

# PENCEMARAN TANAH OLEH Pb DAN Cd DI SEKITAR TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) PUTRI CEMPO, KOTA SURAKARTA

## *SOIL POLLUTION BY Pb AND Cd AROUND PUTRI CEMPO LANDFILL, SURAKARTA*

Afra Ghaida Fathassabilla\*, Wawan Budianta

Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Jl. Grafika No. 2 Bulaksumur Yogyakarta 55281

\*Email corresponding: [afra.ghaida.s@gmail.com](mailto:afra.ghaida.s@gmail.com)

**Cara sitasi:** A. G. Fathassabilla and W. Budianta, "Pencemaran tanah oleh Pb Dan Cd di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) Putri Cempo, Kota Surakarta," *Kurvatek*, vol. 8, no. 1, pp. 71-82, 2022. doi: 10.33579/krvtk.v8i1.3919 [Online].

**Abstrak** — Dampak pertumbuhan penduduk yang mengalami kenaikan pesat salah satunya adalah masalah pengelolaan sampah. Salah satu dampak pembuangan sampah di TPA, yaitu pencemaran tanah akibat logam berat yang bersumber dari limbah yang dibuang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan persebaran Pb dan Cd dalam tanah secara lateral dan vertikal di sekitar TPA Putri Cempo melalui analisis spasial. Pengambilan sampel dilakukan pada 14 titik dengan 3 kedalaman berbeda, yaitu 10 cm, 30 cm, dan 60 cm. Analisis data dilakukan terhadap 42 sampel tanah, meliputi analisis ukuran butir, pH dan kandungan organik, kandungan logam berat, dan distribusi logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dan Cd pada ketiga kedalaman sampel tanah mayoritas berada di atas nilai *background* untuk masing-masing logam berat. Pola penyebaran kedua logam berat secara lateral pada wilayah penelitian relatif berbeda, dimana Pb cenderung terakumulasi di dekat tapak TPA dan Cd lebih banyak terakumulasi di sisi timur laut – tenggara tapak TPA, sedangkan penyebaran kontaminan secara vertikal mengalami penurunan konsentrasi seiring bertambahnya jarak dari permukaan tanah.

**Kata kunci:** Kontaminan, Logam berat, TPA Putri Cempo

**Abstract** — One of the impacts of rapid population growth is the problem of waste management. One of the impacts of waste disposal at the landfill is soil contamination due to heavy metals originating from waste disposed of. This study aims to determine the concentration and distribution of heavy metals in the soil laterally and vertically around Putri Cempo Landfill through spatial analysis. Sampling was carried out at 14 points with 3 different depths, namely 10 cm, 30 cm, and 60 cm. Data analysis was performed on 42 soil samples, including analysis of grain size, pH and organic content, heavy metal content, and distribution of heavy metals. The results showed that the concentrations of Pb and Cd at the three depths of the soil samples were mostly above the background values of each heavy metal. The distribution patterns of the two heavy metals laterally in the study area, where Pb tends to accumulate near the landfill site and Cd accumulates more on the northeast – southeast side of the landfill site, while the vertical distribution of contaminants decreases in concentration as the distance from the soil surface increases.

**Keywords:** Contaminant, Heavy metal, Putri Cempo Landfill

### I. PENDAHULUAN

Salah satu dampak kenaikan pesat pertumbuhan penduduk terhadap lingkungan adalah masalah pengelolaan sampah, dimana timbunan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) belum terkelola dengan baik. Pembuangan sampah perkotaan merupakan salah satu masalah paling kritis di negara-negara di seluruh dunia, terutama negara berkembang [1]. Pembuangan limbah padat (tempat pembuangan terbuka, tempat pembuangan akhir, tempat pembuangan akhir sanitasi atau insinerator) merupakan sumber signifikan dari logam yang dilepaskan ke lingkungan [2]. Banyak faktor yang mempengaruhi distribusi logam dalam sedimen/ tanah, termasuk jenis batuan induk, proses pelapukan, fenomena adsorpsi permukaan, dan kondisi pengendapan [3]. Berbagai sifat fisik, kimia, dan biologi tanah mempengaruhi retensi dan pengangkutan logam berat di dalam tanah, diantaranya pH, tekstur tanah, mineralogi lempung,

bahan organik, potensi redoks, dan kapasitas tukar kation (KTK) [4]. Secara alami sumber penting logam dalam tanah adalah bahan induk dari mana tanah berasal [5] sehingga logam dan metaloid memiliki kelimpahan alami yang variatif dalam berbagai material geologi (Tabel 1).

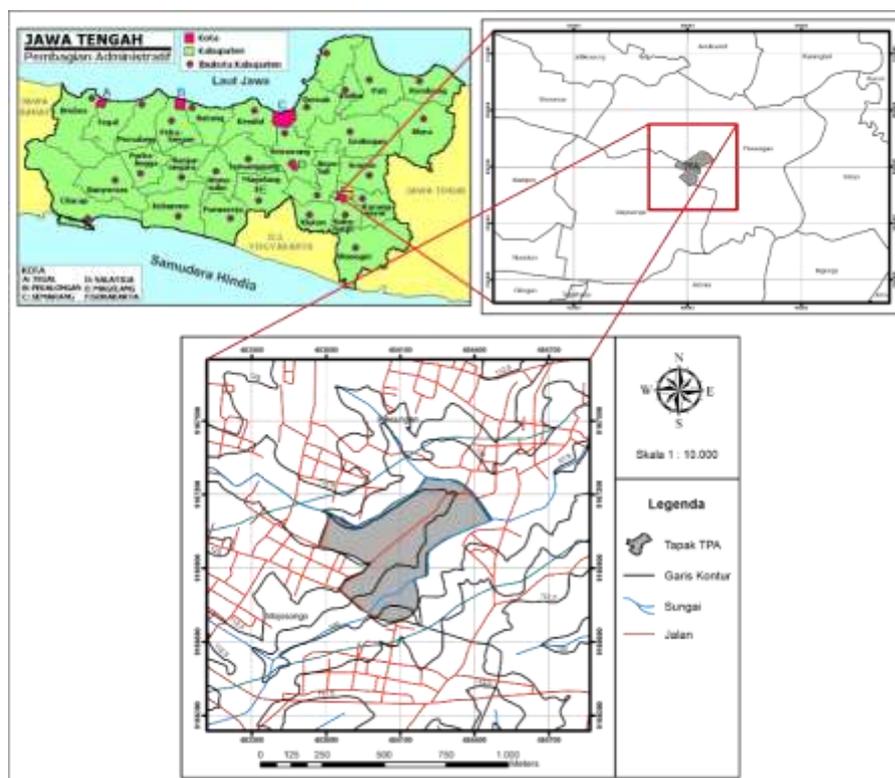
**Tabel 1.** Rata-rata konsentrasi alami logam berat dalam tanah (mg/kg) (nilai *background*) [12]

Logam Berat	Konsentrasi
Pb	17
Cd	0,3

TPA Putri Cempo yang dikelola oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Surakarta merupakan salah satu TPA yang pengelolaan sampahnya dilakukan dengan sistem *open dumping*. Sistem pembuangan terbuka dapat menyebabkan degradasi lingkungan karena pembakaran terbuka, pencemaran air tanah dan air permukaan, pencemaran tanah, dan penurunan kelimpahan vegetasi [6]. Dampak negatif TPA sampah kota terhadap lingkungan menimbulkan berbagai keprihatinan, meliputi risiko ledakan, masalah bau, lindi yang merembes ke permukaan dan sistem air tanah, serta pencemaran tanah akibat logam berat yang bersumber dari limbah yang dibuang [7]. Logam berat yang paling umum ditemukan di lokasi yang terkontaminasi adalah timbal (Pb), kromium (Cr), arsenik (As), seng (Zn), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan merkuri (Hg) [8]. Salah satu penelitian yang berkaitan dengan pencemaran logam berat di sekitar TPA telah dilakukan di TPA Piyungan [9], dimana dijumpai Pb, Zn, Cu, dan Cd sebagai kontaminan di wilayah sekitar TPA. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dan persebaran Pb dan Cd secara lateral dan vertikal dalam tanah di sekitar TPA Putri Cempo.

