

**DISTRIBUSI SPASIAL TIMBAL DI LAHAN PERTANIAN DAN  
BIOAKUMULASI DALAM TANAMAN KABUPATEN BANTUL**

***SPATIAL DISTRIBUTION OF LEAD IN AGRICULTURE LAND AND PLANT  
BIOACCUMULATION BANTUL DISTRICT***

**S.Y. Jatmiko<sup>1</sup>, Edhi Martono<sup>2</sup>, Djoko Prajitno<sup>2</sup>, Suratman Worosuprojo<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Mahasiswa S3 Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta*

<sup>2</sup>*Dosen Fakultas Pertanian UGM, <sup>3</sup>Dosen Fakultas Geografi UGM*

**ABSTRACT**

*Heavy metals in soil, water, and plants should be given due attention because nature and its potential toxicity carcinogenic, mobility in soil is rapidly changing, and tend to be cumulative in human body. Aims of research are identify pollution, pollution level, spatial distribution, and its correlation with soil chemicals properties, as well as risks to health. Research conducted in 2010 by survey on agricultural land in Bantul. Tools used to determine lead content was AAS. Result: frequency of lead detected in paddy fields was 97.9 percent and frequency detected in rice field water was 62.9 percent with maximum levels, respectively, 21.34 mg per kg and 0.128 mg per l whose levels lead in paddy fields and in water exceeds maximum limit set. Distribution of lead has a weak spatial autocorrelation (nugget/sill > 75 percent). Soil chemical properties were correlated significantly ( $p < 0.05$ ) are C-organic content and redox potential (Eh) in presence of lead in soil. Hazard index value (IB) > 1 was found in nine locations producer of rice, single location producer of corn, and three locations peanut producers. Locations of soybean producers, green beans, and shallot have IB < 1. Locations of agricultural producers with IB values > 1 indicate that agricultural products in these locations have healthy risk if consumed in long time, opposite location of hazard index value (IB) < 1, no risk to health that are safe for consumption.*

*Key-words: lead, spatial distribution, agricultural land.*

**INTISARI**

Logam berat dalam tanah, air, dan tanaman patut diperhatikan karena sifat racun dan potensi karsinogeniknya, mobilitasnya cepat berubah, cenderung kumulatif dalam tubuh manusia. Tujuan penelitian: mengidentifikasi tingkat cemaran, bentuk sebaran ruang, korelasinya dengan sifat kimia tanah, dan risikonya terhadap kesehatan. Penelitian dilakukan tahun 2010 secara survei di lahan pertanian Bantul (144 titik grid). Alat untuk menentukan kadar timbal adalah AAS. Hasil: frekuensi timbal di sawah 97,9 persen dan frekuensi terdeteksi di air sawah 62,9 persen, kadar maksimum 21,34 mg per kg dan 0,128 mg per l, melebihi baku mutu. Sebaran timbal berautokorelasi keruangan lemah (nugget/sill > 75 persen). Sifat kimia tanah yang berkorelasi nyata ( $p < 0,05$ ) adalah kadar C-organik dan potensial redoks (Eh) dengan keberadaan timbal dalam tanah. Nilai indeks bahaya (IB) > 1 cemaran timbal ditemukan di sembilan lokasi produsen beras, satu lokasi produsen jagung, dan tiga lokasi produsen kacang tanah. Lokasi produsen kedelai, kacang hijau, dan bawang merah IB < 1. Lokasi produsen pertanian dengan IB > 1 mengindikasikan produk pertanian berisiko mengganggu kesehatan jika dikonsumsi jangka panjang, sebaliknya lokasi dengan indeks bahaya (IB) < 1, tidak berisiko terhadap kesehatan sehingga aman dikonsumsi.

Kata kunci: timbal, sebaran spasial, lahan pertanian

<sup>1</sup> Alamat penulis untuk korespondensi: Sigit Yuli Jatmiko, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Jln. Raya Jakenan-Jaken Km 05, Jakenan 59182 Pati. Email: syjatmiko@hotmail.com

## PENDAHULUAN

Kehadiran logam berat dalam tanah, air, dan tanaman patut mendapat perhatian karena sifat racun dan potensi karsinogeniknya, mobilitasnya dalam tanah yang cepat berubah, dan cenderung kumulatif dalam tubuh manusia (Notodarmojo 2004). Logam berat dapat masuk ke dalam lingkungan hidup karena longgokan alami di dalam bumi tersingkap, pelapukan batuan yang mengandung logam berat, penggunaan bahan alami untuk pupuk atau pembenah tanah, dan atau pembuangan sisa dan limbah pabrik serta sampah (Notohadiprawiro 1993).

