan agar didapat produk yang aman juga untuk dikonsumsi manusia.

Biomassa yang terkontaminasi logam berat tidak dapat dikembalikan ke lapangan secara langsung (Zhang et al., 2020). Upaya pencegahan untuk meminimalisir cemaran banyak ditemukan alternatif teknologi. Menurut Alam et al. (2020) penggunaan pupuk organik kascing kompos lebih efektif dan mengurangi serapan Cd, Cr, Pb dan Mn masing-masing sebesar 32,5; 50,25; 44,50; dan 42,25 %.

Pemanfaatan limbah pertanian berupa jerami masih belum optimal. Sisa hasil panen tersebut masih sering dibakar untuk mengurangi penumpukan di lahan sehingga dapat mencemari lingkungan. Upaya pemanfaatan jerami selain sebagai pakan ternak dapat sebagai bahan pembuatan kompos untuk pupuk organik. Pengembalian jerami hasil panen yang terkontaminasi logam berat akan berkontribusi juga dalam tanah. Zhang et al., (2020) menyebutkan bahwa penambahan biomassa ke tanah secara langsung dapat mempengaruhi ketersediaan hayati dan kandungan logam berat. Hasil penelitian Wihardjaka dan Harsanti (2018) menyebutkan bahwa pemupukan NPK disertai dengan pengembalian jerami meningkatkan serapan Cd pada tanah sawah tergenang.

Berlatar belakang hal tersebut penelitian bertujuan untuk mengetahui persentase kontaminasi peningkatan dan penurunan kontaminan logam berat Pb, Cd, dan Cu pada tanah dari berbagai penggunaan pupuk organik dan anorganik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian berlokasi di Desa Sruwen, Tenganan, Kabupaten Semarang tahun 2017.

2.2 Metode penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan terdiri dari: Kontrol (tanpa perlakuan), Jerami Segar (JS), Jerami Lapuk (JL), Kompos Jerami (KJ), Pupuk NPK (Urea, SP-36, dan KCl), NPK + Jerami Segar, NPK + Jerami Lapuk, NPK + Kompos Jerami, NPK + Pupuk Kandang, dan Pupuk Kandang (PK).

A. Aplikasi pupuk

Perlakuan pupuk organik berupa jerami segar, jerami lapuk, kompos jerami, dan pupuk kandang diaplikasikan setelah pengolahan tanah atau 3 hari sebelum tanam dengan dosis 2 ton/ha. Sedangkan pupuk anorganik berupa pupuk tunggal yaitu Urea (280 kg/ha), SP-36 (75 kg/ha), dan KCl (30 kg/ha). Pemupukan I : umur tanaman tujuh hari setelah tanam (HST) berupa 30% urea, 100% TSP, dan 50% bagian KCl. Pemupukan II: umur tanaman 21 HST yaitu 40% urea. Sedangkan pemupukan III: 30% urea dan 50% KCl pada umur 35 HST.

Bahan dasar Jerami segar berasal dari lokasi lain. Jerami lapuk dan kompos Jerami berasal dari lahan sekitar. Pupuk kandang sapi berasal dari petani setempat.

B. Pengambilan contoh tanah dan sedimen saat panen

Contoh tanah diambil secara diagonal dari masing-masing petak perlakuan dengan kedalaman tanah 0-20 cm menggunakan bor tanah kemudian dikomposit. Contoh gabah diambil dari hasil panen sebanyak lima rumpun perpetak perlakuan kemudian dikomposit. Sedimen tanah diambil dari saluran air masuk (inlet) ke petak perlakuan dan saluran air keluar (outlet) masing-masing tiga titik kemudian dikomposit.

C. Analisis Laboratorium

Contoh tanah diujikan di laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (Balangan) Pati, Jawa Tengah, untuk mengetahui kandungan logam berat Pb^{2+} , Cd^{2+} , dan Cu^{2+}

2.3 Analisis Data

Data hasil uji laboratorium dihitung untuk mengetahui persentase peningkatan/penurunan kandungan logam berat pada tanah dari masing-masing perlakuan. Sebagai pembanding persentase pengaruh dari masing-masing perlakuan menggunakan kontrol, dengan Rumus = $(V2-V1)/V1 \times 100\%$, dimana $V2$: data pengamatan saat waktu t/perlakuan dan $V1$: data pengamatan saat awal/kontrol dan dianalisis secara deskriptif komparatif.

