

PENILAIAN RESIKO KONTAMINASI LOGAM BERAT DI LAHAN SAWAH DAN TANAMAN PADI DI DAS BRANTAS, KABUPATEN JOMBANG

Assessment of Heavy Metal Contamination Risk in Rice Field and Rice Plant in Brantas Watershed, Jombang Regency

Sukarjo, W. Purbalisa, C.O. Handayani*, E.S. Harsanti

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken Km.5 Kotak Pos 5, Jaken-Pati Jawa Tengah

*Penulis korespondensi: cicik.oktasari@yahoo.com

Abstract

Risk assessment of heavy metal contamination of Pb, Cd, Fe, Cr, Cu, Co, Mn, and Zn was carried out on in four wetland areas in Jombang Regency. The study also aimed at determining potential non-carcinogenic and carcinogenic risks to the community. The soil and rice samples from the four rice field zones were destructed by wet ashing method and measured by AAS. The concentration of heavy metals in the soil was in the order of Fe> Mn> Zn> Cu> Pb> Co> Cr> Cd. The concentration of heavy metals in the rice was in the order of Fe> Mn> Zn> Cu> Cr> Co> Pb> Cd. The ability of rice plant to transfer heavy metals from soil was in the order of Zn> Mn> Cr> Co> Pb> Fe> Cu> Cd, respectively. The daily intakes of heavy metals through rice consumption were Pb (0.003), Cd (0), Fe (0,165), Cr (0.011), Cu (0.013), Co (0.008), Mn (0.072), and Zn (0.074) in mg kg⁻¹day⁻¹. Hazard Quotient of Pb value was greater than 1, while CR (Cancer Risk) for Cr was greater than 10⁻⁴. The potential for total non-carcinogenic risk ranged from 1.82 to 3.79, while the potential carcinogenic risk ranged from 4,5.10⁻³ to 6,4.10⁻³. Long term exposure to heavy metals through rice consumption may pose a potential carcinogenic and carcinogenic health risk to local people.

Keywords : *heavy metal, paddy rice field, risk assessment*

Pendahuluan

Logam berat seperti Cu, Zn, Mn, Fe dan Mo bermanfaat untuk tanaman dalam jumlah tertentu, tetapi menjadi berbahaya pada konsentrasi yang lebih tinggi, terutama untuk logam berat seperti Hg, Pb, Cd, As, Cr, dan Ni (He *et al.*, 2005). Logam berat dapat berpotensi menjadi racun bagi tanaman, hewan dan manusia ketika tanah yang terkontaminasi digunakan untuk produksi tanaman (Wong *et al.*, 2002). Kesehatan manusia dipengaruhi oleh asupan makanan yang tumbuh di tanah yang tercemar. Terdapat bukti yang kuat bahwa disfungsi ginjal manusia berhubungan dengan konsumsi beras terkontaminasi Cd. Beberapa penelitian di Asia menemukan bahwa beras

merupakan sumber utama kontaminasi Cd pada manusia (Chaney *et al.*, 2005; Shimbo *et al.*, 2001). Sumber logam berat dalam tanah berasal dari sumber alam dan antropogenik. Secara alami, tanah mengandung logam berat yang diwarisi dari bahan induk tanahnya. Pada tanah yang belum dimanfaatkan, kandungan logam berat tergantung pada bahan induk tanah, proses geokimia dan pedological yang bertanggung jawab pada pembentukan tanah (Hardy dan Cornu, 2006). Tanah basaltik secara alami kaya akan Cu, Zn, Ni dan Cr (Latrille *et al.*, 2003; Shoji *et al.*, 1993). Secara antropogenik, logam berat masuk melalui penambahan bahan kimia seperti pupuk dan pestisida, penggunaan sludge atau kompos,

polusi kendaraan bermotor, dan sebagainya (Mortvedt dan Beaton 1995; Adriano, 2001; Chaney *et al.*, 2001; Walker, 2001; McBride, 2004).

Pemanfaatan lahan yang semakin intensif, memicu meningkatnya serangan hama dan penyakit. Petani menggunakan beberapa pestisida seperti herbisida, fungisida, dan insektisida untuk mengendalikannya. Pestisida mengandung logam berat seperti As, Cu, Zn, Mn, Hg, Pb dalam jumlah yang tinggi. Senesil *et al* (1999) melaporkan bahwa pestisida mengandung As 0,8-60 ppm, Cu 4-56 ppm, Hg 0,6-42 ppm, Mn 1-17 ppm, Pb 11-60 ppm, dan Zn 1-30 ppm, yang merupakan salah satu sumber kontaminasi elemen tersebut.

Penilaian cepat kontaminasi logam berat menggunakan parameter *Pollution Load Index* (PLI) dan *Geoaccumulation Index* (I-Geo) telah dilakukan oleh Sukarjo *et al.* (2014) di lahan sawah Kabupaten Gresik, Kediri, Batu dan Malang. Hasilnya semua lokasi masuk dalam kategori tidak terkontaminasi logam berat. Sukarjo *et al.* (2015) juga melaporkan dinamika logam Pb di lahan sawah Kabupaten Kediri yang menunjukkan bahwa semakin dekat dengan jalan dan pabrik kertas terjadi peningkatan logam Pb.

