

DISTRIBUSI RUANG INSEKTISIDA HEPTAKLOR DI LAHAN PERTANIAN KABUPATEN BANTUL PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

SPATIAL DISTRIBUTION MAP OF HEPTACHLOR INSECTICIDE ON AGRICULTURAL LAND IN BANTUL REGENCY, PROVINCE OF YOGYAKARTA SPECIAL REGION

Sigit Yuli Jatmiko*

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah

Edhi Martono, Djoko Prajitno

²Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Suratman Worosuprojo

³Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Penulis untuk korespondensi. E-mail: syjatmiko@hotmail.com

ABSTRACT

Heptachlor ($C_{10}H_5Cl_7$) was an organochlorine insecticide compound, which was considered POPs (Persistent Organic Pollutants) that is highly toxic to human. Since 2007 heptachlor insecticide was banned in Indonesia because of its chronic toxicity, persistency, bioaccumulative, and carcinogenic natures. But its illegal use is still rampant because of its dark market availability, cheap price, and is effective in eradicating the pest. Furthermore, there is also lack of asertiveness of regulations and applicable laws. The objectives of the research were to identify pollution, pollution level, spatial distribution, and its correlation with soil chemicals properties, as well as the risks to health caused by heptachlor use. Research was conducted in 2010 by a survey on agricultural land in the regency of Bantul, Province of Yogyakarta Special Region on a 144 point grids. The tool used to determine heptachlor residue was GC-MS chromatography using Shimadzu GC-2014. The analysis showed that heptachlor was detected in soil, water and in agricultural products. Heptachlor residues were detected in 137 locations (95%) of 144 agricultural land sites, and the water residues on 11 sites exceeded the levels set according to levels of Government Regulation No. 82 of 2001. Heptachlor residue levels in agricultural products (rice, corn, soybeans, green beans, peanuts, and shallot) exceeded the maximum residue limit (MRL) established by the ISO (7313:2008). Soil acidity (pH) has very significant effect on the process of dissipation (loss) of heptachlor ($p < 0.01$) in the soil. Based on the rules of Cambardella distribution, it was discovered that heptachlor had spatial autocorrelation with nugget-sill ratio of 35.7%. Heptachlor polluted rice in 37 locations with hazard index values > 1 .

Key words: agricultural land, Bantul, heptachlor, insecticides, spatial distribution, Yogyakarta

INTISARI

Heptaklor ($C_{10}H_5Cl_7$) adalah jenis insektisida organoklorin anggota senyawa POPs (Persistent Organic Pollutant) yang sejak tahun 2007 sudah dilarang penggunaannya di Indonesia karena sifatnya yang toksik kronis, persisten, bioakumulatif, dan pemicu kanker (karsinogenik). Namun karena harganya yang murah dan efektif membasmi hama, maka masih banyak digunakan selain karena kurang tegasnya peraturan dan hukum yang berlaku. Tujuan penelitian adalah identifikasi, tingkat cemaran, bentuk sebaran ruang, korelasinya dengan sifat kimia tanah, serta risikonya terhadap kesehatan. Penelitian dilakukan pada tahun 2010 secara survei di lahan pertanian di Kabupaten Bantul, Provinsi DIY pada 144 titik grid. Alat yang digunakan analisis residu adalah GC-2014 Shimadzu. Hasil analisis menunjukkan heptaklor terdeteksi dalam tanah, air dan dalam produk pertanian. Residu heptaklor terdeteksi di 137 lokasi (95%) dari 144 lokasi lahan sawah yang di survei, dan 11 lokasi kadarnya dalam air melampaui kadar yang ditetapkan menurut PP Nomor 82 Tahun 2001. Kadar residu heptaklor pada produk pertanian (beras, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, dan bawang merah telah melebihi batas maksimum (BMR) yang ditetapkan oleh SNI (7313:2008). Reaksi tanah (pH) berpengaruh sangat nyata terhadap proses disipasi (hilangnya) heptaklor ($p < 0,01$) di dalam tanah. Berdasarkan kaidah Cambardella sebaran heptaklor mempunyai autokorelasi keruangan dengan nisbah nugget-sill 35,7%). Heptaklor telah mencemari di 37 lokasi produsen beras dengan nilai Indeks Bahaya (IB) > 1 .

