



Adsorpsi Tanah terhadap Ion Logam Ni(II) dan Zn(II) serta Remediasinya dengan Metode Pencucian

Sri Ayu Slamet Pujiati¹✉, Sukarjo², Eko Budi Susatyo¹ dan Nuni Widiarti¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

²Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) Jl. Raya Jakenan – Jaken Km 05 Kotak Pos 5 Jakenan – Pati 59182 Telepon / Faxsimile (0295) 4749044 / (0295) 4749045

Info Artikel

Diterima Juni 2018

Disetujui Juli 2018

Dipublikasikan Agustus 2018

Keywords:
adsorpsi tanah
ion logam
pencucian

Abstrak

Studi awal tentang karakteristik pada tiga jenis tanah dari Magelang, Pati, dan Demak telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi maksimum tanah terhadap ion logam Ni(II) dan Zn(II) serta mengetahui pengaruh pH dan volume air terhadap efektivitas pencucian dalam menurunkan kadar ion logam Ni(II) dan Zn(II). Penelitian ini dilakukan pada 3 jenis tanah dengan tekstur yang berbeda yaitu *Andisol* (Magelang), *Inceptisol* (Pati), dan *Grumosol* (Demak). Kapasitas adsorpsi maksimum tanah ditentukan berdasarkan bentuk linier dari persamaan *Langmuir* dengan koefisien korelasi antara 0,92 sampai 0,97. Kapasitas adsorpsi tanah terhadap ion logam Ni(II) dan Zn(II) meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi liat tanah. Setelah proses adsorpsi, selanjutnya tanah diremediasi dengan metode pencucian secara penggenangan (*batch*) dan perkolasi. Sampel tanah yang digunakan dalam percobaan ini adalah tanah *Grumosol*. Metode pencucian secara penggenangan dilakukan dengan cara menggenangi 5 g tanah dengan air tadah hujan pada pH asam, netral, dan basa. Sedangkan metode pencucian secara perkolasi dilakukan dengan cara mengalir 5 gram tanah dengan air tadah hujan pada volume 50, 100, dan 150 mL. Pada pencucian dengan metode penggenangan, pH tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efektivitas pencucian. Sedangkan pada metode perkolasi, efektivitas pencucian meningkat seiring dengan meningkatnya volume air pencuci.

Abstract

Preliminary studies about characteristic of three soils types from Magelang, Pati, and Demak have been done. This research aims to determine the maximum adsorption capacity of soil to Ni(II) and Zn(II) metal ions and to know the effect of pH and volume of water on washing effectiveness in reducing Ni(II) and Zn(II) metal ions. This research was conducted on 3 types of soil with different textures, that is *Andisol* (Magelang), *Inceptisol* (Pati), and *Grumosol* (Demak). The maximum capacity of the soil is determined based on linier form of *Langmuir* equation with coefficient correlation 0.92 until 0.97. Soil adsorption capacity to Ni(II) and Zn(II) metal ions increase with increase clay fraction. After adsorption process, the soil is remediated by batch and percolation washing method. The soil samples used in this experiment were *Grumosol*. Batch method is done by flooding 5 grams of soil with rain-fed water at acid, neutral, and alkaline pH. While the percolation washing method is done by flowing 5 grams of soil with rain-fed water at volume 50, 100, and 150 mL. At batch leaching method, pH has no significant effect on washing effectiveness. While the percolation method, the washing effectiveness increases with increasing volume of washing water.

© 2018 Universitas Negeri Semarang

Pendahuluan

Aktivitas industri di sekitar lahan pertanian seperti industri electroplating berpotensi mencemari lingkungan pertanian (air, tanah, dan tanaman) dengan logam berat (Dewi, 2014). Tanah mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi dan menyimpan logam berat yang berasal dari pencemaran secara geologis, limbah industri, pupuk, dan pestisida. Akumulasi logam berat pada tanah dapat mengakibatkan penurunan aktivitas mikroba tanah, kesuburan, dan penurunan hasil panen, serta masuknya bahan beracun ke rantai makanan (Kurnia *et al.*, 2009).

