

Penilaian Tingkat Cemar Logam Berat Pada Lahan Pertanian di Hulu Sungai Citarum, Jawa Barat

Cicik Oktasari Handayani¹, Sukarjo, dan Triyani Dewi

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Kementerian Pertanian;

ABSTRAK

Konsentrasi logam berat pada lahan pertanian sangat penting untuk dipantau karena berdampak pada lingkungan dan kesehatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai tingkat kontaminasi logam berat pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung (DAS Hulu Sungai Citarum) dengan menganalisis faktor kontaminasi, faktor resiko ekologi, indeks beban polusi dan tingkat akumulasi logam berat yang berasal dari sumber antropogenik. Penentuan titik pengambilan sampel tanah dilakukan secara grid pada satuan (unit) lahan pada peta penggunaan lahan. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode survey pada 273 titik lokasi. Sampel tanah dianalisis kandungan logam berat Pb, Cd, Cr, Co dan Ni, kemudian dianalisis pola sebaran dan kontaminasi tanahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata konsentrasi logam Pb, Cd, Cr, Co dan Ni pada tanah masih berada di bawah batas kritis logam berat. Berdasarkan analisis kontaminasi dari faktor kontaminan (CF) dan potensi resiko ekologi (Er) menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd telah mencapai pada kategori sangat tercemar dan sangat berpotensi pada resiko ekologi. Tingkat pencemaran logam berat yang bersumber dari aktivitas antropogenik menunjukkan kategori sedang hingga berat untuk logam Cd.

Kata kunci: Lahan pertanian, Logam berat, Sungai Citarum

ABSTRACT

The concentration of heavy metals in agricultural land is very important to monitor because it has an impact on the environment and public health. This study aims to provide information on the level of heavy metal contamination on agricultural land in Bandung Regency (the upstream watershed of the Citarum River) by analyzing contamination factors, ecological risk factors, pollution load index, and the level of accumulation of heavy metals from anthropogenic sources. Determination of the point of soil sampling is done on a grid on land units on the land use map. Soil sampling was carried out by survey method at 273 location points. Soil samples were analyzed for the heavy metal content of Pb, Cd, Cr, Co, and Ni, then the distribution pattern and soil contamination were analyzed. The results showed that the average concentration of Pb, Cd, Cr, Co, and Ni in the soil was still below the critical limit for heavy metals. Based on the analysis of contamination from the contaminant factor (CF) and potential ecological risk (Er) it shows that the concentration of Cd metal has reached the category of highly polluted and has a high potential for ecological risk. The level of heavy metal pollution originating from anthropogenic activities shows a moderate to a heavy category for Cd.

Keywords: Heavy metal, Agriculture, Citarum River

Sitasi: Handayani, C. O., Sukarjo, dan Dewi, T. (2022). Penilaian Tingkat Cemar Logam Berat Pada Lahan Pertanian Di Hulu Sungai Citarum, Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 508-516, doi:10.14710/jil.20.3.508-516

1. Pendahuluan

Sungai Citarum merupakan salah satu sungai terpenting di Pulau Jawa, Indonesia yang berfungsi sebagai sumber air untuk rumah tangga, energi listrik dan irigasi pertanian. Kondisi Citarum hulu saat ini sering terjadi banjir di beberapa lokasi, kondisi ini semakin memburuk karena perubahan iklim dan pembuangan sampah di sungai (Moe et al., 2018). Degradasi hulu sungai Citarum disebabkan oleh perubahan penggunaan lahan yang sangat cepat karena adanya urbanisasi, konversi hutan dan adanya alih fungsi lahan untuk pertanian (Agaton et al., 2016).

Masalah terbesar lainnya di sungai Citarum adalah pencemaran air dan penurunan kualitas air yang semakin meningkat. Banyaknya pencemar yang

dibuang ke sungai Citarum bagian hulu menjadikan sungai Citarum menjadi tercemar (Hairan et al., 2021). Ektensifikasi pertanian di hulu sungai Citarum telah meningkatkan penggunaan pestisida. Ada 31 jenis pestisida yang digunakan oleh petani di hulu sungai Citarum dan kandungan residu pestisida yang ada pada air sungai Citarum hulu telah mencapai tahap beresiko terhadap kehidupan biota sungai (Utami et al., 2020). Pada sampel ikan lele yang diambil dari beberapa lokasi di sepanjang sungai Citarum ditemukan kandungan residu pestisida golongan organoklorin seperti heptaklor, endosulfan dan DDT (Rahmawati et al., 2013).

Kandungan logam berat juga ditemukan di sungai Citarum seperti konsentrasi logam Cd ditemukan pada sampel air sungai Citarum hulu dengan segmen

¹ Penulis korespondensi: cicik.oktasari@gmail.com

Dayeuhkolot, Cisirung dan Nanjung (Rachmaningrum et al., 2015). Beberapa penelitian juga telah menemukan konsentrasi logam berat pada limbah buangan pabrik yang mengalir di sungai Citarum seperti logam Merkuri, Kromium Heksavalen, Timbal dan Cadmium (Putra, 2016). Kandungan logam berat yang ada pada air sungai Citarum akan memberikan dampak yang negatif terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat disekitarnya.

Air sungai Citarum digunakan untuk kebutuhan rumah tangga dan energi listrik juga sebagai sumber irigasi lahan pertanian sehingga jika tercemar logam berat akan berdampak pada lahan, tanaman dan juga produk pertanian yang akan dikonsumsi masyarakat. Lahan pertanian yang tercemar logam Cd dapat mengalami penurunan komunitas jamur *Arbuscular mycorrhizal* (AM) yang berperan penting dalam menjaga keanekaragaman dan produktifitas tanaman (Lin et al., 2020). Konsentrasi logam berat juga mempengaruhi kelimpahan mikroba dalam tanah (Xiao et al., 2022). Akumulasi logam berat pada tubuh manusia dapat menyebabkan berbagai penyakit, logam Cd dapat menyebabkan penyakit autoimun pada tubuh manusia (Aleksandrov et al., 2021), paparan logam berat juga dapat menyebabkan penyakit stroke, jantung kronis dan diabetes (Yang et al., 2020), hal tersebut diperkuat dengan korelasi positif antara kandungan logam berat pada darah dan urine dengan kasus penyakit kardiovaskuler dan kematian akibat kanker (Duan et al., 2020).