3. HASIL PEMBAHASAN

Aplikasi pupuk kimia, pupuk kandang, pestisida ke tanah pertanian untuk jangka panjang menyebabkan kontaminasi tanah dengan logam berat (Mansour et al., 2020). Selain itu persyaratan teknis minimal untuk logam berat pada pupuk organik tertuang dalam Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019.

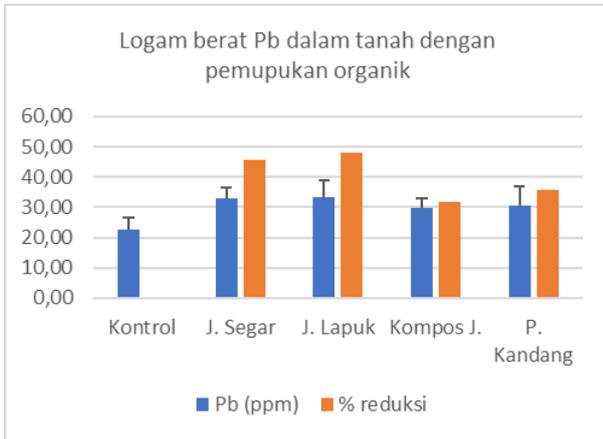
Pupuk organik berbahan jerami yang diaplikasikan pada tanah terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Jerami segar (A), Jerami melapuk (B), kompos Jerami (C)

a. Kandungan logam berat Pb pada tanah setelah pemupukan organik

Kandungan logam Pb pada tanah yang dipupuk dengan jerami menunjukkan adanya peningkatan. Kandungan logam berat Pb tertinggi diperoleh dari tanah yang diberi pupuk dengan jerami lapuk, dengan kandungan Pb sebesar 33,27 ppm. Tanah yang diberi pupuk kompos jerami, jerami segar, dan pupuk kandang juga mengalami peningkatan kandungan logam Pb, akan tetapi masih lebih rendah dibanding dengan yang tidak diberi pupuk (kontrol). Perbedaan kandungan Pb pada tanah tercantum dalam Gambar 2.



Gambar 2. Peningkatan/penurunan logam berat Pb dalam tanah dengan pemupukan organik.

Terdapat variasi peningkatan konsentrasi logam berat Pb pada tanah setelah pemupukan organik bila dibanding kontrol (tanpa perlakuan). Berdasarkan gambar di atas terjadi peningkatan konsentrasi logam berat Pb tertinggi dengan aplikasi pupuk organik yang berbahan dasar jerami lapuk, selanjutnya jerami segar dan pupuk kandang dengan persentase sebesar 48%, 46%, dan 38%, meskipun sifatnya pupuk organik mampu mereduksi logam berat pada tanah.

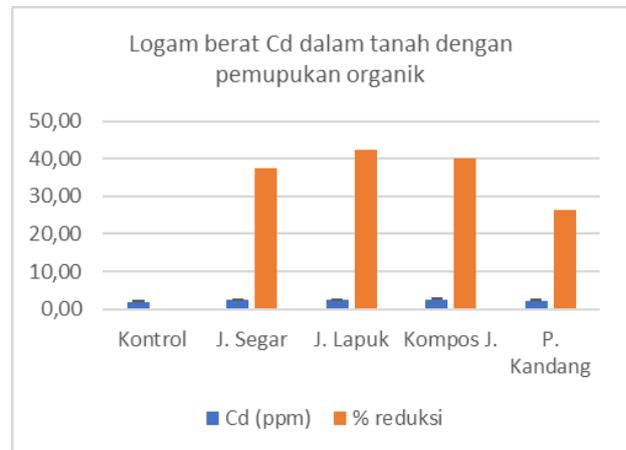
Kontaminan Pb pada pupuk jerami baik yang lapuk maupun segar diduga didapat dari logam berat yang terserap dalam jerami yang berasal dari tanah. Fitriani dan Purnama (2019) menyatakan bahwa kandungan logam dalam tanah berpengaruh terhadap kandungan logam pada tanaman yang tumbuh di atasnya. Logam berat pada jerami padi sebagian besar berasal dari tanah dan penggunaan beberapa jenis pupuk pada suatu lahan pertanian (Oktavia et al., 2016).

