

EFEKTIVITAS VARIASI KETEBALAN ARANG AKTIF BAMBU DALAM MENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA LARUTAN PUPUK MENGANDUNG KADMIUM

Anisfi Choirunnisa, Nur Endah Wahyuningsih, Praba Ginandjar
bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Diponegoro
Email : anisfi.c@gmail.com

Excessive use of fertilizers in agricultural activities has a detrimental effect on the preservation of land and the environment due to high fertilizer residues on the land. This study aims to determine the effectiveness of thickness variations of activated bamboo charcoal in reducing levels of heavy metal cadmium (Cd) in fertilizer solution. The type of research used is quasi experiment with non randomized control group design. Variations in thickness of active bamboo charcoal used were 30 cm, 35 cm, 40 cm, and 45 cm. The sample used was an artificial fertilizer solution by mixing water and phosphate fertilizer SP 36. The results showed cadmium levels before treatment were 1,846 mg/l. Cadmium levels after being treated with variations in thickness of bamboo active charcoal 30 cm, 35 cm, 40 cm, and 45 cm respectively were 1.183 mg/l, 1.013 mg/l, 0.915 mg/l, and 0.817 mg/l. The highest decrease in cadmium levels was found in a variation of 45 cm thickness with a percentage of 55.74%. Based on one way ANOVA test with a 95% confidence level, p value <0.05 so it is known that there is a difference in the average decrease in cadmium levels with variations in media thickness (activated bamboo charcoal). The conclusion of this study is that activated charcoal bamboo can reduce cadmium levels in fertilizer solution, but has not been able to reduce cadmium levels to the specified quality standard.

Keywords : Actevated Bamboo Charcoal, Adsorption, Cadmium, Fertilizer, Thickness

PENDAHULUAN

Kadmium (Cd) adalah elemen jejak, logam non-nutritif yang dianggap berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Kadmium dapat berdampak bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu dampak terhadap lingkungan adalah pencemaran tanah dan air oleh kadmium.¹

Kadmium masuk ke dalam tanah pertanian dengan aplikasi pupuk anorganik dan organik.² Kadmium terjadi secara alami di batuan fosfat. Sedangkan fosfat merupakan bahan baku pembuatan pupuk P. Konsentrasi kadmium rata-rata keseluruhan endapan sedimen

adalah 21 mg/kg dengan kisaran kurang dari 1 hingga 150 mg/kg. Dibandingkan dengan batuan yang mengandung non-fosfat, endapan batuan fosfat sedimen sekitar 69 kali lebih diperkaya kadmium (Cd).¹

Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang dilakukan di Daerah Klampok dan Padasugih Brebes, didapatkan kandungan logam berat kadmium (Cd) pada saluran irigasi pertanian sebesar 0,028 mg/l; 0,023 mg/l; 0,022 mg/l; 0,019 mg/l; 0,023 mg/l ; 0,027 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kandungan logam berat kadmium pada 6 titik sampel di saluran irigasi pertanian di Brebes telah melebihi

nilai ambang batas yang sudah ditetapkan pada PP No.82 Tahun 2001 adalah 0,01 mg/l.³

Dari penelitian yang dilakukan Kusumaningrum, dkk pada tahun 2012 tentang tanaman bawang di lahan pertanian di Brebes, didapatkan hasil bahwa lokasi tersebut telah tercemar dengan kisaran kadmium (Cd) sebesar 1,83 mg/L dengan sumber pencemar adalah irigasi, aplikasi pupuk berlebihan dan pestisida.⁴

Perkembangan pengendalian logam berat pada air limbah saat ini mengarah pada upaya pencarian metode yang murah, efektif, dan efisien. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai karena dinilai lebih ekonomis dan tidak menimbulkan efek samping beracun.⁵

Bahan adsorpsi adalah kunci untuk metode adsorpsi. Sebagai jenis bahan tanaman alami, bambu merupakan biomassa terbarukan yang potensial dengan keunggulan pertumbuhan cepat dan hasil tinggi. Arang bambu adalah bahan berpori baru dengan porositas tinggi dan struktur mikropori khusus, yang dapat diperoleh oleh bambu dalam suhu tinggi dan kondisi anoxia. Dibandingkan dengan arang kayu yang memiliki luas permukaan 30 m²/gr, luas permukaan arang bambu lebih besar yaitu 300 m²/gr. Aktivasi arang aktif bambu dapat memperbesar luas permukaan arang bambu karena dengan aktivasi hydrogen, gas-gas, air, dan senyawa lain dalam arang akan menghilang. Pada proses aktivasi juga akan terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui pemanasan atau oksidasi.⁶