Sumber logam berat di lahan pertanian selain dari air irigasi (Affum et al., 2020) juga dapat berasal dari kegiatan industri dan budidaya pertanian yang dilakukan petani dengan mengaplikasikan pupuk dan pestisida kimia selama masa tanam. Akumulasi logam berat pada tanah pertanian berkorelasi dengan jarak dari suatu industri (Chen et al., 2022). Kegiatan budidaya pertanian merupakan sumber terbesar adanya logam berat Cd pada lahan pertanian (Fei et al., 2019). Pada perkebunan buah anggur di Jaffa Srilanka telah ditemukan akumulasi logam berat Zn, Ni, Cu, As, Pb, Mg dan Al pada tanah, daun dan buah anggur yang berasal dari aplikasi bahan agrokimia (Prabagar et al., 2021).

Penggunaan air sungai Citarum sebagai sumber irigasi dan adanya aplikasi bahan agrokimia pada budidaya pertanian di Hulu Sungai Citarum maka penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai tingkat kontaminasi logam berat pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung (DAS Hulu Sungai Citarum) dengan menganalisis faktor kontaminasi, faktor resiko ekologi, indeks beban polusi dan tingkat akumulasi logam berat yang berasal dari sumber antropogenik.

2. Metode

2.1. Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan pertanian di DAS hulu sungai Citarum khususnya pada lahan

pertanian di Kabupaten Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Kabupaten Bandung terletak pada koordinat 1070 22' - 1080 - 50 Bujur Timur dan 60 41' - 70 19' Lintang Selatan. Morfologi wilayah pegunungan dengan rata-rata kemiringan lereng antara 0-8 %, 8-15 % hingga di atas 45 %. Kabupaten Bandung beriklim tropis yang dipengaruhi oleh iklim muson dengan curah hujan rata-rata antara 1.500 mm sampai dengan 4.000 mm per tahun. Suhu udara berkisar antara 12°C sampai 24°C dengan kelembaban antara 78 % pada musim hujan dan 70 % pada musim kemarau. Luas kawasan budidaya pertanian sebesar 68.271,89 Ha atau 52,19% dari total luas penggunaan kawasan lindung dan kawasan budidaya.

2.2. Cara pengambilan dan analisis sampel tanah

Penentuan titik pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode grid secara grid pada satuan (unit) lahan pada peta penggunaan lahan. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode survey pada 273 titik lokasi. Satu titik sampling terdiri dari 5-10 contoh individual (subcontoh), dengan jarak pengambilan tiap subcontoh 25-50 m di lapang. Parameter yang diamati meliputi logam berat Pb, Cd, Cr, Co dan Ni. Sampel tanah hasil survei lapangan yang diambil pada kedalaman yaitu 0-20 cm. Selanjutnya contoh-contoh tanah tersebut dianalisis kandungan logam beratnya di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Badan Litbang Kementerian Pertanian. Metode analisa logam berat pada sampel tanah dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* yang mengacu pada Eviati & Sulaeman (2009) dan Sisay et al (2019) dengan modifikasi pada volume sampel yang dianalisis, volume pemberian larutan asam nitrat pekat dan tahapan destruksi.

Data hasil analisis logam berat Pb, Cd, Cr, Co dan Ni pada tanah dibandingkan dengan baku mutu logam berat yang ditetapkan oleh Alloway (1995), dan dibuat peta pola sebaran untuk masing-masing logam.

2.3. Analisis kontaminasi tanah

2.3.1. Faktor Kontaminasi (Contamination Factor, CF)

Faktor kontaminasi (CF) seharusnya menjadi metode yang efektif untuk pemantauan pencemaran tanah dari waktu ke waktu karena dapat memberikan gambaran tingkat kontaminasi logam berat pada tanah. Nilai faktor kontaminasi merupakan rasio konsentrasi logam yang ada pada tanah dengan konsentrasi logam yang menjadi latar belakang atau konsentrasi logam yang ada pada tanah secara alami ada dalam kerak bumi. Nilai faktor kontaminasi dihitung dengan rumus pada persamaan 1:

$$CF = \frac{C (\text{heavy metal})}{C (\text{background})} \quad (1)$$

C (heavy metal) adalah konsentrasi logam yang terukur pada tanah, sedangkan C (background) adalah konsentrasi logam yang secara alami ada dalam kerak

bumi (*earth crust*). Beberapa negara telah menetapkan nilai konsentrasi logam berat background pada tanah, negara di Asia yang telah menetapkan konsentrasi logam berat secara alami pada tanahnya adalah China (Alfaro et al., 2015). Nilai CF diklasifikasikan menjadi 4 bagian yaitu i) tanah terkontaminasi rendah dengan nilai $CF < 1$, ii) tanah terkontaminasi sedang dengan nilai $1 \leq CF \leq 3$, iii) tanah yang terkontaminasi tinggi dengan nilai $3 \leq CF < 6$, dan tanah yang sangat terkontaminasi dengan nilai $CF > 6$ (Gupta et al., 2021).