Penyerapan logam berat oleh jerami yang terjadi secara fisis dan secara reaksi penukaran antara senyawa alginat yang terdapat dalam jerami dengan logam (Wardiyati et al., 2003). Upaya untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi adsorpsi dari adsorben pada jerami padi dilakukan aktivasi yang bertujuan untuk melarutkan mineral yang terdapat dalam sampel diantaranya kalsium dan fosfor Safrianti et al., (2012). Keberadaan gugus hidroksil dalam struktur senyawa lignin pada jerami memungkinkannya digunakan sebagai adsorben logam berat (khususnya timbal) (Masruhin, et al. 2018).

Tingginya Pb dalam jerami melapuk dimungkinkan dapat berasal dari sumber air irigasi dan air hujan saat jerami mengalami proses pelapukan. Bahkan kontaminan Pb dapat berasal dari asap kendaraan bermotor yang mengandung Pb selama perjalanan karena jerami segar diperoleh dari lokasi lain.

b. Kandungan logam berat Cd pada tanah setelah pemupukan organik

Kontaminan logam berat pada tanah dengan penggunaan pupuk organik semua mengalami peningkatan dibanding kontrol yang tanpa perlakuan pupuk. Peningkatan logam berat Cd tertinggi dengan penggunaan pupuk jerami lapuk sebesar 2,42 ppm. Begitu juga dengan penggunaan kompos jerami, jerami segar, dan pupuk kandang. Perbandingan peningkatan dan penurunan kandungan logam berat Cd terdapat pada gambar 3.



Gambar 3. Peningkatan/penurunan logam berat Cd dalam tanah dengan pemupukan organik.

Peningkatan konsentrasi logam berat Cd pada tanah berbeda-beda. Persentase peningkatan logam berat Cd tertinggi dari penggunaan jerami lapuk sebesar 43%, yang diikuti kompos jerami, dan jerami segar yaitu 40% dan 38%. Peningkatan logam berat Cd dalam tanah tersebut dimungkinkan akumulasi dari penggunaan pupuk dan pestisida selama berbudidaya dan masih terdapat pada jerami tersebut. Perbedaan kontaminan sangat dipengaruhi oleh kuantitas logam berat dan laju serapan baik yang berasal dari maupun yang ditambahkan. Kontaminasi tanah melalui logam berat tergantung pada lokasi, kandungan bahan organik dan sumber pupuk (Mansour et al., 2020).

Seiring proses melapuknya jerami yang lama di lahan sawah maka kontaminan dari lingkungan semakin akumulatif. Bahkan logam berat Cd tersebut diduga sudah ada di dalam tanah. Sumber kadmium di dalam tanah berasal dari pelapukan bahan mineral tanah endapan, udara, aktivitas vulkanik, emisi dari industri peleburan, dan pembakaran batu bara (Wangge et al., 2021)

Hal tersebut diduga juga tidak tersedianya material yang membantu penyerapan logam berat dan

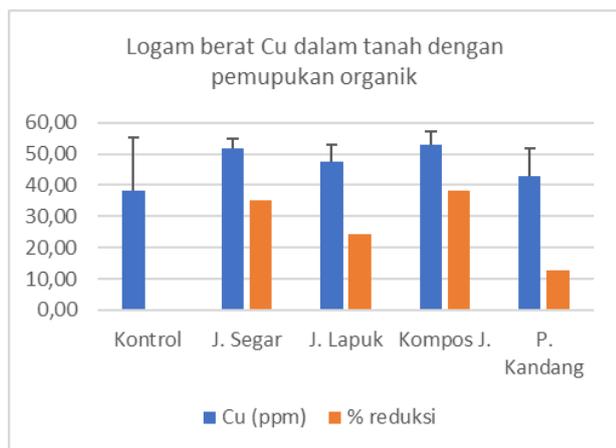
mengendapkannya di dasar tanah sawah. Kadmium (Cd) adalah logam berat toksik dalam tanah akibat proses pembentukan tanah dari mineral yang mengandung logam Kadmium (Syachroni, 2017).

