

Logam Berat dan Probabilistik Penilaian Risiko Kesehatan Melalui Konsumsi Beras dari Lahan Sawah di Hulu Sungai Citarum

Cicik Oktasari Handayani*, Sukarjo, Triyani Dewi, Hidayatuz Zu'amah

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jl. Raya Jakenan-Jaken Km.5 Kotak Pos 5, Jaken Pati Jawa Tengah, Indonesia
*Corresponding author: cicik.oktasari@gmail.com

Info Artikel: Diterima 26 April 2022 ; Direvisi 30 Mei 2022 ; Disetujui 20 Juni 2022
Tersedia online : 27 Juni 2022 ; Diterbitkan secara teratur : Juni 2022

Cara sitasi (Vancouver): Handayani CO, Sukarjo S, Dewi T, Zu'amah H. Logam Berat dan Probabilistik Penilaian Risiko Kesehatan Melalui Konsumsi Beras dari Lahan Sawah di Hulu Sungai Citarum. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2022 Jun;21(2):225-234. <https://doi.org/10.14710/jkli.21.2.225-234>.

ABSTRAK

Latar belakang: Beras merupakan salah satu makanan pokok masyarakat Indonesia sehingga perlu adanya jaminan keamanan pada beras khususnya bebas dari cemaran logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan konsentrasi logam berat pada beras yang ditanam pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung dan menganalisis risiko kesehatan masyarakat yang mengkonsumsi beras tersebut.

Metode: penentuan lokasi pengambilan contoh dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada lahan pertanian yang siap panen di beberapa kecamatan di Kabupaten Bandung dengan jumlah contoh beras sebanyak 26 sampel. Analisis logam berat yang dilakukan adalah analisis logam berat Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu dan Zn dengan ekstrak $\text{HNO}_3\text{:HClO}_4$ dan diukur menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*. Analisis probabilistik penilaian risiko kesehatan masyarakat dilakukan dengan menganalisis nilai *estimated daily intake (EDI)*, *estimated weekly intake (EWI)*, risiko non-karsinogenik dan risiko karsinogenik.

Hasil: semua contoh beras mengandung logam berat Cr, Co, Cu dan Zn dengan nilai konsentrasi berturut-turut berkisar antara $0.64\text{-}2.28\text{ mgkg}^{-1}$, $1.18\text{-}2.66\text{ mgkg}^{-1}$, $0.64\text{-}3.47\text{ mgkg}^{-1}$ dan $5.44\text{-}8.69\text{ mgkg}^{-1}$. Konsentrasi logam Cu pada contoh beras yang diambil pada lahan pertanian kawasan industri berbeda nyata dengan contoh beras di luar kawasan industri dengan nilai p sebesar 0.014. Risiko non-karsinogenik yang ditimbulkan jika mengkonsumsi beras dari lahan pertanian Kabupaten Bandung tidak mungkin untuk terjadi karena nilai hazard index (HI) menunjukkan angka <1 , nilai HI secara berurutan yaitu anak-anak (0.0880) > remaja (0.0370) > dewasa (0.0259) > manula (0.0281) dan risiko karsinogenik juga menunjukkan nilai yang dapat ditoleransi karena di bawah 10^{-4} untuk semua kategori umur (anak-anak, remaja, dewasa, manula) dengan nilai cancer risk (CR) berturut-turut sebesar 6.15×10^{-7} , 6.72×10^{-7} , 2.53×10^{-6} dan 2.74×10^{-6} .

Simpulan: beras yang dihasilkan dari lahan pertanian di Kabupaten Bandung aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat karena risiko kesehatan yang ditimbulkan masih dapat ditoleransi

Kata kunci: beras; Citarum; logam berat; risiko kesehatan

ABSTRACT

Title: Heavy Metals and Probabilistic Risk Assessment Via Rice Consumption From Rice Fields in Upstream of The Citarum River

Background: Rice is one of the staple foods of the Indonesian people, so it is necessary to guarantee the safety of rice, especially free from heavy metal contamination. This study aims to determine the concentration of heavy

metals in rice grown on agricultural land in Bandung Regency and analyze the health risks of the people who consume the rice.

Method: the determination of location of sampling was carried out by purposive sampling method on agricultural land that was ready for harvest in several sub-districts in Bandung Regency with a total of 26 samples of rice. Heavy metal analysis carried out was heavy metal analysis of Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu and Zn with $HNO_3:HClO_4$ extract and measured using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Probabilistic analysis of public health risk assessment was carried out by analyzing the estimated daily intake (EDI), estimated weekly intake (EWI), non-carcinogenic risk and carcinogenic risk.

Results: all rice samples contained Cr, Co, Cu and Zn metals with concentration values ranging from 0.64-2.28 mg/kg-1, 1.18-2.66 mg/kg-1, 0.64-3.47 mg/kg-1 and 5.44-8.69 mg/kg-1, respectively. The concentration of Cu metal in rice samples taken on agricultural land in industrial areas was significantly different from rice samples outside industrial areas with a p value of 0.01. The non-carcinogenic risk caused by consuming rice from agricultural land in Bandung Regency is unlikely to occur because the hazard index (HI) value shows the number <1, the HI values are children (0.0880)>adolescents (0.0370)>adults (0.0259)> the elderly (0.0281) and the carcinogenic risk also shows a value that can be tolerated because it was below 10^{-4} for all age categories (children, adolescents, adults and the elderly) with a cancer risk (CR) value of 6.15×10^{-7} , 6.72×10^{-7} , 2.53×10^{-6} and 2.74×10^{-6} .

Conclusion: Rice produced from agricultural land in Bandung Regency is safe for consumption by the community because the health risks caused are still tolerable.