Adanya pencemaran logam berat di lahan pertanian telah dilaporkan oleh Abdurachman *et al* (2000) di Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. Ditunjukkan bahwa tanah di lahan persawahan Kecamatan Jaten, Kebakkramat, dan Tasikmadu mengandung unsur logam berat dengan konsentrasi cukup tinggi. Unsur seperti Pb, Cd, Co, dan Cr mendekati ambang bawah batas kritis (Kurnia *et al* 2003). Kasno *et al* (2000) juga melaporkan bahwa logam berat Pb dan Cd dari kendaraan bermotor mencemari persawahan di Pantura hingga luasan 40 persen dari 105.557 ha di wilayah Kerawang-Bekasi. Di wilayah Palimanan, Cirebon, pencemaran Pb pada persawahan mencapai 30,08 ppm sehingga mengakibatkan kandungan Pb pada hasil padi mendekati ambang batas bahaya untuk konsumsi (Miseri *et al* 2000 dalam Hidayati & Saefudin 2005).

Kabupaten Bantul memiliki dinamika lingkungan yang tinggi, sebagai daerah hilir yang memiliki 533 industri, juga menerima pasokan limbah dari daerah hulu (Kota Yogyakarta yang memiliki 268

industri dan Kabupaten Sleman yang memiliki 499 industri); oleh sebab itu beban pencemaran air di Kabupaten Bantul paling besar di antara seluruh kabupaten di Provinsi DIY (Anonim 2007). Lahan sawah yang berada dekat dengan kawasan industri, kota padat penduduk, pertanian intensif, berpeluang tercemar timbal. Timbal secara fisiologi bukan unsur esensial dan merupakan logam yang berpotensi membahayakan. Sumber pencemar logam berat di lahan pertanian kota (*urban soil*) dapat berasal dari kegiatan peleburan logam, industri aki, pabrik cat, insinerator, pembakaran batubara (25 ppm), dan minyak (0,3 ppm), pestisida (Pb-arsenat), pengotor pupuk, juga pembakaran bahan bakar minyak menyumbang 80 persen Pb di udara (Mortvedt *et al* 1972; Wuertz & Margeay 1997).

Badan Penelitian Kanker Internasional (IARC) dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika (EPA) mengategorikan timbal sebagai kemungkinan pemicu kanker pada manusia (*Probable or suspected human carcinogen*), kerusakan syaraf (*neurotoxic*), merusak sistem kekebalan tubuh, dan merusak sistem endokrin (Chun & Kang 2003; Kime 1999; Nordberg *et al* 2007). Asupan Pb terlarut sebanyak 1000 µg per hari selama delapan tahun dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Kehoe 1966 *cit.* Mortvedt 1972). Konsentrasi Pb maksimum yang diijinkan dalam tanah 20 hingga 30 mg per kg (Kabata-Pendias & Mukherjee 2007), dalam air irigasi 5,0 ml per liter (Anonim 1994), dalam air sungai 0,3 mg per liter (PP No. 82 Tahun 2001), dalam air minum 0,01 mg per liter (Anonim 2004), dan dalam makanan 0,1 mg per kg (SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89).

Teknologi penyajian informasi melalui pemantauan lingkungan secara spasial untuk areal yang luas menjadi sangat penting dalam perencanaan regional serta dalam pengambilan keputusan sebagai teknologi pengawasan dini guna melindungi dan membantu konsumen dalam memilih pangan yang bermutu, bergizi, dan aman.

## BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kabupaten Bantul Provinsi DIY yang terletak antara  $110^{\circ}12'34''$  hingga  $110^{\circ}31'08''$  dan  $7^{\circ}44'04''$  hingga  $8^{\circ}00'27''$  atau *easting* antara 412823 hingga 446982 UTM dan *northing* 9114841 hingga 9144978 UTM (LKPJ Kabupaten Bantul 2008). Penelitian dilaksanakan secara survei. Jenis sampel yang diambil meliputi: tanah, air, dan produk pertanian. Pengumpulan data primer dilakukan secara grid, sehingga diperoleh 144 titik pusat grid ( $12 \times 12$ ) dengan interval jarak dua km. Satu titik sampling terdiri dari 10 hingga 15 subcontoh, dengan jarak pengambilan tiap subcontoh 25 hingga 50 m. Alat yang digunakan untuk analisis kadar timbal adalah AAS tipe AA240FS Varian.

Contoh tanah terlebih dahulu dilakukan analisis sifat fisika dan kimia, yaitu tekstur tanah (metode pipet), pH tanah ( $H_2O$  dan KCl) (pH meter), C organik (metode Kormier) dan KTK ( $NH_4OAc$  1 N pH 7). Kadar logam berat dalam tanah dan produk pertanian diekstrak dengan pengabuan basah (campuran asam pekat  $HNO_3$  dan  $HClO_4$ ) (Sulaeman, dkk 2005). Parameter tanah, air, dan tanaman dari data primer maupun data sekunder dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan program SAS Release 9.00, ArcView ver 3.3, dan Surfer ver 8.0. Batas ambang kritis

unsur logam dalam tanah menggunakan kriteria konsentrasi maksimum yang diijinkan (*maximum allowable concentration*) menurut Kabata-Pendias & Mukherjee (2007). Batas maksimum logam berat dalam air menggunakan pedoman PP No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, pedoman batas maksimum konsentrasi untuk air minum menurut WHO (2004), dan kualitas air irigasi berdasarkan ketentuan FAO (Anonim 2004). Penetapan batas maksimum cemaran logam berat pada bahan makanan berdasarkan SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89.

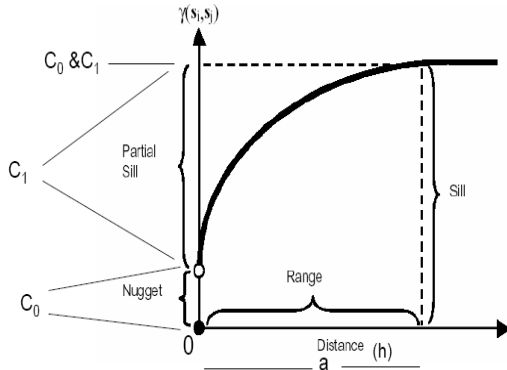
Analisis semivariogram digunakan untuk mengetahui sebaran spasial (Hengl, 2007; Krasilnikov *et al.*, 2008; Littell *et al.* 2006; ) dengan bentuk empiris :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \left\{ z(x_i) - z(x_i + h) \right\}^2,$$

dan model *spherical* dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & \text{untuk } h = 0 \\ C_0 + C \left( \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right), & \text{untuk } 0 < h < a \\ C_0 + C, & \text{untuk } h \geq a \end{cases}$$

$\gamma(h)$ : semivarian pada tiap lag (interval jarak),  $N(h)$ : jumlah pasangan titik yang dipisahkan oleh lag,  $z(x_i)$ : hasil pengukuran pada lokasi  $x_i$ , dan  $z(x_i + h)$  = hasil pengukuran pada lokasi  $x_i + h$ . Parameter variogram (nugget ( $C_0$ ), range ( $a$ ), sill ( $C_0 + C_1$ )) ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Parameter variogram

Terdapatnya sebaran korelasi spasial digunakan kaidah Cambardella *et al.* (1994), yaitu jika nisbah nugget atau sill bernilai : (1) 25 hingga 75 persen, maka korelasi spasial sedang, (2) >75 persen, maka korelasi spasial lemah, dan (3) <25 persen, korelasi spasial sangat kuat. Untuk mengetahui korelasi antara kadar timbal dalam tanah dan karakteristik sifat fisika dan kimia tanah digunakan uji koefisien korelasi momen hasil kali Pearson (Steel & Torrie, 1980) dengan formulasi:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

