

## EFEKTIVITAS KALSIMUM KARBONAT DENGAN VARIASI KETEBALAN MEDIA DALAM MENGURANGI KADAR KADMIUM PADA LARUTAN PUPUK

**Bekti Kusuma Wijayanti, Nur Endah Wahyuningsih, Budiyo**

Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat  
Universitas Diponegoro

Email : kusumabekti@gmail.com

**Abstract :** *Farmer's activity to fertilize plant can decrease the quality of the river. Fertilizers contain substances that are difficult to degrade. One of them is cadmium heavy metal (Cd) which can damage the ecosystem and cause health problems. To reduce cadmium levels in fertilizer water was by employing the filtration method using calcium carbonate powder. The purpose of this study was to determine the effectiveness of calcium carbonate powder to reduce cadmium in fertilizer solution. Based on Government Regulation No. 82 of 2001, the threshold value for cadmium on agricultural land is 0.01 mg/l. This type of research design was a quasi experiment with Non Randomized Control Group Pretestt-Posttest Design. The independent variable in this study was the variation in thickness of calcium carbonate powder by 40 cm, 50 cm and 60 cm. The dependent variable was the cadmium level in SP-36 fertilizer solution as much as 9 liters. The statistical test used was the One Way Anova test ( $\alpha = 0.05$ ). The test results showed that the cadmium level in the solution before treatment was 1.820 mg/l and the control was 1,800 mg/l. There were differences in cadmium levels in fertilizer solutions with variations in thickness of calcium carbonate powder. The most optimal thickness variation was 60 cm thickness with 63.415% effectiveness. The thickness of the calcium carbonate media has not been effective in reducing cadmium levels in the fertilizer solution according to the predetermined threshold value.*

**Keywords :** *adsorbtion, calcium carbonate powder, heavy metal Cd*

### PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang dapat mengubah kualitas air sungai yaitu dikarenakan aktivitas pertanian.<sup>1</sup> Kegiatan yang dilakukan petani, termasuk didalamnya meliputi pemberian pupuk dan pemberian pestisida pada tanaman, dapat mengganggu kualitas air sungai melalui buangan air dari kegiatan aktivitas pertanian yang tidak diolah dan kemudian masuk ke badan air

sungai. Pupuk berfungsi untuk menyuburkan tanah sehingga tanah menjadi memiliki unsur hara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.<sup>2</sup> Selain itu pemberian pupuk juga diharapkan petani dapat mempercepat waktu panen. Hal tersebut memicu besarnya penggunaan pupuk dalam pertanian, terutama penggunaan pupuk anorganik

Pupuk memiliki kandungan zat yang sulit terdegradasi. Salah satu bahan yang sulit terdegradasi dalam pupuk adalah logam berat yang merupakan unsur ikutan.<sup>3</sup> Dari hasil studi pendahuluan Di daerah Brebes Jawa Tengah, diketahui kandungan Cd di air irigasi pertanian bawang dan padi rata-rata sebesar 0,02 mg/l. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, Kandungan Cd pada air golongan IV yang merupakan air yang peruntukannya untuk pertanian adalah sebesar 0,01 ppm. Berdasarkan peraturan tersebut, maka data pencemaran logam Cadmium daerah pertanian Brebes memiliki kadar diatas NAB yang telah ditetapkan. Cadmium (Cd) merupakan logam berat berbahaya yang berada dalam pupuk.