Di Indonesia terdapat beberapa jenis tanah yang sering dijumpai, yaitu tanah *Mollisol*, *Vertisol*, *Andisol*, *Alfisol*, *Inceptisol*, *Ultisol*, *Oksisol*, dan *Spodosol*. Masing-masing jenis tanah memiliki karakteristik dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda (Sutanto, 2005). Sifat fisik dan kimia tanah ini mempengaruhi kemampuan tanah dalam mengadsorpsi logam berat. Ketika logam berat masuk dalam lingkungan pertanian, maka akan terjadi dua kemungkinan yaitu teradsorpsi oleh fraksi liat tanah dan tersedia bagi tanaman. Ion logam Ni(II) dan Zn(II) dapat masuk ke dalam lahan pertanian melalui penggunaan pupuk fosfat, pestisida, fungisida, dan limbah industri (Lahuddin, 2007). Kemampuan tanah dalam mengadsorpsi ion logam Ni(II) dan Zn(II) dipengaruhi oleh fraksi liat, kapasitas tukar kation, dan konsentrasi logam pencemar. Kapasitas adsorpsi tanah meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi liat, kapasitas tukar kation, dan konsentrasi logam pencemar (Ramachandran, 2013; Ashraf, 2008).

Pesatnya perkembangan industri berpotensi mencemari lingkungan pertanian dengan limbah, salah satunya logam berat. Salah satu metode yang digunakan untuk menurunkan kadar logam berat dalam tanah adalah metode remediasi. Berbagai metode remediasi telah banyak dilakukan, salah satunya dengan metode pencucian. Metode pencucian dapat dilakukan dengan cara menambahkan bahan kimia secara *ex-situ* dan *in-situ*, metode imobilisasi untuk mengurangi kelarutan logam berat dengan menambahkan bahan non-toksik, dan metode delusi (Aziz, 2015). Namun metode tersebut kurang efisien jika diterapkan dalam lahan pertanian, sehingga dalam penelitian ini dilakukan pencucian metode penggenangan (*batch*) dan perkolasi.

Metode

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) *AA 240 FS Varian*, *shaker*, mikropipet *Dragon Med 1000-5000 µL* dan *100-1000 µL*, *vortex Velp Scientifica ZX3*, dan pH meter *Hanna*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini tanah (*Andisol*, *Inceptisol*, *Grumosol*), air tadah hujan, aquades, larutan standar Ni(NO₃)₂ dan Zn(NO₃)₂ 1000 mg/L, HCl, CaCl₂.2H₂O buatan *Merck*, dan NaOH buatan *Sigma-Aldrich* dengan *grade pro analyst*.

Metode adsorpsi dilakukan secara batch dengan mengocok 2 g tanah dan 20 mL larutan CaCl₂.2H₂O 0,1 M yang mengandung ion Ni²⁺ atau Zn²⁺ pada konsentrasi yang berbeda (berkisar 0-200 ppm untuk tanah *Andisol*, 0-400 ppm untuk tanah *Inceptisol*, dan 0-800 ppm untuk tanah *Grumosol*) selama 30 menit pada pagi dan sore hari. Pengocokan (masa inkubasi) dilakukan selama 6 hari. Selanjutnya sampel didiamkan selama 24 jam dan disaring menggunakan kertas saring. Filtrat dianalisis dengan AAS. Metode yang digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum tanah adalah metode *Langmuir*.

Remediasi dilakukan dengan metode penggenangan (*batch*) dan perkolasi (pengaliran). Pada metode penggenangan, 5 g tanah *Grumosol* direndam dengan 25 mL air tadah hujan pada pH asam, netral, dan basa. Penggenangan dilakukan selama 3 hari. Setelah 3 hari, sampel disaring menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat. Filtrat diukur menggunakan AAS. Pada metode perkolasi (pengaliran), remediasi dilakukan dengan mengaliri 5 g tanah *Grumosol* menggunakan air tadah hujan dengan volume 50, 100 dan 150 mL. Air yang digunakan sebagai larutan pencuci selanjutnya ditampung dalam botol. Selanjutnya diukur menggunakan AAS.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik tanah perlu dianalisis untuk mengetahui jenis tanah serta pengaruh sifat fisik (tekstur) dan kimia (pH, KTK, dan kandungan bahan organik) tanah terhadap kemampuannya dalam mengadsorpsi ion logam Ni (II) dan Zn (II). Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tiga lokasi di Jawa Tengah, yaitu Magelang, Pati dan Demak. Dilihat dari sifat fisiknya, masing-masing tanah ini memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik tanah percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik tanah awal