$X_i$  : peubah X ke i,  $\bar{X}$  : rerata peubah X,  $Y_i$  : peubah Y ke i, dan  $\bar{Y}$  = Rerata peubah Y. Tingkat signifikasi koefisien korelasi nyata pada  $p < 0,05$  dan sangat nyata jika  $p < 0,01$ . Keamanan produk pertanian untuk dikonsumsi digunakan metode menurut EPA dengan menghitung risiko toksisitas indeks bahaya, yaitu nisbah antara asupan estimasi terhadap dosis referensi:

$$IB = \frac{AE}{DRf}, \text{ dan } AE = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

IB = indeks bahaya, AE = asupan estimasi (mg/kg), DRf = dosis Referensi, C = konsentrasi cemaran (mg per kg), CR =

konsumsi harian (kg per kapita per hari), EF = frekuensi paparan (365 hari per tahun), ED = lama paparan (standar 30 tahun), BW = bobot tubuh (60 kg), AT = lama paparan (hari) = 30 tahun  $\times$  365 hari per tahun = 10950 hari. Kaidah yang digunakan adalah (1) jika  $IB = AE/DRf < 1$ , maka tidak berisiko terhadap kesehatan, dan jika  $IB = AE/DRf > 1$ , maka berisiko terhadap kesehatan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi terdeteksi timbal di lahan sawah adalah 97,9 persen (141 lokasi) dan frekuensi terdeteksi di air sawah adalah 62,9 persen (90 lokasi) dengan kadar maksimum masing-masing adalah 21,34 mg per kg dan 0,128 mg per l yang melebihi konsentrasi maksimum yang diijinkan (KMI) di dalam tanah menurut Kabata-Pendias & Mukherjee (2007) dan batas maksimum yang ditetapkan (BMD) dalam air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 (Tabel 1).

Kadar C-organik dan potensial redoks (Eh) berkorelasi positif nyata ( $p < 0,05$ ), sebaliknya kadar lempung dan jenis batuan induk berkorelasi negatif nyata ( $p < 0,01$ ) dengan keberadaan timbal, ini mengindikasikan bahwa keberadaan timbal tersebut bukan berasal dari batuan induk maupun jenis tanah, tetapi mungkin berasal dari aktivitas manusia (industri, asap kendaraan, limbah rumah tangga, dan lain-lain) (Tabel 2).

Berdasarkan kaidah Cambardella *et al.* (1994) timbal mempunyai autokorelasi spasial lemah yang ditunjukkan oleh nisbah nugget/sill >75%, dengan nilai sill 7,59 mg/kg, melandai (*flatten out*) pada jarak range (11.000 m), nilai nugget 5,781 mg/kg dengan sudut anisotropi  $0,0^\circ$  (Gambar 2).

**Tabel 1. Nilai statistik deskripsi kadar Pb yang terdeteksi dalam lahan sawah dan air sawah di Kabupaten Bantul Provinsi DIY Tahun 2010 (n=144)**

	Kadar timbal	
	Tanah (mg/kg)	Air (mg/l)
Minimum	tt <sup>c</sup>	0,001
Maksimum	21,34	0,128
Rerata	3,02	0,019
Standar deviasi	2,65	0,020
Koefisien ragam (%)	103,8	106,3
Skewness	4,39	2,5
Kurtosis	27,69	8,8
Lokasi terdeteksi (%)	141 (97,9%)	90 (62,9%)
KMI <sup>a</sup> , RKM <sup>b</sup> , BMD <sup>d</sup>	20-30 <sup>a</sup>	5,00 <sup>b</sup> ; 0,01 <sup>c</sup> ; 0,03 <sup>d</sup>