Hasil penelitian lainnya oleh Elmita Eka Putri, Sofia Anita dan Subardi Bali (2016) menunjukkan bahwa penggunaan arang aktif bambu sebagai media adsorben

dapat mereduksi ion mangan dan nitrat di dalam air. Penelitian ini memiliki hasil yaitu adsorpsi optimum ion nitrat dan mangan berturut-turut yaitu 74,57% dan 60,60%.⁷

Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti ingin meneliti mengenai efektivitas berbagai variasi ketebalan arang aktif bambu dalam menurunkan kadar logam berat kadmium (Cd) pada larutan pupuk mengandung kadmium.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuasi eksperimen dengan bentuk rancangan penelitian *non equivalent control group*. Populasi dan sampel dalam penelitian ini adalah 36 liter air yang dicampurkan dengan pupuk fosfat SP-36. Jumlah sampel yang digunakan dengan 4 perlakuan, 6 kali pengulangan, 6 *pretest*, 6 *posttest* adalah 36 sampel.

Alat dan Bahan

Alat

Ember 20 liter, pipa PVC 2 inci, pipa PVC ½ inci, kran, kain saringan, *beaker glass*, gelas ukur, termometer, dan botol sampel.

Bahan

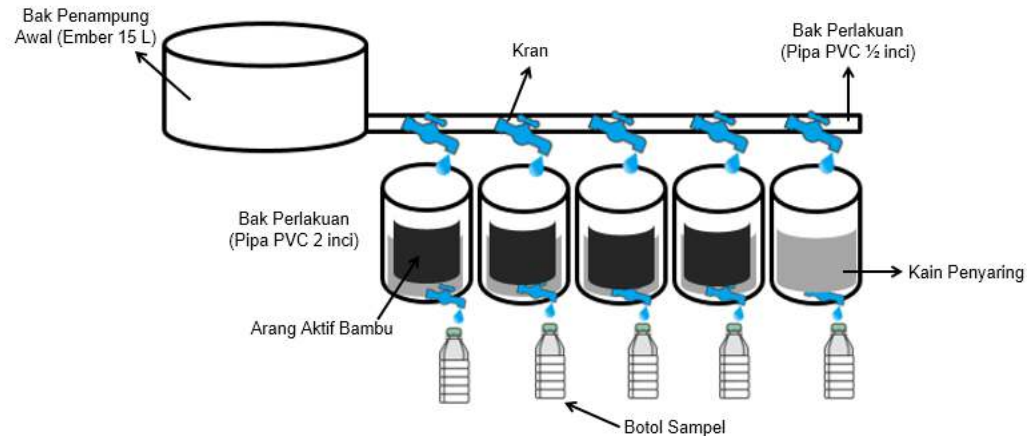
Arang aktif bambu ukuran 8-12 mm, air, pupuk SP-36, kertas pH, aquades.

Prosedur Penelitian

Proses penelitian dilakukan dengan tahap pembuatan alat penelitian, aktivasi arang bambu, dan pembuatan larutan sampel. Perlakuan pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kesehatan Lingkungan FKM UNDIP. Sedangkan pemeriksaan kadar kadmium (Cd) dilakukan di

Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik UNNES.

Rancangan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Untuk mengetahui volume air dalam bak perlakuan dapat dilakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{Air} &= V_{bak\ perlakuan} \\
 &- V_{rata-rata\ arang\ aktif\ bambu} \\
 V_{Air} &= (\pi \times r^2 \times t_{bak\ perlakuan}) \\
 &- (1,0602 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \\
 V_{Air} &= (3,14 \times 0,03^2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}) \\
 &- (1,0602 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \\
 V_{Air} &= (1,413 \times 10^{-3} \text{ m}^3) \\
 &- (1,0602 \times 10^{-4} \text{ m}^3) \\
 V_{Air} &= 3,53 \times 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,35 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui volume air dalam bak perlakuan, maka akan dicari debit pada aliran bak perlakuan dengan cara membagi volume air dalam bak perlakuan dengan waktu kontak. Waktu kontak dalam penelitian ini adalah ditetapkan 20 menit.

$$Q = \frac{0,35 \text{ liter}}{20 \text{ menit}} = 0,0175 \text{ l/m} = 18 \text{ ml/menit atau } 0,3 \text{ ml/detik}$$

