

BAKU MUTU ARSEN PADA TANAH INCEPTISOL GROBOGAN DENGAN TANAMAN INDIKATOR PADI

Arsenic Quality Standard on an Inceptisol Soil of Grobogan with Rice Indicator Plant

Wahyu Purbalisa*, Anik Hidayah, Sukarjo

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

*penulis korespondensi : purbalisa@gmail.com

Abstract

Farmers use pesticides intensively in the cultivation of rice. The use of organic and inorganic fertilizers give in large quantities. Pesticides, organic and inorganic fertilizers contain heavy metals arsenic, so the provision of large amounts will accumulate in the soil. In addition to nutrients, rice plant tissue will absorb heavy metals including arsenic. Indonesian government has implemented a quality standard of arsenic in cerealia by 0.5 mg kg⁻¹. This study was aimed to obtain quality standard of arsenic in an Inceptisol at planting of rice. Research conducted at the scale of pot to contaminate soil planted rice with rows 0 mg kg⁻¹, 15 mg kg⁻¹, 30 mg kg⁻¹, 60 mg kg⁻¹. Data observed that plant growth, yield and content of arsenic in the soil and plant tissue. Agronomic parameters and yield components performed statistical analysis of variance followed by Tukcey test. Growth and crop yield based on statistical analysis are significantly different. The quality standard of heavy metals on soil done by regression analysis between the content of arsenic in the soil and rice seed. By incorporating quality standards of arsenic on the rice on the regression equation, obtained the quality standard of arsenic in the soil. The analysis results obtained that the quality standards arsenic in an Inceptisol of Grobogan in the soil planting of rice of 17.5 mg kg⁻¹.

Keywords : arsenic, quality standard, rice

Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L) merupakan tanaman penghasil beras yang menyumbangkan 40-80% kalori dan 45-55 % protein sebagai makanan pokok masyarakat Indonesia (Koswara, 2009). Tanaman ini dapat dibudidayakan mulai dari dataran tinggi (650-1500 m dpl) sampai dataran rendah (0-650 m dpl). Curah hujan, temperatur, ketinggian tempat, sinar matahari, angin dan musim sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi (Hasanah, 2007).

Petani padi intensif dalam mengaplikasikan pestisida meskipun serangan hama penyakit masih dalam taraf ringan. Mereka intensif melakukan penyemprotan untuk menyelamatkan tanamannya. Masalah akan muncul akibat pemberian pupuk anorganik dan pestisida sintesis yang tidak tepat

jenis, dosis, waktu dan sasaran. Pestisida diduga mengandung arsenic antara lain insektisida, herbisida, fungisida maupun algasida (Hooda, 2010). Arsenic digunakan untuk campuran logam lain (Pb) dalam pembuatan *shot* (partikel bundar berukuran pasir) dan insektisida berbentuk arsenat -Ca dan Pb (Herman, 2006). Arsenic putih (As₂O₃) biasanya digunakan untuk membasmi rumput liar. Tidak semua pestisida yang diaplikasikan tepat mengenai sasaran, sebagian jatuh ke tanah.

Selain dari pestisida, input arsenic ke lahan pertanian berasal dari pupuk. Arsenic terkandung pada pupuk N, P, pupuk kandang, kapur dan kompos masing-masing sebesar 2,2-120 mg kg⁻¹, 2-1200 mg kg⁻¹, 3-25 mg kg⁻¹, 0,1-25 mg kg⁻¹ dan 2-52 mg kg⁻¹ (Setyorini *et al.*, 2003). Menurut Sastrawijaya (2009), pencemaran tanah dapat terjadi secara langsung di antaranya

dampak penggunaan pupuk secara berlebihan, pemberian pestisida atau insektisida, dan pembuangan limbah yang sulit terdegradasi. Walaupun banyak jenis tanah mempunyai kemampuan mengasimilasi dan menetralkan bahan pencemar, namun tanah juga dapat mengalami penurunan kualitas yang tidak dapat lagi memberikan daya dukung bagi kehidupan manusia secara optimal (Mulia, 2005). Penurunan kualitas tanah karena logam berat menyebabkan penurunan produktivitas tanah dan kualitas hasil pertanian (Subowo *et al.*, 1999).