Logam berat kadmium dapat berdampak bahaya bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Cadmium yang terserap oleh tanaman dapat menghambat pertumbuhan atau bahkan menyebabkan kematian sel. Selain itu, kadmium dapat memasuki badan air sungai terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup dan terus mengalami pertambahan kadar berdasarkan kondisi perairan. Meningkatnya kadar kadmium dalam organisme dapat dikarenakan adanya rantai makanan. Organisme satu memakan organisme yang lain sehingga akumulasi kadar kadmium paling banyak berada di tingkat tropik tertinggi.<sup>4</sup> Hewan air yang mengandung logam berat apabila dikonsumsi manusia akan menimbulkan dampak gangguan kesehatan. Cadmium memiliki sifat

mirip dengan kalsium sehingga mengganti kalsium dalam membentuk tulang. Hasilnya tulang menjadi rapuh dan mudah patah yang disebut *itai-itai kyo*. Selain itu juga dapat menimbulkan kanker, mengganggu organ paru-paru, ginjal, otak dan pembuluh darah. Cadmium memiliki sifat racun terhadap saraf yang dapat menyebabkan gangguan indera penciuman.<sup>5</sup> Untuk mengurangi kandungan kadmium digunakan metode pengolahan fisika dengan adsorpsi menggunakan media cangkang telur karena cangkang telur memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Metode adsorpsi ini memiliki kelebihan dari metode yang lain karena prosesnya lebih sederhana dan biayanya relatif murah.

Cangkang telur dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung  $\text{CaCO}_3$ .  $\text{CaCO}_3$  memiliki sifat yang struktural dan superfisial,  $\text{CaCO}_3$  telah diteliti secara intens sebagai zat adsorben yang digunakan untuk menghilangkan ion logam dari larutan berair.  $\text{CaCO}_3$  terdiri dari masing-masing struktur segitiga  $\text{CO}_3^{2-}$  membentuk satu lapisan yang terletak tegak lurus dengan pusat c-axis. Ion  $\text{Ca}^{2+}$  terletak di antara lapisan tersebut dan membentuk oktahedron dengan berbagi ion oksigen atas dan bawah dari struktur segitiga  $\text{CO}_3^{2-}$ . Struktur memiliki ruang dalam yang lebih besar dibandingkan dengan senyawa lain. Terdapat gaya tarik permukaan dan gaya tarik menarik yang dimiliki  $\text{CaCO}_3$ , Setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, setimbang ke segala bagian. Sedangkan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya

tarik kearah dalam dan tidak memiliki gaya tarik ke luar. Kondisi tidak seimbang tersebut menyebabkan ion logam mengalami gaya tarik menarik dengan permukaan cangkang telur yang hanya tertarik arah dalam.<sup>6</sup>

## METODE

### 1. Desain Penelitian

Jenis penelitian ini adalah kuasi eksperimen dengan rancangan *pretest-posttest control group design*. Dengan subjek penelitian adalah larutan pupuk buatan, dengan 3 perlakuan yaitu 3 variasi ketebalan yang dilakukan sebanyak 9 kali pengulangan.

### 2. Alat dan Bahan Penelitian

#### 1) Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa PVC 2 inci, kain blancu, kran, gelas ukur, thermometer air, dan ph meter..

#### 2) Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung cangkang telur, aquades, dan pupuk SP-36.

### 3. Prosedur Penelitian

#### 1) Pembuatan Alat dan Persiapan Media

Alat dibuat dengan memasang kran pada bak penampung, kemudian dibawah kran diberi pipa PVC 2 inci yang berisi tepung cangkang telur, selanjutnya pipa dipasang kran, di bagian bawah pipa diberi wadah penampung sebanyak 4 wadah

#### 2) Proses Penelitian

- (1) Aquades sebanyak 9 liter dicampur ke dalam wadah dengan 2700 gram pupuk SP-36
- (2) Larutan pupuk didiamkan selama 4 jam
- (3) Pupuk diaduk hingga pupuk terlarut dalam air

- (4) Pupuk didiamkan selama 12 jam agar mengendap
- (5) Larutan pupuk diukur ph dan suhunya sebagai pretest
- (6) Larutan pupuk dialirkan ke dalam pipa PVC yang telah dilapisi kain blancu dan diisi media cangkang telur berukuran 200 mesh yang sebelumnya telah dipanaskan dalam suhu 110 °C selama 2 jam. Ketebalan media pada masing-masing pipa yaitu 40 cm, 50 cm, 60 cm dan satu pipa tanpa media sebagai control
- (7) Larutan pupuk dari masing-masing pipa dialirkan ke dalam wadah penampung sebanyak 300 ml
- (8) Larutan diukur pH dan suhunya