## II. METODE PENELITIAN

Wilayah penelitian berada di sekitar TPA Putri Cempo, meliputi Kelurahan Mojosongo, Kota Surakarta dan Kelurahan Plesungan, Kabupaten Karanganyar (Gambar 1; [http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Peta\\_administratif\\_jawa\\_tengah.gif](http://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Peta_administratif_jawa_tengah.gif)).



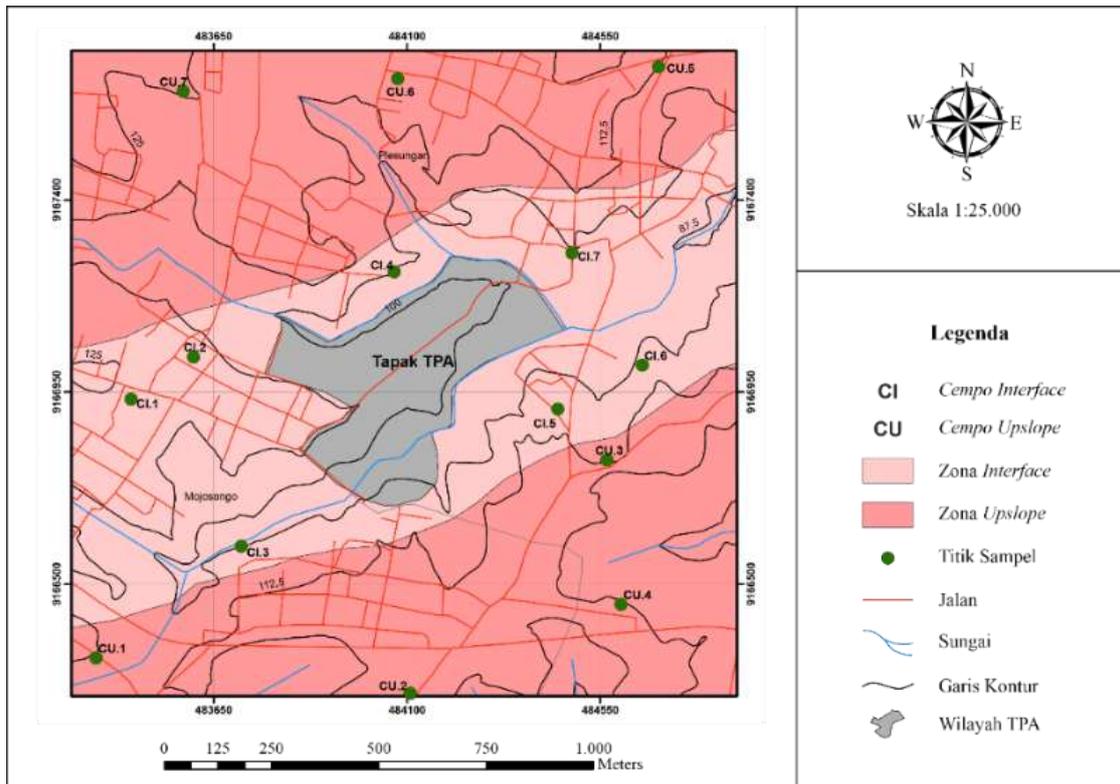
**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi masalah dan studi pustaka sesuai objek penelitian, seperti penentuan batas wilayah penelitian, pemilihan logam berat yang akan dianalisis beserta nilai *background* masing-masing logam, dan lokasi pengambilan sampel. Tahap selanjutnya adalah melakukan pengumpulan

data primer berupa sampel tanah pada 14 titik sampel dengan 3 kedalaman berbeda, yaitu 10 cm, 30 cm, dan 60 cm serta sejumlah data sekunder untuk mendukung proses analisis data. Berdasarkan elevasi tapak TPA terhadap wilayah sekitarnya, dilakukan pembagian zona menjadi 2 zona, yaitu zona *interface* dan zona *upslope* (Gambar 2). Zona *interface* merupakan zona yang memiliki jarak sangat dekat atau berbatasan langsung dengan tapak TPA, sedangkan zona *upslope* merupakan zona dengan elevasi yang lebih tinggi daripada elevasi tapak TPA.

Analisis laboratorium dilakukan terhadap 42 sampel tanah yang telah diperoleh, meliputi ukuran butir, pH tanah, kandungan organik, dan kandungan logam berat. Penentuan ukuran butir tanah dilakukan pada sampel tanah kedalaman 10 cm dengan mengacu pada *Unified Soil Classification System* (USCS) [10]. Berdasarkan hasil analisis tersebut, tanah diklasifikasikan menjadi tanah berbutir halus atau tanah berbutir kasar. Analisis pH tanah dilakukan pada sampel menggunakan *soil tester*, sedangkan analisis kandungan organik dilakukan menggunakan TOC (*Total Organic Carbon*). Kandungan logam berat dalam tanah dianalisis menggunakan metode ICP-AES (*Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectroscopy*) pada sampel tanah dengan ukuran butir <2mm. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dilakukan perbandingan antara konsentrasi logam berat dalam tanah pada wilayah penelitian dengan rata-rata konsentrasi alami logam berat dalam tanah (nilai *background*) (Tabel 1).

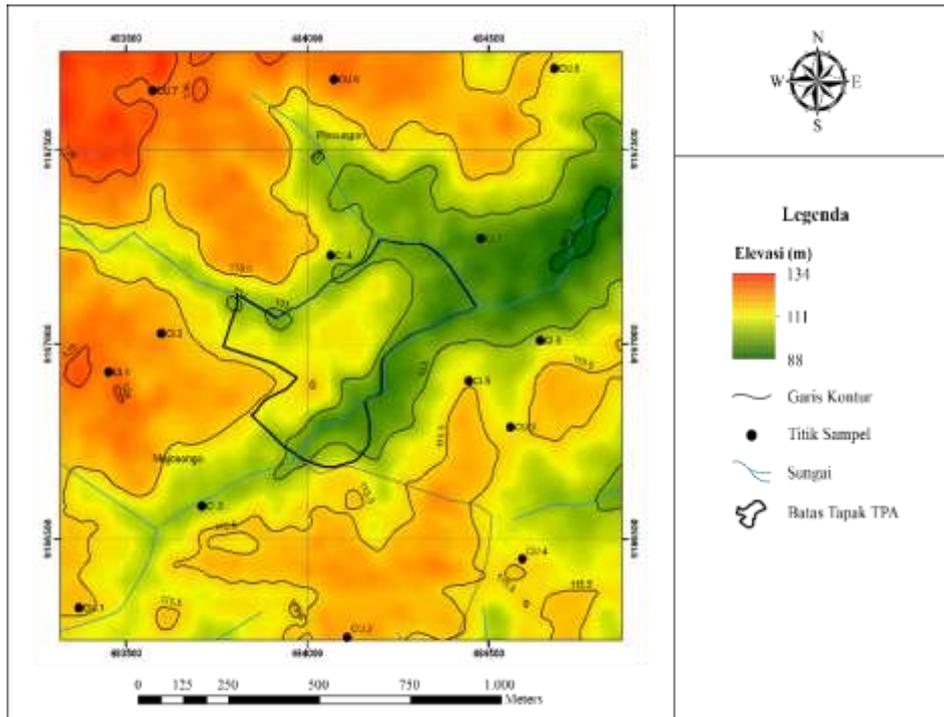
Berdasarkan hasil analisis laboratorium, dilakukan penyusunan peta distribusi logam berat pada wilayah penelitian menggunakan analisis spasial metode interpolasi *kriging* dengan Surfer 17.1 dan *overlay* menggunakan ArcGIS 10.7. Peta tersebut kemudian digunakan untuk melakukan analisis distribusi logam berat secara lateral dan vertikal pada wilayah penelitian dengan mempertimbangkan sejumlah data sekunder.