Pemantauan dan penilaian total konsentrasi logam berat dalam tanah pertanian yang diperlukan untuk mengevaluasi potensi risiko tanah sawah tercemar akibat logam berat (Hang *et al.*, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian resiko delapan logam (Pb, Cd, Fe, Cr, Cu, Co, Mn, dan Zn) terhadap kesehatan masyarakat. Konsentrasi logam diperoleh dari sampel tanah dan beras yang diambil di empat zonasi lahan sawah di Kabupaten Jombang. Penilaian resiko dilakukan terhadap potensi resiko karsinogenik dan non-karsinogenik karena mengkonsumsi beras yang mengandung logam-logam tersebut.

Bahan dan Metode

Pengambilan sampel dan wilayah penelitian

Wilayah penelitian meliputi lahan sawah di DAS Brantas, Kabupaten Jombang yang terbagi menjadi empat kluster, yaitu sawah tadah hujan (D), sawah irigasi bagian atas (B),

sawah irigasi bagian tengah (C) dan sawah irigasi bagian hilir (A) pada tahun 2013. Jumlah sampel terdiri dari 173 contoh tanah dan beras. Contoh tanah diambil pada lapisan olah (0-20 cm), dengan tiap titik sampel tanah merupakan komposit dari 4-5 sub contoh dengan radius 50 meter sebanyak 1 kg. Contoh beras diambil pada lokasi sampel tanah sebanyak 0,5 kg. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Analisis dan penyiapan sampel

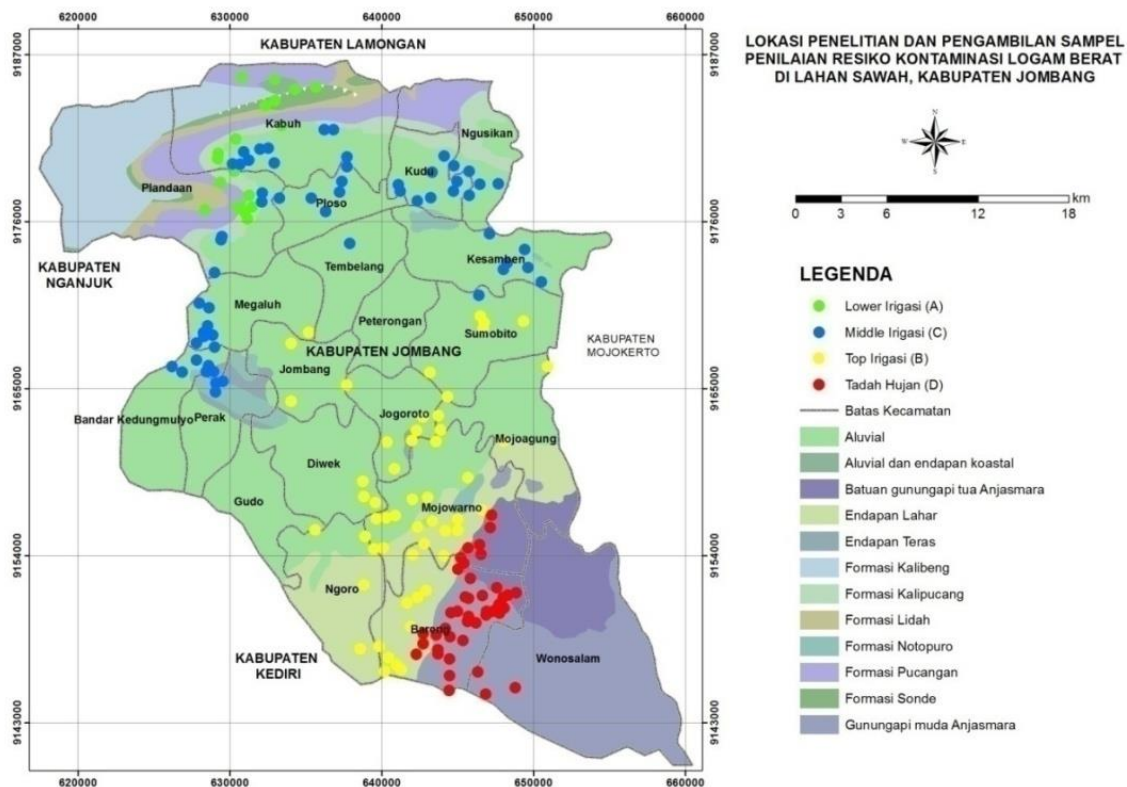
Sampel tanah dikeringanginkan selama beberapa hari pada suhu ruangan. Kemudian ditumbuk dengan mortal dan hasilnya diayak dengan mesh 0,5 mm. Contoh beras dioven pada suhu 105°C sampai diperoleh kadar air di bawah 14%. Beras kemudian dihaluskan dan disimpan dalam plastik polyethylene sebelum didestruksi. Contoh tanah dan beras kemudian didestruksi dengan metode pengabuan basah menggunakan campuran asam kuat HNO₃ (65% pa) dan HClO₄ (60% pa). Konsentrasi logam berat dalam tanah dan tanah merupakan hasil pengukuran ekstrakatan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*). Logam berat total yang diukur yaitu Pb, Cd, Fe, Cr, Cu, Co, Mn, dan Zn. Akurasi data pengukuran logam berat dilakukan dengan memverifikasikan hasil pengukuran menggunakan deret larutan standar dari Merck.