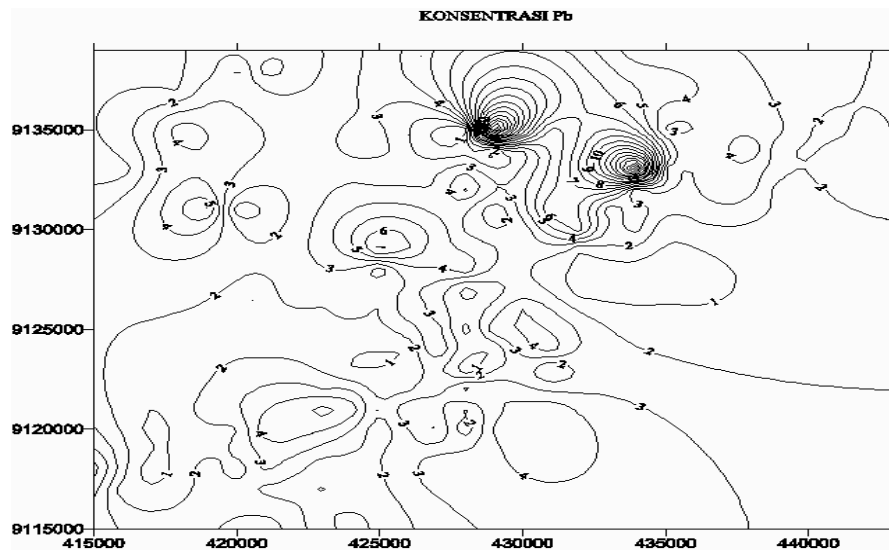
<sup>a</sup>Konsentrasi maksimum yang diijinkan (KMI) di dalam tanah (Kabata-Pendias & Mukherjee, 2007).

<sup>b</sup>Rekomendasi konsentrasi maksimum dalam air irigasi (RKM) (FAO, 1994). <sup>d</sup>Batas maksimum yang ditetapkan (BMD) (PP No.82 Tahun 2001). <sup>c</sup>tt=tidak terdeteksi.

**Tabel 2. Matrik korelasi antara sifat-sifat fisika dan kimia tanah dengan kadar Pb di dalam tanah di Kabupaten Bantul Provinsi DIY. Tahun 2010**

	Lempung	C-org	KTK	pH	Eh	Tanah	Batuan
Pb	-0.2048*	0.2039*	-0.0532	0.0258	0.1715*	-0.0535	-0.2270*
	0.0236	0.0242	0.5606	0.7773	0.0590	0.5584	0.0119

Korelasi sangat nyata ( $p < 0,001$ ); Korelasi nyata ( $p < 0,05$ ).



**Gambar 2. Sebaran spasial timbal (Pb) di lahan sawah di Kabupaten Bantul Provinsi DIY.**

Kehadiran timbal dalam produk pertanian akan menyebabkan keracunan akut dan keracunan kronis bagi tubuh manusia. Produk pertanian di Kabupaten Bantul menunjukkan beberapa tanaman pangan dan sayuran mengandung timbal. Beberapa diantaranya telah melampui BMC yang ditetapkan berdasarkan SK Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89. Timbal telah mencemari: beras di 16 lokasi, kacang tanah di 15 lokasi, bawang merah di tujuh lokasi, dan kedelai di enam lokasi (Tabel 3).

Produk pertaniannya mengandung timbal yang melampui BMC harus mendapatkan perhatian serius, karena mengonsumsi produk yang tercemar timbal dapat menimbulkan keracunan akut maupun kronis serta gangguan kesehatan lainnya. Berdasarkan nilai kritis paparan (kadar paparan dengan  $IB > 1$ , yaitu  $\geq 1,44$  mg per kg untuk Pb) maka terdapat sembilan lokasi lahan produsen beras, satu lokasi produsen jagung, tiga lokasi produsen kacang tanah, dan dua lokasi produsen bawang merah terpapar Pb ( $IB > 1$ ) (Tabel 4).

**KESIMPULAN**

Frekuensi terdeteksi timbal di lahan sawah adalah 97,9 persen (141 lokasi) dan frekuensi terdeteksi di air sawah adalah 62,9 persen (90 lokasi) dengan kadar maksimum masing-masing adalah 21,34 mg per kg dan 0,128 mg per l telah telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sebaran timbal mempunyai autokorelasi spasial lemah yang ditunjukkan oleh nilai nisbah nugget atau sill  $> 75$  persen, dengan nilai sill 7,595 mg per kg Pb, pada kisaran jarak range 7.898 m kemudian melandai pada kisaran jarak range (11.000 m), nilai nugget 5,781 mg per kg Pb dengan sudut anisotropi  $0,0^\circ$ .