Keywords: Citarum, health risks; heavy metals; rice

PENDAHULUAN

Saat ini keamanan pangan merupakan isu penting di seluruh dunia,¹ sehingga banyak negara telah menetapkan peraturan yang ketat untuk keamanan pangan di negaranya.² Keamanan pangan dapat mempengaruhi perilaku konsumsi masyarakat,³ seperti adanya pestisida dan pupuk yang digunakan petani merupakan salah satu penyebab kekhawatiran masyarakat dalam mengkonsumsi bahan makanan dari produk pertanian.⁴

Logam berat dapat masuk ke tubuh manusia melalui 3 jalur yaitu penelanan, inhalasi dan kontak kulit,⁵ konsumsi makanan merupakan jalur utama paparan logam berat dapat terakumulasi pada tubuh manusia.⁶ Beberapa bahan makanan yang sering dikonsumsi masyarakat dan mengandung logam berat berdasarkan penelitian yang telah dilakukan antara lain makanan *seafood*⁷ seperti Ikan⁸, udang⁹, dan bahan makanan dari tanaman pangan yang meliputi sereal (padi, beras, jagung, dll), buah dan sayuran.¹⁰

Kontaminasi logam pada makanan merupakan masalah serius karena logam berat bersifat racun meskipun pada konsentrasi rendah sehingga dapat berdampak pada kesehatan masyarakat,¹¹ terutama pada logam non-essensial seperti Pb, Cd, Cr, dll yang tidak diperlukan tubuh.¹² Akumulasi logam berat pada tubuh manusia dapat menjadi risiko terjadinya berbagai penyakit seperti kanker paru-paru¹³, kanker tiroid¹⁴, berbagai penyakit kardiovaskuler¹⁵, kanker lambung dan kerongkongan¹⁶, kanker payudara¹⁷, kanker prostat¹⁸, dan penyakit-penyakit lainnya.

Logam berat pada lahan pertanian memiliki peran utama adanya kontaminasi logam berat pada produk pertanian.¹⁹ Logam berat pada lahan pertanian dapat bersumber dari aplikasi pestisida dan pupuk, deposisi atmosfer terkait dengan emisi kendaraan dan pembakaran batu bara, irigasi limbah, dan

pertambangan²⁰. Sumber terbesar adanya logam berat Cd pada lahan pertanian adalah adanya kegiatan budidaya pertanian dengan penggunaan pupuk dan pestisida.²¹ Pada perkebunan buah stroberi di daerah Bedugul Bali anggur di Jaffa Srilanka telah ditemukan akumulasi logam berat Pb dan Cu pada tanah dan buah stroberi yang berasal dari aplikasi bahan agrokimia.²²

Beras merupakan bahan makanan utama yang dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dengan tingkat konsumsi sebesar 31.69 juta ton pada tahun 2021.²³ Kabupaten Bandung merupakan salah satu daerah penghasil beras di Indonesia dengan hasil produksi pertahun sebesar 715,283.35 ton dan luas panen sebesar 112,844 Ha.²⁴ Irigasi lahan sawah di Kabupaten Bandung sebagian besar berasal dari Sungai Citarum. Air Sungai Citarum telah terdeteksi mengandung beberapa logam berat seperti Cu, Pb, Ni, Fe, Cd, Cr, Ti, dan As,²⁵ sehingga ada kemungkinan terjadi cemaran logam berat pada lahan sawah yang berdampak pada akumulasi logam berat pada beras yang dihasilkan. Penggunaan pupuk dan pestisida pada budidaya pertanian padi juga menjadi salah satu sumber adanya logam berat di lahan sawah Kabupaten Bandung.²⁶

Berdasarkan uraian di atas mengenai pentingnya keamanan pangan dan besarnya konsumsi beras oleh masyarakat, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat cemaran logam berat pada beras yang ditanam di lahan pertanian di Kabupaten Bandung dan risiko kesehatan bagi masyarakat yang mengkonsumsi beras tersebut.

MATERI DAN METODE

Deskripsi lokasi penelitian

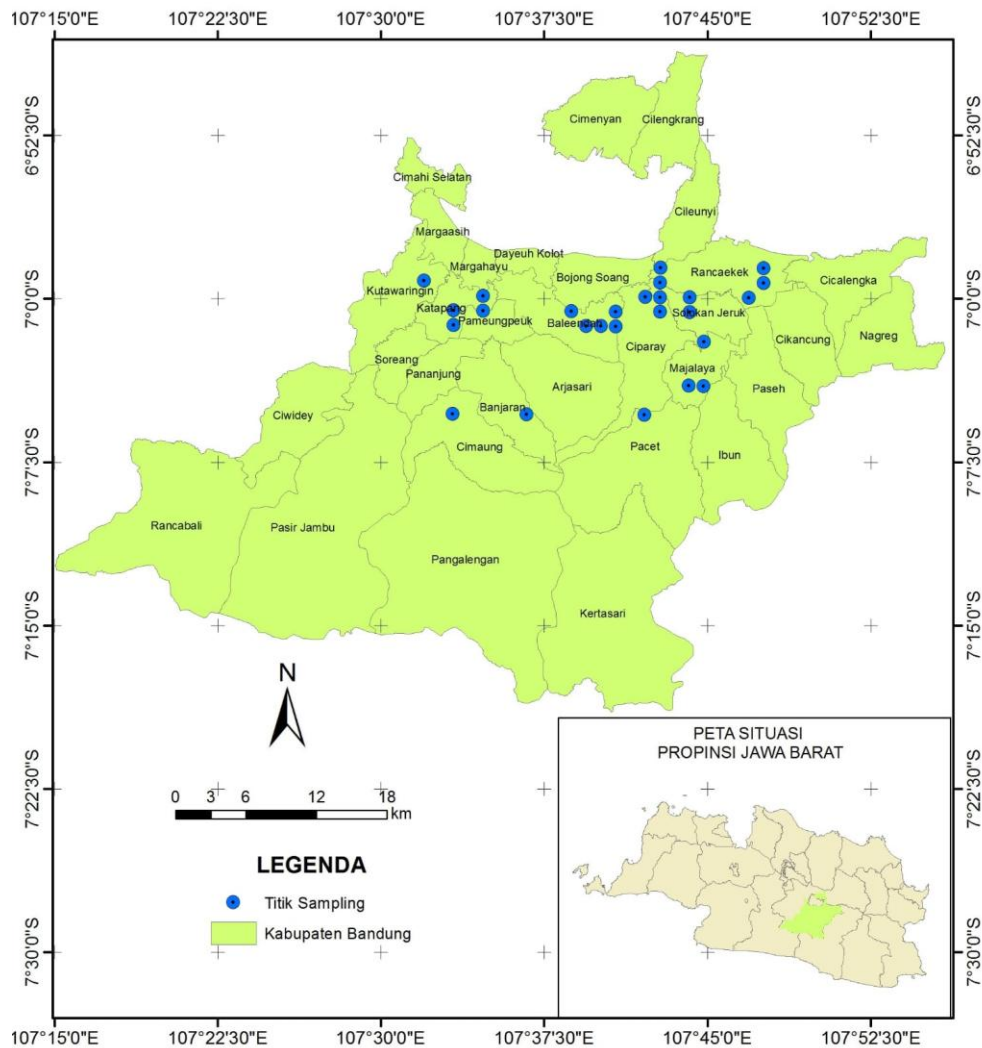
Penelitian ini dilaksanakan pada lahan sawah beberapa kecamatan di Hulu Sungai Citarum tepatnya