Kata kunci: Bantul, DIY, heptaklor, insektisida, lahan pertanian, sebaran ruang

PENGANTAR

Konvensi Stockholm (22 Mei 2001 dan 17 Mei 2004) telah diratifikasi oleh 180 negara dan harus dilaksanakan paling lambat pada tahun 2008 untuk

menghentikan penggunaan senyawa organik persisten (*persistent organic pollutants*, POPs). Heptaklor ($C_{10}H_5Cl_7$) dengan nama IUPAC: 1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindene adalah jenis insektisida organoklorin, anggota se-

nyawa POPs yang telah dilarang untuk semua bidang penggunaan menurut Peraturan Menteri No. 01/permentan/ot.140/1/2007 karena sifatnya toksik kronik pada mamalia dengan LD₅₀ melalui mulut pada tikus 100 mg.kg⁻¹, dan melalui kulit 200 mg.kg⁻¹.

Badan Penelitian Kanker Internasional (IARC) dan Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (USEPA, 2010) mengkategorikan heptaklor sebagai kemungkinan pemicu kanker pada manusia (*Probable or suspected human carcinogen*), mutagenik dan teratogenik, merusak sistem kekebalan tubuh dan merusak sistem endokrin, degradasinya sangat lambat dan persisten di lingkungan (9–10 bulan), stabil terhadap cahaya, udara maupun terhadap asam dan basa, kelarutan dalam air rendah (0,56 mg.L⁻¹) tetapi sangat larut dalam lemak (Chun & Kang, 2003; Harrad, 2010; IPEP, 2006).

Insektisida heptaklor digunakan untuk mengendalikan serangga tanah dan diperdagangkan dalam dua bentuk formulasi yaitu emulsi pekat dan butiran (Buchel, 1983; IUPAC, 2010), karena harganya yang murah, mudah digunakan, dan efektif membasmi hama, maka masih banyak digunakan oleh petani di Indonesia selain karena kurangnya ketegasan peraturan dan hukum yang berlaku. Penggunaan insektisida yang tetap dalam jangka panjang selain meningkatnya resistensi hama terhadap insektisida juga secara akumulasi meningkatkan kadar insektisida di dalam tanah, air dan produk pertanian.

Dinas Kesehatan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada tahun 2005 melaporkan jumlah penduduk yang terancam keracunan pestisida sebanyak 3.836 orang. Hasil penelitian Ohsawa *et al.* (1985) di daerah Yogyakarta (Pasar Sriwedari) melaporkan adanya kandungan residu organoklorin (BHC, aldrin, dieldrin, heptaklor, DDT, dan DDE) pada contoh kubis, tomat, dan ketimun. Penelitian di sentra produksi di Pulau Jawa (1996–2000) juga terungkap di beberapa lokasi mengandung residu insektisida organoklorin, organofosfat, dan karbamat di dalam beras, tanah, air irigasi, dan embung (Ardiwinata *et al.*, 1999; Harsanti *et al.*, 1999; Jatmiko *et al.*, 1999).

Berdasarkan hasil penelitian kerjasama Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) Universitas Gadjah Mada dengan Badan Litbang Pertanian tahun 2007 di Provinsi DIY diketahui bahwa dari 64 aplikasi pestisida yang dilakukan oleh petani yang tidak sesuai dengan rekomendasi pada padi sekitar 33,33%, pada bawang merah 35% dan pada cabai merah 23,08% (Sugiharto *et al.*, 2007),

penggunaan yang tidak sesuai dengan rekomendasi ini berpeluang meninggalkan residu.

Teknologi penyajian informasi melalui pemanfaatan lingkungan secara keruangan (*spatial*) untuk areal yang luas menjadi sangat penting dalam perencanaan regional serta dalam pengambilan keputusan sebagai teknologi pengawasan dini (*early monitoring*) guna melindungi dan membantu konsumen dalam memilih pangan yang bermutu, bergizi, dan aman.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian dilaksanakan di Kabupaten Bantul Provinsi DIY dengan pertimbangan Kabupaten ini mempunyai beban pencemaran paling tinggi dibandingkan dengan empat kabupaten lainnya (Kabupaten Sleman, Kabupaten Gunung Kidul, Kabupaten Kulon Progo, dan Kabupaten Kota Yogyakarta). Kabupaten Bantul terletak antara 110°12'34"–110°31'08" dan 7°44'04"–8°00'27" atau *easting* antara 412823–446982 UTM dan *northing* 9114841–9144978 UTM, serta memiliki wilayah seluas 506,85 km², luas lahan pertanian (39286.06 ha atau 77,52%) dan sisanya 22,48% adalah lain-lain penggunaan (LKPJ Kabupaten Bantul, 2008).

