

Aplikasi Formula Pupuk UZAH dalam Meningkatkan Ketersediaan Hara N dan Mengurangi Kelarutan Cd dan Cr di Lahan Tercemar Limbah

Rija Sudirja¹⁾, Benny Joy¹⁾, dan Santi Rosniawaty²⁾

¹⁾ Staff Pengajar Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian

²⁾ Staff Pengajar Departemen Budidaya Tanaman Fakultas Pertanian
Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang Km 21 Jatinangor
Korespondensi: rija.sudirja@unpad.ac.id

ABSTRACT

Application of fertilizer in the contaminated land should meet the needs of plant and have ability to resolve contaminant substance. Urea, zeolite, and active charcoal with biological agent have potency to remediate soils which are contaminated by industrial waste, especially heavy metals, such as Cd. This research has aim to obtain fertilizer formula which is able to supply N during the growth of rice in the paddy field and to reduce Cd and Cr in the contaminated soils. The research was conducted in the greenhouse of Agriculture Faculty of Universitas Padjadjaran from July until August 2016. The experiment used Randomize Block Design with five treatments of urea-zeolite-active charcoal with and Cr biological agent (UZAH). Each treatments had composition of (60:20:10:10) (70:15:5:20) (80:10:10:0) (90:10:0:0) (100:0:0:0). The result showed that application with formulated UZAH gave real effect to the NH_4^+ , pH, and the availability of Cd and Cr in the soils. Formulated UZAH 60:20:10:10 gives the best effect in the slow-released NH_4^+ , the increase of acidity, and the decrease of Cd and Cr availability in the soils until 40 days after the application.

Keywords: contaminated soils, tablet fertilizer, lead, nitrogen

1. PENDAHULUAN

Ketahanan dan keamanan pangan, akhir-akhir ini terancam karena buruknya model pengelolaan limbah air buangan industri yang membuang limbahnya langsung ke lahan persawahan dan lahan pertanian lainnya. Sudirja (1999) melaporkan bahwa kawasan Rancaekek yang dulunya terkenal dengan sentra padi dan ikan di Jawa Barat, mulai tahun 1994 hingga sekarang terus mengalami penurunan, baik luas lahan sawah maupun produksi.

Data tahun 1993-2009 menunjukkan terjadi penurunan luas areal panen akibat meluasnya lahan yang tercemar, yang semula hanya 6 % saat ini sudah mencapai lebih dari 40 %. Produktivitas padi pada lahan tercemar berkisar 2,10 - 0,53 ton/ha (ditimbang dalam bentuk gabah kering giling (GKP)), sedangkan pada tanah yang tidak tercemar produktivitasnya berkisar 5- 6 ton/ha GKP. Selanjutnya, Sudirja dkk. (2010) dan Nugraha, dkk. (2012)

melaporkan bahwa keberadaan logam berat di dalam bentuk ion atau terlarut akan mudah terjepap pada jaringan tanaman, dan bila tanaman yang mengikatnya adalah tanaman pangan seperti padi, maka pence-maran logam berat akan lebih berbahaya bagi kehidupan.

Menurunkan ketersediaan dan serapan logam berat oleh tanaman di tanah yang terkontaminasi dapat dilakukan antara lain dengan penambahan amelioran. Amelioran yang ditambahkan ke dalam tanah bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Sidik dkk., 1998). Amelioran dapat digunakan sebagai agen pengkhelat logam berat dalam tanah yang mampu mengurangi kelarutan dan ketersediaannya di dalam tanah.

Bahan amelioran berupa arang aktif, zeolit, dan kompos dapat menurunkan konsentrasi Cd, Pb, dan Cr terlarut sehingga dapat digunakan untuk mengatasi keracunan tanaman pada tanah yang terkontaminasi dengan logam berat (Mumpton, 1989; Sudirja, 2015).

Produk pupuk ini dirancang memiliki kandungan nutrisi sesuai kebutuhan tanaman, dan disertai juga dengan kemampuan merombak bahan beracun berbahaya di dalam tanah. Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan produk pupuk tablet yang memiliki kemampuan menyediakan nutrisi bagi tanaman dan menurunkan zat pencemar khususnya logam berat Pb, Cd, dan Cr di dalam tanah.

2. BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian dilaksanakan di rumah kaca, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang dengan ketinggian kurang lebih 700 meter di atas permukaan laut (m dpl). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman dan Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan, yaitu dari bulan Juni hingga September 2016.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: media tanah sawah dari daerah Rancaekek, urea, zeolit klinoptilonit, arang aktif yang terbuat dari tempurung kelapa sesuai dosis perlakuan, kompos yang terbuat dari kotoran sapi, dan konsorsium mikroorganisme (*Pseudomonas cepacia* dan *Bacillus subtilis*).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan lapangan: ember, gunting, karung, cangkul, sekop, patok pembeda disetiap perlakuan serta ulangan, meteran, alat-alat tulis, label, penggaris dan timbangan; peralatan pendukung: peralatan laboratorium yang digunakan dalam analisis kimia tanah serta satu unit komputer dengan perangkat lunak SPSS versi 16.0 untuk mengolah data.