di Kabupaten Bandung. Beberapa kecamatan yang diambil contoh berasnya yaitu Kecamatan Paseh, Pacet, Arjasari, Majalaya, Nagreg, Cikancung, Cicalengka, Solokan Jeruk, Ciparay, Baleendah, Bojongsoang, Rancaekek. Kabupaten Bandung memiliki luas panen padi sebesar 112,844 Ha dan produksi padi sebesar 715,283.35 ton per tahun.²⁴

Teknik pengambilan dan analisis contoh beras

Penentuan titik pengambilan contoh gabah dilakukan dengan metode *purposive sampling* pada

lahan sawah yang siap panen. Pengambilan contoh gabah dilakukan dengan metode survey pada 26 titik lokasi dengan rincian sebagai berikut: Kecamatan Banjaran 1 titik lokasi, Kecamatan Pacet 1 titik lokasi, Kecamatan Cimaung 1 titik lokasi, Kecamatan Majalaya 3 titik lokasi, Kecamatan Solokan Jeruk 4 titik lokasi, Kecamatan Baleendah 5 titik lokasi, Kecamatan Kutawaringin 1 titik lokasi, Kecamatan Ketapang 4 titik lokasi, Kecamatan Ciparay 2 titik dan Kecamatan Rancaekek 4 titik lokasi (Gambar 1.).



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan contoh beras skala 1:50.000

Pada setiap lokasi diambil contoh gabah secara komposit pada 3 titik contoh secara acak. Contoh gabah hasil survei lapangan yang diambil pada kedalaman yaitu 0-20 cm. Selanjutnya contoh-contoh gabah tersebut dipreparasi dengan menghilangkan kulitnya dan dihaluskan menggunakan blender. Contoh beras yang telah dipreparasi dianalisis kandungan logam beratnya di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Badan Litbang Kementerian Pertanian. Parameter yang diamati meliputi logam berat Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu dan Zn. Metode analisa logam berat pada contoh beras

dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*^{27,28} dengan modifikasi pada volume contoh yang dianalisis, volume pemberian larutan asam nitrat pekat dan tahapan destruksi.

Hasil konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu dan Zn yang telah didapat dianalisis menggunakan SPSS untuk mengetahui deskripsi statistik dan hasil uji T. Hasil uji T digunakan untuk mengetahui perbedaan nilai konsentrasi logam berat yang dibandingkan antar wilayah yaitu pada lahan pertanian di kawasan industri dan lahan pertanian di luar kawasan industri.

Analisis probabilistik penilaian risiko kesehatan masyarakat

Estimated Daily Intake (EDI) ditentukan berdasarkan pada kategori umur yaitu anak-anak (3–9 tahun), remaja (9–19 tahun), dewasa (19–65 tahun), dan manula (> 65 tahun) untuk laki-laki dan wanita. EDI ($\text{mg kg}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) digunakan untuk menentukan paparan logam berat pada beras yang dikonsumsi oleh masyarakat dengan menggunakan persamaan berikut.²⁹

$$EDI = \frac{C_i \times E_F \times E_D \times DC}{BW \times T_A} \times 10^{-3}$$

C_i (mg kg^{-1}) adalah konsentrasi logam berat i dalam beras; E_F (365 hari) adalah frekuensi paparan; E_D (tahun) adalah eksposur durasi (5, 13, 41, dan 70 tahun masing-masing untuk anak-anak, remaja, dewasa, dan senior); DC (g hari^{-1}) adalah tingkat asupan atau rata-rata harian konsumsi beras; BW (kg) adalah berat badan rata-rata; T_A (hari) adalah rata-rata waktu paparan atau periode paparan yaitu $E_D \times 365$ hari dan 70×365 hari untuk non-karsinogenik dan risiko karsinogenik.

Penilaian paparan logam berat melalui konsumsi beras dilakukan sesuai dengan metode yang telah dilakukan sebelumnya yaitu rata-rata asupan mingguan/*estimated weekly intake* (EWI) dibandingkan dengan asupan mingguan toleransi sementara/*Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) dan *Nutrient Reference Value* (NRV) yang ditetapkan oleh FAO/WHO.³⁰ EWI ($\text{mg kg}^{-1} \text{ minggu}^{-1}$) dihitung dengan persamaan berikut³¹

$$EWI = C_{\text{rice}} \times \frac{WC}{BW}$$

C_{rice} adalah rata-rata kandungan logam berat dalam beras (mg kg^{-1} kering berat badan), WC adalah konsumsi nasi mingguan untuk setiap orang (g minggu^{-1}) per kapita, dan BW adalah rata-rata berat badan (kg) penduduk.

Risiko non- karsinogenik

Estimasi risiko non-karsinogenik dilakukan sesuai dengan metode yang dilaporkan sebelumnya (U.S.EPA, 1989).³² Non-karsinogenik risiko untuk setiap logam individu melalui konsumsi beras adalah dinilai menggunakan hazard quotient (HQ) sebagai persamaan berikut:

$$HQ = EDI/RfD$$

RfD ($\text{mg kg}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) adalah dosis referensi dari logam berat yang diinginkan. Jika nilai HQ yang dihitung lebih tinggi dari 1, akan ada potensi dampak non-karsinogenik pada kesehatan masyarakat. Jika nilainya adalah sama atau <1, efek non-karsinogenik tidak mungkin terjadi. Dalam studi ini, risiko kesehatan kumulatif dievaluasi dengan menjumlahkan Nilai HQ dari masing-masing logam dan dinyatakan

sebagai total HQ atau indeks bahaya (HI) sebagai persamaan berikut:

$$HI = \sum HQ$$

Semakin besar nilai HI, maka semakin besar tingkat kepedulian. Ini umumnya menunjukkan potensi yang merugikan efek kesehatan manusia jika nilai HI di atas 1.

