

Studi Analisis Logam Berat Timbal dan Kadmium Air Lindi dan Air Sumur di TPA Pasuruhan Kabupaten Magelang

Rizqa Puspitarini¹⁾ Riva Ismawati²⁾ Muhammad Wildan Mizana¹⁾ Nuryono³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Politeknik Muhammadiyah Magelang, Magelang, Indonesia

²⁾ Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tidar Magelang, Magelang, Indonesia

³⁾ Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

E-mail : rizqapuspitarini13@gmail.com

Abstrak

Sampah menjadi masalah serius di daerah perkotaan. Hal ini disebabkan oleh adanya kepadatan penduduk yang tinggi. Penimbunan sampah terus menerus akan menghasilkan pencemaran pada air lindi, baik yang berupa senyawa organik maupun anorganik termasuk logam berat. Pada penelitian ini dievaluasi penyebaran logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) dalam air lindi baik di air lindi maupun di kolam penampungan di TPA Pasuruhan, Kabupaten Magelang. Evaluasi kadar Pb dan Cd juga dilakukan dalam air sumur di sekitar TPA. Sampel air diambil di daerah air lindi inlet pada saluran irigasi, air lindi kolam tampung, sumur pantau dan sumur produksi. Kadar Pb dan Cd dianalisis spektrofotometri serapan atom dan dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 untuk air lindi dan air sumur menggunakan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 untuk air sumur pantau dan sumur produksi. Hasil menunjukkan bahwa kadar Pb dalam air lindi dan air sumur melebihi baku mutu. Kadar Pb dalam air lindi inlet 0,83 mg/L dan kolam tampung 0,43 mg/L, sedangkan kadar Cd pada lindi inlet diperoleh hasil 0,05 mg/L dan kolam tampung 0,04 mg/L. Kadar Pb sumur pantau 0,05 mg/L dan sumur produksi 0,03 mg/L, sedangkan kadar Cd sumur pantau 0,008 mg/L dan sumur produksi 0,006 mg/L. Kadar logam Pb dan Cd dalam air sumur pantau dan air sumur produksi masih memenuhi baku mutu.

Kata Kunci: Air Lindi, Air Sumur, Logam Berat, Sampah

Abstract

Garbage is a severe problem in urban areas. It is due to the high population density. Continuous landfilling will result in leachate pollution, in organic and inorganic compounds, including heavy metals. In this study, the distribution of heavy metals Pb and Cd in leachate was evaluated at the Pasuruhan TPA, Magelang Regency. Evaluation of Pb and Cd metals was also carried out in well around the landfill. Sampling was carried out in the leachate inlet area of the irrigation canal, leachate holding pond, monitoring wells, and production wells. Testing of Pb and Cd metals using atomic absorption spectrophotometry analysis. Heavy metal levels of Pb and Cd in leachate were compared using the quality standards of the Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Number P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 for leachate and well water using the Quality Standards of the Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia Number 32 of 2017 for monitoring wells and production wells. The result showed that the levels of Pb in leachate and well water exceeded the quality standard. The Pb content in the inlet leachate was 0,83 mg/L and reservoir was 0,43 mg/L, while Cd content in the leachate inlet was .05 mg/L and the reservoir was 0,04 mg/L. Pb levels in monitoring wells were 0,05 mg/L and 0,03 mg/L in production wells. The Cd content of the monitoring well is 0,008 mg/L and the production well is 0,006 mg/L. Parameters of heavy metals in monitoring wells and production wells meet the quality standards.

Keywords: Garbage, Heavy Metal, Leachate, Well Water

Dikirim/submitted: 15 Desember 2022

Diterima/accepted: 24 Juni 2023

1. PENDAHULUAN

Sampah menjadi masalah serius di daerah perkotaan. Kepadatan penduduk yang tinggi mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah sampah dan memerlukan pengelolaan sampah (Mahyudin, 2017). Pengolahan sampah Tempat Pemrosesan Akhir Pasuruhan Kabupaten Magelang menggunakan sistem terbuka yakni sampah ditimbun pada sebidang tanah yang luas. Setiap harinya kendaraan pengangkut sampah ditimbang terlebih dahulu di jembatan timbang sebelum sampah diambil dan ditumpuk menggunakan ekskavator pada lapisan atas lalu diratakan dengan *bulldozer*. Sampah yang masuk ke TPA belum dilakukan pengolahan berupa pemilahan sampah berdasarkan sifat kimia yakni sampah organik dan anorganik.