Gambar 2. Peta lokasi titik sampel [11]

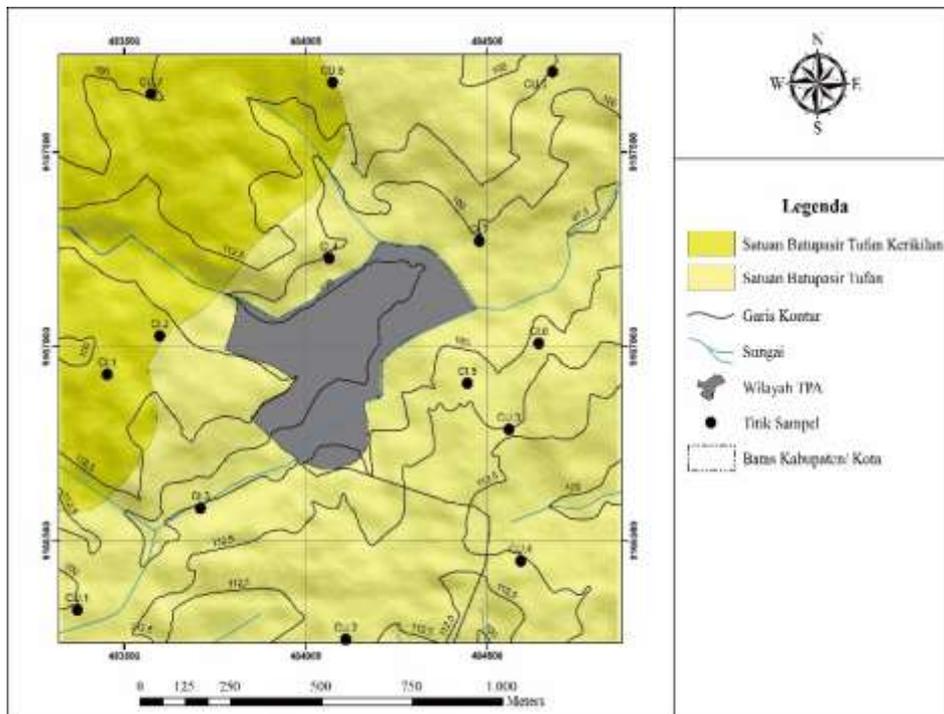
### A. Karakteristik Geologi

Wilayah penelitian berada pada rentang elevasi 88 mdpl sebagai elevasi terendah hingga 134 mdpl sebagai elevasi tertinggi (Gambar 3). Aktivitas antropogenik pada wilayah penelitian berupa pembuangan sampah di TPA telah membentuk suatu topografi buatan yang memengaruhi elevasi pada wilayah tersebut menjadi lebih tinggi dari sebelumnya. Perubahan elevasi pada wilayah penelitian menunjukkan bahwa elevasi ketinggian dari sisi barat wilayah penelitian menuju sisi timur wilayah penelitian mengalami penurunan dengan elevasi terendah berada pada sisi timurlaut wilayah penelitian. Hal ini mengindikasikan bahwa aliran *run off* relatif berarah barat – timur seiring dengan semakin rendahnya elevasi ketinggian pada wilayah penelitian [11].

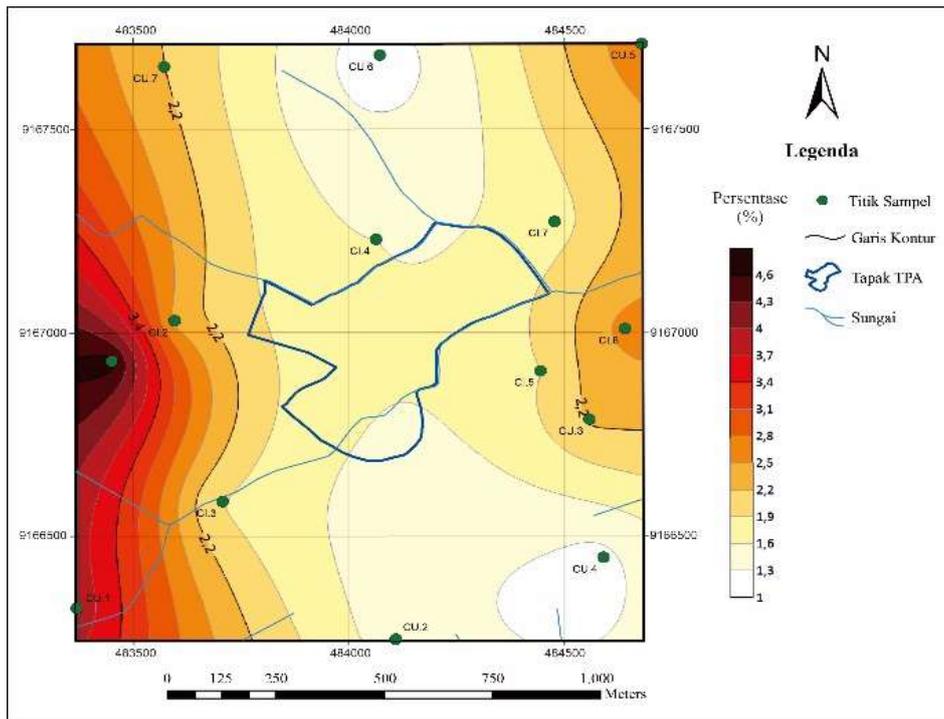


**Gambar 3.** Peta elevasi wilayah penelitian. Sumber: DEMNAS (2018) [13]

Berdasarkan pemetaan geologi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa wilayah penelitian tersusun atas batupasir tufan dan batupasir tufan kerikilan (Gambar 4). Batupasir tufan cenderung mendominasi susunan litologi di wilayah penelitian, sedangkan batupasir kerikilan relatif tersebar di sisi barat wilayah penelitian. Dari hasil analisis granulometri, diketahui bahwa wilayah penelitian tersusun atas satu satuan ukuran butir tanah, yaitu tanah berbutir kasar. Distribusi tanah fraksi halus dalam satuan tanah berbutir kasar dapat dilihat pada Gambar 5.