Risiko karsinogenik

Risiko karsinogenik berarti kemungkinan tambahan untuk berkembang kanker dalam hidup seseorang karena paparan karsinogen potensial. Risiko kanker (CR) dievaluasi sebagai berikut: persamaan:

$$CR = EDI \times SF$$

EDI ($\text{mg kg}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) adalah perkiraan asupan harian elemen karsinogenik dan SF adalah faktor kemiringan dari unsur karsinogenik. Dalam penelitian ini, CR mengenai informasi toksikologi diperkirakan menggunakan SF $0.5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ hari}^{-1}$ untuk Cr.³³ Risiko karsinogenik adalah probabilitas individu dalam mengembangkan semua jenis kanker dari paparan logam berat seumur hidup terhadap bahaya karsinogenik. Risiko yang dapat diterima atau dapat ditoleransi dengan nilai CR harus kurang dari 10^{-4} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam berat pada beras

Logam berat Cr, Co, Cu dan Ni terdeteksi pada semua contoh beras, sedangkan untuk logam Pb, Cd dan Ni ada sebagian contoh beras yang tidak terdeteksi kandungan logamnya. Konsentrasi logam Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu dan Zn berturut-turut berkisar antara $0.00\text{-}0.48 \text{ mgkg}^{-1}$, $0.00\text{-}0.61 \text{ mgkg}^{-1}$, $0.64\text{-}2.28 \text{ mgkg}^{-1}$, $0.00\text{-}0.19 \text{ mgkg}^{-1}$, $1.18\text{-}2.66 \text{ mgkg}^{-1}$, $0.64\text{-}3.47 \text{ mgkg}^{-1}$ dan $5.44\text{-}8.69 \text{ mgkg}^{-1}$. Berdasarkan hasil analisis maka nilai rata-rata logam berat pada beras berturut-turut adalah $\text{Zn}(6.97 \text{ mgkg}^{-1}) > \text{Cu}(2.23 \text{ mgkg}^{-1}) > \text{Co}(1.85 \text{ mgkg}^{-1}) > \text{Cr}(1.45 \text{ mgkg}^{-1}) > \text{Cd}(0.20 \text{ mgkg}^{-1}) > \text{Pb}(0.16 \text{ mgkg}^{-1}) > \text{Ni}(0.04 \text{ mgkg}^{-1})$. Data distribusi statistik logam berat pada beras dapat dilihat pada Tabel 1.

Limbah industri merupakan salah satu dari sumber logam berat di lahan pertanian. Limbah industri yang terangkut oleh air permukaan dan pengendapan atmosfer sehingga terakumulasi pada lahan pertanian³⁴ atau limbah yang digunakan sebagai sumber irigasi.³⁵ Hal tersebut merupakan dasar untuk melakukan uji T pada lahan pertanian yang berada di kawasan industri dan di luar kawasan industri. Lahan pertanian yang berada pada kawasan industri meliputi lahan pertanian pada Kecamatan Pacet, Majalaya, Banjaran, Solokan Jeruk dan Rancaekek. Lahan pertanian di luar kawasan industri meliputi Kecamatan Ketapang, Cimaung, Kutawaringin, Ciparay, dan Baleendah.

Tabel 1. Distribusi statistik logam berat pada beras dari lahan pertanian di Kabupaten Bandung

Statistic	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	Cu	Zn
Mean	0.16	0.20	1.45	0.04	1.85	2.23	6.97
Standard Error	0.03	0.04	0.09	0.01	0.09	0.18	0.18
Median	0.13	0.14	1.57	0.02	1.80	2.49	6.78
Standard Deviation	0.17	0.19	0.48	0.06	0.47	0.93	0.93
Sample Variance	0.03	0.04	0.23	0.00	0.22	0.87	0.87
Kurtosis	-1.30	-0.38	-1.10	0.38	-1.29	-1.39	-0.66
Skewness	0.47	0.80	-0.18	1.21	0.26	-0.24	0.34
Range	0.48	0.61	1.64	0.19	1.48	2.83	3.25
Minimum	0.00	0.00	0.64	0.00	1.18	0.64	5.44
Maximum	0.48	0.61	2.28	0.19	2.66	3.47	8.69
Sum	4.20	5.17	37.63	1.16	48.08	57.94	181.16
Count	26	26	26	26	26	26	26
Confidence Level(95.0%)	0.07	0.08	0.19	0.02	0.19	0.38	0.38

Tabel 2. Hasil pengujian T-test logam berat pada beras yang diambil pada lahan pertanian di kawasan industri dan non industri Kabupaten Bandung

Logam	Nama lokasi	Mean	Std. Deviation	Nilai P
Pb	Kawasan industri	0.1638	0.15982	0.965
	Non kawasan industri	0.1606	0.17261	
	Total	0.1615	0.16557	
Cd	Kawasan industri	0.2213	0.21899	0.703
	Non kawasan industri	0.1894	0.18303	
	Total	0.1992	0.19087	
Cr	Kawasan industri	1.4238	0.48914	0.873
	Non kawasan industri	1.4572	0.48574	
	Total	1.4469	0.47716	
Ni	Kawasan industri	0.0538	0.04955	0.630
	Non kawasan industri	0.0417	0.06148	
	Total	0.0454	0.05736	
Co	Kawasan industri	1.7100	0.45456	0.325
	Non kawasan industri	1.9111	0.47805	
	Total	1.8492	0.47140	
Cu	Kawasan industri	1.5788	0.96047	0.014
	non kawasan industri	2.5172	0.78163	
	Total	2.2285	0.93212	
Zn	Kawasan industri	6.7987	0.79759	0.546
	non kawasan industri	7.0439	0.99563	
	Total	6.9685	0.93033	

Nilai rata-rata konsentrasi logam berat pada lahan pertanian kawasan industri dan non-industri dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai P menunjukkan nilai signifikansi logam antar kawasan. Berdasarkan hasil uji T nilai P pada logam Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Cu dan Zn berturut-turut adalah 0.965, 0.703, 0.873, 0.630, 0.325, 0.014, 0.546, hal tersebut menunjukkan hasil nilai $p < 0.05$ untuk logam Cu saja sedangkan nilai p logam yang lain > 0.05 sehingga dapat dinyatakan bahwa nilai logam Cu pada beras memiliki perbedaan signifikan antara kawasan industri dan non industri, sedangkan logam Pb, Cd, Cr, Ni, Co dan Zn tidak memiliki perbedaan yang signifikan antar kawasan.