c. Kandungan logam berat Cu pada tanah setelah pemupukan organik

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan logam Cu pada tanah yang dipupuk organik berbasis dengan jerami menunjukkan semua peningkatan dibanding kontrol. Kandungan logam berat Cu tertinggi pada tanah yang diberi pupuk kompos Jerami yaitu 52,75 ppm. Perbedaan kandungan Cu pada tanah terdapat dalam Gambar 4.

Terdapat variasi peningkatan konsentrasi logam berat Cu pada tanah setelah pemupukan organik bila dibanding kontrol (tanpa perlakuan). Tingginya peningkatan logam berat Cu tersebut diduga dari bahan dasar pakan ternak masih mengandung logam Cu. Tingginya persentase peningkatan kontaminan logam berat tertinggi dengan menggunakan pupuk kompos jerami sebanyak 38% yang diikuti jerami segar dan jerami lapuk yaitu 35% dan 24%. Peningkatan kontaminan logam berat dalam tanah tersebut disinyalir akumulatif dari lingkungan sekitar diantaranya dapat berasal dari air hujan dan asal bahan dasar yang dikomposkan.

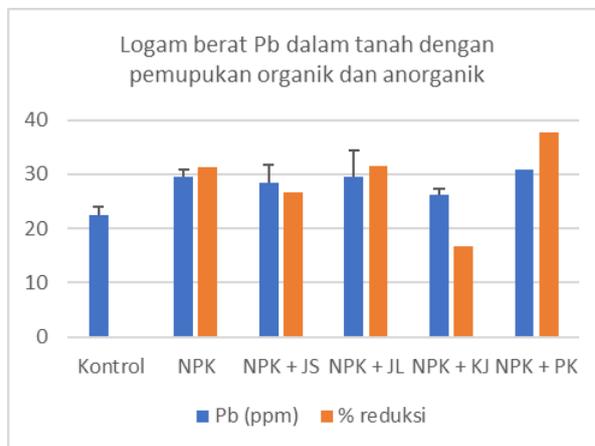
Pemupukan organik yang berbahan Jerami segar juga berkontribusi dalam meningkatkan logam berat pada tanah, meskipun memerlukan waktu pelapukan yang relatif lebih lama dari pupuk organik lainnya. Proses dekomposisi bahan organik bisa terjadi dengan sendirinya di lingkungan alam terbuka secara alamiah karena adanya kerja sama antara mikroba dan mesofauna dengan cuaca (Saleh dan Mukhlis, 2010).



Gambar 4. Peningkatan/penurunan logam berat Cu dalam tanah dengan pemupukan organik.

d. Kandungan logam berat Pb pada tanah setelah pemupukan organik dan anorganik

Kombinasi pemupukan organik dan anorganik maupun anorganik sendiri mengkontaminasi tanah dengan meningkatkan kandungan berat Pb. Kontaminan tertinggi dengan kombinasi pupuk NPK+Jerami lapuk sebesar 30,93 ppm. Perbandingan peningkatan logam berat Pb dengan kombinasi pemupukan organik dan anorganik terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peningkatan/penurunan logam berat Pb dalam tanah dengan pemupukan organik dan anorganik.

Bila dibanding dengan kontrol (tanpa perlakuan pemupukan), persentase peningkatan logam berat Pb tertinggi adalah kombinasi pemupukan NPK+Pupuk Kandang yaitu sebesar 38 %, sedangkan yang terendah dengan penggunaan pupuk NPK+Kompos Jerami (17%). Rendahnya nilai tersebut diduga karena jerami diberikan sudah dalam bentuk olahan yaitu berupa kompos jerami. Jerami sebagai bahan penyerap perlu perlakuan khusus terlebih dahulu dengan tujuan untuk meningkatkan kestabilan struktur jerami, sehingga bisa dimanfaatkan dalam waktu yang relatif lama (Wardiyati et al., 2003).