Waktu pelaksanaan percobaan dilakukan mulai dari bulan Juli 2016 sampai dengan September 2016. Rancangan percobaan yang digunakan dalam percobaan ini ialah metode eksperimen Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perbandingan berbagai dosis formula pupuk yang terdiri dari lima kombinasi per-

lakuan merupakan faktor tunggal yang diuji dalam penelitian. Setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak lima kali dan dilakukan secara duplo sampai didapatkan total kombinasi perlakuan ialah $5 \times 5 \times 2 = 50$ unit percobaan. Rancangan ini digunakan untuk analisis ketersediaan logam berat kadmium (Cd) dan Chrom (Cr), NO_3^- dan total populasi mikroba pada tanah pada 20 dan 40 hari setelah aplikasi pupuk.

Percobaan ini terdiri dari 5 perlakuan dosis pupuk tablet formula urea, arang aktif, zeolit dan mikroorganisme yang terbagi menjadi 5 perlakuan:

- A. 60 % urea, 20 % zeolit, 10 % arang aktif dan 10% mikroorganisme
- B. 70 % urea, 15 % zeolit, 5 % arang aktif dan 10% mikroorganisme
- C. 80 % urea, 10 % zeolite dan 10 % mikroorganisme
- D. 90 % urea dan 10 % mikroorganisme
- E. 100 % urea.

Setiap perlakuan dengan 5 (lima) kali ulangan secara *duplo*, sehingga total kombinasi perlakuan ini adalah $5 \times 5 \times 2 = 50$ ember percobaan. Pengujian perbedaan pengaruh rata-rata perlakuan terhadap parameter pengamatan, yaitu; pH, KTK, NO_3^- , NH_4^+ , Cd dan Cr di dalam tanah dilakukan dengan uji F pada taraf nyata 5 %. Apabila perbedaan rata-rata perlakuan pengaruhnya nyata maka pengujian dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan.

Tanah yang digunakan sebagai media berasal dari daerah Rancaekek memiliki kandungan pH H_2O adalah 5,91 yaitu agak masam, N-total sedang (0,54 %), KTK tinggi (31,90 cmol kg^{-1}), dan C-organik sedang (2,56 %) dengan tekstur liat berdebu (pasir 5 %, debu 57 %, dan liat 38 %). Hasil analisis logam berat pada tanah ini menunjukkan hasil yang normal untuk tanah yang tercemar adalah Cd = 0,0502 mg.kg^{-1} dan Cr = 78,06 mg.kg^{-1} . Bentuk formula pupuk UZAH dibuat dalam 4(empat) bentuk (Gambar 1)



Gambar 1 Tampilan 4 (empat) formula dalam pupuk tablet UZAH

Formula dengan kandungan presentase urea yang lebih banyak, memiliki kandungan N paling tinggi. Hal ini dikarenakan urea yang berperan sebagai penghasil N. Pada perlakuan urea : zeolit : mikroorganisme (80:10:10) memiliki kandungan nitrogen sebesar 44,91%, sedangkan pada perlakuan dengan formula urea : zeolit : arang aktif : mikroorganisme (60:20:10:10) adalah 30,81%, urea:zeolit:arang aktif : mikroorganisme (70:15:5:10) adalah 34,81% dan urea : mikroorganisme (90:10) adalah 44,07%. Berdasarkan hasil analisis kadar nitrogen pada pupuk UZAH menunjukkan kadar nitrogen total dari masing-masing perlakuan memiliki kadar N lebih dari 20%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kandungan N-Total dalam Tanah

Nilai N total dalam tanah menunjukkan jumlah kandungan nitrogen yang terdapat pada tanah tersebut. Pengukuran N total dalam tanah dilakukan pada tanah awal untuk mengetahui kandungan awal dan 40 hari setelah aplikasi pupuk UZAA yang ditambah dengan agen hayati.

Tabel 1 menunjukkan hasil rata-rata ketersediaan N total di dalam tanah pada masing-masing perlakuan. Perlakuan A dan B menunjukkan pengaruh terbaik dalam menjaga ketersediaan N-total di dalam tanah berdasarkan hasil analisis uji lanjut duncan.

Pada masing-masing perlakuan terjadi peningkatan ketersediaan N total tanah jika dibandingkan ketersediaan N total tanah awal. Nilai rata-rata ketersediaan N total tertinggi terdapat pada perlakuan A yaitu urea : zeolit : arang aktif : kompos (60:20:10:10) jika dibandingkan N total pada perlakuan lain. Pada perlakuan pupuk yang mengandung bahan zeolit diperoleh ketersediaan N total tanah lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa zeolit. Menurut Kismolo dkk (2012) hal tersebut dikarenakan kandungan zeolit di dalam pupuk UZAH beragen hayati mampu menjerap NH_4^+ , sehingga mampu menjaga ketersediaan N di dalam tanah.