Faktor tranfer dari tanah ke beras

Faktor transfer (FT) merupakan parameter utama untuk mengetahui paparan logam berat pada manusia melalui makanan. Faktor transfer merupakan rasio konsentrasi logam berat pada tanaman terhadap konsentrasinya dalam tanah. Nilai ini digunakan untuk memperkirakan kemampuan memindahkan logam berat dari tanah ke beras sebagai dasar untuk memperkirakan potensi resiko kesehatan bagi manusia. Faktor transfer dihitung menggunakan persamaan:

$$FT = \frac{C_b}{C_t}$$

Dimana C_b dan C_t masing-masing adalah konsentrasi logam dalam beras dan tanah.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan pengambilan sampel

Asupan harian logam berat melalui konsumsi beras

Rata-rata asupan harian (*average daily intake*, ADI, mg kg.hari⁻¹) digunakan untuk menghitung dosis paparan secara oral, yang diperkirakan dengan persamaan:

$$ADI = \frac{C \cdot IR}{BM}$$

Dimana C, IR dan BM masing-masing adalah konsentrasi logam berat dalam beras, tingkat konsumsi (*ingestion rate*) dan massa tubuh. Konsumsi beras per kapita di Propinsi Jawa Timur yaitu 88 kg kapita⁻¹ tahun⁻¹ (BKP Jatim, 2016). Berat massa tubuh rata-rata penduduk Indonesia yaitu 52 kg.

Potensi resiko terhadap kesehatan

Potensi resiko logam berat terhadap kesehatan manusia terbagi menjadi dua, yaitu yang bersifat non karsinogenik (tidak memicu kanker) dan karsinogenik. Potensi resiko logam berat non karsinogenik diukur menggunakan

nilai *Hazard Quotient* (HQ) dengan persamaan (US EPA, 2011),

$$HQ = \frac{ADI}{RfD}$$

Dimana RfD merupakan perkiraan asupan dosis maksimum harian yang diperbolehkan. Jika nilai HQ < 1, maka potensi resiko kesehatannya rendah, sebaliknya jika HQ > 1 maka beresiko terhadap kesehatan. Resiko asupan logam berat secara bersama-sama dihitung menggunakan *hazard index* (HI), yang diasumsikan sebagai dampak kumulatif dari keseluruhan logam-logam berat yang dievaluasi, menggunakan persamaan,

$$HI = \sum HQ$$

Jika nilai HI < 1 maka resiko kronis logam berat jarang terjadi, sebaliknya jika HI ≥ 1 maka resikonya lebih sering terjadi.

Resiko kanker (CR) dihitung menggunakan perkalian antara asupan harian dengan kanker *slope factor* (SF). Resiko kanker diperkirakan

sebagai proses panjang seorang individu sepanjang hidupnya. Sebagai contoh, jika nilai CR adalah 10^{-4} menunjukkan bahwa 1 dari 10.000 individu terjadi perkembangan kanker dalam dirinya. Nilai resiko kanker dihitung menggunakan persamaan (US EPA, 2011).

$$CR = ADI \cdot SF$$

$$CR_t = \sum CR$$

Jika elemen-elemen yang berpotensi memicu kanker lebih dari satu maka potensinya diakumulatifkan. Resiko kanker berkisar antara 10^{-6} sampai 10^{-4} adalah memungkinkan. Logam-logam yang bersifat karsinogenik yaitu Cr, Cd, As dan Ni (IARC, 2011).

Tabel 1. Reference doses (RfD) dan slope factors (SF) dari 8 logam berat

Logam berat	RfD (mg kg.d ⁻¹)	Sumber	SF (mg kg.d ⁻¹)	Sumber
Pb	0.0036	WHO ^a	-	-
Cd	0.001	IRIS ^b	15	CALEPA ^c
Fe	0.7	IRIS	-	-
Cr	1.50	IRIS	0.5	CALEPA
Cu	0.04	HEAST ^c	-	-
Co	0.0003	PPRTV ^d	-	-
Mn	0.14	IRIS	-	-
Zn	0.30	IRIS	-	-

Keterangan: ^a World Health Organization, WHO; ^bInternational Agency for Research on Cancer; ^c USEPA Health Effects Assessment Summary Tables; ^d USEPA Provisional Peer Reviewed Toxicity Values; ^e California EPA (Zeng *et al.*, 2015).

Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi logam berat dalam tanah

Konsentrasi logam di tanah sawah kabupaten Jombang ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai rata-rata semua logam yang dinilai masih berada di bawah batas yang diijinkan menurut WHO, FAO dan Eropa (Chiroma *et al.*, 2014). Sebagian dari sampel tanah mengandung logam Cd dengan nilai di atas batas yang diperbolehkan yaitu berturut-turut 22,7%, 33,3%, 15,4% dan 15,6% untuk sawah tadah hujan, sawah irigasi bagian tengah, bagian atas dan bagian bawah, sedangkan untuk logam lainnya, semua sampel tanah berada di bawah batas yang diijinkan. Kadar logam Pb, Fe, Cr, Cu, Co, Mn dan Zn di sawah tadah hujan menunjukkan variabilitas yang signifikan dibandingkan dengan sawah irigasi baik bagian atas, tengah ataupun bawah. Bahan induk tanah sawah tadah hujan di Kabupaten Jombang berasal dari batuan gunung api yang relatif mengandung logam-logam yang lebih tinggi, sedangkan sawah irigasi didominasi oleh

bahan induk aluvial (RePProt, 1990). Zeng *et al.* (2015) juga melaporkan bahwa kandungan logam berat pada penelitian di Hunan, China nilainya dipengaruhi oleh geologi tanahnya. Menurut Wedepohl (1995) nilai background logam berat di dalam tanah yaitu Pb (17), Cd (0,3), Fe (36.700), Cr (95), Cu (45), Co (19), Mn (850), dan Zn (95) dalam ppm. Berdasarkan Tabel 2, maka nilai Pb dan Cd tanah sawah di Kabupaten Jombang telah mengalami kontaminasi. Kontributor peningkatan pencemaran logam berat Pb dan Cd diduga berasal dari penerapan berbagai jenis pestisida dan pupuk kimia (Liu *et al.*, 2015).

Konsentrasi logam berat dalam beras

Konsentrasi logam dalam beras dari tanah sawah kabupaten Jombang ditunjukkan pada Tabel 3. Selain Pb, nilai rata-rata semua logam yang dinilai masih berada di bawah batas yang diijinkan (WHO, 2013). Sampel beras semua zonasi mengandung logam Pb dengan nilai di atas batas yang diperbolehkan (> 0,2 ppm),

sedangkan untuk logam lainnya, semua sampel beras berada di bawah batas yang diijinkan. Akumulasi logam berat dalam beras tidak sepenuhnya fungsi dari konsentrasinya dalam tanah. Sifat fisik dan kimia tanah mempengaruhi mobilitas logam dan penyerapannya oleh tanaman. Wong *et al.* (2002) menyatakan bahwa semakin masam

tanah maka mobilitas logam makin besar dan makin mudah diserap tanaman. Kondisi ini berarti akan mempengaruhi faktor transfer logam dari tanah ke tanaman. Menurut Zhuang *et al.* (2009) transfer tanah ke tanaman merupakan proses kunci untuk paparan manusia terhadap logam berat beracun dalam rantai makanan.

Tabel 2. Kandungan logam berat dalam tanah di lahan sawah Kabupaten Jombang

Logam berat		A	B	C	D	MAC ^a
Pb	Rerata	25.39±12.13	28.98±10.87	25.80±16.02	33.37±10.09	100
	Range	1.04-60.57	4.27-46.22	6.72-56.79	8.36-50.53	
Cd	Rerata	2.07±1.26	2.51±0.92	2.49±1.18	2.55±0.97	3
	Range	0.00-6.44	0.42-5.72	0.77-4.63	1.12-6.11	
Fe	Rerata	272.41±34.95	268.57±56.03	268.68±22.77	292.19±46.69	50000
	Range	220.71-375.72	39.60-376.24	217.72-290.66	213.46-374.21	
Cr	Rerata	9.22±5.35	7.38±3.79	8.66±2.36	12.87±6.15	100
	Range	1.74-27.66	2.67-25.51	4.50-13.57	4.10-32.41	
Cu	Rerata	28.09±13.05	32.64±10.52	23.55±10.03	47.85±17.21	100
	Range	7.36-60.46	7.42-52.30	13.02-49.95	3.85-83.66	
Co	Rerata	16.63±8.64	17.87±6.78	15.27±5.59	30.64±5.14	50
	Range	3.48-42.54	0.55-32.26	6.91-27.66	15.97-41.26	
Mn	Rerata	193.12±71.64	205.51±89.44	194.23±26.81	242.28±86.00	2000
	Range	0.18-395.57	30.91-396.84	166.82-256.32	114.13-398.21	
Zn	Rerata	34.05±14.95	38.29±13.50	39.14±9.82	43.80±9.92	300
	Range	0.00-64.10	0.00-64.58	28.84-62.23	16.90-63.34	