Konsumsi produk pangan yang tercemar dapat membahayakan kesehatan manusia. Arsen merupakan salah satu logam berat penyebab karsinogen pada manusia (Baars *et al.*, 2001). Oleh karena itu produk-produk pertanian dituntut mempunyai standar mutu yang bagus dan aman dikonsumsi. Pengendalian pencemaran lingkungan yang berhubungan dengan program keamanan pangan nasional harus segera dilaksanakan terlebih lagi memasuki era perdagangan bebas. Salah satu upaya untuk mencegah dan mengendalikan pencemaran lahan pertanian dari unsur logam berat dan memudahkan pemantauannya diperlukan acuan konkrit tentang baku mutu tanah. Baku mutu adalah batas konsentrasi yang diperkenankan bagi zat atau bahan pencemar terdapat di lingkungan dengan tidak menimbulkan gangguan terhadap makhluk hidup.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui baku mutu arsen pada tanah Inceptisol Grobogan dengan tanaman padi sebagai tanaman indikator.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan pada tahun 2016 di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati – Jawa Tengah. Penelitian terdiri atas dua kegiatan yaitu uji adsorpsi logam berat dengan metode Langmuir di laboratorium dan percobaan pot untuk kalibrasi logam berat di rumah kaca. Contoh tanah Inceptisol diambil berdasarkan peta tanah Indonesia. Contoh tanah diambil dari Desa Karangrejo Kecamatan Gabus Kabupaten Grobogan yang terletak pada koordinat 111°12'8" BT dan 7°7'37" LS. Bahan yang digunakan meliputi tanah sawah; bahan

kimia untuk uji adsorpsi logam berat dan analisis tanah meliputi $As_2O_5 \cdot H_2O$ standard solution (1000 mg As), $CaCl_2$ 0,001 M, air bebas ion, HNO_3 , $HClO_4$, dan lain-lain; benih padi dan pupuk untuk percobaan pot di rumah kaca, yaitu: urea, KCl, SP-36, dan lain-lain. Selain itu penelitian ini juga menggunakan bahan-bahan penunjang, antara lain: karung plastik, plastik, ember plastik (pot), tampah, kantong kertas, kertas label, dan lain-lain.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: peralatan untuk mengambil contoh tanah, seperti bor tanah, cangkul, sekop, dan lain-lain; peralatan analisis di laboratorium, seperti alat gelas, *Atomic Absorption Spectrometer* (AAS), dan lain-lain; dan peralatan preparasi seperti grinder tanah, ayakan, plastik alas jemur, dan lain-lain.

Uji adsorpsi logam berat dengan metode Langmuir

Contoh tanah yang diambil pada kedalaman 0-20 cm dianalisis pendahuluan meliputi: tekstur (metode pipet), pH (H_2O 1:5), C-organik (metode Walkey dan Black, Spektrofotometri), KTK (metode penjenuhan NH_4OAc 1 M pH 7, Titrasi), kation dapat ditukar : K_{dd} , Na_{dd} , Ca_{dd} dan Mg_{dd} (AAS), dan kadar logam berat As (metode pengabuan basah, Hidrida-AAS). Uji adsorpsi logam berat As dilakukan dengan metode pendekatan Langmuir. Uji adsorpsi logam berat dilakukan sebagai berikut: sebanyak 2 g contoh tanah kering angin ukuran 2 mm dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambahkan 20 ml larutan $CaCl_2$ 0,001 M yang mengandung logam berat arsen dengan konsentrasi 0-100 $\mu g L^{-1}$.