Tabel 1 Hasil Analisis Statistik Nilai pH dan Kandungan N-total dalam tanah pada 5 (lima) Jenis Perlakuan Pupuk UZAH

Perlakuan	pH	N-total (%)
Formula A	6,93 a	1,10 a
Formula B	6,70 a	1,08 a
Formula C	6,66 a	1,03 b
Formula D	6,63 a	0,94 c
Formula E	6,13 b	0,91 c

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf tidak berpengaruh nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Bahan-bahan amelioran pada pupuk UZAA beragen hayati seperti pada perlakuan urea: zeolit: arang aktif: kompos (60:20:10:10), urea: zeolit: arang aktif: kompos (70:15:5:10), dan urea : zeolit: kompos (80:10:10) mampu menjaga kadar amonium yang lebih tinggi sampai 40 hari setelah aplikasi dibandingkan perlakuan urea : kompos (90:10) dan urea (100). Hal tersebut dikarenakan zeolit memiliki daya jerap tinggi terhadap amonium dan memiliki rongga dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan ion amonium.

Amonium pada tanah dijerap oleh zeolit dan akan dikembalikan ke dalam tanah jika kandungan amonium di dalam tanah berku-

rang, sehingga mampu menjaga ketersediaan nitrogen di dalam tanah. Menurut Sari (2013) bahan amelioran seperti zeolit dan arang mampu menjaga amonium di dalam pupuk agar tidak langsung terlarut dan mengalami nitrifikasi dengan cepat.

Perlakuan urea : kompos (90:10) dan urea (100) memiliki kandungan nitrogen lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lain. Kedua perlakuan tersebut tidak terdapat zeolit sehingga menyebabkan amonium tidak diikat sehingga mengalami proses nitrifikasi yaitu perubahan amonium menjadi nitrit oleh bakteri Nitrosomonas dan kemudian menjadi nitrat oleh bakteri Nitrobacter. Nitrat akan diserap oleh tanaman namun mudah hilang akibat proses denitrifikasi, yaitu proses perubahan nitrat menjadi N_2 gas. Pada plot percobaan rawan terjadi denitrifikasi karena keadaan tanah yang selalu tergenang. Menurut Hardjowigeno (2010) syarat terjadinya denitrifikasi yaitu tempat tergenang, drainase buruk, dan tata udara yang buruk. Hal tersebut mengakibatkan ketersediaan N total tanah pada perlakuan urea : kompos (90:10) dan urea (100) lebih sedikit dibandingkan perlakuan yang terdapat bahan zeolit.

Penambahan zeolit pada campuran formulasi UZAH beragen hayati mampu menjaga ketersediaan unsur N di dalam tanah. Hal tersebut terbukti pada perlakuan dengan zeolit mampu menjaga nitrogen dalam tanah lebih baik dibandingkan perlakuan lain. Menurut Polat dkk (2004) zeolit mampu meningkatkan efisiensi pemupukan dan meningkatkan pertukaran ion terutama kation dan melepaskannya secara perlahan (*slow release*).

Jumlah N dalam tanah juga dipengaruhi oleh Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) seperti *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. Kedua bakteri tersebut mampu melarutkan fosfat yang kemudian menjadi sumber energi berupa ATP bagi bakteri Nitrosomonas sp. dan Nitrobacter sp. dalam proses nitrifikasi. Oleh karena itu penambahan kompos beragen

hayati yang mengandung BPF mampu meningkatkan N dalam tanah. Hal tersebut dapat dilihat pada perlakuan A, B, C, dan D adanya kompos beragen hayati memiliki kandungan N lebih tinggi jika dibandingkan perlakuan E.

3.2 Nitrat (NO_3^-) dalam Tanah

Hasil percobaan menunjukkan formulasi pupuk UZAH berpengaruh terhadap Nitrat (NO_3^-) dalam Tanah. Diperoleh pengaruh terbaik dalam meningkatkan NO_3^- yaitu formula A (U 60% + Z (20%) + AA (10%) + AH 10%). Nilai rata-rata nitrat tertinggi terdapat pada perlakuan Urea-zeolit-arang aktif-agen hayati (60:20:10:10), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan B dan C tetapi berbeda nyata dengan perlakuan D dan E. Hal ini disebabkan karena perlakuan D dan E tidak terdapat campuran zeolit.