Pengolahan sampah di TPA Pasuruhan Magelang dilakukan dengan mengangkut sampah dari tempat pembuangan sementara menuju TPA untuk ditimbun. Haerani et al. (2019) menyebutkan bahwa pengolahan sampah secara *open dumping* ini murah dan mudah dilakukan karena sampah hanya dipindahkan dari tempat pembuangan sementara ke TPA dimana sampah ditumpuk dan diratakan. Penimbunan sampah terus menerus dan tidak dilakukan pengolahan secara baik akan menghasilkan pencemar air lindi berupa zat berbahaya yang berasal dari sampah B3 (Puspitarini et al., 2018). Air lindi dihasilkan dari air hujan masuk ke dalam sampah yang membawa materi tersuspensi organik dan anorganik (Harfadli, 2019).

Senyawa yang terkandung pada air lindi pada umumnya senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik yang terkandung antara lain hidrokarbon, asam humat, fulfat, tanat dan galat. Senyawa anorganik pada air lindi seperti natrium, kalium, kalsium, magnesium, klor, sulfat, fosfat, fenol, nitrogen dan logam berat. Logam berat yang banyak ditemukan pada air lindi antara lain arsen, besi, kadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga, dan timbal (Puspitarini et al., 2018). Logam Cd pada air lindi dihasilkan dari sampah pada batu baterai, pigmen cat, plastik, dan alat elektronik, sedangkan logam Pb pada air lindi dihasilkan dari sampah pada cat, kaleng, dan *battery*.

Air lindi dapat menyebabkan pencemaran air permukaan (Walid et al., 2020). Peresapan air lindi yang masuk ke dalam tanah akan menyebabkan terjadinya pencemaran air tanah dan tanah. Pencemaran air tanah ini terjadi karena adanya rembesan lindi yang menyebar mengikuti aliran tanah sehingga bahan pencemar lindi masuk ke dalam air tanah.

Air sumur digunakan untuk sumber air utama untuk minum, memasak, mandi, mencuci, memberi minum ternak dan kebutuhan lain bagi penduduk sekitar TPA. Perubahan kualitas air lindi akan mempengaruhi kualitas air sumur. Air lindi akan mempengaruhi pengguna air sumur khususnya bagi kesehatan (Darnas et al., 2020). Pemantauan penyebaran logam berat (Pb) dan (Cd) pada air lindi dan air sumur menjadi sangat penting untuk upaya pengendalian. Untuk itu, dalam paper ini dilaporkan hasil evaluasi penyebaran logam berat Pb dan Cd pada air lindi dan sumur disekitar TPA Pasuruhan Kabupaten Magelang.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang dibutuhkan meliputi gayung plastik, gelas beker, corong plastik, tissue, kertas label, dan jerigen 1,5 L. Analisis Pb dan Cd dalam sampel air dilakukan di Laboratorium Balai Kesehatan dan Kalibrasi Yogyakarta dengan metode *atomic absorption spectrophotometry*. Bahan yang diperlukan berupa air lindi *inlet* (saluran drainase), air lindi kolam tampung TPA Pasuruhan, air sumur pantau (air sumur dengan berjarak 5 meter dari kolam tampung lindi yang berguna memantau keberadaan pencemar air lindi ke dalam air tanah), air sumur produksi (air sumur yang digunakan untuk mandi, cuci berjarak lebih dari 100 meter dari kolam tampung).