### 3) Pemeriksaan Kadar Timbal

Pemeriksaan dilakukan dengan metode AAS (*Atomis Absorbtion Spectrophotometry*) dengan merk PerkinElmer dengan tipe pinA Acl 900F

### 4. Analisis Data

Analisis yang digunakan adalah uji *one way anova* dengan nilai kepercayaan 95% dan uji lanjutan *Post Hoc Test* menggunakan *Games-Howell*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### pH



Rata-rata pH sebelum perlakuan adalah 2, untuk pH kontrol masih tidak mengalami perubahan yaitu memiliki nilai pH 2. pH pada masing-masing ketebalan memiliki nilai yang sama yaitu 3.

pH yang terlalu asam merupakan faktor yang mengganggu terjadinya proses adsorpsi. Sehingga proses adsorpsi tidak terjadi secara optimal. Semakin rendah pH larutan pupuk sebelum perlakuan maka akan terjadi protonasi yang berlebihan pada permukaan adsorben. Spesi ion Cd (II) yang terbentuk dalam larutan adalah  $Cd^{2+}$ . Hal tersebut menyebabkan terjadi persaingan antara proton dengan muatan positif dari ion  $Cd^{2+}$  di permukaan adsorben sehingga menyebabkan kecilnya adsorpsi ion  $Cd^{2+}$  yang terjadi. Semakin rendah pH maka karakter karbonat dalam cangkang telur menjadi lebih lemah dan menurunkan densitas muatan negatif permukaan. Akibatnya gaya tarik menarik antar permukaan adsorben dengan ion  $Cd^{2+}$  menjadi lemah. pH yang efektif untuk proses adsorpsi adalah pH netral (pH 7). Hal tersebut dikarenakan berkurangnya kompetisi diantara proton ( $H^+$ ) dan ion logam kadmium yang bermuatan positif ( $Cd^{2+}$ ) di permukaan media yang menyebabkan tolakan rendah terhadap ion  $Cd^{2+}$ . Namun selain pH netral, pada pH basa kadar logam kadmium juga mengalami penurunan yang tinggi. Hal tersebut bukan disebabkan karena meningkatnya proses adsorpsi, melainkan

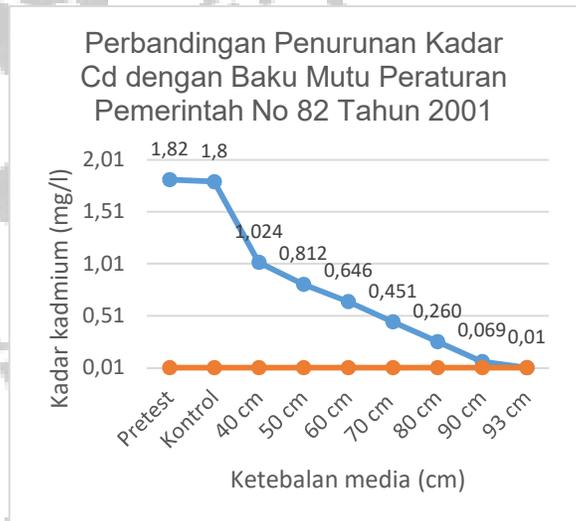
disebabkan terjadinya proses pengendapan di dalam larutan.<sup>7</sup>