Tabel 2 Hasil Analisis Statistik Nilai pH dan Kandungan NO_3^- dalam tanah pada 5 (lima) Jenis Perlakuan Pupuk UZAH

Perlakuan	pH	NO_3^- (%)
Formula A	6,93 a	0,13 a
Formula B	6,70 a	0,11 ab
Formula C	6,66 a	0,10 ab
Formula D	6,63 a	0,08 b
Formula E	6,13 b	0,08 b

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf tidak berpengaruh nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Hasil pengukuran nitrat dapat dinilai cukup seragam, namun pada perlakuan yang terdapat bahan amelioran seperti zeolit mengalami kenaikan nitrat dibanding pada nitrat tanah awal. Hal ini terjadi karena kandungan zeolit dalam pupuk 'RS' beragen hayati mampu menyediakan N hingga hari ke-40. Jika konsentrasi nitrat dalam tanah menurun, amonium (NH_4^+) yang telah dijerap oleh zeolit akan dilepaskan kembali ke dalam larutan tanah, sehingga N yang diberikan ke

dalam tanah dapat tersedia dalam waktu yang lama (Hikmah, 2006) dan pengikatan N akan lebih efektif jika jumlah zeolit yang dicampurkan ke dalam pupuk semakin banyak, karena kompleks jerapan yang dapat menangkap NH_4^+ semakin banyak (Nainggolan *et al.*, 2009).

Perlakuan D dengan formula Urea (90%) + zeolit (10%) dan perlakuan E dengan formula Urea (100%) memiliki kandungan NO_3^- paling sedikit. Hal ini dikarenakan pada perlakuan tersebut tidak ada campuran zeolit, sehingga N yang diberikan mudah menghilang atau menguap hingga hari ke-40, sehingga nitrat di dalam tanah mengalami proses denitrifikasi, sedangkan peningkatan NO_3^- berasal dari perubahan bentuk atau proses nitrifikasi amonium menjadi nitrat.

Denitrifikasi merupakan proses reduksi nitrat menjadi bentuk yang lebih tereduksi seperti gas-gas oksida nitrat (NO), oksida nitrous (N_2O) dan unsur nitrogen bebas (N_2). Proses ini terjadi jika tanah dalam keadaan anaerob dimana konsentrasi oksigen berkurang atau sedikit sehingga menimbulkan dekomposisi anaerobik (Hikmah, 2006).

3.3 Analisis NH_4^+ Tersedia

Hasil percobaan menunjukkan bahwa formula pupuk (perlakuan) berpengaruh dalam menjaga ketersediaan NH_4^+ pada tanah hingga hari ke 40 setelah pengaplikasian. Rata-rata angka NH_4^+ tersedia pada tanah yang tertinggi terdapat pada perlakuan A (60 % urea, 20 % zeolit, 10 % arang aktif dan 10% mikroorganisme) jika dibandingkan dengan perlakuan E (100% urea), meskipun pada perlakuan E juga mengalami peningkatan ketersediaan kandungan NH_4^+ . Hal ini terjadi karena kandungan zeolit dalam pupuk 'RS' mampu menyerap lalu melepas lambat proses pelepasan NH_4^+ , pada perlakuan dengan campuran bahan urea yang lebih sedikit tapi memiliki bahan campuran amelioran yang lebih banyak dapat menjaga ketersediaan NH_4^+ tanah dibandingkan formulasi dengan bahan

campuran urea yang lebih banyak. Zeolit yang dicampur dengan pupuk urea akan mengikat ion NH_4^+ yang dilepaskan pupuk urea ketika penguraian dan pengikatan lebih efektif jika jumlah dari zeolit yang dicampurkan semakin banyak (Suwardi dan Darmawan, 2009).

Tabel 3 Hasil Analisis Statistik Nilai pH dan Kandungan NH_4^+ dalam tanah pada 5 (lima) Jenis Perlakuan Pupuk UZAH

Perlakuan	pH	NH_4^+ (%)
Formula A	6,93 a	0,14 a
Formula B	6,70 a	0,10 ab
Formula C	6,66 a	0,12 b
Formula D	6,63 a	0,11 ab
Formula E	6,13 b	0,09 c

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf tidak berpengaruh nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Pada perlakuan dengan bahan campuran zeolit lebih banyak serta terdapatnya bahan arang aktif yaitu pada perlakuan A (60% urea, 20% zeolit, 10% arang aktif dan 10% mikroorganisme) memiliki kadar amonium yang paling tinggi hingga hari ke-40. Perlakuan dengan bahan campuran zeolit dan arang aktif tersebut mampu menjaga ketersediaan amonium pada tanah untuk tetap tersedia di tanah dalam waktu yang cukup lama yaitu 40 hari. Zeolit yang diberikan pada pupuk 'RS' mampu mengatasi masalah penurunan kadar N dalam bentuk NH_4^+ .

Amonium yang terurai dari pupuk langsung dijerap oleh zeolit sehingga mampu menghambat terjadinya proses nitrifikasi dan mengurangi kehilangan N. Hal ini dikarenakan adanya pelapisan oleh zeolit ataupun arang aktif sehingga amonium dalam pupuk tidak langsung terlarut dan mengalami proses nitrifikasi dengan cepat (Sari, 2013).