Larutan diinkubasi selama 6 hari dan dikocok 2 kali sehari dengan kecepatan 180 rpm, masing-masing selama 30 menit setiap pagi dan sore hari. Setelah inkubasi, masing-masing larutan disaring untuk memisahkan ekstrak jernih dan endapan tanah. Ekstrak jernih diambil untuk pengukuran arsen terlarut menggunakan AAS. Konsentrasi logam berat yang teradsorpsi oleh tanah dapat dihitung menggunakan persamaan Langmuir sebagai berikut:

$$X = \frac{k \times b \times C}{1 + k \times C}$$

Keterangan :

- X : jumlah logam berat yang diadsorpsi per satuan bobot tanah (mg kg^{-1});
- k : konstanta yang berkaitan dengan energi ikatan (L mg^{-1});
- b : adsorpsi logam berat maksimum (mg kg^{-1});
- C : konsentrasi logam berat dalam keseimbangan (mg kg^{-1}).

Dari persamaan Langmuir tersebut daya sangga tanah terhadap logam berat arsen dapat dihitung dengan persamaan :

$$DS = k \times b$$

Keterangan :

- DS : Daya Sangga (L kg^{-1});
- k : konstanta yang berkaitan dengan energi ikatan (L mg^{-1});
- b : dsorpsi logam berat maksimum (mg kg^{-1}).

Percobaan pot untuk kalibrasi konsentrasi logam berat

Percobaan pot dilakukan di rumah kaca dengan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 4 perlakuan deret konsentrasi logam berat dengan tiga ulangan. Penentuan dosis konsentrasi logam berat berdasarkan jumlah logam berat yang diadsorpsi per satuan bobot tanah (X) dari persamaan Langmuir, dimana nilai X sebagai dosis, sehingga diperoleh dosis perlakuan 0, $1/2X$, X, $2X$ berturut-turut dengan status rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi, perlakuan meliputi As 0 = 0 mg kg^{-1} , As 1 = 15 mg kg^{-1} , As 2 = 30 mg kg^{-1} dan As 3 = 60 mg kg^{-1} . Contoh tanah yang telah diayak dimasukkan kedalam pot.

Untuk tanaman padi diisi 10 kg contoh tanah yang telah dihaluskan dan diberi label sesuai dengan perlakuan yang akan diberikan. Sebelum diberi perlakuan tanah dalam pot digenangi selama 2 hari. Selanjutnya pada masing-masing pot ditambahkan dosis perlakuan logam berat arsen sesuai dengan label yang sudah terpasang pada pot, kemudian tanah diaduk hingga homogen dan diinkubasi selama 6 minggu. Pada saat inkubasi, tinggi permukaan air dipertahankan pada 2-5 cm

dengan menambahkan air setiap 1 atau 2 hari, menutup pot dan mengaduk tanah seminggu sekali agar homogenitas terjaga. Setelah inkubasi, diambil sampel tanah awal untuk dianalisis kandungan logam berat arsen total. Selanjutnya tanah diberi pupuk dasar dengan dosis 300 mg kg^{-1} N, 200 mg kg^{-1} P, dan 100 mg kg^{-1} K yang masing-masing berasal dari urea, SP-36, dan KCl untuk 10 kg tanah kemudian tanah diaduk kembali hingga lapisan olah homogen dan dibiarkan selama 1 hari. Bibit padi yang telah disemai berumur \pm 14 hari kemudian ditanam 3 bibit/pot setelah berumur 7 hari tanam dipilih 2 tanaman yang tumbuh baik. Tanaman dipanen setelah padi terlihat masak \pm umur 100 hari. Parameter yang diamati meliputi (1) konsentrasi logam berat arsen total pada tanah awal setelah inkubasi, (2) tinggi tanaman dan jumlah anakan padi diamati 14 hari sekali, (3) konsentrasi logam berat arsen total pada akar, jerami dan beras, dan (4) biomassa panen

Analisis data

Penetapan nilai baku mutu logam berat pada tanah dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan kurva hubungan antara logam berat tanah dengan logam berat pada produk (beras). Batas maksimum cemaran logam berat sesuai SNI 7387:2009 adalah konsentrasi maksimum cemaran logam berat yang diijinkan atau direkomendasikan dapat diterima dalam pangan. Batas maksimum cemaran arsen pada sereal berdasarkan SNI 7387:2009 adalah 0,5 mg kg^{-1} . Analisis statistik untuk parameter argonomis dan komponen hasil panen akan dilakukan dengan metode ANOVA dilanjutkan dengan uji DMRT.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik tanah Inceptisol Grobogan