### Suhu

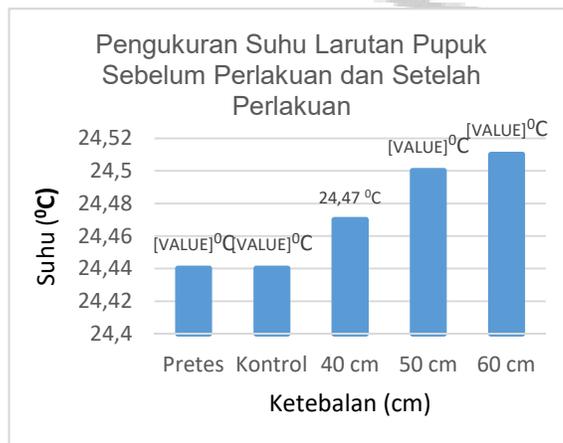
menggunakan cangkang telur merupakan adsorpsi yang terjadi secara fisika sehingga prosesnya tidak melibatkan energi aktivasi tertentu yang dapat melepaskan atau menerima energi panas sebagai energi aktivasi.

Suhu larutan pupuk sebelum adsorpsi dapat berperan

### Penurunan Kadar Kadmium



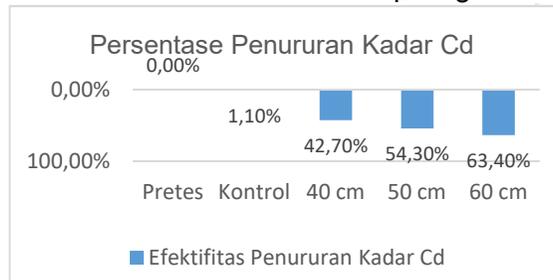
Rata-rata kadar kadmium setelah perlakuan dengan media tepung cangkang telur pada ketebalan 40 cm memiliki kadar Cd yang paling tinggi dengan nilai 1,024 mg/l, pada ketebalan 50 cm memiliki kadar Cd sebesar 0,812, dan pada ketebalan 60 cm memiliki kadar Cd terendah dibandingkan dengan variasi ketebalan sebelumnya yaitu 0,646 mg/l. Kadar Cd setelah perlakuan belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil



penelitian, ketebalan efektif untuk menurunkan kadar Cd sesuai baku mutu adalah ketebalan 93 cm.

### Efektivitas Kadar Kadmium

Penurunan kadar kadmium paling efektif



terjadi pada ketebalan 60 cm yaitu sebesar 63,40% dan penurunan kadar kadmium terendah terjadi pada ketebalan 40 cm. berdasarkan uji one way anova pada variabel kadar kadmium pada larutan pupuk didapatkan nilai p-value = 0,000 atau  $\leq 0,05$ . Maka  $H_0$  ditolak,  $H_a$  diterima. Kesimpulannya adalah ada perbedaan kadar kadmium pada larutan pupuk dengan menggunakan variasi ketebalan tepung cangkang telur.

Variasi ketebalan media tepung cangkang telur dapat mempengaruhi proses adsorpsi logam kadmium pada larutan pupuk karena berhubungan dengan luas permukaan media tepung cangkang telur. Luas permukaan adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi. Luas permukaan ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Semakin luas permukaan maka akan semakin banyak logam kadmium yang teradsorpsi dikarenakan semakin banyak pori-pori yang tersedia.

Dengan penambahan ketebalan maka luas permukaan media akan semakin besar karena penambahan ketebalan merupakan usaha dalam memperbanyak jumlah adsorben sehingga pori-pori yang tersedia juga