Penelitian sebaran ruang residu heptaklor dilaksanakan secara survei di 17 kecamatan. Jenis sampel yang diambil meliputi tanah, air, dan produk pertanian (padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, dan bawang merah). Pengumpulan data primer dilakukan secara grid pada satuan (unit) lahan sawah, sehingga diperoleh 144 titik pusat grid (12×12) dengan interval jarak 2 km. Satu titik sampling terdiri dari 10–15 contoh individual (subcontoh), dengan jarak pengambilan tiap subcontoh 25–50 m. Contoh tanah diambil pada lapisan olah dengan kedalaman 20 cm. Alat yang digunakan untuk analisis residu heptaklor adalah GC-2014 Shimadzu, Soxhlet, dispenser, tabung berskala, neraca analitik, bor tanah, dan GPS.

Contoh tanah yang akan ditetapkan kadar residunya terlebih dahulu dilakukan analisis sifat-sifat fisika dan kimia, yaitu tekstur tanah, pH tanah (H₂O dan KCl), C organik dan KTK (NH₄OAc 1 N pH 7) menurut Juknis Balai Penelitian Tanah Bogor (2005). Analisis residu heptaklor pada tanah, air dan tanaman dilakukan menurut metode Ditlintan (2006).

Kandungan residu yang terdapat dalam contoh tanah, air dan produk tanaman dihitung dengan

$$\text{rumus: Residu} = K_s \times \frac{Ac \times Vic \times Vfc}{As \times Vis \times B \times R}$$

Residu=residu dalam contoh (ppm), Ks= konsentrasi standar, Ac= area contoh, As= area standar, Vic= volume injeksi contoh, Vis= volume injeksi standar, B= bobot contoh/volume contoh (g atau ml), Vfc= volume akhir contoh (ml), dan R= *Recovery* (%). Kondisi kromatografi gas cair (GC) adalah: suhu injektor 250°C, suhu kolom 230°C, jenis kolom RTX 01 30 m, kecepatan alir gas N₂ sebesar 22 ml/menit, jenis detektor ECD, dan sensitivitas 10²×4MΩ.

Parameter tanah, air, dan tanaman dari data primer maupun data sekunder dilakukan analisis secara kuantitatif dengan menggunakan perangkat program SAS Window Release 9.00, ArcView ver 3.3, dan Surfer ver 8.0. Untuk mengetahui tingkat keamanan pangan produk pertanian dengan membandingkan hasil analisis residu heptaklor dalam produk pertanian dengan PP RI No. 6 Tahun 1996 tentang Perlindungan Tanaman dan Keputusan Bersama Menteri Kesehatan dan Menteri Pertanian

No: 881/MENKES/SKB/VIII/1996
711/KPTS/TP.270/8/96/

dan SNI (7313: 2008) tentang Batas Maksimum Residu (BMR) pestisida pada hasil pertanian. Batas konsentrasi maksimum residu dalam air digunakan pedoman PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dan KepMenkes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

Analisis semivariogram digunakan untuk mengetahui sebaran ruang (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:

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

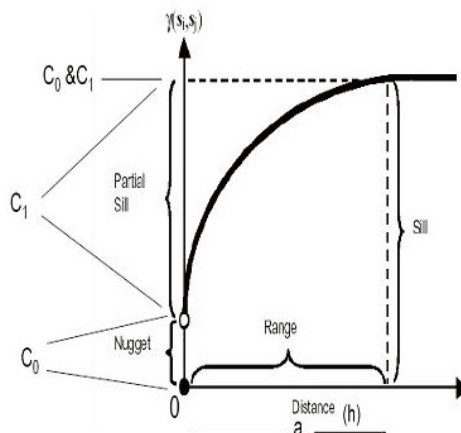
$\gamma(h)$ = semivarian pada tiap lag (interval jarak), N(h)= jumlah pasangan titik pasangan yang dipisahkan oleh lag, z(x_i)= hasil pengukuran pada lokasi x_i, dan z(x_i+h)= hasil pengukuran pada lokasi x_i+h. Parameter-parameter variogram (nugget (C₀), range (a), sill (C₀+C₁)) ditunjukkan pada Gambar 1.