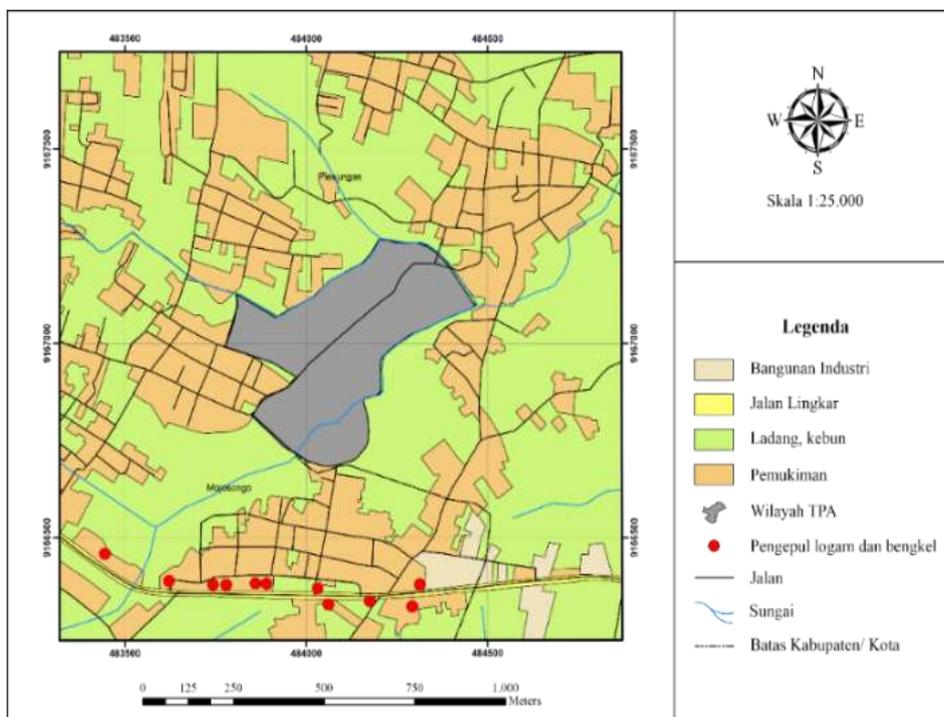
**Gambar 4.** Peta geologi wilayah penelitian [11]



Gambar 5. Peta distribusi fraksi halus dalam satuan tanah berbutir kasar [11]

**B. Penggunaan Lahan**

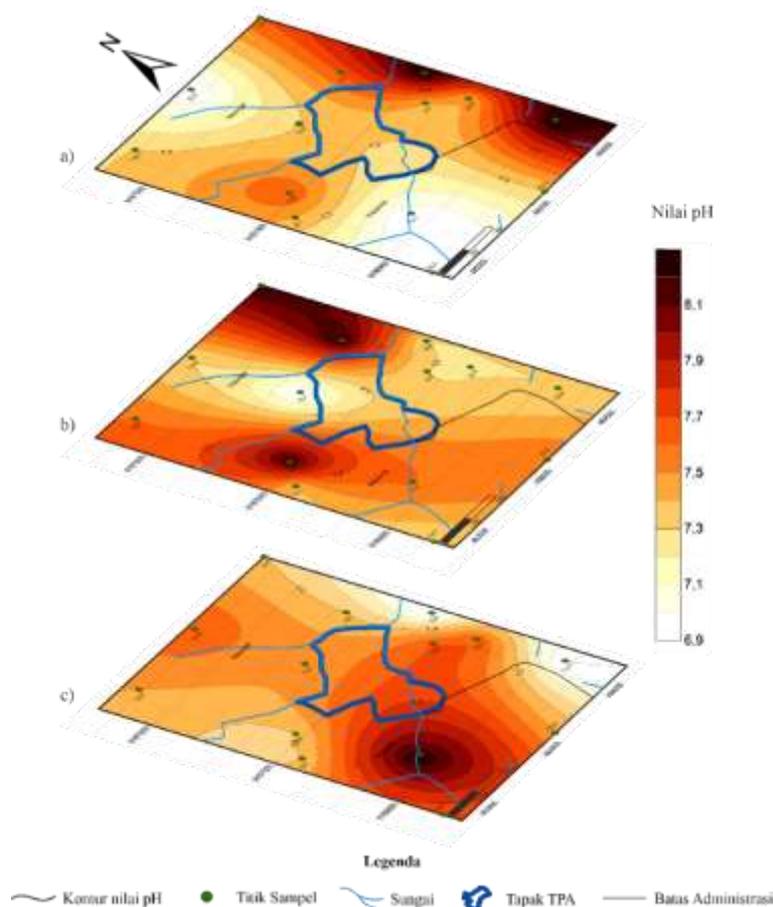
Penyusunan peta penggunaan lahan pada wilayah penelitian dilakukan dengan melakukan observasi dan deliniasi citra *Google Earth* [14] dan diklasifikasikan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645:2010 [15]. Berdasarkan peta tersebut dapat diketahui bahwa tapak TPA Putri Cempo dikelilingi oleh pemukiman dan ladang/ kebun (Gambar 6). Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini dilakukan pada wilayah dengan tutupan lahan berupa ladang/ kebun.



Gambar 6. Peta penggunaan lahan pada wilayah penelitian [11,14]

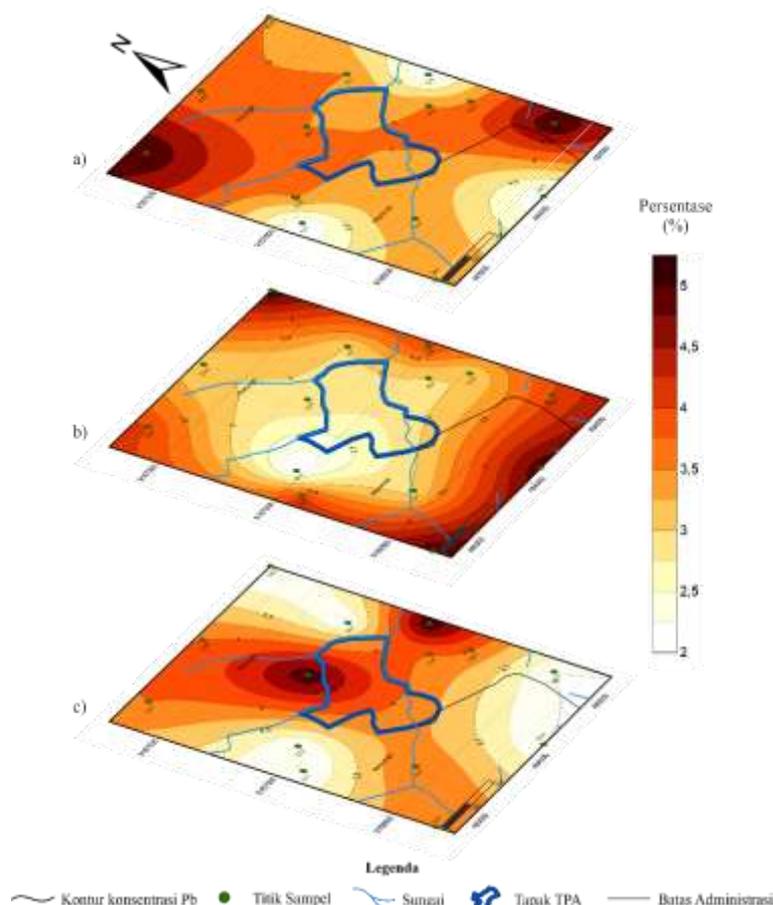
### C. pH dan Kandungan Organik pada Tanah