semakin banyak. Ketebalan yang semakin bertambah akan menyebabkan semakin banyak logam kadmium yang mengalami adsorpsi.<sup>8</sup> Adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi ketika molekul dari zat atau gas terakumulasi pada suatu permukaan padatan. Adsorpsi juga merupakan proses transfer massa, dimana komponen dalam larutan akan berpindah ke fase padat. Pada proses ini terjadi adsorpsi secara fisik, adsorpsi fisik terjadi dimana kadmium terperangkap ke dalam pori-pori dari adsorben (tepung cangkang telur). Pada adsorpsi fisik, gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya *Van Der Waals*. Terdapat gaya tarik permukaan dan gaya tarik menarik yang dimiliki cangkang telur, setiap molekul dalam interior dikelilingi oleh molekul-molekul lainnya, sehingga gaya tarik menarik antar molekul akan sama besar, seimbang ke segala bagian. Sedangkan untuk molekul dipermukaan hanya mempunyai gaya tarik ke arah dalam dan tidak memiliki gaya tarik ke luar. Kondisi tidak seimbang tersebut menyebabkan ion  $Cd^{2+}$  mengalami gaya tarik menarik dengan permukaan cangkang telur yang hanya tertarik ke arah dalam. Partikel mulai diikat secara fisik menuju permukaan adsorben.

Secara umum, unsur-unsur yang memiliki massa molekul lebih besar akan lebih mudah diadsorpsi.<sup>9</sup> Semakin besar massa molekul maka ion logam akan lebih cepat jatuh ke permukaan adsorben dan terjerap. Selain massa molekul, nomor atom juga dapat mempengaruhi efektivitas penjerapan ion logam Cd ke permukaan adsorben. Nomor atom menunjukkan jumlah proton yang

dimiliki oleh ion. Semakin besar jumlah proton maka mengakibatkan daya tarik inti dan muatan inti efektif akan semakin besar sehingga akan lebih mempermudah ion logam dalam menginduksi adsorben cangkang telur ayam yang bersifat non polar dan membentuk gaya tarik elektrostatik yang disebut gaya dipol-dipolinduksian. Interaksi ion dipol-dipolinduksian merupakan interaksi molekul netral dan menjadi dipol akibat induksi partikel bermuatan yang berada di dekatnya. Jari jari ion juga salah satu faktor yang mempengaruhi penjerapan ion logam  $Cd^{2+}$  selain massa atom dan nomor atom. Semakin besar jari-jari ion maka gaya elektrostatik yang dimiliki semakin kecil sehingga menyebabkan kemampuan ion menarik molekul air disekitarnya lemah. Dengan lemahnya kemampuan menarik molekul air maka pergerakan ion ke permukaan adsorben menjadi lebih baik, yang menyebabkan ion lebih cepat sampai ke permukaan adsorben tanpa terganggu gaya tarik menarik dengan molekul air. Karena efektifitas penjerapan ion pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh massa atom, nomor atom dan jari-jari ion maka jika ada ion logam selain  $Cd^{2+}$  yang teradapat pada larutan pupuk maka, dapat mengganggu penjerapan ion  $Cd^{2+}$ .

Namun proses adsorpsi menggunakan tepung cangkang telur juga memiliki titik jenuh dalam menyerap ion logam cadmium karena kemampuan media tepung cangkang telur dalam melakukan penyerapan juga terbatas. Apabila proses adsorpsi sudah berada titik jenuh dapat ditandai dengan semakin berkurangnya jumlah logam yang diadsorpsi, sehingga hasil

kadar ion logam setelah perlakuan akan tetap sama dengan perlakuan sebelumnya bahkan bertambah besar.

Titik jenuh dapat disebabkan karena banyak pori-pori pada media yang telah menyerap ion logam sehingga pori-pori tersebut menjadi penuh sedangkan ion logam terus menerus ditambahkan. Selain itu, karena adsorpsi secara fisika bersifat reversible sehingga ketika proses adsorpsi berjalan pada waktu yang lama maka pori-pori yang tadinya sudah penuh oleh zat yang diserap menjadi terbuka lagi karena lepasnya ion logam yang teradsorpsi peristiwa tersebut merupakan peristiwa desorpsi.<sup>10</sup>

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam penelitian ini diambil kesimpulan:

1. Tepung cangkang telur sebagai adsorben dapat mengurangi kadar cadmium pada larutan pupuk.
2. Rata-rata kadar logam cadmium pada larutan pupuk fosfat SP-36 sebelum perlakuan sebesar 1,820 mg/l.
3. Kadar cadmium pada larutan pupuk setelah perlakuan yaitu pada ketebalan 40 cm sebesar 1,075 mg/l, ketebalan 50 cm sebesar 0,841 mg/l, ketebalan 60 cm sebesar 0,646 mg/l.
4. Penurunan kadar logam berat cadmium pada setiap variasi ketebalan yaitu pada ketebalan 40 cm sebesar 42,7% (0,745 mg/l), pada ketebalan 50 cm sebesar 54,3% (0,979 mg/l), dan pada ketebalan 60 cm sebesar 63,4 % (1,174 mg/l).
5. Penurunan kadar logam berat cadmium paling tinggi berdasarkan variasi ketebalan tepung cangkang

telur ( 40 cm, 50 cm, 60 cm) terjadi pada kelompok perlakuan adsorpsi dengan ketebalan 60 cm yaitu sebesar 63,4% (0,646 mg/l).

6. Terdapat perbedaan antara kadar logam berat cadmium pada larutan pupuk di setiap variasi kelompok perlakuan.

### Saran

Bagi Peneliti Lain

1. Perlu melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui ketebalan tepung cangkang telur berada pada titik jenuh. Caranya yaitu dengan memperbesar jarak variasi ketebalan atau memperbanyak jumlah variasi ketebalan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap pengaruh tepung cangkang telur terhadap kandungan logam lainnya yang ada dalam larutan pupuk.
3. Diperlukan penelitian lanjutan dengan variasi diameter tepung cangkang telur.
4. Perlu adanya pemberian lubang di bagian atas pipa untuk menyamakan ketinggian air yang terserap kedalam media agar air yang masuk memiliki tekanan yang sama pada setiap pipa dan tidak terjadi *overflow*.

### DAFTAR RUJUKAN

1. Tafangenyasha, C. and T. Dzinomwa. Land-use Impacts on River Water Quality in Lowveld Sand River Systems in South-East Zimbabwe. *Land Use and Water Resources Research*. 2005; 5: 3.1–3.10.
2. Sabam, M., Idwar., Wardati. Pengaruh Pupuk Npk Dan Kascing Terhadap Pertumbuhan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Fase Main Nursery. *JOM Faperta*. 2016; 3 (2).
3. Charlena. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Dan Cadmium (Cd) Pada Sayur-Sayuran. Thesis. Bogor : Institut Pertanian Bogor; 2013.
4. Setyorini, D., Soeparto., Sulaeman. Kadar Logam Berat Dalam Pupuk. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Badan Litbang Pertanian. 2003.
5. Darmono. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta: Penerbit UI Press; 1995.
6. Thilagan, J. Continuous Fixed Bed Column Adsorption of Copper (II) Ions from Aqueous Solution by Calcium Carbonate. *International Journal of Engineering Research & Technology* (IJERT). 2015; Vol 4.
7. Vella,C., Ita, U. Pengaruh pH Pada Adsorpsi Ion Cd<sup>2+</sup> Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Trembesi (Samanea saman). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 2015; 4(2).
8. Stanley, G.G. The Extractive Metallurgy of Gold in South Africa. The South Africa Institute of Mining & Metallurgy, Johannesburg. 1997.
9. Alfiany, H., S. Bahri, and Nurakhirawati. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*. 2013; 2 (3):75-86.
10. Salasatun Atminingtya, Wiharyanto Oktawan, Irawan Wisnu Wardana. Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH Dan

Tinggi Kolom Pada Arang Aktif  
Dari Kulit Pisang Terhadap  
Efektivitas Penurunan Logam  
Berat Tembaga (Cu) Dan Seng  
(Zn) Limbah Cair Industri  
Elektroplatin. Jurnal Teknik  
Lingkungan. 2016; 5(1).