Hubungan sebaran korelasi ruang maupun tidak adanya sebaran korelasi ruang digunakan kaidah Cambardella *et al.* (1994), yaitu jika nisbah nugget/sill bernilai: (1) 25–75% maka terjadi korelasi ruang tingkat sedang (*moderate spatially dependent*), (2) >75% maka terjadi korelasi ruang lemah (*weakly spatially dependent*), dan (3) <25% berkorelasi ruang sangat kuat (*strongly spatially dependent*).

Hubungan antara residu heptaklor dengan karakteristik sifat-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}_i = rerata peubah X, Y_i= peubah Y ke i, dan \bar{Y}_i = rerata peubah Y. Tingkat signifikansi koefisien korelasi nyata pada p<0,05 dan sangat nyata jika p<0,01.



Gambar 1. Parameter-parameter variogram

Perhitungan keamanan produk pertanian untuk dikonsumsi digunakan metode menurut Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA) (Watts, 1998), dengan menghitung risiko toksisitas indeks bahaya (*hazard index*), yaitu nisbah antara asupan estimasi (*estimation intake*) terhadap dosis referensi (*reference dose*):

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

IB= indeks bahaya, AE = asupan estimasi (mg.kg⁻¹), DRf= dosis Referensi, C= konsentrasi cemaran (mg.kg⁻¹), CR= konsumsi harian (kg.kapita⁻¹.hari⁻¹), EF= frekuensi paparan (365 hari.tahun⁻¹), ED= lama paparan (standar 30 tahun), BB= berat badan (60 kg), AT =lama paparan (hari) = 30 tahun × 365 hari.tahun⁻¹ = 10950 hari. Kaidah yang digunakan adalah (1) jika IB=AE/DRf <1, maka tidak berisiko terhadap kesehatan, dan (2) jika IB =AE/DRf >1, maka berisiko terhadap kesehatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi terdeteksi residu heptaklor di tanah sawah adalah 97,9% (140 lokasi) dan frekuensi terdeteksi di air sawah adalah 96,5% (138 lokasi) dengan kadar maksimum masing-masing adalah 0,4602 mg.kg⁻¹ dan 0,1271 mg.L⁻¹. Nilai statistik deskripsi residu insektisida heptaklor yang terdeteksi dalam tanah sawah dan air di Kabupaten Bantul Provinsi DIY Tahun 2010 disajikan oleh Tabel 1.

Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, bahwa kadar residu heptaklor di 11 lokasi telah melebihi klasifikasi mutu air kelas 1, yaitu 0,018 mg.L⁻¹) (Tabel 2). Keberadaan insektisida ini harus diwaspadai, karena insektisida sejak akhir tahun 1990 tidak boleh digunakan untuk pengendalian hama di Indonesia. Menurut Wong & Warner (2010) heptaklor juga dapat berasal dari alihrupa linden menuju bentuk stabilnya.

Tabel 1. Nilai statistik deskripsi residu heptaklor yang terdeteksi dalam tanah sawah dan air sawah di Kabupaten Bantul Propinsi DIY Tahun 2010 (n=144)

Parameter	Kadar heptaklor	
	Tanah (mg.kg ⁻¹)	Air (mg.L ⁻¹)
Minimum	0,0008	tt
Maksimum	0,4602	0,1271
Rerata	0,0347	0,0358
Standar deviasi	0,0576	0,0215
Median	0,0174	0,0335
Skewness	4,7	0,7
Kurtosis	27,6	41,2
Kuartil 1	0,0064	0,001
Kuartil 2	0,0174	0,003
Kuartil 3	0,0432	0,009
Lokasi terdeteksi (%)	140 (97,9%)	138 (96,5%)