Keterangan: ^aMaximum allowable concentration dalam tanah (standard World Health Organization (WHO), Food and Agricultural Organization (FAO) dan Eropa; Chiroma *et al.*, 2014)

Faktor transfer logam berat dari tanah ke beras

Faktor transfer (FT) logam berat di empat wilayah sawah di Kabupaten Jombang disajikan pada Gambar 1. Rata-rata nilai FT dari besar ke kecil berturut-turut Zn > Mn > Cr > Co > Pb > Fe > Cu > Cd. Seng mempunyai FT rata-rata tertinggi berkisar antara 0,36-1,02, sedangkan tertendah adalah kadmium, karena tidak terjadi transfer dari tanah ke beras. Nilai FT yang tinggi menunjukkan ketersediaan logam yang bersangkutan dalam jumlah yang banyak di tanah, selain kemudahan ion logam tersebut dimobilisasi dalam jaringan tanaman (Cui *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2008). Pada Gambar 1 terlihat bahwa di sawah tadah hujan nilai FT logam Zn, Mn, Cu dan Cr relatif lebih

tinggi dibandingkan tiga zonasi sawah irigasi lainnya. Satpathy *et al.* (2014) melakukan penelitian terhadap enam logam berat yang hasilnya menunjukkan kemiripan besaran nilai FT dari tanah ke beras, yaitu Zn > Mn > Cd > Cu > Cr > Pb. Hal ini menunjukkan konsistensi FT dari tanah ke beras pada tanaman padi.

Potensi resiko logam berat terhadap kesehatan

Nilai rata-rata ADI logam berat dari konsumsi beras penduduk Kabupaten Jombang yaitu Pb 0,003, Cd 0.000, Fe 0.165, Cr 0.011, Cu 0.013, Co 0.008, Mn 0.072, dan Zn 0.074 mg.kg.hari⁻¹. Batas yang ditoleransi untuk dikonsumsi yaitu Pb 0.025, Cd 0.007, Fe 0.8, Cr 0.023, Cu 3.5, Co 0.005-1.8, Mn 0.4-1.0, dan Zn 7 mg.kg.hari⁻¹

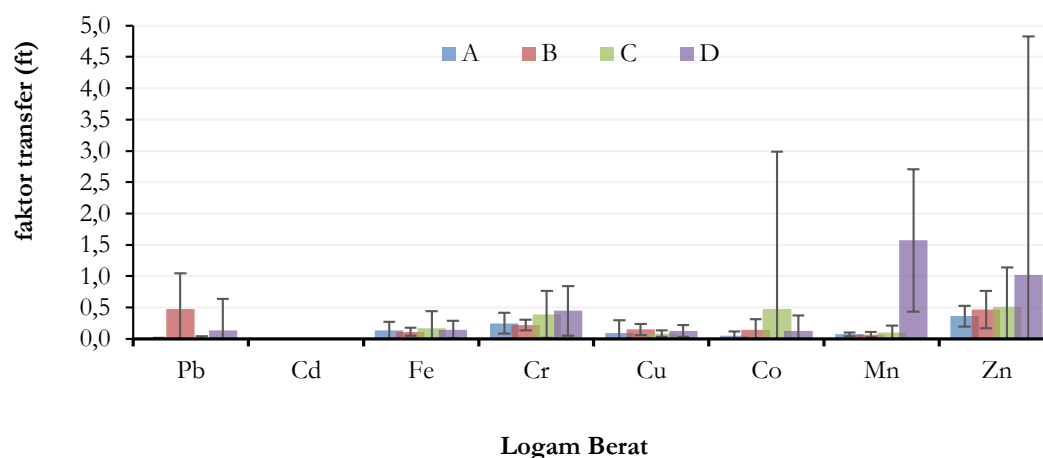
¹ (US EPA, 2011). Nilai rerata logam berat Cr yang dikonsumsi bersama beras lebih besar dibandingkan batas yang masih ditoleransi, sehingga perlu treatment tertentu pada proses pasca panen agar aman dikonsumsi. Nilai CR dari kromium untuk masing-masing zona yaitu A ($6,3 \cdot 10^{-03}$), B ($5,4 \cdot 10^{-03}$), C ($4,5 \cdot 10^{-03}$),

D ($5,9 \cdot 10^{-03}$), dimana keseluruhan nilainya lebih dari 10^{-4} sehingga berpotensi resiko karsinogenik tinggi. Karena CR untuk Cd tidak ada, maka nilai CRt sama dengan CR kromium, sehingga potensi karsinogenik hanya berasal dari kontaminasi kromium.