Bahan zeolit dan arang aktif yang ditambahkan pada campuran formulasi pupuk 'UZAH dapat menyediakan unsur NH_4^+ secara

lambat. Hal ini telah dibuktikan pada perlakuan dengan campuran bahan amelioran lebih banyak dan urea yang lebih sedikit dapat menjaga unsur NH_4^+ dalam tanah tetap tersedia. Hal ini juga dipertegas oleh pernyataan Polat dkk., (2004), bahwa zeolit dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan meningkatkan pertukaran ion terutama kation dan melepaskannya secara perlahan (*slow release*) dan arang aktif yang dicampurkan dengan pupuk urea dapat mengefisienkan pemberian pupuk urea hingga 40 % (Wahyuni, dkk., 2011).

3.4 Ketersediaan Logam Cr dalam Tanah

Berdasarkan hasil uji statistik bahwa formulasi pupuk 'RS' berpengaruh dalam menurunkan ketersediaan Cr dalam tanah. Berdasarkan hasil uji lanjut terdapat pengaruh yang nyata pada setiap perlakuan. Hasil uji lanjut menunjukkan terdapat pengaruh nyata pada penurunan ketersediaan Cr di dalam tanah yang diamati pada 40 hari setelah aplikasi, namun pada 20 hari setelah aplikasi menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Perlakuan terbaik dalam menurunkan ketersediaan logam Cr dalam tanah berdasarkan uji lanjut duncan yaitu pada perlakuan A, B, dan C. Hasil dari ketiga perlakuan tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada masing-masing perlakuan dalam menurunkan ketersediaan logam Cr dalam tanah, namun memiliki perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan D dan E (Tabel 4).

Hasil pengukuran ketersediaan Cr dalam tanah pada 20 hari setelah aplikasi menunjukkan penurunan jika dibandingkan ketersediaan Cr dalam tanah awal yaitu 0,3648 ppm, namun setelah diuji lanjut diperoleh hasil tidak berbeda nyata pada tiap perlakuan. Hal tersebut diduga karena pH tanah yang masih masam sehingga mempengaruhi penyerapan logam Cr. Pada 40 HST, setelah aplikasi diperoleh hasil ketersediaan Cr dalam tanah setelah uji lanjut terdapat perbedaan yang

nyata antara perlakuan A, B, dan C terhadap perlakuan D dan E. Hal ini dikarenakan kandungan bahan yang berbeda pada perlakuan tersebut. Pada perlakuan A, B, dan C terdapat zeolit dan arang aktif yang mampu menyerap ketersediaan Cr dalam tanah, sedangkan pada perlakuan D dan E tidak terdapat zeolit dan arang aktif.

Tabel 4 Hasil Analisis Statistik Nilai pH dan Ketersediaan Cr dalam Tanah pada yang Diukur pada Waktu yang Berbeda

Perlakuan	pH	Ketersediaan Cr (ppm)	
		20 HST	40 HST
Formula A	6,93 a	0,1642 a	0,0477 b
Formula B	6,70 a	0,1679 a	0,0683 b
Formula C	6,66 a	0,1779 a	0,0729 b
Formula D	6,63 a	0,2296 a	0,1314 a
Formula E	6,13 b	0,2390 a	0,1539 a

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf tidak berpengaruh nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Pada masing-masing perlakuan memiliki kemampuan menyerap ketersediaan Cr dalam tanah yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan adanya bahan-bahan amelioran untuk menyerap ketersediaan logam Cr dalam tanah seperti zeolit dan arang aktif. Menurut Kismolo dkk (2012) zeolit merupakan amelioran yang mempunyai sifat absorben sehingga memiliki daya jerap tinggi terhadap kation-kation logam berat dalam tanah. Penurunan ketersediaan Cr dalam tanah disebabkan karena adanya bahan amelioran zeolit yang memiliki kemampuan meningkatkan pH tanah (Tabel 4), sehingga berpengaruh pada penyerapan Cr dalam tanah.

Peningkatan pH mampu menyebabkan penyerapan logam berat menjadi lebih tinggi. Pada pH masam mengakibatkan kompetisi ion H^+ dengan ion logam saat pertukaran kation sehingga mempengaruhi penyerapan ion logam. Menurut Alkaninwor dkk (2007) kompetisi H^+ dengan ion logam menjadi berkurang

saat kondisi pH tinggi sehingga proses penjerapan ion logam semakin besar jika dibandingkan pada pH rendah.

Peningkatan pH berbanding terbalik dengan ketersediaan Cr dalam tanah. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan urea : zeolit : arang aktif : kompos (60:20:10:10) memiliki pH paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain (Tabel 2). Pada ketersediaan Cr dalam tanah perlakuan urea : zeolit : arang aktif : kompos (60:20:10:10) merupakan perlakuan terbaik dalam menurunkan ketersediaan Cr.

Penurunan ketersediaan Cr dalam tanah juga disebabkan kandungan arang aktif pada pupuk 'RS' beragen hayati. Arang aktif dapat dimanfaatkan sebagai adsorben yang mampu mengadsorpsi ketersediaan Cr dalam tanah. Adsorpsi terjadi karena permukaan adsorben mengalami ketidakseimbangan gaya, akibatnya permukaan adsorben tersebut mudah menarik zat lain, sehingga terjadi kesetimbangan gaya.