Perilaku logam berat dalam tanah dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah seperti pH, tekstur tanah, dan bahan organik tanah. Arsen termasuk anion yang *mobile* dalam kondisi alkalin. Adsorpsi anionnya akan meningkat seiring dengan meningkatnya pH tanah (Tack dalam Hooda 2010). Pada contoh tanah yang diambil pH tanahnya cenderung basa diperkirakan anion arsennya sangat *mobile* sehingga sangat mudah terserap oleh tanaman. Tekstur tanah

memegang peranan penting dalam mengikat atau melepas logam. Total logam berat terserap dalam tanah tergantung dari kandungan liatnya, dimana sekitar 96 % kandungan beberapa logam berat terdapat pada fraksi liat (Suganda *et al.*, 2006). Liat tanah merupakan sumber pertukaran permukaan negatif dalam tanah dan memberi kontribusi besar pada pertukaran kation. Logam berat pada larutan tanah bisa berupa ion maupun bentuk kompleks (Limura, 1981). Logam berat akan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik tanah sehingga kandungan logam berat tertinggi dijumpai pada lapisan atas (Alloway, 1990).

Hasil analisis tanah awal menunjukkan contoh tanah yang diambil mengandung logam arsen sebesar 1,967 mg kg⁻¹ (Tabel 1). Logam arsen pada tanah tersebut diduga berasal dari geologi tanah tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kabata-Pendias (2010) bahwa lapisan kulit bumi sendiri diperkirakan mengandung arsen rata-rata 1,8 mg kg⁻¹.

Jerapan Arsen tanah Inceptisol

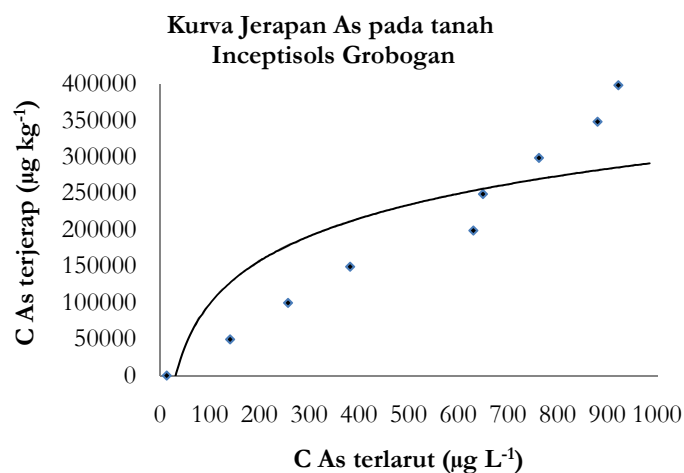
Jerapan logam berat tanah merupakan indikator kemampuan tanah dalam menyerap logam berat sehingga tidak diserap oleh tanaman. Semakin kekanan maka jerapan arsen tanahnya semakin rendah (Gambar 1). Kurva tersebut dari kiri ke kanan menunjukkan tingkat jerapan arsen. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jerapan logam berat pada tanah antara lain intensitas (I) dan kuantitas (Q).

Selain dua faktor tersebut, jerapan logam berat juga dapat dipengaruhi oleh daya sangga

(DS). Faktor ini berkaitan erat dengan kemampuan pengikatan logam berat dalam tanah. Daya sangga merupakan perubahan faktor kuantitas (logam berat terjerap) persatuan perubahan dalam intensitas (logam berat terlarut). Daya sangga yang tinggi menunjukkan kemampuan tanah yang tinggi untuk menyerap dan mempertukarkan logam. Daya sangga tanah Inceptisol Grobogan sebesar 893 L kg⁻¹ dengan konstanta energi ikatan sebesar 0,00893 L mg⁻¹ sehingga diperoleh jumlah logam yang diadsorpsi per satuan bobot (nilai X) sebesar 30 mg kg⁻¹. Nilai X inilah yang digunakan untuk kalibrasi konsentrasi arsen pada tanaman bawang merah.