Tabel 3. Kandungan logam berat dalam beras dari lahan sawah Kabupaten Jombang

Logam berat		A	B	C	D	MAC ^a
Pb	Rerata	2.28±7.90	0.47±0.72	9.60±14.85	0.20±0.27	0.2
	Range	0.01-35.58	0.01-2.76	0.24-26.73	0.01-0.95	
Cd	Rerata	nd	nd	nd	nd	0.2
	Range	nd	nd	nd	nd	
Fe	Rerata	39.95±37.36	35.66±30.30	29.65±14.25	37.03±31.73	-
	Range	10.08-203.99	2.77-131.51	0.45-58.46	12.74-208.43	
Cr	Rerata	2.73±1.24	2.33±1.19	1.92±0.89	2.53±1.07	-
	Range	0.14-6.65	0.43-6.64	0.79-3.65	0.36-4.44	
Cu	Rerata	2.81±1.17	2.43±1.10	3.15±1.52	2.92±1.42	20
	Range	0.18-6.35	0.59-5.60	1.34-5.91	0.15-6.12	
Co	Rerata	1.45±2.23	2.06±2.82	1.91±2.31	1.71±2.43	-
	Range	0.03-10.22	0.13-10.50	0.05-8.13	0.08-9.11	
Mn	Rerata	16.07±7.76	16.71±7.15	13.46±7.84	16.26±6.31	-
	Range	6.44-45.50	4.33-46.20	3.91-36.93	3.51-35.32	
Zn	Rerata	15.73±10.50	15.14±6.69	17.60±12.47	15.09±10.50	50
	Range	5.21-83.80	4.81-50.47	6.52-59.01	2.93-26.94	

Keterangan: ^aMaximum allowable concentration dalam beras (WHO, 2013), nd tidak terdeteksi



Gambar 2. Faktor transfer logam berat dari tanah ke beras

Faktor resiko cemaran Pb terbesar terdapat pada zona C dengan nilai HQ 2,06 > 1, yaitu yang relatif dekat dengan perkotaan, dimana lalu lintas kendaraan bermotor lebih padat. Feng *et al.* (2011) melaporkan bahwa tanaman padi yang ditanam di sepanjang jalan utama China Bagian Timur terkontaminasi Pb cukup tinggi. Karena nilai HQ > 1, maka mengkonsumsi beras yang terkontaminasi logam Pb di zona C terindikasi kuat beresiko tinggi non karsinogenik. Secara akumulasi potensi resiko non-karsinogenik total logam-logam yang dievaluasi berkisar antara 1,82-3,79. Hal ini mengindikasikan risiko non karsinogenik cukup tinggi dari konsumsi beras. Menurut IARC (2012) logam Cd, Cr, As, dan

Ni termasuk kategori logam yang dapat memicu kanker. Pada penelitian ini, logam Cd dan Cr yang menjadi bagian logam yang dievaluasi. Resiko kanker akibat asupan logam berat, terutama Cr pada penelitian ini berkisar antara $4,5 \cdot 10^{-3}$ - $6,3 \cdot 10^{-3}$, yang berarti terdapat 45-63 orang berpotensi terkena kanker setiap 10.000 penduduk. Batas resiko yang masih dapat ditoleransi yaitu 10^{-4} - 10^{-6} , dimana 10 ribu sampai sejuta penduduk hanya satu yang berpotensi terkena kanker. Hasil perhitungan menunjukkan resikonya lebih dari 50 kali dari yang ditoleransi. Asupan logam berat melalui beras merupakan mata rantai paparan logam berat yang penting, tetapi paparan melalui jalur lain tidak bisa diabaikan.

Tabel 4. Resiko kontaminasi logam berat non karsinogenik dan karsinogenik

Logam berat		A	B	C	D	Rata-rata
Pb	HQ	0,98	0,15	2,06	0,06	0,81
	CR	-	-	-	-	-
Cd	HQ	-	-	-	-	-
	CR	-	-	-	-	-
Fe	HQ	0,26	0,24	0,2	0,25	0,24
	CR	-	-	-	-	-
Cr	HQ	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	CR	$6,3 \cdot 10^{-03}$	$5,4 \cdot 10^{-03}$	$4,5 \cdot 10^{-03}$	$5,9 \cdot 10^{-03}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$
Cu	HQ	0,33	0,28	0,36	0,34	0,33
	CR	-	-	-	-	-
Co	HQ	0,34	0,48	0,44	0,4	0,41
	CR	-	-	-	-	-
Mn	HQ	0,53	0,55	0,45	0,54	0,52
	CR	-	-	-	-	-
Zn	HQ	0,24	0,23	0,27	0,23	0,25
	CR	-	-	-	-	-
	HI	2,69	1,94	3,79	1,82	2,56
	CRt	$6,3 \cdot 10^{-03}$	$5,4 \cdot 10^{-03}$	$4,5 \cdot 10^{-03}$	$5,9 \cdot 10^{-03}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$

Penelitian lain melaporkan bahwa terdapat kontaminasi logam berat yang signifikan pada air, ikan, sayur dan daging (Priyanto *et al.*, 2008; Suprapti, 2008, Mulyani *et al.*, 2012; Yulaipi dan Aunurohim, 2013). Banyaknya sumber-sumber paparan logam berat yang berpotensi mengakumulasi dalam tubuh, mengindikasikan

bahwa potensi resiko yang sesungguhnya jauh lebih besar dari penelitian ini. Sehingga penilaian resiko yang lebih menyeluruh dapat menjadi bahan pertimbangan, selain dari asupan makanan lainnya, juga jalur paparan lainnya, seperti inhalasi dan paparan kulit untuk menentukan penilaian risiko yang lebih tepat.