Sifat-sifat tanah	Metode	Nilai		
		Magelang	Pati	Demak
Tekstur				
Pasir (%)	Pipet	39	38	13
Debu (%)		58	48	30
Liat (%)		3	14	57
pH	H ₂ O	6,7	6,9	8,0
C-Organik	Walkey dan Black	3,00	1,09	1,14
KTK (cmol/kg)	NH ₄ OAc 1 N pH 7	14,94	18,67	23,57

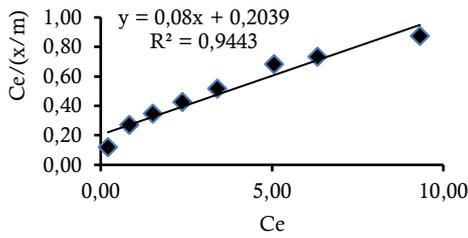
Berdasarkan hasil analisis, tanah dari Magelang memiliki karakteristik bertekstur lempung berdebu (fraksi pasir 39%, debu 58%, dan liat 3%), pH netral (6,7), kadar bahan organik tinggi (3,0) dan nilai KTK rendah (14,94 cmol/kg). Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa sampel tanah dari Magelang termasuk jenis tanah Andisol. Hal ini diperkuat dengan penelitian Haryati *et al.*, (2009) yang menyatakan bahwa tanah di lahan sayur kecamatan Sawangan kabupaten Magelang termasuk dalam tanah *Andisol*.

Sampel tanah yang diambil dari desa Sidomukti, kecamatan Jaken, kabupaten Pati merupakan lahan sawah tadah hujan dengan tanaman budidaya dominan padi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel tanah ini berwarna coklat dengan tekstur lempung (fraksi pasir 38%, debu 48%, dan liat 14%), pH netral (6,9), nilai KTK sedang (18,67 cmol/kg) dan nilai C-Organik rendah (1,09). Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa sampel tanah dari Pati termasuk tanah *Inceptisol*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Prasetyo (2007) yang menyatakan bahwa tanah di Pati termasuk tanah *Inceptisol* yang umumnya berwarna kelabu hingga coklat, bertekstur lempung sampai liat, dengan kandungan bahan organik rendah dan nilai KTK sedang sampai tinggi.

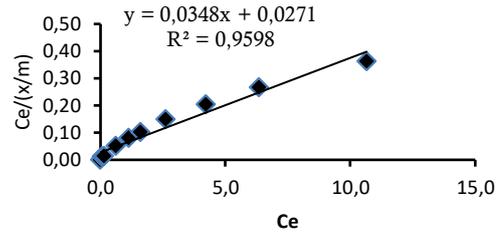
Sampel tanah dari kabupaten Demak diambil dari lahan sawah di kecamatan Gajah dengan tanaman komoditas padi. Tanah ini memiliki warna abu-abu gelap, dengan tekstur liat (fraksi pasir 13%, debu 30%, dan liat 57%), nilai KTK tinggi (23,57 cmol/kg), pH agak alkalis (8,0) dan nilai C-oganik rendah (1,14). Berdasarkan ciri-ciri tersebut, tanah ini termasuk tanah *Grumosol*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Demak (2017), yang menyatakan bahwa tanah di kecamatan Gajah, kabupaten Demak termasuk tanah *Grumosol/Vertisol*.

Metode *Langmuir* digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum tanah terhadap ion logam Ni(II) dan Zn(II). Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum dilakukan dengan memplot C_e vs $C_e/(x/m)$. C_e adalah konsentrasi ion logam terlarut, sedangkan x/m adalah konsentrasi ion logam teradsorpsi (Handayani, 2009). Pengujian persamaan adsorpsi *Langmuir* dibuktikan dengan nilai koefisien determinasi $R^2 \geq 0,9$ (mendekati 1). Hal ini menunjukkan bahwa persamaan *Langmuir* dapat diterapkan pada proses adsorpsi ion logam nikel (II) dan seng (II) oleh tanah (Handayani, 2009).