Sebaliknya, penggunaan pupuk kandang mampu menetralkan kandungan logam berat yang terdapat pada pupuk NPK. Wijayanti et al., (2018) menyebutkan bahwa pupuk kandang yang ditambahkan ke dalam tanah secara positif mencegah pergerakan ion logam berat bergerak masuk ke dalam sistem jaringan tanaman, dibandingkan dengan tanah tanpa bahan organik. Penggunaan bahan organik dalam menetralkan unsur-unsur logam dianjurkan terutama pada lahan pertanian (Hartati et al., 2014)

Logam berat Pb merupakan salah satu cemaran logam yang terdapat dalam pupuk NPK padat (Wiyantoko et al., 2017). Pemberian pupuk organik atau pupuk anorganik yang digabungkan dapat mengakumulasi kadmium dan timbal di tanah (Sukarjo et al., 2018). Bahkan interaksi antara bahan organik dan logam dalam tanah merupakan mekanisme alami penting yang dapat mengurangi bioakumulasi logam di lingkungan terestrial (Yao Su et al., 2021).

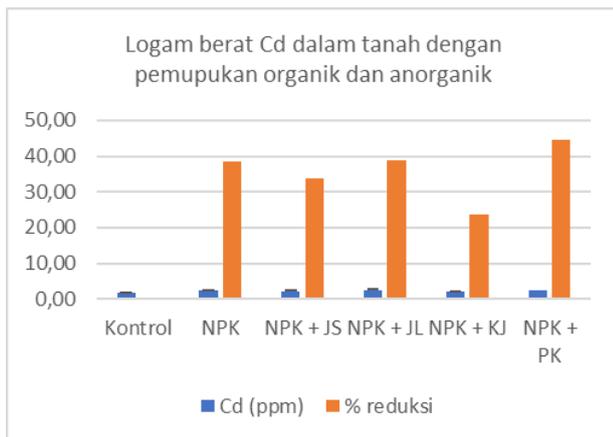
e. Kandungan logam berat Cd pada tanah setelah pemupukan organik dan anorganik

Kombinasi pemupukan NPK+Pupuk kandang meningkatkan logam berat Cd tertinggi dalam tanah yaitu sebesar 2,46 ppm. Variatif peningkatan logam berat Cd dalam tanah yang terdapat pada Gambar 5.

Aplikasi pupuk anorganik maupun kombinasi pemupukan organik dan anorganik semua meningkatkan kandungan logam berat Cd di dalam tanah dibanding kontrol. Pemberian pupuk anorganik yang mengandung fosfat dapat meningkatkan kandungan Cadmium (Wangge et al., 2021). Logam berat yang terdapat di dalam pupuk fosfat sebagai unsur ikutan (impurities) (Pubalisa dan Mulyadi, 2013). Bila dibanding kontrol, persentase peningkatan tertinggi berasal dari aplikasi (NPK+PK), (NPK+JL) dan (NPK) dengan persentase 45%, 39%, dan 38%.

Nilai tertinggi tersebut didapat karena ada penambahan logam berat Cd yang sudah ada di jerami lapuk selain dari fosfat yang ada di pupuk NPK. Sedangkan terendah dengan penggunaan pupuk (NPK+KJ) yaitu (24%). Rendahnya logam berat yang masih terkandung dalam bahan dasar jerami maka pupuk yang dihasilkan juga masih mengandung logam berat.

Bahan dasar pupuk dari sisa tanaman dipasti kan sedikit mengandung logam berat misalnya Pb dan Cd (Hartatik et al., 2015). Pemupukan organik maupun anorganik pada tanah pertanian cenderung tercemar logam berat yang terkandung dalam pupuk tersebut (Puspitasari et al., 2022), sementara pada proses pengomposan dekomposisi senyawa organik mempengaruhi konsentrasi dan distribusi logam berat pada kompos, sehingga memberikan efek toksisitas yang berbeda pada lingkungan (Aryanti, 2018).