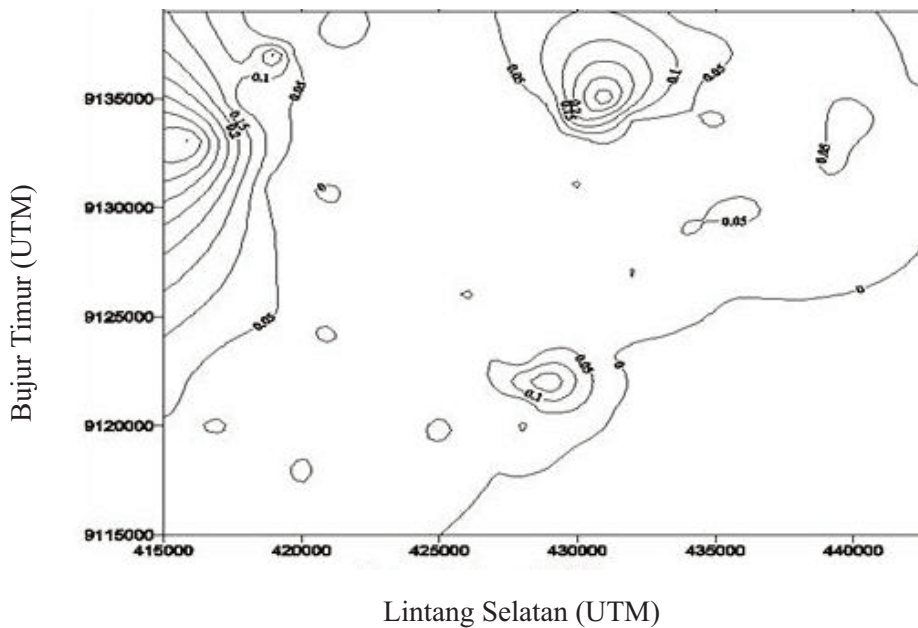
Tabel 2. Nama lokasi di Kabupaten Bantul yang kadar heptaklornya melebihi batas maksimum residu yang ditetapkan berdasarkan PP No.82 Tahun 2001

Lokasi lahan sawah	Koordinat		Kadar (mg.kg ⁻¹)
	Lintang Selatan (UTM)	Bujur Timur (UTM)	
AGD_8 (Argodadi)	416000	9133000	0,127
BTL_70 (Bantul)	426000	9129000	0,021
SDS_79 (Sendangsari)	421000	9127000	0,019
AGM_3 (Argomulyo)	421000	9138000	0,069
PGH_18 (Panggunharjo)	429000	9134000	0,023
BNH_33 (Bangunharjo)	430000	9131000	0,018
BNG_56 (Banguntapan)	434000	9139000	0,046
GDS_88 (Gadingsari)	417000	9118000	0,019
BTR_141 (Baturetno)	435000	9136000	0,022
AGS_1 (Argosari)	419000	9138000	0,061
AGM_5 (Argomulyo)	419000	9137000	0,026

Hubungan antara kadar residu heptaklor dalam tanah dengan sifat-sifat fisika dan kimia tanah disajikan oleh Tabel 3. Berdasarkan analisis korelasi Pearson bahwa kadar lempung, C-organik, luas, spesifik tanah, KTK, dan potensial redoks (Eh) tidak berkorelasi dengan keberadaan residu heptaklor di dalam tanah. Sebaliknya reaksi tanah (pH) berpengaruh terhadap proses disipasi (hilangnya) residu heptaklor dengan korelasi negatif sangat nyata ($p < 0,01$), ini mengindikasikan bahwa residu tersebut tidak stabil dengan reaksi tanah, makin tinggi pH tanah makin besar disipasinya. Hal ini selaras dengan penelitian Chen (2000) bahwa proses deklorinasi umumnya linier dengan kenaikan pH tanah pada kisaran pH 5 dan pH 8. Menurut Tomlin (1997) meningkatnya pH tanah akan mempercepat laju hidrolisis. Aktivitas ion hidrogen mempengaruhi transformasi kinetik melalui reaksi asam-basa yang lajunya berbanding lurus dengan konsentrasi proton dan hidrogen.

Berdasarkan kaidah Cambardella *et al.* (1994) heptaklor mempunyai autokorelasi keruangan tingkat sedang (nisbah nugget/sill antara 25–75%). Berdasarkan hasil analisis semivariogram menunjukkan model semivariogram, dengan nilai *sill* 0,00405 mg.kg^{-1} pada kisaran jarak 15.941 m kemudian melandai (*flatten out*) pada kisaran jarak *range* (26.654 m), nilai nugget 0,00144 mg.kg^{-1} pada arah sudut $46,9^\circ$. Semivariogram sebaran keruangan residu heptaklor disajikan oleh Gambar 2.