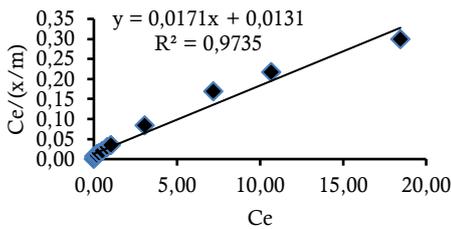
Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Andisol*, *Inceptisol*, dan *Grumosol* terhadap ion logam Ni(II) dan Zn(II) disajikan pada Gambar 1. Gambar 1a adalah isoterm adsorpsi *Langmuir* pada tanah *Andisol* (Magelang) terhadap ion logam Ni(II). Berdasarkan isoterm tersebut diperoleh persamaan $y = 0,0884x + 0,1539$ dengan nilai $R^2 = 0,92$ sehingga diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimum 125 mg/kg. Gambar 1b merupakan isoterm adsorpsi *Langmuir* pada tanah *Inceptisol* terhadap ion logam Ni(II). Berdasarkan isoterm tersebut diperoleh persamaan $y = 0,0348x + 0,0271$ dengan nilai $R^2 = 0,96$ sehingga diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 287,36 mg/kg. Gambar 1c merupakan isoterm adsorpsi *Langmuir* pada tanah *Grumosol* (Demak) terhadap ion logam Ni(II). Berdasarkan isoterm tersebut diperoleh persamaan $y = 0,0171x + 0,0131$ dengan nilai $R^2 = 0,97$ sehingga diketahui kapasitas adsorpsi maksimumnya sebesar 584,8 mg/kg. Gambar 1d merupakan isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Andisol* (Magelang) terhadap ion logam Zn(II). Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh $y = 0,1622x + 0,1369$ dengan nilai $R^2 = 0,95$ sehingga diketahui nilai kapasitas adsorpsi maksimumnya sebesar 61,65 ppm. Gambar 1e merupakan isoterm adsorpsi *Langmuir* pada tanah *Inceptisol* (Pati) terhadap ion logam Zn(II). Berdasarkan isoterm tersebut diperoleh persamaan $y = 0,0418x + 0,0153$ dengan nilai $R^2 = 0,95$ sehingga diperoleh nilai kapasitas adsorpsinya sebesar 239,23 mg/kg. Gambar 1f merupakan isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Grumosol* (Demak) terhadap ion logam Zn(II). Berdasarkan isoterm tersebut diperoleh persamaan $y = 0,0223x + 0,002$ dengan nilai $R^2 = 0,96$ sehingga diperoleh nilai kapasitas adsorpsi maksimumnya sebesar 239,23 mg/kg.



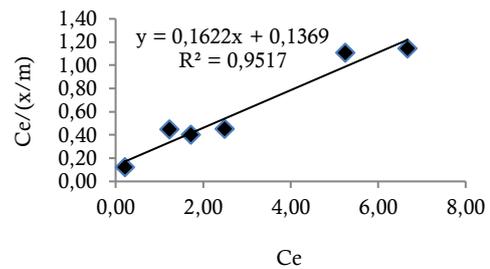
a. Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Andisol* terhadap ion Ni(II)



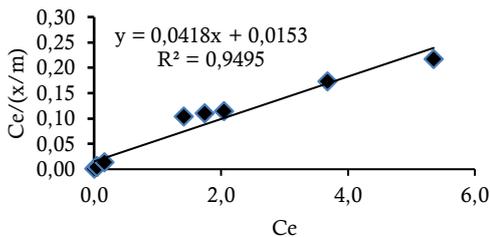
b. Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Inceptisol* terhadap ion Ni(II)



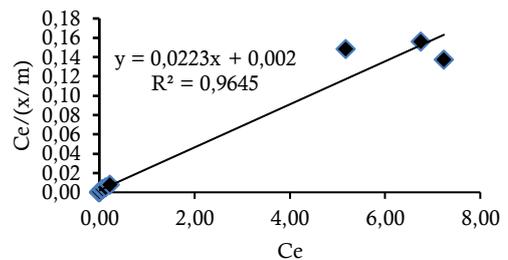
c. Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Grumosol* terhadap ion Ni(II)



d. Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Andisol* terhadap ion Zn(II)



e. Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Inceptisol* terhadap ion Zn(II)



f. Isoterm adsorpsi *Langmuir* tanah *Grumosol* terhadap ion Zn(II)

Gambar 1. Isoterm adsorpsi *Langmuir* $C_e/(x/m)$ versus C_e

Keterangan :

C_e = konsentrasi ion logam terlarut

x/m = konsentrasi ion logam teradsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi maksimum tanah terhadap ion logam ditentukan berdasarkan persamaan isoterm adsorpsi *Langmuir*. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum tanah *Andisol*, *Inceptisol*, dan *Grumosol* terhadap ion Ni(II) dan Zn(II) disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3. Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 2, diketahui bahwa kapasitas adsorpsi tanah terhadap ion Ni(II) meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan liat tanah. Kapasitas adsorpsi terhadap ion Ni(II) pada tanah *Andisol* (liat 3%), *Inceptisol* (liat 14%), dan *Grumosol* (liat 57%) berturut-turut adalah 149,47; 304,22 dan 670,53 mg/kg. Hal ini sesuai dengan penelitian Ramachandran (2013) yang menyatakan bahwa kapasitas adsorpsi ion logam Ni(II) meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi liat tanah.