Sehingga ditemukan debit dalam penelitian ini debit yang ada dalam aliran *inlet* bak perlakuan adalah sebesar 0,3 ml/detik atau 0,02592 m³/hari dengan jari-jari media filtrasi 3 cm, sehingga dihitung dahulu luas media filtrasi

yang berupa lingkaran dengan rumus luas lingkaran sebagai berikut:⁸

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Media Filtrasi} &= \pi \times r^2 \\
 &= 3,14 \times 3^2 \\
 &= 28,26 \text{ cm}^2 \\
 &= 0,002826 \text{ m}^2 = 2,826 \times 10^{-3} \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Laju Alir Filtrasi adalah laju aliran air per unit area filter yang merupakan perbandingan antara kapasitas filtrasi dengan luas media yang dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :
 V : Laju Alir Filtrasi (m/hari)
 Q : Debit (m³/hari)
 A : Luas media (m²)

Sehingga dapat ditemukan bahwa Laju Alir Filtrasi dalam penelitian ini adalah :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{0,02592 \text{ m}^3/\text{hari}}{2,826 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\
 &= \frac{25,92 \text{ liter}/1440\text{menit}}{2,826 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\
 &= \frac{0,018 \text{ liter}/\text{menit}}{2,826 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \\
 &= 6,37 \frac{\text{liter}}{\text{menit}} / \text{m}^2
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan Kadar Kadmium

Pemeriksaan dilakukan dengan metode AAS (Atomis Absorbtion Spectrophotometry) dengan merk PerkinElmer dengan tipe PinA Aclé 900F. Untuk mengetahui efektivitas dari penurunan kadar kadmium (Cd) dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Ef = \frac{Co - Ci}{Co} \times 100\%$$

Keterangan :

Ef : Efektivitas penurunan (%)

Co : Konsentrasi parameter saat masuk ke proses

Ci : Konsentrasi parameter saat keluar dari proses

Uji statistik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan uji deskriptif, uji normalitas, uji *one way ANOVA*, dan uji *post hoc test* dengan menggunakan uji LSD. Uji *one way ANOVA* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kadar kadmium (Cd) dengan berbagai variasi ketebalan arang aktif bambu pada larutan pupuk sebelum dan sesudah perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Kadar Kadmium Sebelum dan Sesudah Perlakuan dengan Media Arang Aktif Bambu

Pengulangan ke-	Kadar Kadmium (mg/L)					
	Pretest	Kontrol	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm
1	1,856	1,839	1,185	1,028	0,940	0,816
2	1,834	1,820	1,133	1,011	0,903	0,787
3	1,811	1,800	1,127	1,034	0,879	0,877
4	1,898	1,875	1,218	1,043	0,950	0,825
5	1,855	1,819	1,264	0,983	0,908	0,788
6	1,820	1,803	1,171	0,981	0,912	0,808
Rata-rata Kadar Cd	1,846	1,826	1,183	1,013	0,915	0,817

A. Kadar Kadmium Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Larutan pupuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan pupuk SP-36. Proses pembuatan larutan pupuk yaitu dengan mencampurkan 1800 gram pupuk SP-36 dengan 6 liter air yang telah diolah secara reverse osmosis. Pada tabel 1 menunjukkan hasil kadar logam berat kadmium pada air larutan pupuk sebelum dan setelah dilakukan pengolahan adsorpsi dengan variasi ketebalan media arang aktif bambu mengalami penurunan.