Kabupaten Bandung memiliki jumlah industri yang cukup banyak dan didominasi oleh industri

tekstil. Logam Cu merupakan salah satu logam yang sering digunakan pada industri tekstil untuk mempertahankan warna agar tidak luntur selama proses pencucian,³⁶ selain itu logam Cu juga sering digunakan sebagai anti mikroba karena saat pencucian kain sangat berpotensi terkontaminasi oleh mikroba.³⁷ Pemanfaatan logam Cu pada industri tekstil masih dilakukan sampai saat ini dalam bentuk tembaga oksida yang dimanfaatkan sebagai pendegradasi warna pada limbah tekstil³⁸ dan menghilangkan kontaminan-kontaminan yang berbahaya bagi lingkungan.³⁹

Risiko kesehatan

Asupan rata-rata mingguan untuk wanita lebih besar dari asupan rata-rata mingguan untuk laki-laki pada semua logam. Besaran asupan rata-rata mingguan logam berat berturut-turut adalah

Zn>Cu>Co>Cr>Cd>Pb>Ni. Besaran asupan rata-rata mingguan logam berat yang dikonsumsi dari beras dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata konsumsi mingguan/*estimated weekly intake* (EWI) logam berat pada beras untuk perempuan dan laki-laki

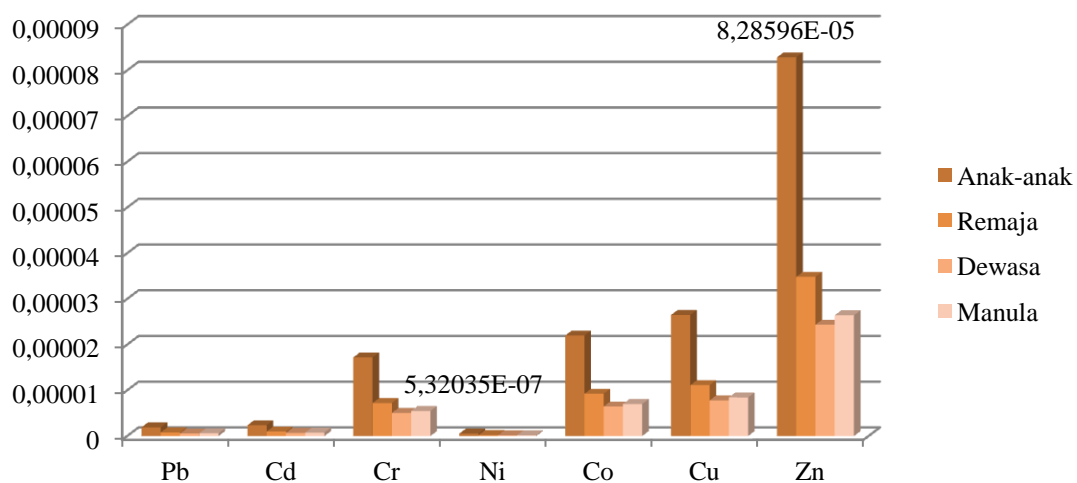
Logam berat	EWI perempuan	EWI laki-laki	PTWI & NRV
	mg/kg/week		
Pb	0.0043	0.0040	0.0250*
Cd	0.0053	0.0050	0.0070*
Cr	0.0387	0.0361	0.0233*
Ni	0.0012	0.0011	0.0350*
Co	0.0495	0.0461	0.7000*
Cu	0.0597	0.0556	6.3000**
Zn	0.1866	0.1738	98.000**

Keterangan: *Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI), ** Nutrient Reference Value (NRV)

Nilai asupan rata-rata mingguan logam Cr pada wanita dan laki-laki telah melebihi batas toleransi sementara asupan mingguan/*Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) dan *Nutrient Reference Value* (NRV) yang ditetapkan FAO/WHO, sedangkan nilai asupan rata-rata mingguan logam Pb, Cd, Ni, Co, Cu dan Zn masih di bawah batas toleransi sementara asupan mingguan yang ditetapkan. Nilai asupan rata-rata mingguan logam Cr pada wanita dan laki-laki sebesar 0.387 dan 0.0361 sedangkan batas toleransinya 0.0233, hal tersebut menunjukkan nilai asupan rata-rata mingguan yang tidak terlalu jauh dari nilai batas toleransi karena hanya selisih 0.0154 dan 0.0128 tetapi harus tetap diwaspadai karena akumulasi logam Cr pada tubuh akan berdampak pada kesehatan masyarakat. Paparan logam Cr pada tubuh manusia khususnya pada anak-anak dan remaja disinyalir dapat berdampak pada obesitas dan menunjukkan tanda-tanda penyakit kardiovaskular.⁴⁰

Rata-rata nilai asupan harian/*estimated daily intake* (EDI) logam berat pada anak-anak, remaja, dewasa, dan manula dapat dilihat pada Gambar 2. Asupan harian logam Zn yang paling besar dibanding dengan logam lainnya pada semua kategori umur yaitu sebesar 8.28×10^{-5} , sedangkan asupan harian logam Ni yang paling rendah yaitu sebesar 5.32×10^{-7} . Asupan harian logam secara berurutan adalah Zn>Cu>Co>Cr>Cd>Pb>Ni.

Pada kategori umur anak-anak memiliki asupan logam yang paling tinggi dibanding dengan kategori umur yang lain. Hal tersebut disebabkan karena berat badan anak-anak yang paling kecil sehingga faktor pembagiannya juga paling kecil. Nilai asupan harian ini digunakan untuk menghitung risiko non-karsiogenik pada semua kategori umur (anak-anak, remaja, dewasa, manula) terkait dengan konsumsi beras.



Gambar 2. Rata-rata konsumsi harian (EDI) logam berat pada beras untuk anak-anak, remaja, dewasa dan manula (non-karsiogenik)

Risiko non-karsinogenik

Nilai hazard quotient (HQ) dan Hazard Index (HI) untuk anak-anak, remaja, dewasa dan manula dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai HQ pada semua logam disemua kelompok umur memiliki nilai <1, hal tersebut menunjukkan bahwa risiko non-karsinogenik tidak ada kemungkinan terjadi pada anak-anak, remaja, dewasa dan manula. Nilai HQ pada anak-anak lebih tinggi dibanding dengan kategori umur yang lain. Hal tersebut disebabkan karena anak-anak memiliki berat badan yang rendah dibanding kategori umur lainnya. Nilai HQ pada logam Cr menunjukkan nilai tertinggi dibanding dengan nilai HQ pada logam lainnya. Nilai HQ logam Cr pada kelompok anak-anak, remaja, dewasa dan manula secara berurutan yaitu 0.057365; 0.024119; 0.016872; 0.018297.