2.3.2. Pollution load index (PLI)

Indeks beban polusi (PLI) mengukur jumlah berat berbahaya logam berat di suatu daerah. Tomlinson et al (1980) adalah orang pertama yang menggunakan polusi ini indeks untuk mengukur konsentrasi berbagai logam berat di suatu daerah. Nilai $PLI < 1$ diasumsikan tidak memiliki pencemaran logam tanah, sedangkan nilai $PLI > 1$ menandakan kondisi tanah yang tercemar. Nilai PLI dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2.

$$PLI = (CF_{Pb} \times CF_{Cd} \times CF_{Cr} \times CF_{Ni} \times CF_{Co})^{1/5} \quad (2)$$

2.3.3. Ecological risk assessment (Er) and potential ecological risk index (RI)

Nilai resiko ekologi (Er) digunakan untuk mengevaluasi resiko ekologis dari logam berat yang ada pada dalam sampel tanah. Nilai indeks potensi resiko ekologi (RI) digunakan untuk menghitung resiko ekologis dari beberapa logam berat atau integrasi logam berat yang diamati pada sampel tanah. Nilai Er dikembangkan untuk mengevaluasi dampak ekologis yang merugikan dari sumber antropogenik untuk melindungi lingkungan. Indeks risiko dapat mewakili tingkat dampak logam berat terhadap ekologi lingkungan (Saleh et al., 2018) dan dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 3.

$$Er = Tr \times CF \quad (3)$$

Tr adalah faktor respon toksik logam yang nilainya berbeda untuk setiap logam berat ($Cd = 30$; $Cu = Pb = Ni = Co = 5$) dikemukakan oleh Hakanson (1980), dan CF menyatakan faktor kontaminasi. Er dalam sampel tanah dinilai menggunakan 5 kategori berikut: (a) potensi risiko ekologis rendah pada $Er < 40$, (b) risiko sedang pada $40 < Er < 80$, (c) risiko cukup besar pada $80 < Er < 160$, (d) risiko tinggi pada $160 < Er < 320$, dan (e) risiko sangat tinggi pada $Er > 320$.

Nilai RI di dapat dari penjumlahan semua nilai Er pada logam berat yang diamati pada sampel tanah sesuai dengan rumus pada persamaan 4. Nilai indeks potensi resiko ekologi dapat dikelompokkan menjadi 4 kategori yaitu (a) $RI < 150$ terindikasi risiko rendah, (b) $150 < RI < 300$ terindikasi risiko sedang, (c) $300 < RI < 600$

menunjukkan risiko signifikan, dan (d) $RI > 600$ menunjukkan risiko yang sangat signifikan.

$$RI = \sum Er \quad (4)$$

2.3.4. Geoaccumulation index (I_{geo})

Nilai indeks geoakumulasi ini dapat untuk menunjukkan tingkat akumulasi logam berat yang berasal dari sumber antropogenik pada permukaan tanah. Nilai indeks geoakumulasi dihitung dengan rumus pada persamaan 5:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C(\text{sample})}{1.5 \times C(\text{background})} \quad (5)$$

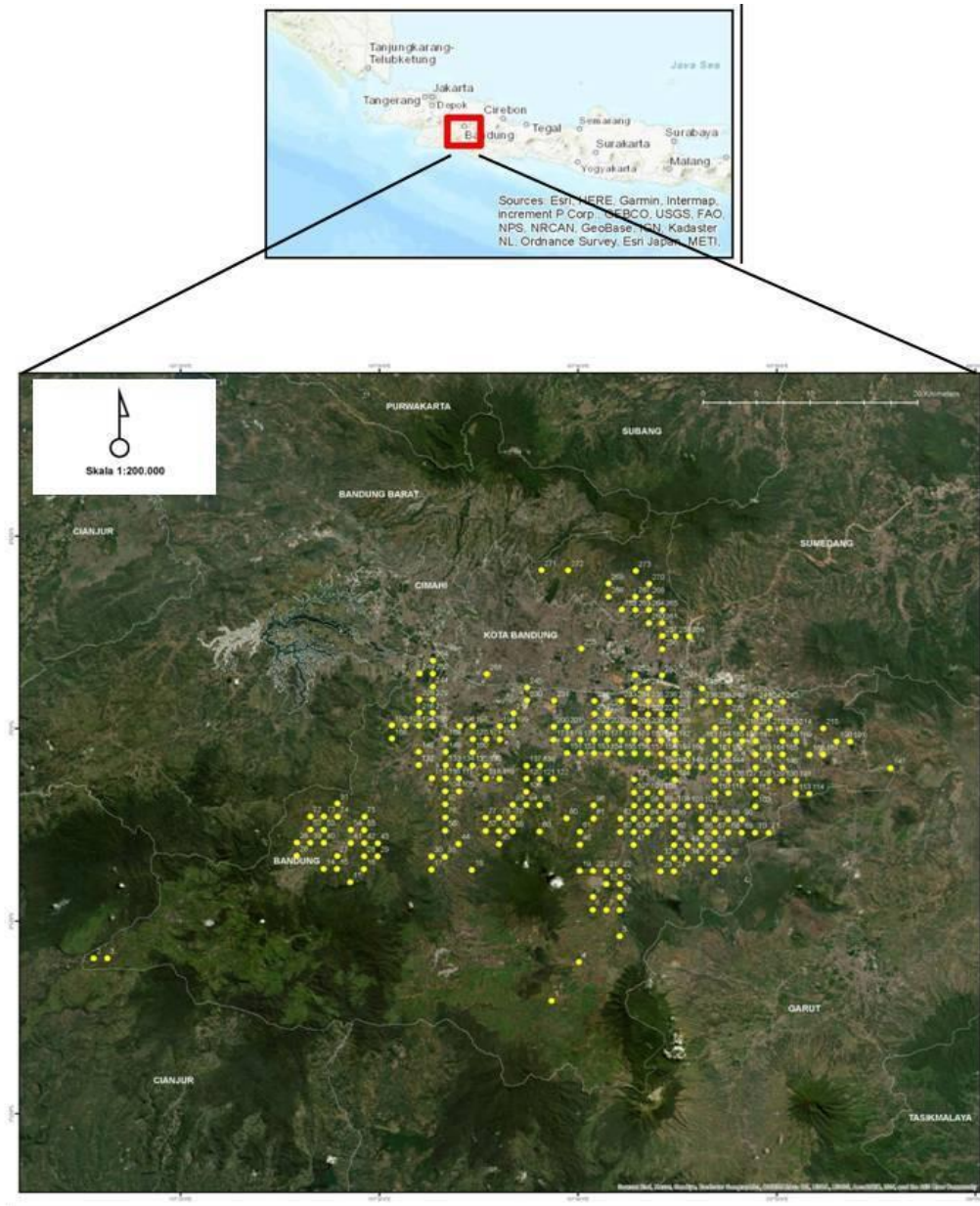
C (sample) merupakan nilai konsentrasi logam berat yang terukur pada tanah, dan C (background) merupakan nilai konsentrasi logam berat yang secara alami telah ada di kerak bumi yang merupakan nilai sebelum adanya berbagai aktifitas manusia yang dapat menghasilkan logam berat untuk mencemari tanah. Nilai indeks geoakumulasi dapat dikategorikan menjadi tujuh kategori yaitu (i) tidak terkontaminasi = 0, (ii) tidak tercemar sampai tercemar sedang = 0-1, (iii) terkontaminasi sedang = 1-2, (iv) terkontaminasi sedang hingga berat = 2-3, (v) terkontaminasi berat = 3-4, (vi) terkontaminasi berat hingga ekstrim = 4-5, (vii) terkontaminasi ekstrim > 5 (Mandal et al., 2022).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Konsentrasi logam berat di tanah