Tabel 2. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum tanah terhadap ion logam Ni(II)

Jenis tanah	Tekstur	Ion Ni(II) awal pada tanah (mg/kg)	Ion Ni(II) teradsorpsi (mg/kg)	Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/kg)
<i>Andisol</i> (Magelang)	Lempung berdebu (P=39%, D=58%, L=3%)	24,47	125,00	149,47
<i>Inceptisol</i> (Pati)	Lempung (P=38%, D=48%, L=14%)	16,86	287,36	304,22
<i>Grumosol</i> (Demak)	Liat (P=13%, D=30%, L=37%)	85,73	584,8	670,53

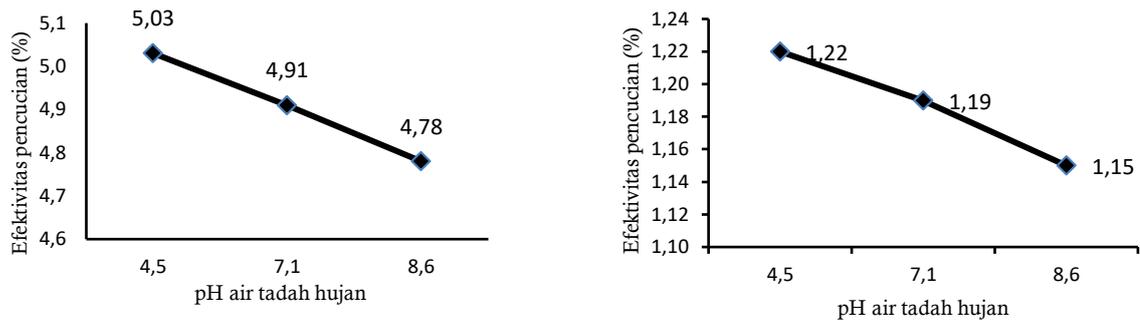
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 3, diketahui bahwa kapasitas adsorpsi tanah terhadap ion Zn(II) meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan liat dalam tanah. Kapasitas adsorpsi terhadap ion Zn(II) pada tanah *Andisol* (liat 3%), *Inceptisol* (liat 14%) dan *Grumosol* (liat 57%) berturut-turut adalah 147,38; 274,87 dan 472,90 mg/kg. Tanah *Grumosol* memiliki kapasitas adsorpsi yang paling tinggi. Hal ini disebabkan karena tanah *Grumosol* memiliki kandungan liat paling tinggi daripada tanah *Inceptisol* dan *Andisol*. Hal ini sesuai dengan penelitian Asraf (2008), yang memberikan hasil bahwa kemampuan adsorpsi ion Zn(II) oleh tanah meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan liat tanah.

Tabel 3. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum tanah terhadap ion logam Zn(II)

Jenis tanah	Tekstur	Ion Zn(II) awal pada tanah (mg/kg)	Ion Zn(II) teradsorpsi (mg/kg)	Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/kg)
<i>Andisol</i> (Magelang)	Lempung berdebu (P=39%, D=58%, L=3%)	85,73	61,65	147,38
<i>Inceptisol</i> (Pati)	Lempung (P=38%, D=48%, L=14%)	35,64	239,23	274,87
<i>Grumosol</i> (Demak)	Liat (P=13%, D=30%, L=37%)	24,47	448,43	472,90

Pencucian merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam yang teradsorpsi oleh tanah. Air yang digunakan untuk proses pencucian adalah air tadah hujan dari lokasi penelitian yang terletak di desa Sidomukti, kecamatan Jaken, kabupaten Pati, Jawa Tengah. Tanah yang digunakan untuk percobaan percobaan pencucian adalah tanah *Grumosol* dari Demak yang terkontaminasi ion Ni(II) dan Zn(II). Dalam penelitian ini, digunakan dua metode pencucian, yaitu penggenangan (*batch*) dan pengaliran (perkolasi).