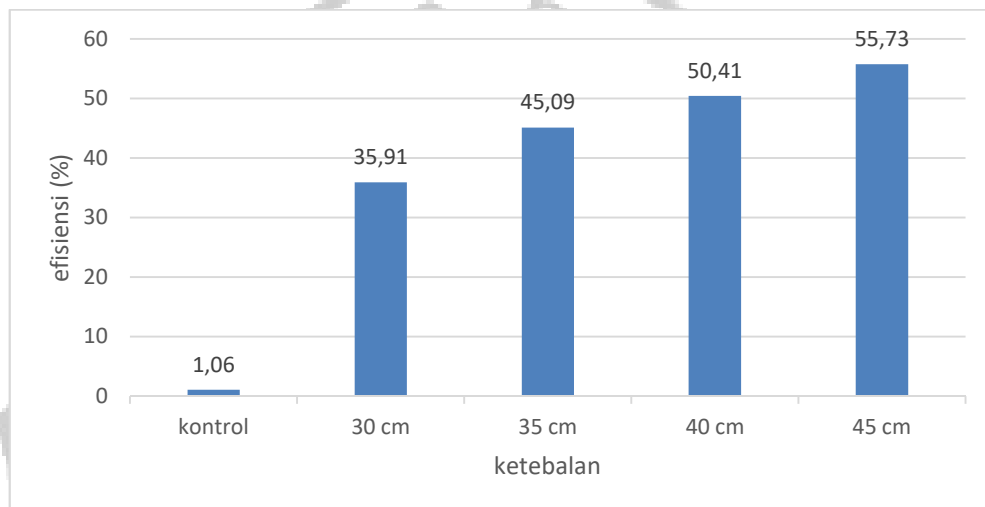
Penurunan tersebut terjadi karena proses adsorpsi yang terjadi pada media arang aktif bambu. Penurunan kadar kadmium (Cd) pada larutan pupuk terjadi karena proses molekul yang menempel pada permukaan arang aktif bambu akibat proses ikatan fisika dan kimia. Penurunan dapat terjadi akibat proses pengendapan partikel-partikel padat dari larutan pupuk dengan gaya gravitasi. Hasil penurunan tersebut jika dibandingkan dengan baku mutu masih belum memenuhi syarat yang sudah

ditetapkan PP No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu sebesar 0,01 mg/l.³

B. Efektivitas Penurunan Kadar Kadmium Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Efektivitas penurunan kadar kadmium pada larutan

pupuk dihitung dengan menggunakan data hasil penurunan kadar kadmium sebelum dan setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan media arang aktif bambu dengan variasi ketebalan 30 cm, 35 cm, 40 cm, dan 45 cm.



Gambar 1 Efektivitas Penurunan Kadar Kadmium Sebelum dan Setelah Perlakuan dengan Media Arang Aktif Bambu

Efektivitas penurunan kadar kadmium tertinggi pada perlakuan media arang aktif bambu dengan ketinggian 45 cm yaitu sebesar 55,73%. Karakteristik dari karbon aktif yang mempunyai luas permukaan yang besar dan volume pori berkaitan dengan sifat serapnya yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai fase yaitu fase cair maupun gas.

Berdasarkan uji statistik *one way Anova* diperoleh nilai signifikansi $p\text{-value} = 0,000$ ($p < 0,05$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kadar logam berat kadmium (Cd) dalam larutan pupuk pada berbagai variasi ketebalan arang aktif bambu.

Setelah dilakukan pengujian dengan *one way Anova*, selanjutnya dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan uji *Post Hoc LSD* dikarenakan data berdistribusi normal. Hasil perbedaan rata-rata yang mempunyai perbedaan bermakna atau signifikan adalah antara kelompok *pretest* dengan kontrol, *pretest* dengan 30 cm, *pretest* dengan 35 cm, *pretest* dengan 40 cm, *pretest* dengan 45 cm, kontrol dengan 30 cm, kontrol dengan 35 cm, kontrol dengan 40 cm, kontrol dengan 45 cm, 30 cm dengan 35 cm, 30 cm dengan 40 cm, 30 cm dengan 45 cm, 35 cm dengan 40 cm, 35 cm dengan 45 cm, dan 40 cm dengan 45 cm.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran suhu dan pH pada larutan sebelum dan setelah perlakuan. Suhu larutan pupuk sebelum dan sesudah perlakuan tidak mengalami yaitu tetap 25°C. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014 mengenai baku mutu kualitas air, kadar suhu yang diperoleh jika dibandingkan masih dalam keadaan normal yaitu dengan baku mutu sebesar 28 °C. Hasil pengukuran pH pada larutan pupuk yang mengandung kadmium pada kontrol, sebelum, dan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan media arang aktif bambu adalah 7 (tidak mengalami perubahan), sehingga pH rata-rata pada larutan pupuk *pretest*, kontrol, dan *posttest* adalah 7. Sehingga dapat disimpulkan bahwa larutan pupuk memiliki kadar pH yang normal jika dibandingkan dengan Peraturan Daerah Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 yaitu sebesar 6 - 9.