Logam berat Pb, Cd, Cr, Co dan Ni pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung terdeteksi pada semua lokasi pengambilan sampel tanah. Logam Pb berkisar antara 13.11 ppm - 34.32 ppm hal tersebut menunjukkan bahwa logam Pb pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung masih di bawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 100 ppm (Alloway, 1995). Logam Cr berkisar antara 4.68 ppm - 51.71 ppm dan logam Ni berkisar antara 6.39 ppm - 22.15 ppm, logam Cr dan Ni juga berada di bawah baku mutu yang telah ditentukan dengan batas kritis masing-masing adalah 75 ppm dan 100 ppm.

Logam Cd berkisar antara 0.53 ppm- 3.35 ppm, hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd telah melebihi batas kritis (3 ppm) untuk di beberapa lokasi saja karena untuk nilai rata-ratanya masih di bawah batas kritis yaitu hanya sebesar 1.98 ppm. Logam Co berkisar antara 2.93 ppm - 25.25 ppm yang menunjukkan bahwa ada beberapa lokasi yang memiliki konsentrasi Co melebihi batas kritis yaitu 25 ppm, nilai rata-rata logam Co masih menunjukkan konsentrasi di bawah batas kritis yaitu 14.86 ppm.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah

Tabel 1 . Descriptive statistics of heavy metals in agricultural soil of study area

Statistic	Pb	Cd	Cr	Ni	Co
Mean	21,12	1,98	13,44	11,36	14,86
Standard Error	0,26	0,03	0,32	0,18	0,20
Median	20,30	1,91	12,69	11,02	14,46
Mode	17,25	2,55	14,95	8,85	16,85
Standard Deviation	4,31	0,50	5,35	2,95	3,31
Sample Variance	18,60	0,25	28,67	8,70	10,93
Kurtosis	-0,44	-0,40	19,35	-0,59	0,67
Skewness	0,49	0,41	3,52	0,35	0,17
Range	21,21	2,82	47,03	15,75	22,32
Minimum	13,11	0,53	4,68	6,39	2,93
Maximum	34,32	3,35	51,71	22,15	25,25
Sum	5766,09	539,34	3667,99	3101,98	4055,70
Count	273	273	273	273	273
Confidence Level(95,0%)	0,51	0,06	0,64	0,35	0,39
CV (%)	20,42	25,53	39,85	25,96	22,26
Batas kritis (Alloway, 1995)	100-400	3-8	75-100	100	25-50

Sumber utama logam Cd pada lahan pertanian adalah pupuk fosfat sehingga pengurangan penggunaan pupuk fosfat merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi akumulasi logam Cd pada lahan pertanian (McDowell & Gray, 2022). Faktor lain yang menentukan perbedaan tingkat konsentrasi Cd pada tanah diberbagai lahan pertanian adalah perbedaan bahan induk tanahnya (Li et al., 2022).

Distribusi dan variasi spasial logam berat di lahan pertanian Kabupaten Bandung secara tidak langsung dihitung dengan nilai variasi koefisien (CV). Nilai CV logam Pb, Cd, Cr, Ni dan Co berturut turut sebesar 20.42%, 25.53%, 39.85%, 25.96% dan 22.26%. Nilai CV untuk semua logam menunjukkan nilai < 50%, hal tersebut menunjukkan kategori variabilitas sedang dan menunjukkan distribusi logam berat di tanah memiliki nilai yang relatif seragam. Nilai CV > 50% menunjukkan variabilitas yang lebih luas dengan nilai logam berat yang lebih fluktuatif sehingga menunjukkan adanya pengaruh kegiatan anthropogenik yang tinggi terhadap status logam berat pada lahan pertanian (Jiang et al., 2019). Koefisien kemiringan logam Pb, Cd, Cr, Ni dan Co menunjukkan skewness positif di wilayah studi. Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan nilai konsentrasi logam berat yang fluktuatif sehingga kemungkinan adanya aktivitas antropogenik yang dilakukan tidak begitu berpengaruh terhadap kandungan logam berat pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung.