Daya adsorpsi arang aktif disebabkan karena arang mempunyai pori-pori dalam jumlah besar dan adsorpsi terjadi karena adanya perbedaan energi potensial antara permukaan arang dan zat yang teradsorpsi. Hal ini dikarenakan arang aktif merupakan karbon amorf yang pada pembentukannya atom karbon yang dihasilkan terikat membentuk struktur segi enam dengan atom karbon terletak pada setiap sudutnya.

Ketidaktepurnaan penataan antar lapisan maupun cin-cin segi enam yang dimiliki mengakibatkan tersedianya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang menyebabkan adsorbat masuk dalam struktur arang aktif berpori. Hal ini yang menyebabkan ion Cr dalam tanah dijerap oleh arang aktif. Berdasarkan hal tersebut, pada perlakuan pupuk yang terdapat arang aktif mampu menurunkan ketersediaan Cr dalam tanah paling tinggi.

Berdasarkan penelitian Nasution dan Nurjana (2008) perlakuan arang aktif 1 t.ha⁻¹ mampu menurunkan kelarutan logam berat

dalam tanah sebesar 39%. Hal tersebut berbanding lurus dengan hasil penelitian mengenai pupuk 'RS' beragen hayati. Penurunan ketersediaan logam berat Cr dalam tanah tertinggi pada perlakuan pupuk 'RS' beragen hayati (urea 60% : zeolit 20% : arang aktif 10% : kompos 10%) yang memiliki kandungan arang aktif paling banyak dibandingkan perlakuan yang lain.

Penurunan ketersediaan logam Cr dalam tanah juga dipengaruhi oleh adanya bakteri *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sp.* yang terdapat pada pupuk 'RS' beragen hayati. Kedua bakteri tersebut juga terdapat pada tanah tercemar limbah industri. Berdasarkan hasil analisis tanah awal diperoleh total populasi *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sp.* yaitu 11×10^7 dan 18×10^7 .

Pengaruh penurunan ketersediaan logam Cr dalam tanah oleh bakteri dapat dilihat pada perlakuan kontrol. Pada perlakuan tersebut tidak adanya bahan amelioran seperti zeolit dan arang aktif, namun mampu menurunkan ketersediaan logam Cr dalam tanah, tetapi memiliki tingkat penurunan paling kecil jika dibandingkan perlakuan lainnya. Hal tersebut dikarenakan proses biosorpsi oleh bakteri terhadap logam Cr. Menurut Shumate dan Stranberg (1985) dalam Alluri dkk (2007) biosorpsi merupakan interaksi tidak langsung secara fisika-kimia antara logam dan sel mikroba. Dinding sel pada mikroba tersusun atas polisakarida, liposakarida, glikoprotein yang mampu mengikat logam. Mikroba akan mengikat ion logam melalui proses detoksifikasi kemudian mengubah ion logam berat yang bersifat toksik menjadi senyawa yang bersifat tidak toksik.

Proses biosorpsi oleh mikroba ini yang mempengaruhi penurunan ketersediaan logam Cr dalam tanah pada perlakuan D dan E. Namun, penurunan ketersediaan logam Cr dalam tanah oleh mikroba lebih kecil jika dibandingkan perlakuan yang terdapat bahan amelioran seperti zeolit dan arang aktif. Hal tersebut dapat dilihat pada perlakuan D dan E

memiliki ketersediaan logam Cr dalam tanah lebih besar jika dibandingkan perlakuan A, B, dan C.

3.5 Kelarutan Logam Kadmiun (Cd) pada Tanah

Hasil percobaan menunjukkan formula pupuk tablet UZAH pengaruh dalam menurunkan ketersediaan logam berat Cd pada hari ke-20. Secara keseluruhan tiap perlakuan mampu menurunkan ketersediaan logam Cd dalam tanah. Penurunan ketersediaan logam Cd pada hari ke-20 pada perlakuan A (Urea 60% + zeolit 20% + arang aktif 10% + agen hayati 10%) tidak berbeda nyata dengan perlakuan B (Urea 70% + zeolit 15% + arang aktif 5% + agen hayati 10%), namun berbeda nyata dengan perlakuan E (Urea 100%). Hal ini dikarenakan pada perlakuan E (Urea 100%) tidak terdapat campuran zeolit, arang aktif, maupun agen hayati.

Tabel 5 Hasil Analisis Statistik Nilai pH dan Ketersediaan Cd dalam Tanah pada yang Diukur pada Waktu yang Berbeda

Perlakuan	pH	Ketersediaan Cd (ppm)	
		20 HST	40 HST
Formula A	6,93 a	0,0224a	0,0051 a
Formula B	6,70 a	0,0228a	0,0143 ab
Formula C	6,66 a	0,0267ab	0,0147 ab
Formula D	6,63 a	0,0342ab	0,0186 b
Formula E	6,13 b	0,0372b	0,0223 b

Keterangan : Nilai rata-rata perlakuan yang tidak diberi notasi huruf tidak berpengaruh nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5 %.