Pada percobaan pencucian dengan metode penggenangan (*batch*), 5 gram tanah yang terkontaminasi ion Ni(II) dan Zn(II) digenangi air tadah hujan pada pH asam (4,5); netral (7,1); dan basa (8,6). Penggenangan dilakukan selama 3 hari dengan volume air 25 mL. Efektivitas pencucian terhadap ion logam Ni(II) dan Zn(II) disajikan pada Gambar 2a dan 2b.

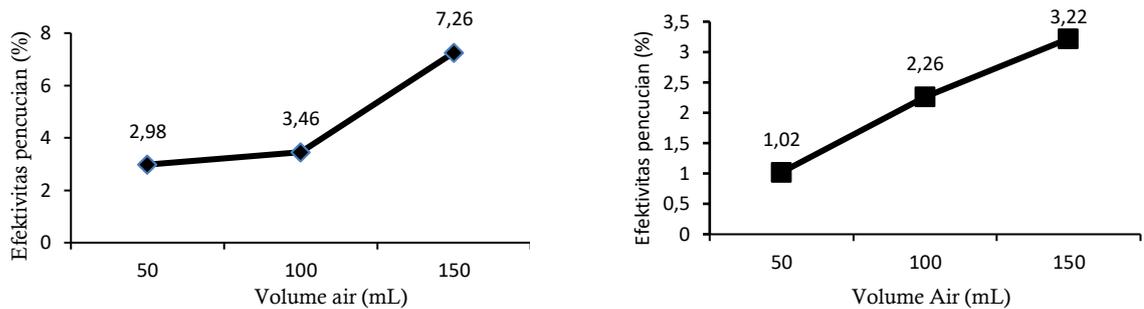


a. Efektivitas pencucian terhadap ion Ni(II) b. Efektivitas pencucian terhadap ion Zn(II)

Gambar 2. Efektivitas pencucian

Berdasarkan Gambar 2a dan 2b diketahui bahwa pH tidak berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah ion logam Ni(II) dan Zn(II) yang tercuci. Efektivitas pencucian terhadap logam nikel pada pH asam, netral, dan basa berturut-turut 5,03; 4,91; dan 4,78 %. Sedangkan pencucian terhadap logam seng pada pH asam, netral, dan basa berturut-turut 1,22; 1,19; dan 1,15 %. Jumlah ion logam Zn(II) yang tercuci lebih kecil daripada jumlah ion logam Ni(II). Hal ini disebabkan karena sifat ion logam Zn(II) yang lebih sukar larut dalam keadaan asam, netral, maupun alkali (Svehla, 1985). Peningkatan keasaman larutan menyebabkan konsentrasi ion logam Ni(II) maupun Zn(II) yang tercuci semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Bradbury dan Baeyes (2009) yang menyatakan bahwa nikel umumnya lebih mobil (mudah berpindah) pada kondisi asam dan cenderung untuk diadsorpsi atau terikat kuat pada pH netral atau alkalin. Demikian pula dengan sifat logam seng, kelarutan seng dalam tanah meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas ion H^+ dalam larutan tanah atau sebaliknya. Kestabilan atau kelarutan senyawa Zn(II) sangat dipengaruhi oleh keasaman tanah, semakin tinggi keasaman tanah maka kelarutan Zn(II) semakin meningkat, dan sebaliknya semakin rendah keasaman tanah maka kelarutan seng semakin rendah (Lahuddin, 2007).

Pada pencucian dengan metode perkolasi, hasil menunjukkan bahwa volume pencucian berpengaruh terhadap konsentrasi ion logam Ni(II) dan Zn(II) yang tercuci. Efektivitas pencucian meningkat seiring dengan meningkatnya volume air yang digunakan sebagai pencuci. Pengaruh volume larutan pencuci terhadap konsentrasi ion Ni(II) dan Zn(II) yang tercuci disajikan pada Gambar 3a dan 3b.



a. Pengaruh volume air terhadap efektivitas pencucian pada ion Ni(II) b. Pengaruh volume air terhadap efektivitas pencucian pada ion Zn(II)

Gambar 3. Pengaruh Volume air terhadap efektivitas pencucian

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Gambar 3a dan 3b, diketahui efektivitas pencucian meningkat seiring dengan meningkatnya volume air yang digunakan sebagai pencuci. Hal ini disebabkan karena laju perkolasi meningkat seiring dengan meningkatnya volume air yang ditambahkan. Semakin tinggi volume air yang ditambahkan ke dalam tanah sehingga melebihi kapasitas tanah dalam menahan air, maka dapat menyebabkan gerak air ke bawah atau perkolasi (Soepardi, 1983). Hasil yang diperoleh sesuai dengan hasil penelitian Purwadinata (2013) yang menyatakan bahwa pencucian dengan metode perkolasi meningkat seiring dengan meningkatnya volume air yang digunakan untuk pencucian.