- C. Penerapan pada Area Pertanian
- Pupuk pada lahan pertanian dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan maupun kesehatan manusia di sekitar area pertanian. Dampak tersebut yang terkadang sulit untuk dipahami oleh para petani. Penggunaan arang aktif bambu pada penelitian ini dapat menurunkan kadar logam berat kadmium pada larutan pupuk. Oleh karena itu dibutuhkan alat yang serupa dalam skala yang besar serta ketebalan yang tepat untuk diterapkan secara langsung pada saluran irigasi pertanian. Rangkaian alat tersebut dibuat dengan variasi

tinggi, diameter, ukuran, dan ketebalan yang sudah disesuaikan dengan keadaan area pertanian. Kadar residu yang cukup tinggi diperlukan suatu alat pengolahan yang dapat menahan atau menangkap residu pupuk tersebut. Alat ini dapat dipasang pada saluran inlet dan outlet untuk menghasilkan kualitas air yang baik. Filter pertama digunakan sebagai penyaring pertama kontaminan yang masuk dan terbawa oleh air ke lahan persawahan. Pada filter ke dua digunakan sebagai penyaring outlet yang dipasang di outlet persawahan agar air tidak mencemari lingkungan perairan dibawahnya. Ketika alat ini digunakan dan diterapkan pada setiap saluran irigasi pertanian maka permasalahan residu pesida di perairan akan berkurang.

KESIMPULAN

1. Rata-rata kadar kadmium sebelum perlakuan adalah sebesar 1,846 mg/L. sedangkan pada kelompok kontrol rata-rata kadar kadmium sebesar 1,826 mg/L.
2. Derajat Keasaman (pH) dan suhu pada larutan pupuk sebelum dan sesudah perlakuan tidak mengalami perubahan, yaitu pada pH tetap 7 dan suhu tetap 25°C.
3. Kadar kadmium sesudah diberi perlakuan dengan variasi ketebalan arang aktif bambu 30 cm, 35 cm, 40 cm, dan 45 cm berturut-turut masing-masing sebesar 1,183 mg/L, 1,013 mg/L, 0,915 mg/L, dan 0,817 mg/L.
4. Efisiensi penurunan kadar kadmium pada larutan pupuk sesudah diberi perlakuan dengan

variasi ketebalan arang aktif bambu 30 cm, 35 cm, 40 cm, dan 45 cm berturut-turut masing-masing sebesar 35,92%, 45,12%, 50,43% dan 55,74%.

5. Efektivitas penurunan kadar kadmium tertinggi dengan media arang aktif bambu terdapat pada perlakuan dengan variasi ketebalan 45 cm sebesar 1,029 mg/L dengan persentase 55,74%.
6. Pengolahan air menggunakan media arang aktif bambu dengan variasi ketebalan pada penelitian ini (30 cm, 35 cm, 40 cm, dan 45 cm) belum mampu menurunkan kadar kadmium sehingga memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

Bagi Peneliti Lain

- a. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan arang aktif bambu yang dibuat sendiri sehingga kualitasnya menjadi lebih terpercaya
- b. Diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan arang aktif bambu dengan variasi ketebalan yang lebih banyak sehingga dapat diketahui ketebalan yang efektif
- c. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kejenuhan arang aktif bambu dalam mengadsorpsi logam berat
- d. Diperlukan penggunaan metode *water flow* pada rangkaian alat untuk menambah kestabilan tekanan pada air.

DAFTAR RUJUKAN

1. Roberts TL. Cadmium and phosphorous fertilizers: The issues and the science. *Procedia Eng* [Internet]. 2014;83:52–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.09.012>
2. Cordell D, Rosemarin A, Schröder JJ, Smit AL. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere* [Internet]. 2011;84(6):747–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.032>
3. Republik Indonesia. Lampiran PP No. 82 Tahun 2001. 2013;2:7–8. Available from: <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirLimbahDomestikDKI/LAMP2.pdf>
4. Sutrisno, Kuntastyuti H. Pengelolaan Cemar Kadmium pada Lahan Pertanian di Indonesia. 2015;13(1):83–91.
5. Setyaningtyas T, Zufahair, Suyata. Pemanfaatan Abu Sekam Padi sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air. *Majalah Kimia Universitas Jenderal Sudirman*. 2005;33–41.
6. Widayatno T, Yuliatwati T, Susilo AA, Studi P, Kimia T, Teknik F, et al. Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *J Teknol Bahan Alam*. 2017;1(1):17–23.
7. Putri EE, Anita S, Bali S. Potensi Arang Aktif Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Sebagai Adsorben Ion Mn²⁺ Dan No³⁻ Dalam Air Sumur Bor Buruk Bakul, Bengkalis. (3):213–42.
8. Djumanta W, Susanti D. Belajar Matematika Aktif dan Menyenangkan. Jakarta: Setya Purnama Invest; 2008.