Residu heptaklor terdeteksi pada semua produk pertanian dengan kadar residunya di beberapa lokasi melebihi BMR. Hampir 50% ($n=144$) sampel beras di Kabupaten Bantul mengandung paparan heptaklor melebihi BMR yang ditetapkan oleh SNI (7313:2008). Frekuensi paparan residu terbanyak pada kacang tanah, hal disebabkan kadar lemak dalam kacang tanah yang tinggi dibandingkan tanaman lain, bioakumulasi organoklorin yang lipofilik pada jaringan dengan kadar lemak tinggi akan meningkat (Tabel 4).



Gambar 2. Sebaran spatial isoresidu heptaklor di Kabupaten Bantul Provinsi DIY, Tahun 2010

Tabel 3. Koefisien korelasi Pearson antara kadar residu heptaklor dengan sifat-sifat fisika dan kimia tanah di lahan pertanian di Kabupaten Bantul Provinsi DIY tahun 2010

	Lempung (L)	C_organik (C)	Luas spesifik ^a	Rasio L/C	KTK	pH	Eh
Heptaklor	0,0057 ^{ns} (0,941) ^b	0,1182 ^{ns} (0,123)	0,0939 ^{ns} (0,220)	0,0268 ^{ns} (0,728)	-0,0742 ^{ns} (0,334)	-0,1774* (0,019)	-0,0915 ^{ns} (0,233)

Keterangan: (-)=korelasi negatif, (+)=korelasi positif. ^bAngka dalam kurung menunjukkan nilai probabilitas (p) ns=tidak nyata ($p > 0,05$), *=nyata ($p < 0,05$), **=sangat nyata ($p < 0,01$). ^aLuas spesifik = $100(\%C\text{-organik}) + 2,0(\%lempung) + 0,4(\%debu) + 0,005(\%pasir)$ (Green & Karickhoff, 1990).

Tabel 4. Kadar residu heptaklor (mg.kg^{-1}) dan batas maksimum residu (BMR) dalam produk pertanian di Kabupaten Bantul, Provinsi DIY, tahun 2010

Parameter	Jenis komoditi					
	Beras n=98	Jagung n=11	Kedelai n=6	Kacang tanah n=40	Kacang hijau n=3	Bawang merah =18
Rerata	0,0492	0,0816	0,0184	0,0377	0,1893	0,0150
Standar deviasi	0,0965	0,1268	0,0112	0,0577	0,2042	0,0144
Maksimum	0,6492	0,4360	0,0299	0,3379	0,4231	0,0440
Skewness	4,1761	2,9586	0,3068	3,9086	1,5949	0,9346
BMR ^a	(0,02) ^b	(0,01) ^c	(0,02) ^b	(0,01) ^c	(0,05) ^d	(0,05) ^e
Lokasi >BMR	46(47%)	9(90%)	2(33%)	25(63%)	3(100%)	3(17%)

^aBMR=Batas Maksimum Residu. ^bBMR SNI 7313:2008, ^cBMR EEC (2009)

^dBMR Australia (2006), ^eBMR Jepang

Tabel 5. Perhitungan risiko kesehatan dikaitkan dengan asupan harian heptaklor pada beras, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, dan bawang merah di Kabupaten Bantul, Provinsi DIY, tahun 2010

Komoditas	ADI ^a ($\text{mg.kg}^{-1}\text{bb}^b$)	Residu maksimum (mg.kg^{-1})	Asupan Estimasi (AE) (mg.kg^{-1}) ^d	Indeks bahaya (IB) ^e	Risiko kesehatan
Beras	0,0005 ^c	0,6492	0,003192	6,38	Ada
Jagung	0,0005 ^c	0,4360	0,000285	0,57	Tidak ada
Kedelai	0,0005 ^c	0,4360	0,000012	0,02	Tidak ada
Kacang hijau	0,0005 ^c	0,4231	0,000048	0,10	Tidak ada
Kacang tanah	0,0005 ^c	0,3379	0,000015	0,03	Tidak ada
Bawang merah	0,0005 ^c	0,0440	0,000009	0,02	Tidak ada