Gambar 6. Peningkatan/penurunan logam berat Cd dalam tanah dengan pemupukan organik dan anorganik

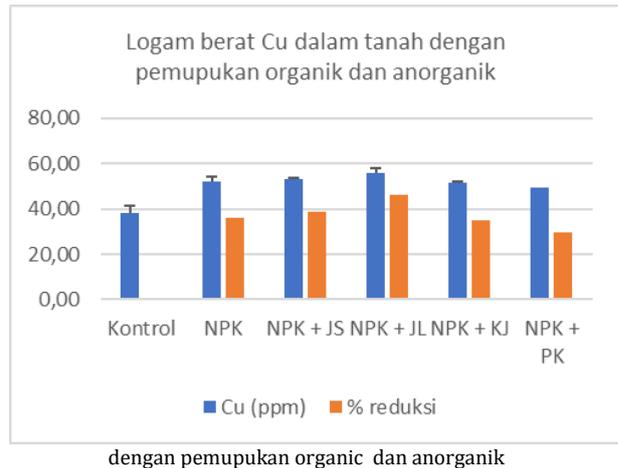
f. Kandungan logam berat Cu pada tanah setelah pemupukan organik dan anorganik

Peningkatan logam berat Cu pada tanah juga ditemukan dengan penggunaan kombinasi

pemupukan organik dan anorganik. Peningkatan tertinggi dengan pemupukan (NPK+JL) yaitu sebesar 55,76 ppm dan terendah (NPK+PK) sebesar 49,36 ppm. Peningkatan logam berat Cu dengan kombinasi pemupukan organik dan anorganik terdapat pada Gambar 7.

Semua perlakuan baik pupuk anorganik maupun kombinasi pupuk organik dan anorganik mengalami peningkatan bila dibanding kontrol. Kandungan logam berat Cu tertinggi menggunakan kombinasi pupuk (NPK+JL) dan (NPK+JS), dengan persentase peningkatan 46%, dan 39%, sedangkan pupuk NPK sendiri meningkatkan logam sebesar 36%. Kontaminan terendah pada (NPK+PK) sebesar 29%. Meskipun pupuk anorganik (NPK) sendiri berpotensi meningkatkan kandungan logam berat pada tanah namun setelah dikombinasikan dengan pupuk organik berupa pupuk kandang hasilnya lebih baik. Sesuai sifat dari pupuk kandang yang mampu mengurangi logam berat pada tanah dan mereklamasi lahan tercemar (Simanungkalit, 2006; Syachroni, 2017).

Gambar 7. Peningkatan/penurunan logam berat dalam tanah



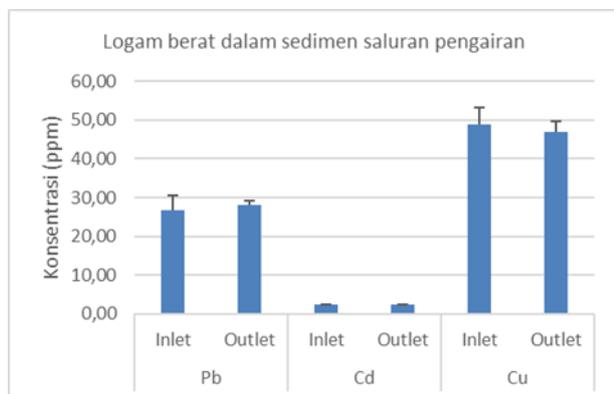
g. Kandungan logam berat Pb, Cd, dan Cu pada sedimen saluran pengairan

Pengambilan contoh tanah yang terendap (sedimen) juga dilakukan pada saluran air yang masuk dan air yang keluar dari lahan penelitian. Terdapat kontaminan logam berat Pb, Cd, dan Cu dengan berbagai perlakuan pemupukan baik organik maupun anorganik. Kontaminan logam berat Pb, Cd, dan Cu dalam sedimen terdapat dalam Gambar 7.

Penurunan logam berat Cd dan Cu pada saluran pembuangan air dimungkinkan logam berat tersebut terendap dalam sedimen. Diduga juga logam berat Cd larut terbawa air sesuai sifatnya. Cadmium memiliki sifat mudah teroksidasi dan merupakan logam yang lunak dan larut dalam air (Ekawati et al., 2022). Daya larut logam berat menjadi lebih rendah dan mudah mengendap pada daerah yang kekurangan oksigen (Nurbarasamuma et al., 2021).