Nilai hazard index menunjukkan angka <1 untuk semua kategori umur, hal tersebut menunjukkan bahwa tidak ada efek risiko non-karsinogenik yang merugikan bagi kesehatan anak-anak, remaja, dewasa dan manula. Nilai HI berdasarkan kelompok umur secara berurutan yaitu anak-anak (0.0880)>remaja (0.0370)>dewasa (0.0259)>manula (0.0281).

Kontribusi nilai HQ pada nilai HI menunjukkan bahwa logam Cr memiliki kontribusi terbesar yaitu sebesar 65.172%, sedangkan konsentrasi terendah adalah logam Ni yaitu sebesar 0.015%. Kontribusi logam Pb, Cd, Co, Cu dan Zn secara berurutan yaitu 0.546%, 0.948%, 0.014%, 0.020% dan 0.314%.

Tabel 4. Nilai hazard quotient (HQ) dan Hazard Index (HI) untuk anak-anak, remaja, dewasa dan manula.

Kelompok umur	Logam berat	HQ	Kontribusi untuk HI (%)	HI
Anak-anak	Pb	0.000481	0.546	0.0880
	Cd	0.007876	8.948	
	Cr	0.057365	65.172	
	Ni	0.000013	0.015	
	Co	0.021993	24.986	
	Cu	0.000018	0.020	
	Zn	0.000276	0.314	
Remaja	Pb	0.000202	0.546	0.0370
	Cd	0.003311	8.948	
	Cr	0.024119	65.172	
	Ni	0.000006	0.015	
	Co	0.009247	24.986	
	Cu	0.000007	0.020	
	Zn	0.000116	0.314	
Dewasa	Pb	0.000141	0.546	0.0259
	Cd	0.002316	8.948	
	Cr	0.016872	65.172	
	Ni	0.000004	0.015	
	Co	0.006468	24.986	
	Cu	0.000005	0.020	
	Zn	0.000081	0.314	
Manula	Pb	0.000153	0.546	0.0281
	Cd	0.002512	8.948	
	Cr	0.018297	65.172	
	Ni	0.000004	0.015	
	Co	0.007015	24.986	
	Cu	0.000006	0.020	
	Zn	0.000088	0.314	

Risiko Karsinogenik

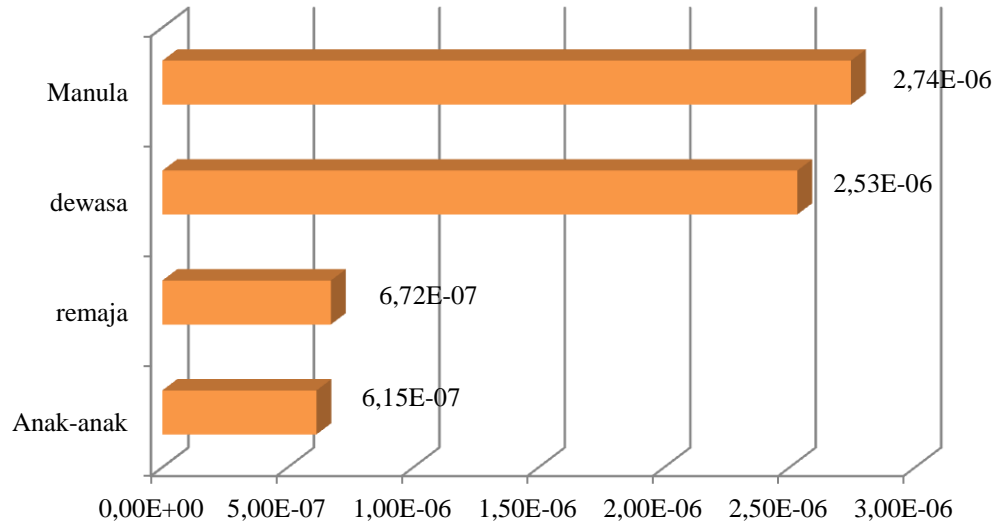
Nilai Cancer risk (CR) pada anak-anak, remaja, dewasa dan manula dapat dilihat pada Gambar 3. Besaran nilai CR anak-anak, remaja, dewasa dan manula secara berturut-turut yaitu sebesar 6.15×10^{-7} , 6.72×10^{-7} , 2.53×10^{-6} dan 2.74×10^{-6} . Hal tersebut menunjukkan bahwa 6 dari 10 juta anak-anak, 6 dari 10 juta remaja, 2 dari 1 juta orang dewasa dan 2 dari 1 juta manula dapat memiliki risiko kanker

dalam hidup mereka sebagai akibat dari paparan logam berat dari beras yang mereka konsumsi.

Nilai risiko kanker paling rendah pada anak-anak dan nilai risiko kanker paling tinggi pada manula, hal tersebut disebabkan karena manula memiliki umur yang paling banyak sehingga akumulasi logam berat pada tubuh akibat konsumsi beras juga yang paling banyak.⁴¹ Nilai CR pada semua kategori umur masih di bawah batas toleransi nilai CR yang dapat diterima yaitu 10^{-4} . Hal tersebut

menunjukkan bahwa risiko karsinogenik pada anak-anak, remaja, dewasa dan manula masih berada pada tahap aman karena nilainya di bawah batas toleransi. Risiko karsinogenik yang telah melebihi batas toleransi jika nilainya lebih besar dari 10^{-4} ,

sehingga bagi masyarakat yang mengkonsumsi beras tersebut akan memiliki risiko yang besar terhadap perkembangan berbagai jenis kanker dalam tubuhnya.⁴²