Tabel 1. Karakteristik contoh tanah percobaan

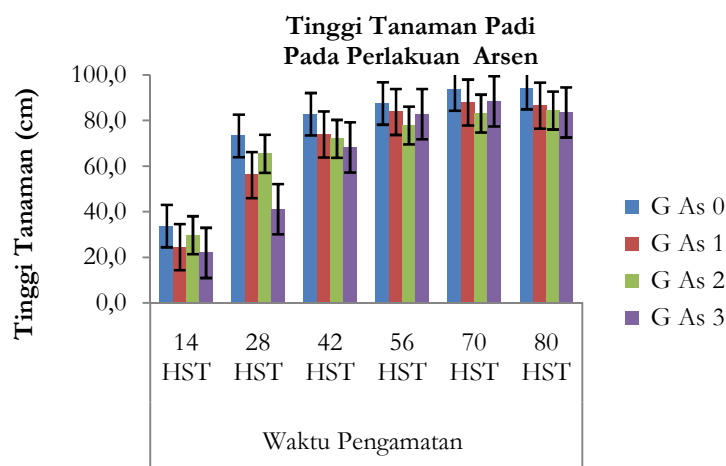
| Sifat-sifat Tanah | Metode | Nilai |
|--|-------------------------|---------|
| Tekstur : | Pipet | |
| Pasir (%) | | 6 |
| Debu (%) | | 68 |
| Liat (%) | | 26 |
| pH | H ₂ O | 8,00 |
| C-Organik (%) | Walkey & Black | 0,92 |
| P tersedia (ppm) | Olsen | 87,30 |
| K tersedia (ppm) | Morgan | 28,81 |
| Nilai tukar kation : | NH ₄ OAc 1 N | |
| KTK (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹) | pH 7 | 34,45 |
| K _{dd} (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹) | | 0,18 |
| Na _{dd} (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹) | | 6,33 |
| Ca _{dd} (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹) | | 34,61 |
| Mg _{dd} (cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹) | | 2,67 |
| Logam total : | Pengabuan | |
| As (ppb) | basah | 1967,50 |



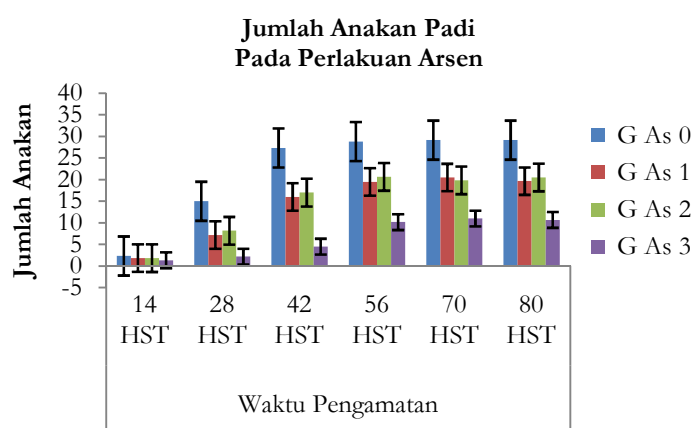
Gambar 1. Kurva hubungan antara arsen terlarut dan yang terjerap tanah
Pertumbuhan tanaman indikator

Pada percobaan kalibrasi arsen menggunakan tanaman indikator padi karena padi sebagai penghasil beras merupakan makanan pokok mayoritas rakyat Indonesia. Pertumbuhan tanaman padi terbagi dua fase yaitu vegetatif dan generatif. Fase vegetatif dimulai dari berkecambahnya benih sampai anakan maksimum dan fase generatif dimulai dari terbentuknya primordia bunga hingga masak panen. Pengamatan tanaman dilakukan 14 hari sekali meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan dan jumlah malai. Hasil pengamatan menunjukkan tinggi tanaman padi pada fase vegetatif tidak terpengaruh oleh logam arsen