Kesimpulan

Konsentrasi rata-rata logam berat yang diasesmen dalam tanah sawah yaitu Pb, Cd, Fe, Cr, Cu, Co, Mn, dan Zn pada empat zonasi yaitu sawah tanah hujan, sawah irigasi bagian atas, tengah dan hilir mempunyai nilai di bawah batas yang diijinkan. Sebagian kecil logam Cr ditemukan di atas batas yang diijinkan. Konsentrasi logam berat pada sawah tadah hujan relatif lebih tinggi dibandingkan pada sawah irigasi. Hal ini dimungkinkan karena intensitas penggunaan pupuk dan pestisida yang lebih tinggi di daerah hulu, sementara pencucian oleh air hujan lebih kecil dibandingkan dengan pencucian air irigasi yang lebih intensif pada lahan sawah irigasi. Konsentrasi logam Pb dalam beras pada sawah irigasi melampaui standar nasional maupun dunia (WHO) untuk keamanan pangan. Asupan harian Pb pada sawah irigasi diperkirakan $3.826 \text{ mg hari}^{-1}$ jauh lebih besar dibandingkan pada sawah tadah hujan sebesar 229 mg hari^{-1} . Faktor risiko non-karsinogenik yang dihitung adalah berturut-turut 2,69 (lower irigasi), 3,79 (middle irigasi), 1,94 (upper irigasi) dan 1,82 (tadah hujan) dan risiko karsinogenik adalah $6,3 \cdot 10^{-3}$ (lower irigasi), $4,5 \cdot 10^{-3}$ (middle irigasi), $5,4 \cdot 10^{-3}$ (upper irigasi) dan $5,9 \cdot 10^{-3}$ (tadah hujan), keduanya lebih besar dari batas (>1 untuk HI dan $> 1 \cdot 10^{-4}$ untuk CR_t). Risiko non kanker sebagian besar disebabkan oleh Pb, yang menyumbang sekitar 25,5%, sedangkan resiko kanker disebabkan seluruhnya oleh Cr. Oleh karena itu, pemerintah harus lebih memperhatikan kontaminasi logam Pb dan Cr dalam sistem budidaya padi dan menerapkan teknologi untuk mengurangi kadar Pb dan Cr dalam beras untuk memastikan keamanan pangan di Kabupaten Jombang.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan anggaran DIPA Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Tahun 2015. Kami ucapkan terima kasih kepada seluruh peneliti dan teknisi Kelti EP3 atas kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability and risks of metals, 2nd ed. Springer, New York. 867 pp.
- BKP Jatim, 2016. Konsumsi Beras Masyarakat Jatim Turun Jadi 88 Kg Per Kapita. <http://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/konsumsi-beras-masyarakat-jatim-turun-jadi-88-kg-per-kapita> diakses 6 Juni 2017.
- Chaney, R.L., Ryan, J.A., Kukier, U., Brown, S.L., Siebielec, G., Malik, M. and Angle, J.S. 2001. Heavy metal aspects of compost use. In: Stoffella, P.J. and Khan, B.A. (eds), Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 324–359.
- Chaney, R.L., Angle, J.S., McIntosh, M.S., Reeves, R.D., Li, Y.M., Brewer, E.P., Chen, K.Y., Roseberg, R.J., Perner, H., Synkowski, E.C., Broadhurst, C.L., Wang, S. and Baker, A.J. 2005. Using hyperaccumulator plants to phytoextract soil Ni and Cd. *Zeitschrift für Naturforschung C* 60(3-4):190–198.
- Chiroma, T.M., Ebewe, R.O. and Hymore, F.K. 2014. Comparative assesment of heavy metal levels in soil, vegetables and urban grey waste water used for irrigation in Yola and Kano. *International Refereed Journal of Engineering and Science* 3:1–9.
- Cui, Y.J., Zhu, Y.G., Zhai, R.H., Chen, D.Y., Huang, Y.Z., Qiu, Y., Liang, J.Z. 2004. Transfer of metals from soil to vegetables in an area near a smelter in Nanning, China. *Environment International* 30(6):785–791.
- Feng, J., Wang, Y., Zhao, J., Zhu, L., Bian, X. and Zhang, W. 2011. Source attributions of heavy metals in rice plant along highway in Eastern China. *Journal of Environmental Science* 23:1158–1164.
- Hang, X., Wang, H., Zhou, J., Ma, C., Du, C. and Chen, X. 2009. Risk assessment of potentially toxic element pollution in soils and rice (*Oryza sativa*) in a typical area of the Yangtze River Delta. *Environmental Pollution* 157(8-9): 2542–2549.
- Hardy, M. and Cornu, S. 2006. Location of natural trace elements in silty soils using particlesize fractionation. *Geoderma* 133: 295–308.
- He, Z.L., Yang, X.E. and Stoffella, P.J. 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19:125–140.
- IARC. 2011. Agents classified by the IARC monographs. In *Oxford Handbook of*