Sifat kimia tanah yang dianalisis pada penelitian ini berupa pH tanah dan kandungan organik pada tanah. Wilayah penelitian memiliki nilai pH terukur pada rentang 6,9 – 8,2 satuan pH yang termasuk dalam tingkat keasaman asam lemah – basa lemah (Tabel 2 dan Gambar 7). Pada sampel tanah kedalaman 10 cm, secara umum menunjukkan adanya kecenderungan perubahan nilai pH tanah yang semakin rendah, baik pada zona *interface* maupun zona *upslope*, dari sisi timur TPA ke arah barat. Hasil pengukuran pH tanah pada tanah dengan kedalaman 30 cm memperlihatkan hasil yang berbeda dengan interval kedalaman di atasnya. Dari wilayah TPA menuju sisi timurlaut dan barat terlihat adanya kecenderungan perubahan nilai pH yang semakin meningkat. Nilai pH pada tanah kedalaman 60 cm relatif menunjukkan hasil yang berkebalikan dengan interval kedalaman paling atas, dimana dari sisi barat TPA ke arah timur menunjukkan adanya kecenderungan perubahan nilai pH tanah yang semakin rendah [11]. Peningkatan keasaman tanah menjadi salah satu mekanisme yang dapat menyebabkan terjadinya mobilisasi logam berat dalam tanah [16]. Semakin rendah nilai pH semakin banyak logam dapat ditemukan dalam larutan dan dengan demikian lebih banyak logam yang dimobilisasi [4].



**Gambar 7.** Peta distribusi nilai pH. a) Kedalaman 10 cm; b) Kedalaman 30 cm; c) Kedalaman 60 cm [11]

Berdasarkan analisis kandungan organik yang telah dilakukan, persentase kandungan organik pada wilayah penelitian berada pada rentang 2 – 5% (Tabel 2, Gambar 8). Kandungan bahan organik dalam tanah ini berfungsi sebagai kolam adsorben reaktif untuk logam [4]. Hasil analisis kandungan organik pada tanah dengan kedalaman 10 cm menunjukkan bahwa persebaran kandungan organik relatif lebih tinggi pada zona *upslope*, sedangkan pada zona *interface* persentase kandungan organik relatif lebih rendah yang ditunjukkan oleh warna putih – orange pada peta. Pada sampel tanah kedalaman 30 cm, persentase kandungan organik yang rendah berasosiasi dengan tapak TPA, khususnya bagian barat, sedangkan area di sekelilingnya memiliki persentase kandungan organik yang lebih tinggi. Hasil analisis kandungan organik pada tanah dengan kedalaman 60 cm menunjukkan bahwa persentase kandungan organik tinggi berada di wilayah tapak TPA hingga ke arah utara dan timur dari TPA [11].



**Gambar 8.** Peta distribusi kandungan organik. a) Kedalaman 10 cm; b) Kedalaman 30 cm; c) Kedalaman 60 cm [11]

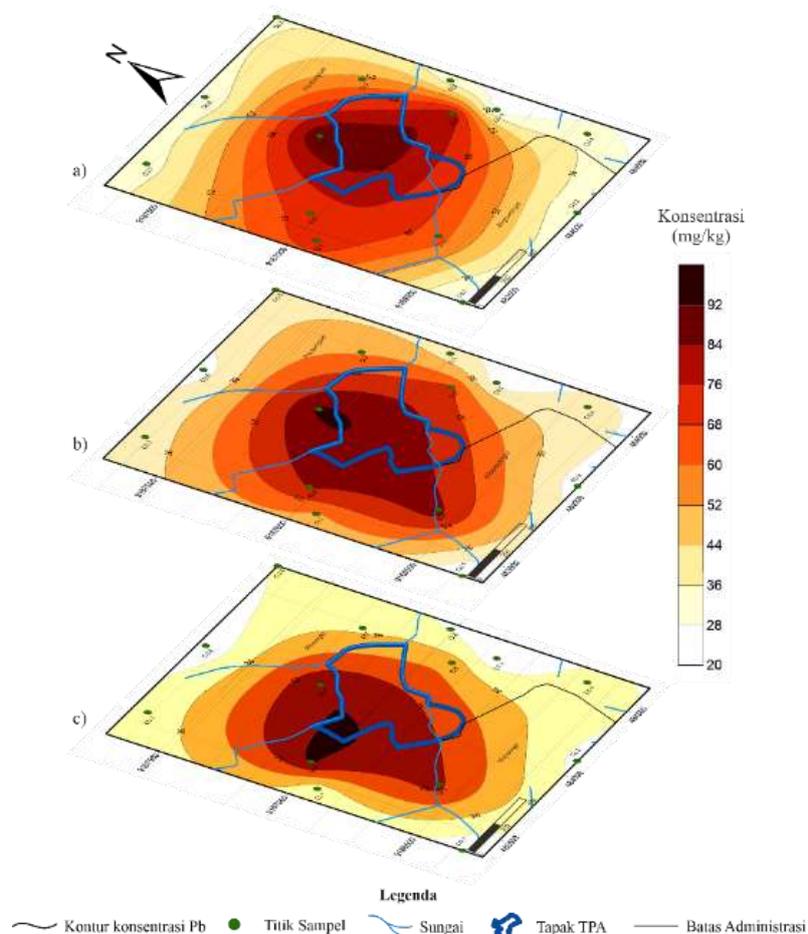
**Tabel 2.** Hasil analisis laboratorium terhadap karakteristik tanah dan konsentrasi logam berat [11]

	Jumlah sampel n = 42				
	Ked. 10 cm (n=14)	Ked. 30 cm (n=14)	Ked. 60 cm (n=14)	Rata-rata±SD	Rentang
<b>Karakteristik tanah</b>					
pH	7,43±0,41	7,54±0,4	7,41±0,32	7,46±0,06	6,9 – 8,2
Kandungan organik (%)	3,93±0,62	3,64±0,93	3,71±0,73	3,76±0,12	2 – 5
<b>Konsentrasi logam berat (mg/kg)</b>					
Pb	47,52±24,24	39,44±16,19	34,84±13,69	40,6±2,92	20,1 – 91,2
Cd	1,14±0,78	0,71±0,56	0,34±0,32	0,73±0,1	0,1 – 2,8

#### D. Konsentrasi Pb

Secara umum, konsentrasi Pb pada zona *interface* berada pada rentang 27,6 – 91,2 mg/kg dengan rata-rata 54,3 mg/kg, sedangkan konsentrasi Pb pada zona *upslope* berada pada rentang 20,1 – 34,2 mg/kg dengan rata-rata 27 mg/kg sehingga secara umum berada pada rentang 20,1 – 91,2 mg/kg dengan rata-rata 40,6 mg/kg (Tabel 2). Hasil analisis konsentrasi Pb pada ketiga kedalaman menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Konsentrasi Pb dengan nilai yang tinggi berasosiasi dengan tapak TPA, khususnya bagian utara untuk kedalaman 10 cm dan 30 cm, serta bagian barat untuk kedalaman 60 cm. Konsentrasi Pb pada wilayah penelitian menunjukkan kecenderungan perubahan konsentrasi yang semakin menurun ke segala arah seiring bertambahnya jarak dari tapak TPA. Hal ini tervisualisasi pada peta oleh warna merah gelap sebagai simbol warna konsentrasi tinggi dan berangsur-angsur menjadi warna kuning cerah sebagai simbol warna konsentrasi rendah (Gambar 9) [11].