Distribusi spasial dari logam Pb, Cd, Cr, Ni dan Co di tanah pertanian Kabupaten Bandung disajikan pada Gambar. 2. Pola sebaran logam berat pada lahan pertanian di Kabupaten Bandung tampak menyebar dan tidak ada pengelompokan pada konsentrasi tertentu. Untuk logam Cr sebarannya dominan pada konsentrasi pada klasifikasi terendah yaitu berkisar antara 4,84-12,25 mg kg⁻¹ dan untuk logam Co pola

sebarannya didominasi oleh konsentrasi berkisar antara 13,82-15,21 mg kg⁻¹.

3.2. Contamination factor (CF) and pollution load index (PLI)

Nilai faktor kontaminasi logam berat yang diharapkan pada tanah pertanian diharapkan masuk pada kategori rendah dengan nilai faktor kontaminasi < 1. Nilai rata-rata faktor kontaminasi dari terbesar ke yang terkecil yaitu Cd>Co>Pb> Ni>Cr dengan nilai faktor kontaminasi secara berurutan yaitu 28.22; 1.35; 0.88; 0.49; 0.25. Nilai maksimum faktor kontaminasi pada logam Pb, Cd dan Co telah berada > 1, tetapi untuk logam Pb dan Co masih termasuk dalam kategori kontaminasi sedang. Nilai maksimum faktor kontaminasi logam Cr dan Ni masih < 1.

Nilai pollution load index untuk menunjukkan nilai kontaminasi semua logam berat yang diamati pada tanah pertanian di Kabupaten Bandung. Nilai PLI berkisar antara 0.66 – 6.30 dengan rata-rata 1.95, hal tersebut menunjukkan bahwa nilai rata-rata PLI > 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah pertanian telah tercemar logam berat.

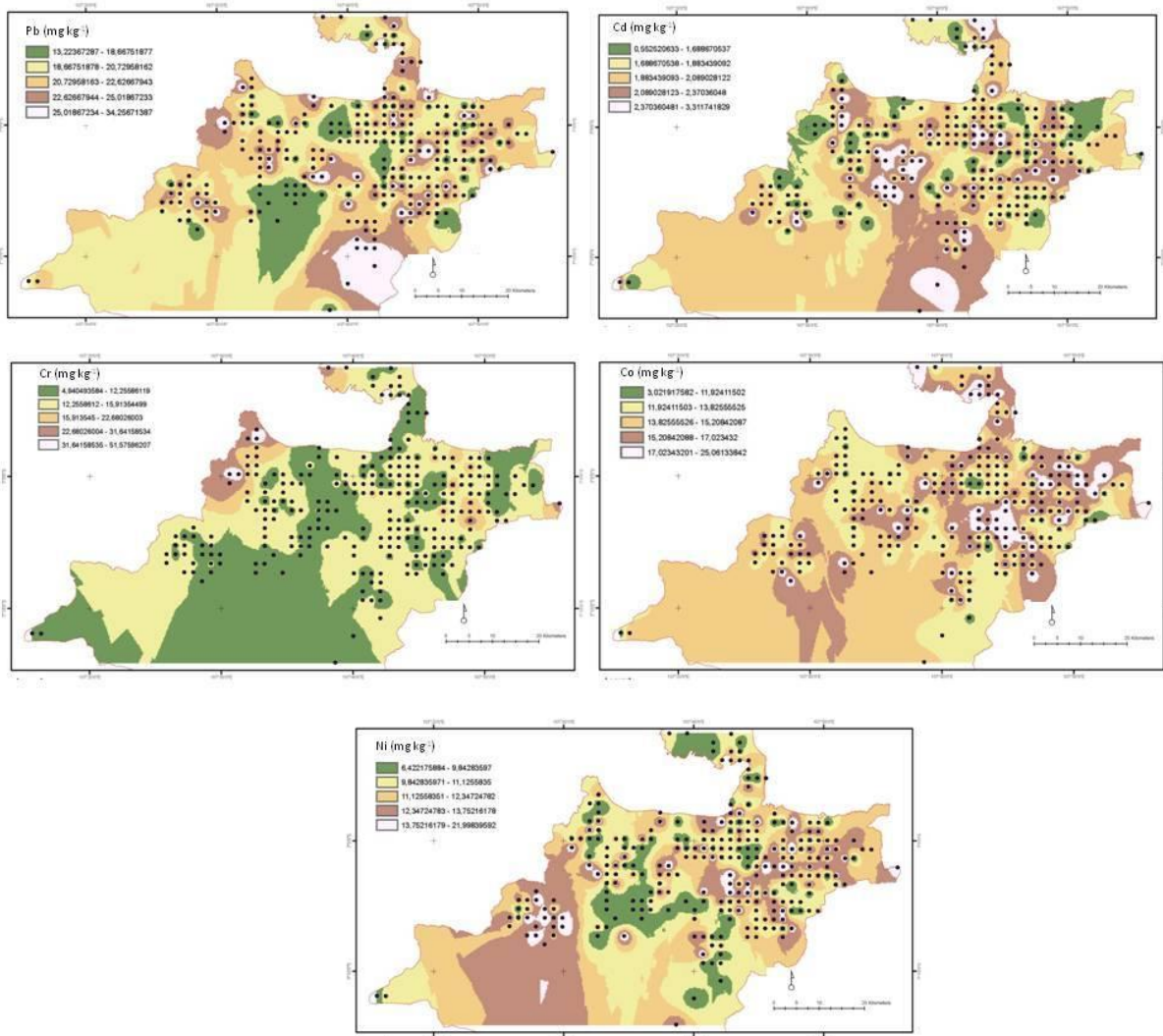
Nilai faktor kontaminasi logam Cd telah mencapai pada kategori yang sangat tercemar hal tersebut adalah pengaruh dari faktor pembagi yaitu konsentrasi logam Cd yang secara alami telah ada pada kerak bumi konsentrasinya sangat kecil dibanding dengan konsentrasi logam lainnya. Persentase nilai faktor kontaminasi logam Cd pada semua lokasi pengambilan sampel tanah berada sebesar 100% berada pada kategori sangat tercemar. Pada logam Pb dan Co ada beberapa titik lokasi pengambilan sampel tanah yang termasuk pada katogori kontaminasi sedang, logam Pb sebesar 26.37% dan logam Co 92.62%. Logam Cr dan Ni memiliki nilai CF pada kategori rendah untuk semua titik lokasi pengambilan sampel tanah