Sifat kimia tanah yang berkorelasi nyata ( $p < 0,05$ ) adalah kadar C-organik dan potensial redoks (Eh), sebaliknya kadar lempung dan jenis batuan induk berkorelasi negatif nyata ( $p < 0,01$ ) dengan keberadaan timbal di dalam tanah. Nilai indeks bahaya (IB)  $> 1$  cemaran timbal ditemukan pada beras di sembilan lokasi, pada jagung satu lokasi, dan pada kacang tanah di tiga lokasi. Lokasi dengan nilai  $IB > 1$  mengindikasikan bahwa beras di lokasi tersebut

Tabel 3. Kadar timbal (mg/kg) dan batas maksimum residu (BMR) dalam produk pertanian di Kabupaten Bantul Provinsi DIY, tahun 2010

Deskripsi	Jenis komoditi					
	Beras n=98	Jagung n=11	Kedelai n=6	Kc.tanah n=40	Kc. Hijau n=3	B.merah n=18
Rerata (mg.kg <sup>-1</sup> )	0.97	3.57	2.18	2.56	0.49	6.13
Std (mg.kg <sup>-1</sup> )	1.76	7.12	2.82	4.54	0.70	5.93
Maks (mg.kg <sup>-1</sup> )	10.19	23.80	9.42	20.20	0.99	18.11
Skewness	3.66	2.76	2.60	2.78	(-)	0.69
Koefisen Ragam	1.82	1.99	1.29	1.78	1.41	0.97
BMC (mg.kg-1)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
Lokasi >BMC	16	3	6	15	0	7

Tabel 4. Nama lokasi lahan sawah dengan konsentrasi Pb dalam beras, jagung, kacang tanah, dan bawang merah yang mempunyai indeks bahaya (IB)>1 di Kabupaten Bantul Provinsi DIY. Tahun 2010

Nama Lokasi	Koordinat UTM		Komoditas	Kadar (mg/kg)	AE (mg/kg)	IB
	X (Timur)	Y (Utara)				
AGM_3 (Argomulyo)	421000	9138000	Beras	6.857	0.034	4.8
BNH_22 (Bangunharjo)	431000	9135000	Beras	3.467	0.017	2.4
TMB_23 (Timbulharjo)	430000	9130000	Beras	7.934	0.039	5.6
TMB_31 (Timbulharjo)	429000	9129000	Beras	5.903	0.029	4.1
SRM_59 (Srimartani)	430000	9129000	Beras	1.436	0.007	1.0
GLH_77 (Gilangharjo)	423000	9126000	Beras	3.602	0.018	2.5
DNT_96 (Donotirto)	422000	9127000	Beras	2.384	0.012	1.7
SBM_129 (Sumbermulyo)	427000	9125000	Beras	10.192	0.050	7.2
SHR_136 (Sriharjo)	428000	9125000	Beras	1.571	0.008	1.1
AGM_3 (Argomulyo)	421000	9138000	Jagung	6.857	0.034	4.8
BNH_22 (Bangunharjo)	431000	9135000	Kc. tanah	3.467	0.017	2.4
TMB_23 (Timbulharjo)	430000	9130000	Kc. tanah	7.934	0.039	5.6
TMB_31 (Timbulharjo)	429000	9129000	Kc. tanah	5.903	0.029	4.1
SRM_59 (Srimartani)	430000	9129000	Bw. merah	1.436	0.007	1.0
GLH_77 (Gilangharjo)	423000	9126000	Bw. merah	3.602	0.018	2.5

Asupan estimasi (AE) = residu maksimum  $\times$  konsumsi harian/60 bobot tubuh. Konsumsi beras 107,8 kg/kapita/tahun atau 0,295 kg/kapita/hari (SUSENAS, 2008), konsumsi jagung 14,34 kg/kapita/tahun setara 0,0392 kg/kapita/hari (Kasryno, 2005), konsumsi kacang tanah 0,99 kg/kapita/tahun setara 0,002712 dan konsumsi bawang merah 4,56 kg/kapita/tahun setara 0,01249 kg/kapita/hari. IB=AE/ADI, jika <1 tidak berisiko dan >1 berisiko terhadap kesehatan.

berisiko mengganggu kesehatan jika dikonsumsi dalam jangka panjang, sedangkan kedelai, kacang hijau, dan bawang merah mempunyai nilai indeks bahaya (IB) <1, sehingga aman dikonsumsi.

#### UNGKAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Siti Nurhayati, SSI., Sarwoto BSc., dan Slamet Riyanto yang telah mendampingi penulis melakukan survei dan kepada seluruh staf laboratorium Balingtan: Sulaeman SP., Aji, Nanang, Asep Kurnia

SP., Mita Megarina, Slamet Riyanto, Fitra Purnariyanto, dan Sudyono yang membantu penulis melakukan preparasi dan analisis logam timbal.

#### DAFTAR PUSTAKA

Abduracman A, S. Sutono, H. Kusnadi & Y. Hadian. 2000. *Pengkajian baku mutu tanah : Sumber dan proses terjadinya Pencemaran logam berat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.* 2000.

Anonim. 1994. *Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29 rev. 1*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

----- .2004. *Guidelines for drinking water*. 3rd Ed. World Health Organization, Geneva.

----- . 2007. Permasalahan Lingkungan yang berpotensi menimbulkan kerusakan di Kabupaten Bantul. <http://bapedal.bantul.kabupaten.go.id/index.php?node=55&menu=5&sub=1>. Diakses 12 Desember 2010.

Cambardella, C.A., T.B. Moorman, J.M. Novak, T.B. Parkin, D.L. Karlen, R.F. Turco, A.E. Konopka. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58:1501-1511.

Chun, O.K. & H.G. Kang. 2003. Estimation of risk of pesticide exposure by food intake to Koreas. *Food and chemical Toxicology* 41(2003): 1063-1076.

Hengl, T. 2007. *A practical guide to geostatistical mapping of environmental variables*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy.

Hidayati, N & Saefudin, 2005. Potensi Hipertoleransi dan Serapan Logam Beberapa Jenis Tumbuhan pada Limbah Pengolahan Emas. *J. Biol. Indon.* III (9): 351-359.

Kabata-Pendias & A.B. Mukherjee, 2007. *Trace elements from soil to human*. Springer. Berlin-Heidelberg-New York.

Kasno, A., J.S. Adiningsih, Sulaeman & Subowo. 2000. Status Pencemaran Pb dan Cd pada Lahan Sawah Intensifikasi Jalur Pantura Jawa Barat. *Prosiding Kongres Nasional VII Himpunan Ilmu Tanah Indonesia*. Bandung 2-4 Nopember 1999. h. 1537-1546.

Kime, D.E. 1999. Environmentally Induced Endocrine. Page 27-48 in R.E. Hester & R.M. Harrison eds. *Endocrine disrupting chemicals. Issues in env. sci and tech.*. The Royal Society of Chemistry Pub., Milton Road, Cambridge, UK.

Krasilnikov, P., F. Carre, L. Montanarella. 2008. *Soil geography and geostatistics. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy.*

Kurnia, U., J. Sri Adiningsih & A. Abdurachman. 2003. Strategi Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Pertanian. Hal 41-61 dalam *Risalah Semnas Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian*. Kudus, 4 Nopember 2002.

Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup, R.D. Wolfinger, O. Schabenberger. 2006. *SAS for mixed models*. 2nd Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Mortvedt, J.J., P.M. Giordano, W.L. Lindsay. 1972. *Micronutrients in agriculture*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Nordberg, G., B.A. Fowler, M. Nordberg, & L. Friberg. 2007. *Handbook on the toxicology of metals*. Academic Press, Copenhagen.



Notodarmojo, B. 2004. *Pencemaran tanah dan air tanah*. Penerbit ITB, Bandung.

Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1980. *Prinsip dan prosedur statistik* (Terjemahan oleh Bambang Sumantri). PT Gramedia Jakarta.

Sulaeman, Suparto, & Eviati. 2005. *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian. Deptan.

Notohadiprawiro, Tejoyuwono 1993. *Logam berat dalam pertanian*. Ceramah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan 28 Agustus (tidak dipublikasikan).

Wuertz, S & M. Mergeay. 1997. *The impact of heavy metals on soil microbial communities and their activities*. Pages 607-642 in Jan Dirk van Elsas, Jack T. Trevors and E.M.H. Wellington. Marcel Dekker, Inc., New York.