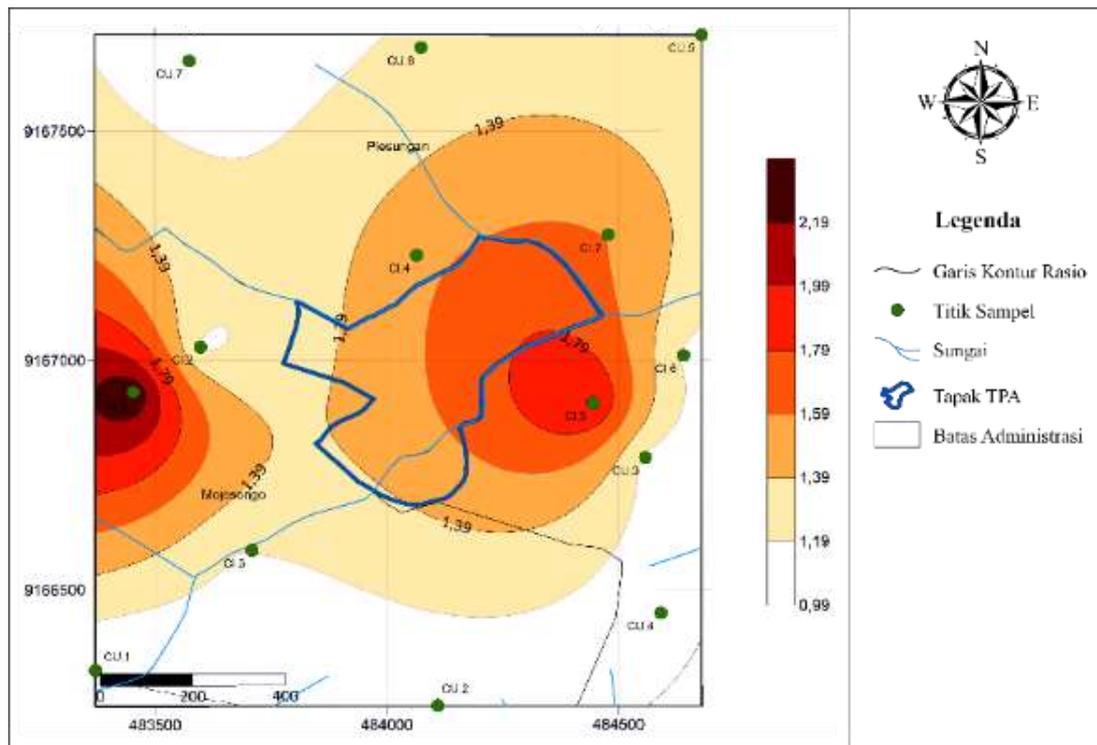
Distribusi Pb secara lateral pada ketiga kedalaman tanah adanya akumulasi Pb yang tinggi pada tapak TPA yang kemudian semakin menurun ke segala arah seiring bertambahnya jarak dari tapak TPA. Hal ini menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian yang telah dilakukan pada TPA Putri Cempo oleh peneliti sebelumnya [17] dengan hasil konsentrasi Pb mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak dari TPA tetapi dengan konsentrasi minimum dan maksimum yang lebih besar daripada penelitian tersebut. Perbedaan batas atas dan bawah konsentrasi ini dapat terjadi karena adanya faktor yang berpengaruh terhadap tanah pada titik sampel, mengingat adanya potensi perbedaan lokasi titik sampel dan waktu pengambilan sampel. Pola distribusi Pb yang semakin menurun akumulasinya seiring bertambahnya jarak dari TPA menunjukkan bahwa kemungkinan besar aktivitas antropogenik pembuangan sampah di TPA Putri Cempo menjadi faktor yang berpengaruh terhadap akumulasi Pb pada wilayah penelitian. Berdasarkan pola distribusi Pb pada wilayah penelitian yang dikaitkan dengan perubahan morfologi/ elevasi, nilai pH, dan kandungan organik, secara umum distribusi Pb berbanding lurus dengan perubahan ketiga faktor tersebut. Namun, terdapat wilayah tertentu yang menunjukkan perubahan yang berbanding terbalik dengan perubahan ketiga faktor tersebut. Kondisi ini dapat terjadi karena terdapat faktor lain yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap mobilisasi dan akumulasi Pb, misalnya pada kedalaman 30 cm di sisi timurlaut tapak TPA terjadi penurunan akumulasi Pb yang berasosiasi dengan peningkatan nilai pH dan peningkatan persentase kandungan organik. Hal tersebut dapat terjadi karena terdapat faktor nilai pH yang lebih rendah dari area sekitar dan topografi yang lebih berpengaruh terhadap mobilisasi logam. Jika dikaitkan dengan kondisi geologi, distribusi Pb pada ketiga kedalaman sampel tanah cenderung tidak dipengaruhi oleh litologi pada wilayah penelitian. Hal ini sejalan dengan faktor ukuran butir yang kurang berpengaruh terhadap akumulasi dan mobilisasi Pb pada wilayah penelitian. Apabila dilakukan perbandingan konsentrasi Pb dengan nilai *background* (**Tabel 1**), dapat diketahui bahwa konsentrasi Pb pada seluruh sampel telah melebihi nilai *background*. Hal ini dapat diartikan bahwa konsentrasi Pb pada wilayah penelitian berada di atas rata-rata konsentrasi alami Pb dalam tanah. [11]



**Gambar 9.** Peta distribusi Pb pada wilayah penelitian. a) Kedalaman 10 cm; b) Kedalaman 30 cm; c) Kedalaman 60 cm [11]

Konsentrasi Pb dalam tanah pada penelitian ini menunjukkan angka konsentrasi yang berbeda dengan penelitian terkait kualitas dan parameter airlindi TPA Putri Cempo pada penelitian sebelumnya [18]. Hal tersebut dapat terjadi karena penyerapan Pb dalam tanah dipengaruhi oleh segala sesuatu yang ada dalam tanah itu sendiri, seperti konsentrasi alami logam berat dalam tanah, pH dan kandungan organik tanah, serta faktor eksternal lainnya, seperti topografi, aktivitas antropogenik di atas permukaan tanah, dan sebagainya, yang dapat menambah ataupun mengurangi konsentrasi logam berat dalam tanah [11].

Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui bahwa wilayah penelitian didominasi oleh nilai rasio konsentrasi Pb lapisan atas dan bawah  $>1$ . Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Pb pada lapisan atas lebih besar daripada lapisan bawah. Secara garis besar, konsentrasi Pb mengalami penurunan secara bertahap mulai dari lapisan tengah kemudian lapisan bawah. Hal ini dapat terjadi karena Pb lebih banyak tertahan pada lapisan yang lebih di atas ataupun lebih banyak mengalami migrasi lateral daripada migrasi vertikal menuju lapisan tanah yang lebih dalam [11].