Gambar 3. Nilai Cancer Risk (CR) pada anak-anak, remaja, dewasa dan manula

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa beras yang ditanam di lahan pertanian Kabupaten Bandung mengandung logam berat Cr, Co, Cu dan Zn dengan nilai konsentrasi berturut-turut berkisar antara 0.64-2.28 mgkg⁻¹, 1.18-2.66 mgkg⁻¹, 0.64-3.47 mgkg⁻¹ dan 5.44-8.69 mgkg⁻¹. Logam Cu pada contoh beras yang diambil pada lahan pertanian kawasan industri berbeda nyata dengan contoh berat di luar kawasan industri dengan nilai p sebesar 0.014. Rata-rata konsumsi mingguan beras untuk kandungan logam Cr telah melebihi batas toleransi yang ditetapkan FAO/WHO. Risiko non-karsinogenik yang ditimbulkan jika mengkonsumsi beras dari lahan pertanian Kabupaten Bandung tidak dimungkinkan untuk terjadi karena nilai hazard index (HI) menunjukkan angka <1, nilai HI secara berurutan yaitu anak-anak (0.0880)>remaja (0.0370)>dewasa (0.0259)>manula (0.0281) dan risiko karsinogenik juga menunjukkan nilai yang dapat ditoleransi karena di bawah 10^{-4} untuk semua kategori umur (anak-anak, remaja, dewasa dan manula) dengan nilai cancer risk (CR) berturut-turut sebesar 6.15×10^{-7} , 6.72×10^{-7} , 2.53×10^{-6} dan 2.74×10^{-6} .

DAFTAR PUSTAKA

- Shi Y, Zhou K, Li S, Zhou M, Liu W. Heterogeneous graph attention network for food safety risk prediction. *J Food Eng.* 2022;323(February). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111005>
- Sun D, Liu Y, Grant J, Long Y, Wang X, Xie C. Impact of food safety regulations on agricultural trade: Evidence from China's import refusal data. *Food Policy.* 2021;105(September). <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102185>
- Liguori J, Trübswasser U, Pradeilles R, Le Port A, Landais E, Talsma EF, Lundy M, Bene C, Bricas N, Laar A, Amiot MJ, Brouwer ID, Holdsworth M. How do food safety concerns affect consumer behaviors and diets in low- and middle-income countries? A systematic review. *Glob Food Sec.* 2022;32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100606>
- Buscaroli E, Braschi I, Cirillo C, Fargue-Lelièvre A, Modarelli GC, Pennisi G, Pennisi G, Righini L, Specht K, Orsini. Reviewing chemical and biological risks in urban agriculture: A comprehensive framework for a food safety assessment of city region food systems. *Food Control.* 2021;126. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108085>
- Li Y, Ma L, Ge Y, Abuduwaili J. Health risk of heavy metal exposure from dustfall and source apportionment with the PCA-MLR model: A case study in the Ebinur Lake Basin, China. *Atmos Environ.* 2022;272(October 2021). <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.118950>
- Wei J, Gao J, Cen K. Levels of eight heavy metals and health risk assessment considering food consumption by China's residents based on the 5th China total diet study. *Sci Total Environ.* 2019;689:1141-8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.502>

7. Pandion K, Khalith SBM, Ravindran B, Chandrasekaran M, Rajagopal R, Alfarhan A, Chang SW, Ayyamperumal R, Mukherjee A, Arunachalam KD. Potential health risk caused by heavy metal associated with seafood consumption around coastal area. *Environ Pollut.* 2022;294(November 2021). <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118553>
8. Habib MR, Hoque MM, Kabir J, Akhter S, Rahman MS, Moore J, et al. A comparative study of heavy metal exposure risk from the consumption of some common species of cultured and captured fishes of Bangladesh. *J Food Compos Anal.* 2022;108(February). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104455>
9. Biswas C, Soma SS, Rohani MF, Rahman MH, Bashar A, Hossain MS. Assessment of heavy metals in farmed shrimp, *Penaeus monodon* sampled from Khulna, Bangladesh: An inimical to food safety aspects. *Heliyon.* 2021;7(3):1–9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06587>
10. Afonne OJ, Ifediba EC. Heavy metals risks in plant foods – need to step up precautionary measures. *Curr Opin Toxicol.* 2020;22:1–6. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2019.12.006>
11. Al-Saleh I, Abduljabbar M. Heavy metals (lead, cadmium, methylmercury, arsenic) in commonly imported rice grains (*Oryza sativa*) sold in Saudi Arabia and their potential health risk. *Int J Hyg Environ Health.* 2017;220(7):1168–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.07.007>
12. Akarsu SA, Türk G, Arkalı G, Çeribaşı AO, Yüce A. Changes in heavy metal levels, reproductive characteristics, oxidative stress markers and testicular apoptosis in rams raised around thermal power plant. *Theriogenology.* 2022;179:211–22. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.12.004>
13. Lee N, Wang H, Du C, Yuan T, Chen C, Yu C, et al. Air-polluted environmental heavy metal exposure increase lung cancer incidence and mortality: A population-based longitudinal cohort study. 2022;810(579). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152186>
14. Gerwen M Van, Alerte E, Alsen M, Little C, Sinclair C, Genden E. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology The role of heavy metals in thyroid cancer: A meta-analysis. 2022;69(November 2021). <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126900>
15. Duan W, Xu C, Liu Q, Xu J, Weng Z, Zhang X, Basnet TB, Dahal M, Gu A. Levels of a mixture of heavy metals in blood and urine and all-cause, cardiovascular disease and cancer mortality: A population-based cohort study. *Environ Pollut.* 2020;263. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114630>
16. Sohrabi M, Nikkhah M, Sohrabi M, Rezaee Farimani A, Mirasgari Shahi M, Ziaie H, Shirmardi S, Kohi Z, Salehpour D, Tameshkel FS, Hajibaba M, Zamani F, Ajdarkosh H, Sohrabi M, Gholami A. Evaluating tissue levels of the eight trace elements and heavy metals among esophagus and gastric cancer patients: A comparison between cancerous and non-cancerous tissues. *J Trace Elem Med Biol.* 2021;68(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126761>
17. Mirzaeyan P, Shokrzadeh M, Salehzadeh A, Ajamian F. Association of estrogen receptor 1 (ESR1) gene (rs2234693) polymorphism, ESR1 promoter methylation status, and serum heavy metals concentration, with breast cancer: A study on Iranian women population. *Meta Gene.* 2020;26(October). <https://doi.org/10.1016/j.mgene.2020.100802>
18. Lim JT, Tan YQ, Valeri L, Lee J, Geok PP, Chia SE, Ong CN, Seow WJ. Association between serum heavy metals and prostate cancer risk – A multiple metal analysis. *Environ Int.* 2019;132(April). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105109>
19. Tóth G, Hermann T, Da Silva MR, Montanarella L. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environ Int [Internet].* 2016;88:299–309. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>
20. Qin G, Niu Z, Yu J, Li Z, Ma J. Soil heavy metal pollution and food safety in China: Effects, sources and removing technology. 2021;267. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129205>
21. Fei X, Xiao R, Christakos G, Langousis A, Ren Z, Tian Y, Lv Xiaonan. Comprehensive assessment and source apportionment of heavy metals in Shanghai agricultural soils with different fertility levels. *Ecol Indic.* 2019;106(198). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105508>
22. Wisnawa PDPK, Siaka IM, Putra AAB. Kandungan Logam Pb dan Cu Dalam Buah Stroberi Serta Spesiasi Dan Bioavailabilitasnya Dalam Tanah Tempat Tumbuh Stroberi di Daerah Bedugul. *J Kim.* 2019;10 (1):23–31.
23. Badan Pusat Statistik. Berita resmi statistik No. 21/03/Th. XXV, 1 Maret 2022: luas panen dan produksi padi di Indonesia 2021 (Angka tetap). BPS RI. 2022;
24. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung. Kabupaten Bandung dalam angka 2019. BPS Kabupaten Bandung. 2019;
25. Kirana KH, Novala GC, Fitriani D, Agustine E, Rahmaputri MD, Fathurrohman F, et al. Identifikasi Kualitas Air Sungai Citarum Hulu. 2019;4(2):120–8. <https://doi.org/10.17509/wafi.v4i2.21907>
26. Dzikrillah GF, Sutjahjo H, Surjono. Analisis Keberlanjutan Usahatani Padi Sawah Di