^aADI=Acceptable Daily Intake. ^bbb =berat badan, ^cFAO/WHO (2010). ^dAE = residu maksimum \times konsumsi harian. 60 bb^{-1} . Konsumsi beras $0,295 \text{ kg.kapita}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ (SUSENAS, 2008), konsumsi jagung $0,0392 \text{ kg.kapita}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ (Kasryno, 2005), konsumsi kedelai $0,0246 \text{ kg.kapita}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ (BPS, 2004), konsumsi kacang hijau $0,00684 \text{ kg.kapita}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ (Kasno, 2007), konsumsi kacang tanah $0,002712 \text{ kg.kapita}^{-1}.\text{hari}^{-1}$ dan konsumsi bawang merah $0,01249 \text{ kg.kapita}^{-1}.\text{hari}^{-1}$. ^eIB=AE/ADI, jika <1 tidak berisiko dan >1 berisiko terhadap kesehatan.

Berdasarkan perhitungan penilaian risiko paparan heptaklor diketahui bahwa beras yang tercemar oleh heptaklor di Kabupaten Bantul mempunyai risiko terhadap kesehatan, bila dikonsumsi jangka panjang (>1 tahun) dengan Indeks Bahaya (IB) > 1 , sedangkan jagung, kedelai, kacang hijau, dan bawang merah tidak berisiko terhadap kesehatan (IB <1) jika dikonsumsi dalam jangka panjang. Menurut IUPAC (2010) dampak paparan heptaklor terhadap kesehatan adalah mempengaruhi perkembangan dan reproduksi janin serta gangguan fungsi syaraf. Hasil perhitungan risiko kesehatan dikaitkan dengan asupan harian komoditi pangan dan sayuran yang terpapar heptaklor di Kabupaten Bantul disajikan oleh Tabel 5.

KESIMPULAN

1. Residu heptaklor terdeteksi di lahan pertanian, air, dan produk pertanian. Heptaklor telah mencemari air sawah dengan kadarnya melebihi klasi-

fikasi mutu air kelas 1 berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 di 11 lokasi (7,6%, n=144). Produk pertanian yang terpapar heptaklor yang melebihi BMR berdasarkan SNI (2008) antara lain pada jagung (90%, n=10), kedelai (33%, n=6), kacang tanah (63%, n=40), kacang hijau (100%, n=3), dan bawang merah (17%, n=18).

- Sifat kimia yang berpengaruh sangat nyata ($p<0,01$) terhadap proses disipasi (hilangnya) residu adalah reaksi tanah, sedangkan potensial redoks tanah (Eh), fraksi lempung, fraksi C-organik, KTK tidak berpengaruh nyata. Heptaklor mempunyai autokorelasi keruangan tingkat sedang (nisbah nugget/sill antara 25-75%), dengan nilai sill $0,00405 \text{ mg.kg}^{-1}$, range 15.941 m, melandai pada kisaran jarak range (26.654 m), nilai nugget $0,00144 \text{ mg.kg}^{-1}$ dengan arah sudut $46,9^\circ$.
- Nilai indeks bahaya (IB) >1 residu heptaklor ditemukan pada beras di beberapa lokasi. Lokasi-lokasi dengan nilai IB >1 mengindikasikan