Peningkatan logam berat Pb pada saluran pembuangan air diduga dapat berasal dari akumulasi sumber pengairan karena saluran air masuk

berdekatan dengan saluran utama pengairan. Logam berat yang mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi, kemudian terakumulasi ke lingkungan (Hindratmo et al., 2021).



Gambar 7. Logam berat Pb, Cd, dan Cu dalam sedimen saluran pengairan

4. KESIMPULAN

Terdapat semua peningkatan kandungan semua logam berat baik Pb, Cd, maupun Cu pada tanah dari berbagai jenis pupuk organik yang berbahan dasar jerami padi, sehingga diperlukan pengujian sebelum aplikasi untuk meminimalisir kontaminan logam berat dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryanti, D. 2018. Analisis Konsentrasi dan Spesiasi Logam Berat Pada Pengomposan Limbah Lumpur IPAL Domestik (Studi Kasus: IPAL Waduk Setiabudi, Jakarta Selatan). *Jurnal Komposit*, 2(2), 67-78.
- Aisyah, R., Kurniasih, E. R., Sari. 2018. Lama Inkubasi Pupuk Kandang Kambing Pada Tanah Tercemar Logam Berat. *Jurnal Pertanian Presisi* Vol. 2 No. 1. Hal.21-34.
- Alam, M., Z. Hussain, A. Khan, M. A. Khan, A. Rab , M. Asif, M. A. Shah, A. Muhammad. 2020. The effects of organic amendments on heavy metals bioavailability in mine impacted soil and associated human health risk. *Scientia Horticulturae* 262 (2020) 109067.
- Baruah, S. G., I. Ahmed, B., Das, B., Ingtipi, H., Boruah, S. K., Gupta, A. K., Nema, M., Chabukdhara. 2021. Heavy metal(loid)s contamination and health risk assessment of soil-rice system in rural and peri-urban areas of lower brahmaputra valley, northeast India. *Chemosphere* 266 (2021) 129150
- Ekawati, W.,Chaerul, M., Gusty,S. E. A. Jayadipraja. 2022.. Heavy metals; Sediments; Pollute Pencemaran Logam Berat Cd, Ni Dan Fe Pada Endapan Sedimen Sungai Daerah Tinanggea Konawe Selatan Sulawesi Tenggara. *Jurnal Lingkungan Almuslim*, 1(1), 24-29.
- Fitriah, L., & Purnama, A. R. (2019). Sebaran Timbal Pada Tanah Di Areal Persawahan Kabupaten Sidoarjo. *Journal of Research and Technology*, 5(2), 106-116.