2.2. Prosedur Kerja

2.2.1. Daerah Pengambilan Sampel

Sampel air lindi, air sumur pantau, dan air sumur produksi diambil dan dilakukan di TPA Pasuruhan Kab. Magelang dengan metode *grab sample*. Daerah pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

- a. Daerah 1 sampel air lindi *inlet*. Sampel diambil pada saluran drainase sebelum menuju kolam penampung air lindi.
- b. Daerah 2 sampel air lindi kolam kolam penampung.
- c. Daerah 3 sampel air sumur pantau (air sumur dengan berjarak 50 meter dari kolam tampung lindi yang berguna memantau keberadaan pencemar air lindi ke dalam air tanah).
- d. Daerah 4 sampel air sumur produksi (air sumur yang digunakan untuk mandi,cuci berjarak lebih dari 20 meter dari kolam penampungan sampah).

2.2.2. Pengambilan Sampel Air Lindi

Sampel air lindi diambil secara *grab sample* di TPA Pasuruhan kabupaten Magelang. Sampel air lindi sebanyak 1,5 L diambil di kolam penampungan dan dimasukkan ke dalam botol jerigen. Pengambilan dilakukan di empat titik sebanyak 1 kali pengulangan. Tutup botol dengan rapat lalu diberi label pada setiap botol sampel lindi supaya tidak tertukar dengan botol sampel yang lain. Pengambilan sampel air lindi *inlet* dilakukan pada saluran keluar menuju kolam tampung.

2.2.3. Pengambilan Sampel Air Sumur Pantau dan Air Sumur Produksi

Pengambilan sampel air sumur secara *grab sample* di TPA Pasuruhan kabupaten Magelang. Sampel air sumur sebanyak 1,5 L diambil di air sumur pantau dan sumur produksi dengan cara kran air sumur dibuka dan air mengalir dibiarkan selama 1-2 menit. Air sumur pantau dan air sumur produksi dimasukkan ke dalam botol jerigen. Wadah contoh diberi label supaya tidak tertukar dengan wadah contoh yang lainnya.

2.2.4. Pengujian Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)

Pengujian timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada air lindi dan air sumur dilakukan di Laboratorium Balai Kesehatan dan Kalibrasi Yogyakarta dengan metode spektrofotometri serapan atom (AAS). Sampel pengujian logam Pb dan Cd antara lain air lindi *inlet*, air lindi kolam tampung, air sumur pantau dan air sumur produksi. Metode analisis laboratorium sampel air lindi dan air sumur disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Analisis Laboratorium Sampel Air Lindi dan Air Sumur

Parameter Logam Berat	Area Pengambilan Sampel	Metode
Timbal (Pb)	Area Lindi Inlet	APHA 23 th Edition, 3111-B, 2017
Kadmium (Cd)		
Timbal (Pb)	Area Kolam Tampung	
Kadmium (Cd)		
Timbal (Pb)	Area Sumur Pantau	
Kadmium (Cd)		
Timbal (Pb)	Area Sumur Produksi	
Kadmium (Cd)		

2.3. Analisis Data

Hasil uji air lindi, sumur pantau dan sumur produksi dari laboratorium dibandingkan dengan menggunakan data Baku Mutu Lingkungan. Baku mutu air lindi menggunakan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016) dan air sumur dengan menggunakan Baku Mutu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2016). Metode analisis laboratorium sampel air lindi dan air sumur disajikan pada Tabel 2.