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

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiwinata, A.N., S.Y. Jatmiko, & E.S. Harsanti. 1999. Monitoring Residu Insektisida di Jawa Barat, p. 91–105. *In* S. Partohardjono, J. Soejitno, & Hermanto (eds.), *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah*. Bogor, 24 April 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pertanian.
- Balai Penelitian Tanah Bogor. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. 136 p.
- Buchel, K.H. 1983. *Chemistry of Pesticides*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 518 p.
- 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 Science Society of America Journal* 58: 1501–1511.
- Chen, Jiann-Long. 2000. Effects of pH on Dechlorination of Trichloroethylene by Zero Valent Iron, p. 37–38. *In* A.M. Ford (ed.), *Symposia Papers Presented Before the Division of Environmental Chemistry American Chemical Society*. San Francisco, CA, March 26–30, 2000. <http://envirofacs.org/Pre-prints/Vol%2040%20No%201/General/p168.PDF>, modified 26/5/10.
- Chun, O.K. & H.G. Kang. 2003. Estimation of Risk of Pesticide Exposure by Food Intake to Koreans. *Food and Chemical Toxicology* 41: 1063–1076.
- Ditlantan (Direktorat Perlindungan Tanaman). 2006. *Metode Pengujian Residu Pestisida Dalam Hasil Pertanian*. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. 283 p.
- FAO/WHO. 2010. Pesticide Residues in Food. http://www.codexalimentarius.net/mrl/pesticides/jps/pest_q-e.jsp, modified 12/3/10.
- Green, R.E. & S.W. Karickhoff. 1990. Sorption Estimates for Modeling, p. 79–101. *In* H.H. Cheng (ed.), *Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts, and Modeling*. SSSA, Inc., Wisconsin, USA.
- Harrad, S. 2010. *Persistent Organic Pollutants*. John Wiley and Sons, Ltd., Publication, West Sussex, UK. 277 p.
- Harsanti, E.S., S.Y. Jatmiko, & A.N. Ardiwinata. 1999. Residu Insektisida pada Ekosistem Lahan Sawah Irigasi di Jawa Timur, p. 119–128. *In* S. Partohardjono, J. Soejitno, & Hermanto (eds.), *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah*. Bogor, 24 April 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pertanian.
- Hengl, T. 2007. *A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy. 143 p.
- IPEP (International POPs Elimination Project). 2006. POPs in China. Pesticide Eco-Alternatives Center (PEAC), Kunming, Yunnan. <http://www.ipen.org/>, modified 12/3/10.
- IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemists) system. 2010. *Global Availability of Information on Agrochemicals*. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>, modified 12/3/10.
- Kasno, A. 2007. *Kacang Hijau Alternatif yang Menguntungkan Ditanam di Lahan Kering*. <http://www.litbang.deptan.go.id/artikel/one/166/pdf>, modified 11/1/10.
- Kasryno, F. 2005. Perkembangan Produksi dan Konsumsi Dunia dan Implikasinya bagi Indonesia, p. 15–35. *In* F. Kasryno, E. Pasandaran, A.M. Fagi (eds.), *Ekonomi Jagung Indonesia*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Jatmiko, S.Y., E.S. Harsanti, & A.N. Ardiwinata. 1999. Pencemaran Pestisida pada Agroekosistem Lahan Sawah Irigasi dan Tadah Hujan di Jawa Tengah, p. 106–118. *In* S. Partohardjono, J. Soejitno, & Hermanto (eds.), *Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah*. Bogor 24 April 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pertanian.
- Krasilnikov, P., F. Carre, & L. Montanarella. 2008. *Soil Geography and Geostatistics*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Italy. 203 p.
- 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. 813 p.
- LKPJ (Laporan Keterangan Pertanggungjawaban) 2008. Laporan Keterangan Pertanggungjawaban Akhir Tahun Anggaran 2007. Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. 165 p.

- Ohsawa, K., S. Hartati, S. Nugrahati, H. Sastrohamidjojo, K. Untung, N. Arya, K. Sumiartha, & S. Kawatsuka. 1985. *Residue Analysis of Organochlorine and Organophosphorus Pesticides in Soil, Water and Vegetables from Central Java and Bali*. Ecol./Impact of IPM in Indonesia, 19 p.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 7313:2008. *Batas Maksimum Residu Pestisida pada Hasil Pertanian*. Badan Standardisasi Nasional. 143 p.
- Steel, R.G.D. & J.H. Torrie. 1980. *Prinsip dan Prosedur Statistik* (Terjemahan oleh Bambang Sumantri). PT Gramedia Jakarta. 748 p.
- Sugiharto, E., Edhi Martono, T.D. Wahyuningsih, Ch.L. Sutarminingsih, & A. Nurhadi. 2007. *Laporan Hasil Penelitian Studi Analisis Dampak Residu Pestisida Pada Komoditas Pertanian Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*. Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) Universitas Gadjah Mada Bekerjasama dengan Sekretariat Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 156 p.
- Tomlin, C.D.S. 1997. *The Pesticide Manual*. The British Crop Protection Council, BCPC Pub., Bear Farm, Binfield, Bracknell, Berks, UK. 1606 p.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2010. *Exposure Assessment*. http://www.epa.gov/region8/r8risk/hh_exposure.html, modified 25/5/10.
- Watts, R.J. 1998. *Hazardous Wastes: Source, Pathways, Receptors*. John Wiley & Sons, Inc., New York. 764 p.
- Wong, C.S. & N. Warner. 2010. Chirality as an Environmental Forensics Tool. p. 71–136. In S. Harrad (ed.), *Persistent Organic Pollutants*. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, West Sussex, UK.