Berdasarkan hasil percobaan, setiap perlakuan pupuk UZAH menunjukkan pengaruh yang nyata dalam menurunkan ketersediaan Cd dalam tanah yang dianalisis pada hari ke-40. Penurunan ketersediaan Cd dalam tanah tertinggi terdapat pada perlakuan A dengan formula Urea (60 %) + zeolit (20 %) + arang aktif (10 %) + agen hayati (10 %) mencapai 0,0051 ppm dan terendah pada perlakuan E,

namun perlakuan E tidak berbeda nyata dengan perlakuan D dengan formula Urea (90 %) + agen hayati (10 %). Rendahnya penurunan ketersediaan logam Cd pada perlakuan D dan E dikarenakan tidak adanya bahan pembenah tanah seperti zeolit dan arang aktif maupun agen hayati yang dapat menurunkan kadar logam dalam tanah. Bahan pembenah tanah ini menjadi penentu dalam menjerap logam berat, semakin banyak bahan amelioran menyebabkan semakin banyak pula kandungan logam berat yang dapat diturunkan.

Arang aktif yang terkandung dalam pupuk formula A berfungsi sebagai adsorben atau penjerap logam berat. Perlakuan dengan menggunakan campuran arang aktif mengalami penurunan logam lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanpa menggunakan arang aktif. Hasil ini didukung juga dengan hasil penelitian Nasution dan Nurjaya (2008) yang melaporkan bahwa dengan menggunakan arang aktif sebanyak 1 t.ha⁻¹ dapat menurunkan kadar logam berat di tanah sebanyak 39 %.

Menurut penelitian Sudadi dkk. (2008) menjelaskan bahwa terjadi penurunan kadar Cd pada tanah (13,35 mg.kg⁻¹ menjadi 8,77 mg.kg⁻¹) karena adanya amelioran zeolit yang menurunkan kadar Cd. Selain itu, menurut penelitian Gatri (2012) menunjukkan bahwa adsorpsi zeolit terhadap logam Cd sebesar 0,23 mg kg⁻¹.

Ketersediaan logam berat di dalam tanah mengalami penurunan pada setiap perlakuan. Hal tersebut terjadi karena adanya peningkatan pH dari pemberian zeolit. Peningkatan pH tersebut menyebabkan penjerapan logam berat menjadi tinggi. Hal ini dikarenakan terjadi kompetisi ion H⁺ dengan ion logam saat pertukaran kation. Kompetisi ion H⁺ dengan ion logam menjadi berkurang saat kondisi pH tinggi sehingga kemampuan ion logam yang terserap semakin besar dibandingkan pada pH rendah (Akaninwor dkk, 2007). Pupuk 'RS' beragen hayati pada setiap perlakuan mampu menurunkan kadar logam be-

rat Cd pada tanah. Berdasarkan pemaparan tersebut, pupuk ini menunjukkan hasil yang efektif dalam menurunkan kadar logam berat pada tanah.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh berbagai formula pupuk tablet UZAH terhadap parameter kimia tanah. Perbedaan signifikan terlihat antara formula A, B, C dengan formula D. Bahan formula urea, zeolit, arang aktif, dan kompos beragen hayati mampu memperbaiki sifat tanah seperti ketersediaan NH_4^+ , NO_3^- , N total, dan juga mampu menurunkan ketersediaan Cd dan Cr di dalam tanah yang diamati pada 20 dan 40 hari setelah aplikasi. Formula A (60:20:10:10) merupakan formula terbaik dalam meningkatkan ketersediaan NH_4^+ , NO_3^- , N total, dan menurunkan kelarutan Cd dan Cr dalam tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Program Strategis Nasional (STRANAS) DIKTI atas dana penelitian yang diberikan pada tahun 2014, 2015, dan 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Akaninwor, J.O., Wegwu, M.O., and Iba, I.U. 2007, Removal of iron, zinc and magnesium from polluted water samples using thioglycolic modified oil-palm fibre, *African Journal of Biochemistry Research*, Vol. 1 (2), pp. 011-013.
- Alloway, B.J. 1995. Cadmium. In Alloway, B.J. (Ed.). *Heavy Metals in Soils*. Halsted Press, John Wiley and Sons, Inc. New York. 122-151.
- Apriliani, A. 2010. *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb Dalam Air Limbah*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Ardiwinata, A.N. 2008. Peran Karbon Aktif Dalam Proses Degradasi Residu Karbofuran di Tanah oleh Mikroba. Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Secara Terpadu. Surakarta, 28 Maret 2006. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 171-189.
- Attarde, S.K., B.J. Jadhao, R.M. Adpawar, and A.D. Warade. 2003. Effect of Nitrogen Levels on Growth and Yield of Turmeric. *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 12(1): 77-79.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balitbang Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor. Indonesia.
- Charlena. 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. Falsafah Sain (PSL 702) Program Pascasarjana / S3 / Institut Pertanian Bogor. Online; www.ipb.ac.id. (Diakses pada tanggal 1 Juni 2009).
- Gomez, K.A dan A.A. Gomez, 2007. *Prosedur Statistik Intuk Penelitian Pertanian*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1983. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah. Edisi Keenam*. Akademika Pressindo: Jakarta.
- Hikmah, N. 2006. Peranan Zeolit Dalam Pelepasan Nitrogen Dari Pupuk Tersedia Lambat (*Slow Release Fertilizers*). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hindersah, R. dan Rija Sudirja. 2010. Produksi Inokulan Bakteri Pemfiksasi Nitrogen *Azotobacter* sp. LKM6 untuk Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Kadmium. *Jurnal Natur Indonesia*. Pekanbaru, Riau.