Tabel 2. Descriptive statistics of contamination factor (CF)

	Faktor Kontaminasi (CF)					PLI
	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	
Mean	0.88	28.22	0.25	0.49	1.35	1.95
Median	0.85	27.35	0.24	0.48	1.31	1.86
Standard Deviation	0.18	7.21	0.10	0.13	0.30	0.64
Minimum	0.55	7.62	0.09	0.28	0.27	0.66
Maximum	1.43	47.87	0.96	0.96	2.30	6.30
Sum	240.25	7704.84	67.93	134.87	368.70	532.69
Count	273	273	273	273	273	273

Tabel 3. Persentase dari kategori nilai faktor kontaminasi

Heavy metal	low	moderate	considerable	extreme
Pb	73.63	26.37	00.00	00.00
Cd	00.00	00.00	00.00	100.00
Cr	100.00	00.00	00.00	00.00
Ni	100.00	00.00	00.00	00.00
Co	7,33	92,67	00.00	00.00



Gambar 2. Distribusi spasial logam berat di lahan pertanian Kabupaten Bandung

3.3. Ecological risk assessment (Er) and potential ecological risk index(RI)

Nilai rata-rata ecological risk assesment (Er) dari yang tertinggi sampai terendah yaitu Cd>Co>Pb>Ni>Cr dengan nilai rata-rata Er sebesar 846.69; 6.75; 4.40; 2.47; 0.50. Nilai Er pada logam Pb, Cr, Ni dan Co < 40 sehingga dapat dinyatakan konsentrasi logam-logam tersebut memiliki potensi risiko ekologis rendah. Nilai Er logam Cd berkisar antara 228.64-1436.00 yang menunjukkan nilai Er > 320, sehingga dapat dinyatakan bahwa kosentrasi logam Cd pada tanah memiliki resiko ekologis yang sangat tinggi.

Kategori potensi resiko ekologi berdasarkan nilai Er untuk masing-masing logam dapat dilihat pada Tabel 5. Logam Pb, Cr, Co dan Ni termasuk pada kategori potensi resiko ekologi yang rendah untuk semua lokasi. Logam Cd termasuk pada kategori potensi resiko ekologi yang sangat berisiko untuk semua lokasi (100%). Tingginya nilai Er pada logam Cd disebabkan karena tingginya nilai faktor respon toksik

logam Cd (Tr) yaitu sebesar 30 sebagai faktor pengali, sedangkan untuk logam yang lain nilainya hanya 5. Konsentrasi logam Cd yang tinggi pada tanah pertanian akan berdampak pada penurunan kesuburan tanah dan hasil panen hal tersebut disebabkan karena logam Cd bersifat antagonis dengan unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga banyaknya logam Cd yang terserap oleh tanaman dapat mengambat penyerapan unsur lain yang dibutuhkan tanaman (Rahi et al., 2021). Remediasi tanah yang tercemar logam Cd salah satunya dapat dilakukan dengan aplikasi biochar karena biochar dapat mengubah bentuk kimia logam Cd menjadi pasif dan dapat mengurangi bio-availabilitas logam Cd (Tang et al., 2022).

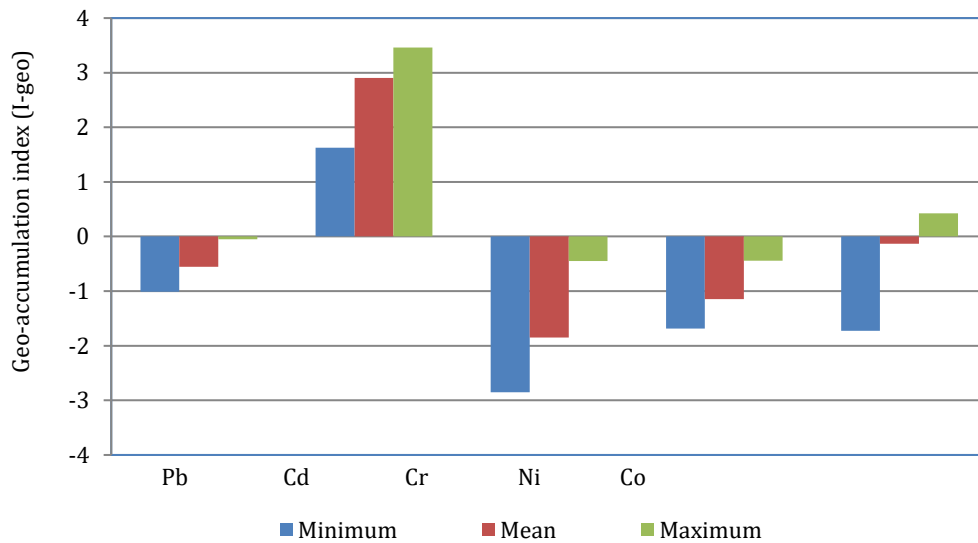
Nilai potential ecological risk index (RI) menunjukkan potensi resiko ekologi yang ditimbulkan dari semua logam yang diamati. Nilai RI berkisar antara 238.84-1447.63, dan rata-rata nilai RI sebesar 860.81, sehingga nilai Ni tersebut pada kategori dengan resiko ekologi yang sangat signifikan karena nilainya > 600.