Kemampuan tanah dalam mengadsorpsi ion logam berat mempengaruhi perilaku dan ketersediaannya bagi tanaman. Ketika ion logam Ni^{2+} dan Zn^{2+} masuk ke lingkungan pertanian melalui berbagai sumber pencemaran (polusi, pupuk NPK, TSP, limbah industri, pestisida) maka ion logam tersebut akan teradsorpsi oleh fraksi liat atau larut dalam tanah sehingga diserap oleh tanaman

(Raramachandran, 2013; Lahuddin, 2007). Pengaruh sifat fisik dan kimia tanah terhadap kapasitas adsorpsi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh sifat fisik dan kimia tanah terhadap kapasitas adsorpsi

Sifat-sifat tanah	Nilai		
	Andisol	Inceptisol	Grumosol
Tekstur			
Pasir (%)	39	38	13
Debu (%)	58	48	30
Liat (%)	3	14	57
KTK (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁽⁻¹⁾)	14,94	18,67	23,57
pH	6,7	6,9	8,0
C-Organik	3,00	1,09	1,14
Kapasitas Adsorpsi			
Ni ²⁺ (mg/kg)	149,47	304,22	670,53
Zn ²⁺ (mg/kg)	147,38	274,87	472,90

Berdasarkan Tabel 4, diketahui kapasitas adsorpsi tanah terhadap ion logam Ni(II) dan Zn(II) meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi liat tanah. Semakin tinggi fraksi liat tanah maka semakin rendah kemungkinan ion logam Ni(II) dan Zn(II) terserap oleh tanaman karena ion logam tersebut teradsorpsi oleh fraksi liat tanah. Oleh sebab itu, tanaman yang tumbuh pada tanah yang memiliki fraksi liat lebih tinggi akan lebih tahan terhadap pencemaran ion logam berat dibandingkan tanah yang memiliki fraksi liat rendah atau bertekstur pasir. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Listyaningrum (2004) yang memberikan hasil bahwa kapasitas adsorpsi tanah *Vertisol* (liat 63%) lebih tinggi daripada *Inceptisol* (liat 26%).

Semakin meningkatnya fraksi liat tanah menyebabkan nilai KTK tanah semakin meningkat sehingga kapasitas adsorpsinya terhadap ion logam juga semakin meningkat. Selain fraksi liat, faktor lain yang dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi tanah adalah pH dan kadar bahan organik (Steinnes, 1990). Tanah *Andisol* dan *Inceptisol* memiliki pH netral, sedangkan tanah *Grumosol* memiliki pH agak alkalis sehingga kemungkinan tanah *Grumosol* akan lebih kuat dalam mengadsorpsi ion logam Ni(II) dan Zn(II). Hal ini disebabkan karena ion logam akan lebih terikat kuat pada pH yang lebih tinggi. Menurut Schulin (1995) penurunan pH tanah dapat menurunkan kekuatan ikatan ion logam dan dapat meningkatkan mobilitas ion logam dalam tanah sehingga kemungkinan ion logam akan lebih terikat kuat pada tanah dengan pH yang lebih tinggi.

Tanah *Andisol* memiliki nilai C-Organik tinggi, sedangkan tanah *Inceptisol* dan *Grumosol* memiliki nilai C-Organik rendah. Nilai C-Organik yang tinggi pada tanah *Andisol* disebabkan karena petani di daerah Magelang lebih memilih pupuk kandang dan pupuk kompos daripada pupuk kimia. Sedangkan petani di daerah Pati dan Demak lebih memilih pupuk kimia dibanding pupuk kandang atau pupuk kompos sehingga kadar bahan organiknya rendah. Menurut Hardjowigeno (2007), kandungan bahan organik dapat meningkatkan nilai KTK tanah. Namun hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa nilai KTK tanah *Andisol* paling rendah. Hal ini disebabkan karena tanah *Andisol* memiliki tekstur lempung berdebu dengan fraksi liat lebih rendah dibandingkan dengan tanah *Inceptisol* dan *Grumosol*. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa fraksi liat tanah merupakan faktor utama yang mempengaruhi nilai KTK dan kemampuan tanah dalam mengadsorpsi ion logam.