**Gambar 10.** Peta rasio konsentrasi Pb lapisan atas (10 cm) dan lapisan bawah (60 cm) [11]

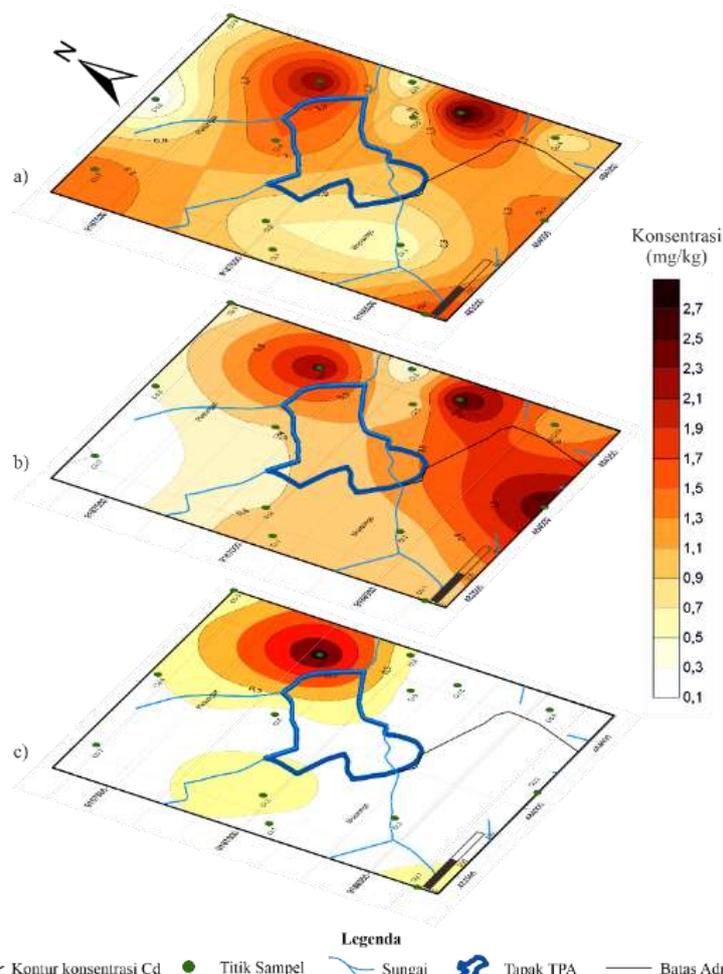
### E. Konsentrasi Cd

Secara umum, konsentrasi Cd pada zona *interface* berada pada rentang 0,1 – 2,4 mg/kg dengan rata-rata 0,7 mg/kg, sedangkan pada zona *upslope* konsentrasi Cd berada pada rentang 0,1 – 2,8 mg/kg dengan rata-rata 0,8 mg/kg sehingga secara umum berada pada rentang 0,1 – 2,8 mg/kg dengan rata-rata 0,73 mg/kg (Tabel 2). Pada kedalaman tanah 10 cm dan 30 cm, titik sampel dengan konsentrasi Cd tinggi berada di sisi timurlaut dan tenggara tapak TPA dan menunjukkan kecenderungan konsentrasi yang semakin turun ke arah baratlaut dan utara tapak TPA, sedangkan pada kedalaman 60 cm didominasi oleh distribusi konsentrasi Cd yang rendah. Area dengan konsentrasi Cd yang tinggi berada di sisi timurlaut tapak TPA dan menunjukkan kecenderungan konsentrasi yang semakin turun ke segala arah, termasuk ke arah tapak TPA (Gambar 11) [11].

Distribusi Cd secara lateral pada ketiga kedalaman tanah menunjukkan adanya peningkatan akumulasi Cd di sisi timurlaut tapak TPA. Peningkatan akumulasi pada area tersebut menunjukkan adanya pengaruh dari faktor topografi wilayah penelitian dan ukuran butir tanah, dimana sisi timurlaut tapak TPA memiliki elevasi yang lebih rendah dengan ukuran butir halus lebih banyak teridentifikasi pada sisi tersebut. Kondisi ini didukung oleh kondisi airlindi dari TPA yang sudah tidak lagi ditampung dapat berpotensi terjadi limpasan/ rembesan airlindi menuju wilayah sekitar dengan bantuan aliran airtanah yang juga mengarah ke timurlaut tapak TPA. Berdasarkan pola distribusi Cd pada wilayah penelitian yang dikaitkan dengan perubahan morfologi/ elevasi, nilai pH, dan kandungan organik, secara umum distribusi Cd berbanding lurus dengan perubahan ketiga faktor tersebut. Namun, terdapat wilayah tertentu yang menunjukkan

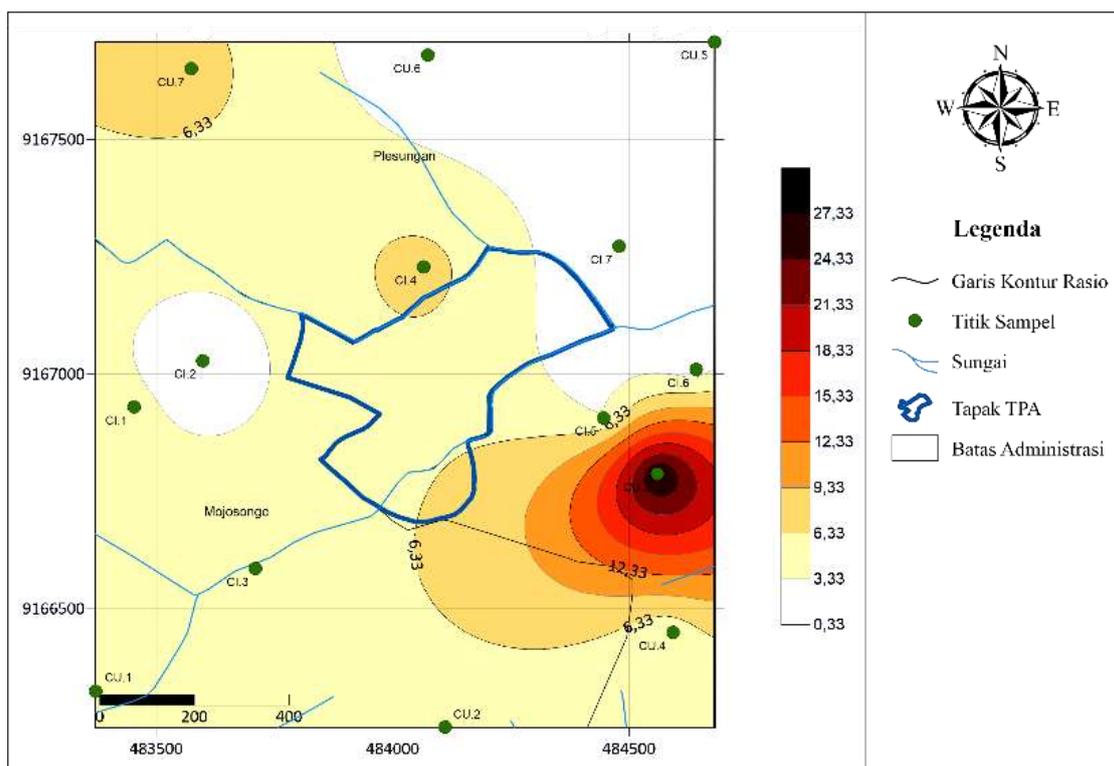
perubahan berbanding terbalik dengan perubahan ketiga faktor tersebut. Kondisi ini dapat terjadi karena adanya faktor lain yang memiliki pengaruh lebih besar terhadap mobilisasi dan akumulasi Cd, misalnya pada kedalaman tanah 60 cm di sisi timurlaut tapak TPA terjadi peningkatan akumulasi Cd yang berasosiasi dengan penurunan persentase kandungan organik. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh pH basa yang lebih besar terhadap akumulasi Cd pada wilayah tersebut. Jika dikaitkan dengan kondisi geologi wilayah penelitian, distribusi Cd pada ketiga kedalaman sampel tanah berpotensi untuk dipengaruhi oleh litologi pada wilayah penelitian, dimana Cd cenderung terakumulasi di timurlaut – selatan tapak TPA. Pada sisi tersebut melampar litologi berupa batupasir tufan, sedangkan di sisi barat melampar litologi berupa batupasir tufan kerikilan, yang mana memiliki ukuran butir yang relatif lebih besar. Perbedaan distribusi Cd pada ketiga kedalaman tanah yang paling terlihat adalah adanya perubahan akumulasi Cd di sisi selatan tapak TPA yang mengalami peningkatan pada kedalaman 30 cm kemudian mengalami penurunan kembali pada kedalaman 60 cm. Selain itu, akumulasi Cd pada tapak TPA secara umum juga mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak dari permukaan. Apabila dilakukan perbandingan konsentrasi Cd dengan nilai *background* pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa konsentrasi pada 62% sampel berada di atas nilai *background*. Hal ini dapat diartikan bahwa konsentrasi Cd pada wilayah penelitian berada di atas rata-rata konsentrasi alami Cd dalam tanah [11].