Tabel 4. Descriptive statistics of ecological risk assesment (Er) and potential ecological risk index(RI)

Statistic	Ecological risk assesment (Er)					RI
	Pb	Cd	Cr	Ni	Co	
Mean	4,40	846,69	0,50	2,47	6,75	860,81
Standard Error	0,05	13,08	0,01	0,04	0,09	13,04
Median	4,23	820,63	0,47	2,40	6,57	835,90
Standard Deviation	0,90	216,19	0,20	0,64	1,50	215,50
Sample Variance	0,81	46737,02	0,04	0,41	2,26	46442,31
Kurtosis	-0,44	-0,40	19,35	-0,59	0,67	-0,40
Skewness	0,49	0,41	3,52	0,35	0,17	0,40
Range	4,42	1207,36	1,74	3,42	10,15	1208,79
Minimum	2,73	228,64	0,17	1,39	1,33	238,84
Maximum	7,15	1436,00	1,92	4,81	11,48	1447,63
Sum	1201,27	231145,22	135,85	674,34	1843,50	235000,18
Count	273	273	273	273	273	273
Confidence Level(95,0%)	0,11	25,76	0,02	0,08	0,18	25,68

Tabel 5. Persentase dari kategori nilai ecological risk assesment (Er)

Heavy metal	low	moderate	considerable	high risk	very high risk
Pb	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Cd	00.00	00.00	00.00	00.00	100.00
Cr	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Ni	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Co	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00



Gambar 3. Nilai Geo-accumulation index (I-geo)

Table 6. Persentase dari kategori nilai Geo-accumulation index (I-geo)

Heavy metal	tidak tercemar	tidak tercemar-sedang	sedang	sedang-berat	berat	berat-ekstrim	ekstrim
Pb	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Cd	00.00	00.00	0.366	64.10	35.53	00.00	00.00
Cr	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Ni	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
Co	100.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00

3.3. Geo-accumulation index (Igeo)

Nilai rata-rata I-geo secara berurutan adalah Cd (2.901) > Co (-0.132) > Pb (-0.554) > Ni (-1.145) > Cr (-1.852). Nilai rata-rata I-geo pada logam Pb, Cr, Co dan Ni menunjukkan nilai < 0 sehingga dapat dinyatakan bahwa untuk lahan pertanian tidak tercemar logam berat tersebut, sedangkan untuk nilai rata-rata I-geo pada logam Cd berada pada kategori tercemar sedang hingga berat karena >0 yaitu berkisar antara 1.625-3.463.

Persentase dari kategori nilai I-geo dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai I-geo untuk logam berat Pb, Cr, Co dan Ni sebesar 100% berada pada kategori yang tidak tercemar sedangkan untuk nilai I-geo pada logam Cd termasuk pada 3 kategori yaitu tercemar sedang, tercemar sedang hingga berat dan tercemar berat dengan besar persentase yaitu 0.366%, 64.10% dan 35.53%. persentase tertinggi untuk I-geo logam Cd berada pada kategori tercemar sedang hingga berat.

4. Kesimpulan

Konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cr, Co dan Ni terdeteksi pada semua lahan pertanian di Kabupaten Bandung dengan nilai di bawah batas kritis. Berdasarkan analisis kontaminasi dari faktor kontaminan (CF) dan potensi resiko ekologi (Er) menunjukkan bahwa konsentrasi logam Cd telah mencapai pada kategori sangat tercemar dan sangat berpotensi pada resiko ekologi. Tingkat pencemaran logam berat yang bersumber dari aktivitas antropogenik menunjukkan kategori sedang hingga berat untuk logam Cd. Lahan pertanian di Kabupaten Bandung perlu dilakukan remediasi logam berat khususnya untuk logam Cd.

DAFTAR PUSTAKA

- Affum, A. O., Osae, S. D., Kwaansa-Ansah, E. E., & Miyittah, M. K. 2020. Quality assessment and potential health risk of heavy metals in leafy and non-leafy vegetables irrigated with groundwater and municipal-waste-dominated stream in the Western Region, Ghana. *Heliyon*, 6(12), e05829. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05829>
- Agaton, M., Setiawan, Y., & Effendi, H. 2016. Land Use/Land Cover Change Detection in an Urban Watershed: A Case Study of Upper Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 654-660. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.120>
- Alfaro, M. R., Montero, A., Ugarte, O. M., do Nascimento, C. W. A., de Aguiar Accioly, A. M., Biondi, C. M., & da Silva, Y. J. A. B. 2015. Background concentrations and reference values for heavy metals in soils of Cuba. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(1). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4198-3>
- Alloway, B. J. 1995. *Heavy metal in soils*. Blackie Academic and Profesional. New York.
- Chen, H., Wang, L., Hu, B., Xu, J., & Liu, X. 2022. Potential driving forces and probabilistic health risks of heavy metal accumulation in the soils from an e-waste area, southeast China. *Chemosphere*, 289(September 2021), 133182. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133182>
- Duan, W., Xu, C., Liu, Q., Xu, J., Weng, Z., Zhang, X., Basnet, T. B., Dahal, M., & Gu, A. 2020. Levels of a mixture of heavy metals in blood and urine and all-cause, cardiovascular disease and cancer mortality: A population-based cohort study. *Environmental Pollution*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114630>
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah Bogor. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>. ISBN 978-602-8039-21-5.
- Fei, X., Xiao, R., Christakos, G., Langousis, A., Ren, Z., Tian, Y., & Lv, X. 2019. Comprehensive assessment and source apportionment of heavy metals in Shanghai agricultural soils with different fertility levels. *Ecological Indicators*, 106(198). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105508>
- Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar, V., Cabral-Pinto, M. M. S., Alam, M., Kumar, S., & Prasad, S. 2021. Appraisal of contamination of heavy metals and health risk in agricultural soil of Jhansi city, India. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 88(September). <https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103740>
- Hairan, M. H., Jamil, N. R., Looi, L. J., & Amal Azmai, M. N. 2021. The assessment of environmental flow status in Southeast Asian Rivers: A review. *Journal of Cleaner Production*, 295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126411>
- Hakanson, L. 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. a sedimentological approach. *Water Res*, 14 (8), 975-1001. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8).
- Jiang, F., Ren, B., Hursthouse, A., Deng, R., & Wang, Z. 2019. Distribution, source identification, and ecological-health risks of potentially toxic elements (PTEs) in soil of thallium mine area (southwestern Guizhou, China). In *Environmental Science and Pollution Research* (Vol. 26, Issue 16, pp. 16556-16567). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04997-3>
- Li, Q., Deng, Q., Fang, H., Yu, X., Fan, Z. M., Du, Z., Li, M., Tao, Q., Song, W., Zhao, B., Chen, C., Huang, R., Yuan, D., Gao, X., Li, B., Wang, C., & Wilson, J. P. 2022. Factors affecting cadmium accumulation in the soil profiles in an urban agricultural area. *Science of the Total Environment*, 807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151027>
- Lin, L., Chen, Y., Qu, L., Zhang, Y., & Ma, K. 2020. Cd heavy metal and plants, rather than soil nutrient conditions, affect soil arbuscular mycorrhizal fungal diversity in green spaces during urbanization. *Science of the Total Environment*, 726. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138594>
- Mandal, S., Bhattacharya, S., & Paul, S. 2022. *Assessing the level of contamination of metals in surface soils at thermal power area: Evidence from developing country (India)*. 4, 37-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enceco.2021.11.003>
- McDowell, R. W., & Gray, C. W. 2022. Do soil cadmium concentrations decline after phosphate fertiliser