- Hartati, S., Syamsiah, J., dan Erniasita, E. .2014. Imbangan paitan (*Tithonia diversifolia*) dan pupuk phonska terhadap kandungan logam berat Cr pada tanah sawah. *Sains Tanah-Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 11(1), 21-28.
- Hartatik, W., Husnain, H., & Widowati, L. R. .2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 9 No. 2, Desember 2015; 107-120
- Hindratmo, B., Masitoh, S., Lestari, R. P., & Kusumawardhani, M. (2021). Kandungan Logam Berat dalam Sungai dan Tanah di Beberapa Wilayah Desa Hila, Kepulauan Romang-Kabupaten Maluku Barat Daya. *Ecolab*, 15(2), 111-119.
- Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, Dan Pembena Tanah.
- Mansour, A. Salem, Dattatray K. Bedade, Latif Al-Ethawi, Samira., Al-waleed, M. (2020). Assessment of physiochemical properties and concentration of heavy metals in agricultural soils fertilized with chemical fertilizers. *Heliyon* 6 (2020) e05224.
- Masruhin, R. Rasyid, S.Yani. 2018. Penjerapan Logam Berat Timbal (Pb) dengan Menggunakan Lignin Hasil Isolasi Jerami Padi. *Journal of Chemical Process Engineering*, Vol. 03, No. 01, Mei-2018 ISSN = 2303-3401.
- Nurbarasamuma, N., Chaerul, M., Anshari, E., dan Deniyatno. (2022). Pencemaran Logam Berat Hg, As, Cd Di Sedimen Sungai Langkowala Akibat Aktivitas Penambangan Kabupaten Bombana Sulawesi Tenggara. *Jurnal Lingkungan Almuslim*, 1(1), 01-07.
- Oktavia, E. M., Darjati., dan Mamik. 2016. Fermentasi Jerami Padi untuk Kompos dengan Beberapa Aktivator Kotoran Ternak di Dusun Sugihan Tuban Tahun 2016. *Gema Lingkungan Kesehatan*, 14(2).
- Purbalisa, W. dan Mulyadi.2013. Pb dan Cu pada Badan Air dan Tanah Sawah Sub-Das Solo Hilir Kabupaten Lamongan *Agrologia*, Vol. 2, No. 2, Oktober 2013, Hal. 116-123.
- Puspitasari, K. A., Siaka, I. M., Suprihatin, I. E., Wardani, K. Spesiasi dan Bioavailabilitas Logam Berat Pb dan Cu dalam Tanah Pertanian di Desa Sukawana, Kintamani. 2022. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)* 16 (1), Januari 2022. Hal. 66-71.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., dan Zaharah, T. A. 2012. Adsorpsi timbal (II) oleh selulosa limbah jerami padi teraktivasi asam nitrat: pengaruh pH dan waktu kontak. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1(1). halaman 1-7
- Saleh, M. dan Mukhlis. 2010. Pertumbuhan dan produksi padi varietas Ciherang dengan berbagai perombak bahan organik di lahan rawa gambut Kalimantan Tengah. *Prosiding Seminar Nasional "Isu Pertanian Organik dan Tantangannya"*, Universitas Udayana Denpasar.12 Agustus 2010. Hal. 27-29.
- Sukarjo, A. Hidayah, I. Zulaehah. 2018. Pengaruh Pupuk Terhadap Akumulasi dan Translokasi Kadmium dan Timbal di Tanah dan Tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek Ke-3*. ISSN:2527-533X. Hal. 205-211.
- Syachroni, S. H. (2018). Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) Pada Tanah Sawah di Kota

- Palembang. *Sylva: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kehutanan*, 6(1), 23-29.
- Wangge, E., Sito, E., dan Mutiara, C. 2021. Uji Kadar Cemar Logam Berat Kadmium Dari Dalam Tanah Sawah dan Beras (*OryzasativaL.*) Di Kelurahan Lape Kecamatan Aesesa Kabupaten Nagekeo. *AGRICA*, 14(2), 152-157.
- Wardiyati, S., Lubis, W. Z., Wahyudianingsih, W., & Handayani, A. 2018. Penyerapan Timbal Oleh Jerami Termodifikasi Secara Sonikasi. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 4(3), 33-38.
- Wihardjaka, A., dan Harsanti, E. S. 2018. Konsentrasi Kadmium (Cd) Dalam Gabah Padi Dan Tanah Sawah Tadah Hujan Akibat Pemberian Pupuk Secara Rutin. *Ecolab*, 12(1), 12-19.
- Wijayanti A., E. B. Susatyo, C. Kurniawan, dan Sukarjo . 2018. Adsorpsi Logam Cr(VI) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik. *Indonesian Journal of Chemical Science*.
- Wiyantoko, B., Kurniawati, P., & Purbaningtiyas, T. E. (2017). Pengujian Nitrogen Total, Kandungan Air Dan Cemar Logam Timbal Pada Pupuk Anorganik NPK Padat. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 6(1).
- Yullita, S. L., Tri, R. D. L., & Nana, M. (2015). Soil contaminated phyto remediation of Pb and cd metal by using rice straw fermented by trichoderma viride that given exposure 250 gray doses of gamma radiation. Hal.83-87.
- Zhang, Q., D. Zou, X. Z., Li, A., Wang, F., Liu, H., Wang, Q., Zeng, Z., Xiao. 2020. Effect of the direct use of biomass in agricultural soil on heavy metals_ activation or immobilization?* *Environmental Pollution*. journal homepage: www.elsevier.com/locate/envpol