Simpulan

Kapasitas adsorpsi tanah pada ion logam Ni(II) dan Zn(II) meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan liat tanah. Urutan kapasitas adsorpsi tanah pada ion logam Ni(II) dan Zn(II) adalah Grumosol > Inceptisol > Andisol. Kapasitas adsorpsi maksimum tanah Andisol, Inceptisol, dan Grumosol pada ion Ni(II) berturut-turut adalah 149,47; 304,22; dan 670,53 mg/kg. Sedangkan kapasitas adsorpsi maksimum tanah Andisol, Inceptisol, dan Grumosol pada ion logam Zn(II) berturut-turut adalah 147,38; 274,87; dan 472,90 mg/kg. Pada pencucian dengan metode penggenangan (*batch*), pH tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efektivitas pencucian. Pada metode perkolasi (pengaliran), efektivitas pencucian meningkat seiring dengan meningkatnya volume larutan pencuci.

Daftar Pustaka

- Alloway, B.J. 1990. *Heavy Metals in Soil*. New York: John Willey and Sons Inc
- Ashraf, M.S., A.M. Ranjha, M. Yaseen, N. Ahmd, and A. Hannan. 2008. Zinc Adsorption Behaviour of Different Textured Calcerous Soils using *Freundlich* and *Langmuir* Models. *Pakistan Journal Agricultural Sciences*, 45(1): 6-10
- Aziz, T., Amalia, R., dan Vishe, D. 2015. Removal Logam Berat dari Tanah Terkontaminasi dengan Menggunakan *Chelating Agent* (EDTA). *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2): 41-62
- Bradbury, M.H., Baeyens, B. 2009. Sorption Modelling on Illite Part I: Titration Measurements and the Sorption of Ni, Co, Eu and Sn. *Geochim Cosmochim Acta*, 73(4): 990–1003
- Dewi, T. 2014. Upaya Penurunan Kadar Logam Berat dalam Proses Pengolahan Limbah Cair Elektroplating. Berita Balingtan. online:<http://balingtan.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/berita/219-upaya-penurunan-kadar-logam-berat-dalam-proses-pengolahan-limbah-cair-elektroplating>
- Gupta, S. dan Bhattacharyya. 2008. Immobilization of Pb (II), Cd (II) and Ni (II) Ions on Kaolinite and Montmorillonite Surfaces from Aqueous Medium. *Journal of Environmental Management*, 87: 46-58
- Handayani, M. dan Eko, S. 2009. Uji Persamaan *Langmuir* dan *Freundlich* pada Penyerapan Limbah Chrom(VI) oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR-BATAN*. Pusat Penelitian Metalurgi-LIPI Serpong, Tangerang
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. CV Akademika Pressindo: Jakarta
- Kurnia, U. 2009. *Teknologi Pengendalian Pencemaran Lahan Sawah*. 17 Juli 2017. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/tanahsawah/tanahsawah9.pdf>
- Lahuddin, M. 2007. *Aspek Unsur Mikro dalam Kesuburan Tanah*. USU Press: Medan
- Listyaningrum, R. 2004. Pengaruh Konsentrasi Cadmium dalam Tanah Inceptisol dan Vertisol terhadap Kandungan Cadmium dalam Beras (*Oryza Sativa L.*). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Purwadinata, H., dan Nono, S. 2013. Rehabilitasi Lahan Pertanian Tercemar Limbah Industri (Hg dan Pb) dalam Mendukung Pembangunan Pertanian Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional matematika, Sains, dan Teknologi*, 4: 72-81
- Ramachandran, V. 2013. Adsorption of Nickel by Indian Soils. *Journal of Science and Plant Nutrition*, 13(1): 165-173
- Schulin, R., Geiger, G., dan Fmrrer, G. 1995. *Heavy Metal Retention by Soil Organic Matter under Changing Environmental Conditions In W. Salomons and W.M. Stigliani (Eds). Biogeodyuamics of Pollutants in Soils and Sediments*. New York: SpringerVerlag Berlin Heidelberg
- Soepardi. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Steinnes, E. 1990. *Heavy Metals in Soil*. Blackie Glasgow and London Halsted Press. New York
- Svehla, G. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*. Edisi kelima. Bagian I Kalman Media Pustaka: Jakarta