- application is stopped: A comparison of long-term pasture trials in New Zealand? *Science of the Total Environment*, 804. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150047>
- Moe, I. R., Rizaldi, A., Farid, M., Moerwanto, A. S., & Kuntoro, A. A. 2018. The use of rapid assessment for flood hazard map development in upper citarum river basin. *MATEC Web of Conferences*, 229, 0–5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822904011>
- Aleksandrov, P. A., Mirkov, I., Tucovic, D., Kulas, J., Zeljkovic, M., Popovic, D., Ninkov, M., Jankovic, S., & Kataranovski, M. 2021. Immunomodulation by heavy metals as a contributing factor to inflammatory diseases and autoimmune reactions: Cadmium as an example. *Immunology Letters*, 240(October), 106–122. <https://doi.org/10.1016/j.imlet.2021.10.003>
- Prabagar, S., Dharmadasa, R. M., Lintha, A., Thuraisingam, S., & Prabagar, J. 2021. Accumulation of heavy metals in grape fruit, leaves, soil and water: A study of influential factors and evaluating ecological risks in Jaffna, Sri Lanka. *Environmental and Sustainability Indicators*, 12, 100147. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100147>
- Putra, D. M. 2016. Kontribusi Industri Tekstil dalam Penggunaan Bahan Berbahaya dan Beraacun Terhadap Rusaknya Sungai Citarum. *Jurnal Hukum Lingkungan*, 3, 132–152. <https://doi.org/10.38011/jhli.v3i1.37>
- Rachmaningrum, M., Wardhani, E., & Pharmawati, K. 2015. Konsentrasi Logam Berat Kadmium (Cd) pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Februari*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.26760/rekalingkungan.v3i1.25p>
- Rahi, A. A., Younis, U., Ahmed, N., Ali, M. A., Fahad, S., Sultan, H., Zarei, T., Danish, S., Taban, S., El Enshasy, H. A., Tamunaidu, P., Alotaibi, J. M., Alharbi, S. A., & Datta, R. 2021. Toxicity of Cadmium and nickel in the context of applied activated carbon biochar for improvement in soil fertility. *Saudi Journal of Biological Sciences*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.035>
- Rahmawati, S., Margana, G., Yoneda, M., & Oginawati, K. 2013. Organochlorine Pesticide Residue in Catfish (*Clarias* sp.) Collected from Local Fish Cultivation at Citarum Watershed, West Java Province, Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.005>
- Saleh, S. M. K., Amer, A. T., & Al-Alawi, A. 2018. Potential ecological risk of heavy metals in surface sediments from the Aden coast, Southern Yemen. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 13(1). <https://doi.org/10.9790/2402-1210024255>
- Sisay, B., Debebe, E., Meresa, A., & Abera, T. 2019. Analysis of cadmium and lead using atomic absorption spectrophotometer in roadside soils of Jimma town. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 8(4), 144–147. <https://doi.org/10.15406/japlr.2019.08.00329>
- Tang, B., Xu, H., Song, F., Ge, H., Chen, L., Yue, S., & Yang, W. 2022. Effect of biochar on immobilization remediation of Cd-contaminated soil and environmental quality. In *Environmental Research* (Vol. 204). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111840>
- Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffrey, D.W. 1980. Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoland Mar. Res.* 33, 566–575.
- Utami, R. R., Geerling, G. W., Salami, I. R. S., Notodarmojo, S., & Ragas, A. M. J. 2020. Environmental prioritization of pesticide in the Upper Citarum River Basin, Indonesia, using predicted and measured concentrations. *Science of the Total Environment*, 738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140130>
- Xiao, W., Lin, G., He, X., Yang, Z., & Wang, L. 2022. Interactions among heavy metal bioaccessibility, soil properties and microbial community in phyto-remediated soils nearby an abandoned realgar mine. *Chemosphere*, 286(July 2021). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131638>
- Yang, A. M., Lo, K., Zheng, T. Z., Yang, J. L., Bai, Y. N., Feng, Y. Q., Cheng, N., & Liu, S. M. 2020. Environmental heavy metals and cardiovascular diseases: Status and future direction. *Chronic Diseases and Translational Medicine*, 6(4), 251–259. <https://doi.org/10.1016/j.cdtm.2020.02.005>