- Occupational Health; OUP Oxford: Oxford, UK.
- IARC. 2012. monographs on the evaluation of carcinogenic risk to human. 100C. Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z. and Zhu, Y.G. 2008. Health risks of heavy metals in contaminated soils and foodcrops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution* 152(3): 686–692.
- Latrille, C., Denaix, L. and Lamy, I. 2003. Interaction of copper and zinc with allophane and organic matter in the B horizon of an andosol. *European Journal of Soil Science* 54: 357–364.
- Liu, M.X., Yang, Y.Y., Yun, X.Y., Zhang, M.M. and Wang, J. 2015. Concentrations, distribution, sources, and ecological risk assessment of heavy metals in agricultural top soil of the Three Gorges Dam region China. *Environmental Monitoring and Assessment* 187:147.
- McBride, M.B. 2004. Molybdenum, sulfur, and other trace elements in farm soils and forages after sewage sludge application. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 35:517–535.
- Mortvedt, J.J. and Beaton, J.D. 1995. Heavy metal and radionuclide contaminants in phosphate fertilizers. In: Tiessen, H. (ed), *Phosphorus in the Global Environment: Transfer, Cycle and Management*. New York: John Wiley & Sons, pp. 93–106.
- Mulyani, S., Lani Triani, I.G.A. dan Arief Sujana, E.N, 2012. Identifikasi cemaran logam Pb dan Cd pada kangkung yang ditanam di daerah Kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari* 12(2): 345 – 349.
- Priyanto, N., Dwiwitno, dan Ariyani, F. 2008. Kandungan logam berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada ikan, air, dan sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* 3(1): 69-78.
- RePPProt. 1990. Peta Land System Pulau Jawa. ODA-Bakosurtanal-Departemen Transmigrasi.
- Satpathy, D., Reddy, M.V., Dhal, S.P., Satpathy, D., Reddy, M.V. and Dhal, S.P. 2014. Risk assessment of heavy metals contamination in paddy soil, plants, and grains (*Oryza sativa* L.) at the East Coast of India. *BioMed Research International Volume* 2014, Article ID 545473, doi: 10.1155/2014/545473
- Senesil, G.S., Baldassarre, G., Senesi, N. and Radina, B., 1999. Trace element inputs into soils by anthropogenic activities and implications for human health. *Chemosphere* 39: 343-377
- Shimbo, S., Zhang, Z.W., Watanabe, T., Nakatsuka, H., Matsuda-Inoguchi, N., Higashikawa, K. and Ikeda, M. 2001. Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. *Science of the Total Environment* 281: 165–75.
- Shoji, S., Nanzyo, M. and Dahlgren, R.A. 1993. Volcanic ash soils, genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* No 21. Elsevier, Amsterdam. 288 pp.
- Sukarjo, Hidayah, A. dan Purnarianto, F. 2015. Dinamika Logam Timbal (Pb) pada Beras dan Tanah Terhadap Jarak Lahan dari Jalan dan Pabrik Kertas di Lahan Sawah. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang*. Pp 140-145.
- Sukarjo, Poniman, dan Setyanto, P. 2014. Quick Assessment Sebaran Logam Berat pada Tanah Sawah di Kabupaten Gresik, Kediri, Batu dan Malang, Provinsi Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang*. Pp 256-260.
- Suprapti, dan Heru, N. 2008. Kandungan chromium pada perairan, sedimen dan kerang darah (*Anadara granosa*) di wilayah pantai sekitar muara Sungai Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Bioma* 10(2): 53-56.
- US EPA. 2011. Exposure factors handbook 2011 edition. <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=236252>
- Walker, J.M. 2001. US Environmental protection agency regulations governing compost production and use. In: Stoffella, P.J. and Khan, B.A. (eds), *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 381–399.
- Wedepohl, K.H. 1995. Ingerson lecture the composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 59: 1217–32
- Wong, S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H. and Min, Y.S. 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China. *Journal of Environmental Pollution* 119 (1):33–44.
- Yulaipi, Sumah dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi logam berat timbal (Pb) dan hubungannya dengan laju pertumbuhan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 2(2): 166-170.
- Zeng, F., Wei, W., Li, M., Huang, R., Yang, F. and Duan, Y. 2015. Heavy metal contamination in rice-producing soils of Hunan province, China and potential health risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12:15584–15593.

Zhuang, P., McBride, M.B., Xia, H., Li, N. and Li, Z. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China. *Science of the Total Environment* 407: 1551-1561.