- Kasno, A., Subowo, Sulaeman, dan J. Suryono. 2000. Status pencemaran Pb dan Cd pada padi sawah intensifikasi jalur Pantura Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*.3(1).
- Kurnia, U., J. Sri Adiningsih, dan A. Abdurachman. 2003a. Strategi pencegahan dan penanggulangan pencemaran lingkungan pertanian. *Prosiding Seminar nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian*.Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan dan Universitas Muria.Kudus, 4 Nopember 2002.3-20.
- Mulyadi, R. Artanti, dan T. Dewi. 2008. Logam berat dalam air dan tanah sawah di DAS Bengawan Solo. Makalah disampaikan dalam *Seminar Nasional Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian*. Bogor.
- Mumpton, F. A. 1984. Natural Zeolites. In W. G. Pond and F. A. Mumpton (ed.)*Zeo-Agriculture: Use of Natural Zeolites In Agriculture and Aquaculture*.West View Press, Boulder, Colorado.
- Nasution, I., dan Nurjaya. 2008. Pengaruh amelioran zeolit, bahan organik dan karbon aktif terhadap kadar Cd dalam tanah dan serapannya dalam bawang merah di Inceptisol Tegal. *Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) secara Terpadu*. Surakarta, 28 Maret 2006. Buku 1. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. 190-201.
- Noertjahyani dan N. Sondari. 2009. Efek takaran Zeolit Terhadap Pertumbuhan Kadar Kadnium Pupus dan Hasil Tanaman Selada (*Lactusa sativa* L.) pada Cekaman Logam Berat Kadnium. Universitas Winaya Mukti, Sumedang.
- Ogawa, M. 1994. Symbiosis of People and Nature in The Tropics: Tropical Agriculture Using Charcoal. *J. Farming Japan*. 28(5): 21-30.
- Sari, E.P. 2013. Formulasi Pupuk Nitrogen Lambat Tersedia Dari Bahan Urea, Zeolit, Serta Asam Humat Dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Jagung. Institut Pertanian Bogor.
- Solomon, W. dan W.M. Stigliani (ed). 1995. Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments: Risk Assesment of Delayed and Non-linear Responses, Springer, Berlin. P 352.
- Subowo, A. Muti, P. Khabar dan S. Adiningsih. 1994. Pencemaran Cd pada tanah untuk padi sawah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 15p.
- Sudirja, R. 1999. Evaluasi Evaluasi Pengaruh Tanah Terpapar Air Buangan Industri Tekstil terhadap Pertumbuhan dan hasil Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.), serta Beberapa Serapan Unsur Logam Berat.Tesis (tidak dipublikasikan).ITB. Bandung.
- _____. 2011. Adsorpsi Paraquat, pH, dan DHL pada Berbagai Subgrup Tanah Akibat Pemberian Amelioran.Jurnal SoilREns. Bandung.
- Sudirja, R., Santi Rosniawaty, Oviyanti Mulyani 2010. Ameliorasi pada Tanah Tercemar Kadmium. Jurnal SoilREns. Bandung.
- Sulistiyawati, S. 2008. Modifikasi Tongkol Jagung Sebagai Adsorban Logam Berat Pb(II). Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suwardi. 2002. Prospek Pemanfaatan Mineral Zeolit di Bidang Pertanian. Jurnal Zeolit Indonesia.
- Wahyuni, S. Harsanti, & Ardiwinata. 2011. Aplikasi Urea Berlapis Arang Aktif pada Lahan Padi. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.
- Waldron, L.J. 1977. The Shear Resistance of Root-Permeated Homogeneous and Stratified Soils. *Soil Scim Soc/ Am. J.*

41: 843-849. Tersedia
[http://Soil.Scijournal
s.org/cgi/content \[01-03-2012\].](http://Soil.Scijournal
s.org/cgi/content [01-03-2012].)

Wijayanti, R. 2009. Arang Aktif dari Ampas
Tebu Sebagai Adsorben Pada

Pemurnian Minyak Goreng Bekas.
Skripsi. Bogor: Institut Pertanian
Bogor.