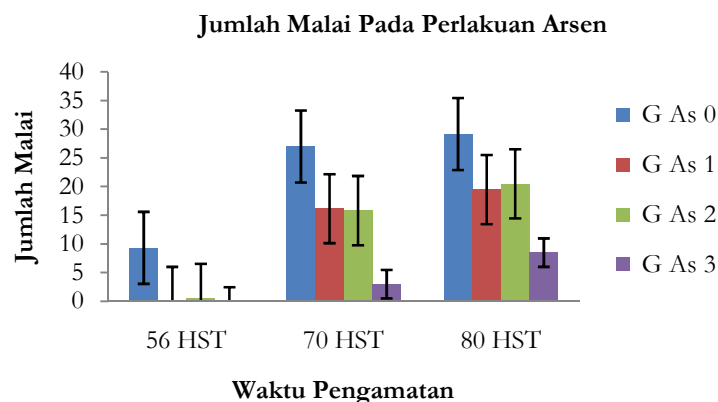
(Gambar 3). Namun perlakuan pemberian logam arsen pada tanaman padi memperlihatkan semakin meningkat konsentrasi arsen maka semakin terhambat pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol terutama pada fase generatif pada masa pembentukan anakan dan malai (Gambar 4 dan 5). Hal ini sejalan dengan Farago (1994) bahwa logam yang berlebihan dalam tanah dapat menyebabkan stres pada tanaman berupa perubahan reaksi fisiologi tanaman, menurunnya daya tumbuh dan yang lebih ekstrim adalah menghambat pertumbuhan tanaman.



Gambar 3. Tinggi tanaman padi



Gambar 4. Jumlah anakan padi



Gambar 5. Jumlah malai padi

Pada percobaan kalibrasi arsen pada tanaman padi berpengaruh nyata terhadap biomas panen dan komponen hasil padi (Tabel 2 dan 3). Secara umum kontrol memiliki hasil lebih

tinggi dibanding dengan tanaman yang mendapat perlakuan arsen. Menurut Farago (1994) reaksi tanaman terhadap keracunan berupa menurunnya hasil.

Tabel 2. Biomass kering panen tanaman padi

| Perlakuan | BK Akar (g) | BK Jerami (g) | BK Gabah (g) |
|-----------|-------------|---------------|--------------|
| G As 0 | 23.7 a | 47.6 a | 71.9 a |
| G As 1 | 27 a | 39.4 ab | 32.9 b |
| G As 2 | 25.5 a | 29.9 b | 33.9 b |
| G As 3 | 13.1 b | 17.2 c | 9.9 c |

Tabel 3. Komponen hasil panen tanaman padi

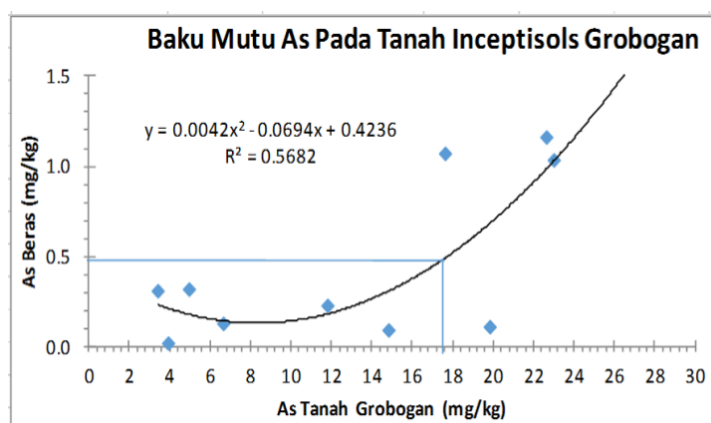
| Perlakuan | Berat gabah hampa (g) | Berat gabah isi (g) | Berat 1000 Butir (g) |
|-----------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| G As 0 | 4.87 a | 46.47 a | 19.2 a |
| G As 1 | 3.07 b | 17.47 bc | 18.6 a |
| G As 2 | 3.23 b | 19.23 c | 18.1 a |
| G As 3 | 1.37 c | 3.70 c | 8.9 b |

Keterangan : Hasil analisis statistik berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5 %