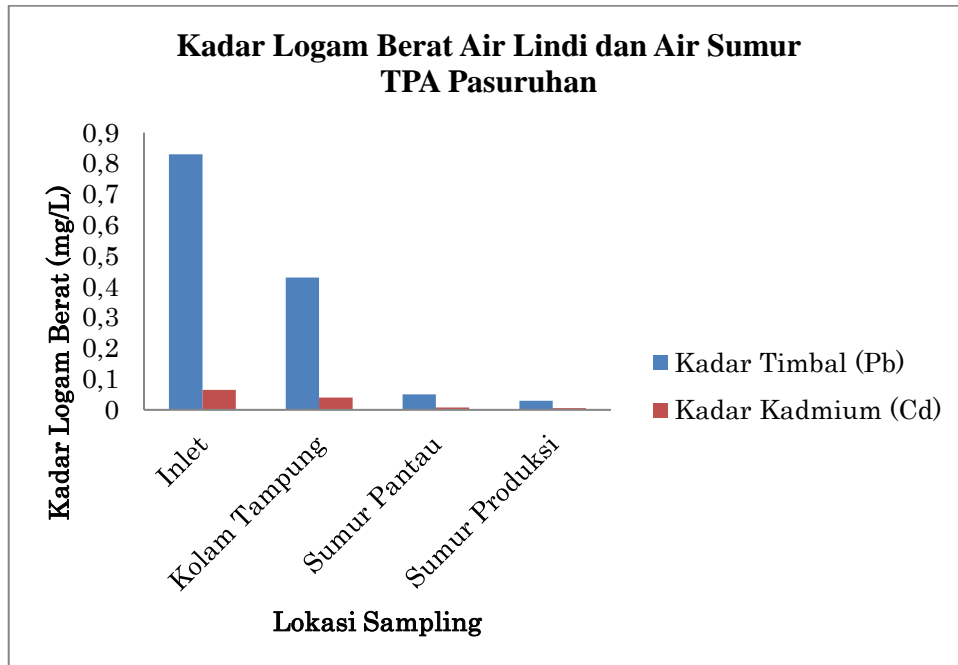
Tabel 2. Baku Mutu Air Lindi dan Air Sumur

No	Parameter Kualitas Air	Standar Baku Mutu
A	Area Lindi Inlet	
1	Timbal (Pb)	0,05 mg/L
2	Kadmium (Cd)	0,005 mg/L
B	Area Kolam Tampung	
1	Timbal (Pb)	0,05 mg/L
2	Kadmium (Cd)	0,005 mg/L
C	Area Sumur Pantau	
1	Timbal (Pb)	0 mg/L
2	Kadmium (Cd)	0,1 mg/L
D	Area Sumur Produksi	
1	Timbal (Pb)	0 mg/L
2	Kadmium (Cd)	0,1 mg/L

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian logam berat Pb dan Cd dalam air lindi air sumur dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kadar Logam Berat Air Lindi dan Air Sumur TPA Pasuruhan

3.2 Pembahasan

3.2.1 Analisis (Pb) dan Cd pada Air Lindi *Inlet*

Saluran *inlet* terletak di samping bangunan tempat penumpukan sampah. Sebelum masuk menuju kolam tampung air lindi diolah terlebih dahulu pada kolam aerasi namun beberapa waktu kolam aerasi sudah tidak berfungsi sehingga air lindi segar langsung masuk menuju kolam tampung. Hasil pengujian Pb dan Cd pada sampel air lindi inlet diperoleh Pb sampel air lindi saluran inlet 0,83 mg/L dan kadar Cd dalam air lindi saluran *inlet* diperoleh 0,05 mg/L. Logam berat Pb dan Cd pada sampel air lindi saluran *inlet* tidak memenuhi baku mutu.

Kandungan Pb pada air lindi di saluran *inlet* lebih tinggi daripada Cd. Hal ini disebabkan oleh komposisi sampah anorganik yang berasal dari aktivitas masyarakat. Sampah anorganik hasil aktivitas masyarakat menghasilkan logam berat timbal (Pb) di dalam produknya seperti cat. Kemasan makanan dan minum