Sama halnya dengan Pb, penelitian terkait kualitas dan sejumlah parameter air limbah TPA Putri Cempo oleh peneliti sebelumnya [18] menunjukkan angka konsentrasi Cd yang berada di bawah konsentrasi Cd dalam tanah pada penelitian ini. Hal tersebut dapat terjadi karena penyerapan Cd dalam tanah dipengaruhi oleh segala sesuatu yang ada dalam tanah itu sendiri, seperti konsentrasi alami logam berat dalam tanah, pH dan kandungan organik dalam tanah, serta faktor eksternal lainnya, seperti topografi, aktivitas antropogenik di atas permukaan tanah, dan sebagainya, yang dapat menambah ataupun mengurangi konsentrasi logam berat dalam tanah [11].



**Gambar 11.** Peta distribusi Cd pada wilayah penelitian. a) Kedalaman 10 cm; b) Kedalaman 30 cm; c) Kedalaman 60 cm [11]

Berdasarkan Gambar 12 dapat diketahui bahwa wilayah penelitian didominasi oleh nilai rasio konsentrasi Cd lapisan atas dan bawah  $>1$ , dimana menunjukkan bahwa konsentrasi Cd pada lapisan atas lebih besar daripada lapisan bawah. Secara garis besar, konsentrasi Cd mengalami penurunan secara bertahap mulai dari lapisan tengah kemudian lapisan bawah sehingga selisih konsentrasi Cd pada lapisan bawah dengan lapisan atas relatif besar. Hal ini dapat terjadi karena Cd lebih banyak tertahan pada lapisan yang lebih di atas atau lebih banyak mengalami migrasi lateral daripada migrasi vertikal menuju lapisan tanah yang lebih dalam [11] yang diduga akibat pengaruh pH dan kandungan organik pada tanah. Pada sisi timur – tenggara tapak TPA teridentifikasi adanya peningkatan konsentrasi Cd. Hal ini dapat terjadi karena adanya aktivitas antropogenik lain yang dapat meningkatkan akumulasi Cd dalam tanah, salah satunya adalah pemberian pupuk pada lahan pertanian.



**Gambar 12.** Peta rasio konsentrasi Cd lapisan atas (10 cm) dan lapisan bawah (60 cm) [11]

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan bahwa sebagian besar konsentrasi Pb dan Cd pada sampel tanah telah melebihi nilai *background* masing-masing logam berat. Secara lateral, pola distribusi Pb dan Cd dalam tanah pada wilayah penelitian relatif berbeda, sedangkan distribusi Pb dan Cd secara vertikal mengalami penurunan konsentrasi seiring bertambahnya jarak dari permukaan. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti topografi, pH tanah, kandungan organik, dan karakteristik/ respon logam itu sendiri terhadap kondisi lingkungan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dukungan dana penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. S. P. Sheijany, F. Shariati, N. Y. Mahabadi dan H. Karimzadegan, "Evaluation of heavy metal contamination and ecological risk of soil adjacent to saravan municipal solid waste disposal site, Rasht, Iran," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 192, no. 12, p. 757, 2020.
- [2] S. Kanmani dan R. Gandhimathi, "Assessment of heavy metal contamination in soil due to leachate migration from an open dumping site," *Appl Water Sci*, vol. 3, pp. 193–205, 2013.

- [3] B. K. Mavakala *et al.*, "Evaluation of heavy metal content and potential ecological risks in soil samples from wild solid waste dumpsites in developing country under tropical conditions," *Environ. Challenges*, vol. 7, 2022.
- [4] H. Hasegawa, I. M. M. Rahman dan M. A. Rahman, *Environmental Remediation Technologies for Metal-Contaminated Soils*. Tokyo: Springer Japan, 2016.
- [5] H. Meuser, *Contaminated Urban Soils*. New York: Springer Science+Business Media, 2010.
- [6] H. Yadav, P. Kumar, dan V. P. Singh, "Hazards from The municipal solid waste dumpsites: a review," in *Proceedings of the 1st International Conference on Sustainable Waste Management through Design*, vol. 21, pp. 336–342, 2019.
- [7] S. H. Fauziah dan A. Periathamby, "Pollution impact of MSW landfill leachate," *Malaysian J. Sci.*, vol. 24, pp. 31–37, 2005.
- [8] C. R. Evanko, D. Ph, dan D. A. Dzombak, *Remediation of metals-contaminated soils and groundwater*. Pittsburgh: Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center, 1997.
- [9] M. Muyassar dan W. Budianta, "Pencemaran logam berat pada tanah di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Piyungan, Bantul, Yogyakarta," *KURVATEK*, vol. 6, no. 1, pp. 11–22, 2021.
- [10] ASTM D2487-06, *Standard practice for classification of soils for engineering purpose (unified soil classification system)*, ASTM International, 2006.
- [11] A.G. Fathassabilla, "Pencemaran tanah oleh logam berat di sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) Putri Cempo, Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah," Skripsi, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, 2023.
- [12] C. Reimann dan P. de Caritat, *Chemical elements in the environment*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 1998.
- [13] Badan Informasi Geospasial, "DEMNAS\_1408-34," 2022. <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/demnas>.
- [14] Maxar Technologies, "Google Earth," *Google*, 2022. .
- [15] SNI 7645:2010, *Klasifikasi Penutup Lahan*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2010.
- [16] H. Farrah dan W. F. Pickering, "Extraction of heavy metal ions sorbed on clays," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 9, no. 4, pp. 491–498, 1978.
- [17] P. Nyiramigisha, Komariah, dan Sajidan, "The concentration of heavy metals zinc and lead in the soil around the Putri Cempo landfill, Indonesia," in *6th International Conference on Climate Change 2021*, pp. 12050., 2021.
- [18] D. Astuti, A. Mayra, E. Larasati, dan H. A. Arifin, "Analysis of the impact of leachate on the quality of groundwater and river water in putri cempo landfill in Mojosongo Surakarta Indonesia," *Int. J. Multiscience*, vol. 1, no. 4, pp. 69–85, 2020.



©2023. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).