Baku mutu Arsen pada tanah Inceptisol

Padi termasuk tanaman pangan pokok sehingga diupayakan rendah kandungan logam beratnya karena efek toksiknya. Racun logam berat dapat menyebabkan kerusakan DNA dan memiliki efek karsinogenik terhadap hewan dan manusia yang dapat mengakibatkan mutagenesis pada tingkat sel (Padmavathiamma dan Loretta., 2007). Dosis rendah dari racun logam berat yang terakumulasi tubuh dalam jangka waktu lama menyebabkan malfungsi dan

syndrom kronis pada pencernaan (Fu *et al.*, 2008). Paparan logam berat dalam tubuh manusia melalui rantai tanah-tanaman-makanan, sehingga untuk meminimalkan kandungan logam berat arsen pada beras diperlukan nilai baku mutu logam berat arsen pada tanah sawah. Batas maksimum cemaran arsen pada sereal berdasarkan SNI 7387:2009 sebesar 0,5 mg kg⁻¹, bila dihubungkan dengan arsen pada tanah akan menghasilkan nilai baku mutu arsen pada tanah sawah Grobogan sebesar 17,5 mg kg⁻¹ (Gambar 5).



Gambar 5. Nilai baku mutu arsen pada tanah Inceptisol Grobogan

Kesimpulan

Pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah berdasarkan analisis statistik tidak berbeda nyata. Hasil analisis regresi antara kandungan arsen dalam tanah dan umbi bawang merah menghasilkan nilai baku mutu As pada tanah entisols Brebes pada pertanaman bawang merah sebesar $11,2 \text{ mg kg}^{-1}$.

Daftar Pustaka

- Alloway, B.J. 1990. Heavy Metal in Soils. John Wiley and Sons, New York.
- Baars, A., Theelen, R., Jansen, P., Hesse, J., Van Apeldoorn, M., Meijerink, M.V. and Zeilmaker, M. 2001. Re-evaluation of Human Toxicological Maximum Permissible Risk Level. RIVM Report.
- Farago, E.M. 1994. Plants and The Chemical Elements : Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity. VCH Press. 292p.
- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q. and Jiang, G. 2008. High levels of heavy metal in rice from a typical e-waste recycling area in Southeast china and its potential risk to human health. *Chemosphere* 71(1): 1269-1275.
- Hasanah, I. 2007. Bercocok Tanam Padi. Azka Mulia Media. Jakarta.
- Herman, D.Z. 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar arsen, merkuri, timbal dan kadmium dari sisa pengolahan bijih logam. *Indonesian Journal of Geoscience* 1(1): 19-30.
- Hooda, P.S. 2010. Trace Elements in Soils. Wiley Publication. 595p.
- Kabata-Pendias, A. 2011. Trace Element in Soils and Plants : Fourth Edition. CRC Press. 505p.
- Koswara, S. 2009. Teknologi Pengolahan Beras (Teori dan Praktek). Unimus. Semarang.
- Limura, K. 1981. Chemical forms and behavior of heavy metal in soils. In Kakuzo, K. dan I.Yamane (Eds). Heavy Metal Pollution in Soils of japan. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Mulia, R.M. 2005. Kesehatan Lingkungan. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Padmavathiamma, P.K. and Loretta Y.L. 2007. Phytoremediation Technology : Hyperaccumulation Metal in Plants. Water Air Soil Pollut. 184p.
- Sastrawijaya A.T. 2009. Pencemaran Lingkungan. Rineka Cipta. Jakarta
- Setyorini, D., Soeparto, dan Sulaeman. 2003. Kadar Logam Berat dalam Pupuk. p. 219-229 dalam *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian*. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Subowo, E., Turhekih, Kurniawansyah, A.M. dan Nasution, I. 1999. Identifikasi dan Evaluasi Pencemaran Cd Pada Padi Gogo. *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan*. Puslitanak. Bogor.
- Suganda, H., Kasno, A. dan Prasetyo, B.H. 2006. Batas kritis merkuri dan kadmium pada typic Dystrudepts dan typic Hapluderts untuk padi sawah. *Jurnal Tanah dan Iklim* 24: 16-21.

halaman ini sengaja dikosongkan