- Kecamatan Soreang Kabupaten Bandung Sustainable of Rice Farming in Soreang District of Bandung Regency. *J Pengelolaan Sumberd Alam dan Lingkung.* 2017;7(2):107. <https://doi.org/10.29244/jpsl.7.2.107-113>
27. Eviati, Sulaeman. *Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk.* 2nd ed. Bogor: Balai Penelitian Tanah; 2009.
 28. Sisay B, Debebe E, Meresa A, Abera T. Analysis of cadmium and lead using atomic absorption spectrophotometer in roadside soils of Jimma town. *J Anal Pharm Res.* 2019;8(4):144–7. <https://doi.org/10.15406/japlr.2019.08.00329>
 29. Djahed B, Taghavi M, Farzadkia M, Norzaee S, Miri M. Stochastic exposure and health risk assessment of rice contamination to the heavy metals in the market of Iranshahr, Iran. *Food Chem Toxicol.* 2018;115(December 2017):405–12. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.03.040>
 30. FAO/WHO CAC. *General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed (CODEX STAN 193–1995. Revised in 1997, 2008, 2009, and amended in 2010, 2012, 2013, 2014, 2015 (Ed.). 1995;*
 31. Jafari A, Kamarehie B, Ghaderpoori M, Khoshnamvand N, Birjandi M. The concentration data of heavy metals in Iranian grown and imported rice and human health hazard assessment. *Data Br.* 2018;16:453–9. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.11.057>
 32. U.S. Environmental Protection Agency (U.S.EPA). *Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A) Interim Final (EPA/540/1-89/002).* https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rags_a.pdf. 1989;
 33. Hossain MM, Chowdhury MA, Hasan MJ, Rashid MHA, Acter T, Khan MN, et al. Heavy metal pollution in the soil-vegetable system of Tannery Estate. *Environ Nanotechnology, Monit Manag.* 2021;16(August). <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100557>
 34. Anaman R, Peng C, Jiang Z, Liu X, Zhou Z, Guo Z, Xiao X. Science of the Total Environment Identifying sources and transport routes of heavy metals in soil with different land uses around a smelting site by GIS based PCA and PMF. 2022;823. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153759>
 35. Panhwar A, Faryal K, Kandhro A, Bhutto S, Rashid U, Jalbani N, Sultana R, Solangi A, Ahmed M, Qaisar S, Solangi Z, Gorar M, Sargani E. Utilization of treated industrial wastewater and accumulation of heavy metals in soil and okra vegetable. *Environ Challenges.* 2022;6(January). <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100447>
 36. Swarnkumar Reddy, Osborne WJ. Heavy metal determination and aquatic toxicity evaluation of textile dyes and effluents using *Artemia salina*. *Biocatal Agric Biotechnol.* 2020;25(March). <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101574>
 37. Heliopoulos NS, Papageorgiou SK, Galeou A, Favvas EP, Katsaros FK, Stamatakis K. Effect of copper and copper alginate treatment on wool fabric. Study of textile and antibacterial properties. *Surf Coatings Technol.* 2013;235:24–31. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.07.009>
 38. Selvam K, Albasher G, Alamri O, Sudhakar C, Selvankumar T, Vijayalakshmi S, Vennila L Enhanced photocatalytic activity of novel *Canthium coromandelicum* leaves based copper oxide nanoparticles for the degradation of textile dyes. 2022;211(January). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113046>
 39. Kaur H, Singh J, Rani P, Kaur N, Kumar S, Rawat M, et al. A novel and one-pot synthesis of *Punica granatum* mediated Copper oxide having flower-like morphology as an efficient visible-light driven. 2022; <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.118966>
 40. Nasab H, Rajabi S, Eghbalian M, Malakootian M, Hashemi M, Mahmoudi-Moghaddam H. Association of As, Pb, Cr, and Zn urinary heavy metals levels with predictive indicators of cardiovascular disease and obesity in children and adolescents. *Chemosphere.* 2022;294(December 2021). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133664>
 41. Kukusamude C, Sricharoen P, Limchoowong N, Kongsri S. Heavy metals and probabilistic risk assessment via rice consumption in Thailand. *Food Chem.* 2021;334(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127402>
 42. Nyambura C, Hashim NO, Chege MW, Tokonami S, Omonya FW. Cancer and non-cancer health risks from carcinogenic heavy metal exposures in underground water from Kilimambogo, Kenya. *Groundw Sustain Dev.* 2020;10(March 2019):100315. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2019.100315>



©2022. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.