kaleng mempunyai kelebihan dapat mengawetkan makanan dan minum supaya tidak mudah membusuk namun kemasan kaleng menggunakan Pb pada produknya sebagai bahan solder atau pateri. Air lindi terbentuk dari interaksi mikroorganisme dan presipitasi air hujan di celah-celah sampah dapat melarutkan berbagai macam kontaminan seperti logam berat dan terakumulasi pada lindi (Joshua N. Edokpayi & Odiyo, 2018).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar Pb dan Cd pada lindi *inlet* melebihi baku mutu. Hal ini disebabkan oleh pengambilan sampel air lindi dilakukan saat musim kemarau sehingga sampel air lindi menjadi pekat tidak ada pengenceran air lindi oleh air hujan. Selain itu pengolahan sampah menggunakan sistem terbuka dimana ada bagian sampah yang belum ditutup tanah menyebabkan peresapan air hujan (Siswoyo & Habibi, 2018). Hujan yang masuk pada area penimbunan sampah mempengaruhi karakteristik air lindi (Kasam et al., 2016). Menurut Siswoyo dan Habibi (2018) jenis sampah terdeposit, curah hujan, kondisi spesifik TPA dan umur TPA ini mempengaruhi kandungan air lindi. Kadar pencemar organik dan anorganik pada air lindi yang tinggi disebabkan oleh umur TPA yang tua. Kualitas air lindi dipengaruhi oleh umur TPA. Logam Pb dan Cd pada air lindi TPA Pasuruhan yang tinggi disebabkan peningkatan jumlah sampah, pengolahan sampah menggunakan *open dumping*, tidak ada pengenceran air lindi oleh air hujan karena musim kemarau.

3.2.2 Analisis (Pb) dan Cd pada Air Lindi Kolam Tampung

Kolam tampung terletak di bawah bangunan tumpukan sampah mempunyai bentuk persegi panjang. Konstruksi bangunan kolam tampung terbuat dari dinding beton dengan lapisan dasar tanah tidak dilapisi lapisan kedap. Fungsi kolam tampung digunakan menampung air lindi terlebih dahulu supaya parameter air lindi sudah memenuhi baku mutu dan aman sebelum dibuang ke lingkungan. Saat hujan volume air lindi pada kolam tampung meningkat dari pada saat musim kemarau atau intensitas hujan rendah volume air lindi berkurang. Kolam tampung air lindi TPA Pasuruhan tidak hanya menampung air lindi namun juga

menampung air hujan dari saluran drainase air hujan yang dihubungkan langsung ke kolam penampung.

Kadar Pb untuk lindi kolam tampung adalah 0,43 mg/L. Kadar Pb pada kolam tampung lebih kecil daripada saluran *inlet*. Kehadiran Pb di lingkungan diharapkan tidak ada karena mempunyai efek toksisitas yang sangat berbahaya bagi keberlangsungan hidup bioorganisme dan dapat mengancam kesehatan masyarakat sekitar daerah TPA. Hasil uji laboratorium untuk sampel Cd air lindi kolam tampung menunjukkan hasil sebesar 0,04 mg/L. Kadar Pb dan Cd pada air lindi kolam tampung tidak memenuhi baku mutu.

Logam Pb dan Cd pada kolam tampung air lindi memiliki kadar logam berat lebih kecil daripada kolam *inlet*. Hal ini disebabkan karena proses pengolahan air lindi pada kolam *inlet* di TPA Pasuruhan belum optimal. Proses pengolahan air lindi sebelum masuk menuju kolam tampung maka harus diolah terlebih dahulu pada kolam aerasi. Namun kolam aerasi yang terdapat di TPA Pasuruhan sudah tidak berfungsi yang menyebabkan pengolahan air lindi di TPA menjadi tidak optimal.

3.2.3 Analisis (Pb) dan Cd pada Air Sumur Pantau

Sumur Pantau mempunyai fungsi untuk memantau kualitas air tanah di sekitar daerah TPA. Letak sumur pantau berdekatan dengan kolam tampung air lindi dengan jarak 5 meter dari sumur pantau. Kedalaman sumur dari dasar muka air tanah hingga ke permukaan tanah sekitar 10 meter. Sampel air sumur pantau berwarna kuning.

Parameter Pb pada sumur pantau setelah diujikan di laboratorium diperoleh 0,05 mg/L. Hasil uji di laboratorium menunjukkan bahwa kadar Pb sumur pantau TPA Pasuruhan sudah memenuhi baku mutu yang diperkenankan. Hasil uji sampel air sumur pantau untuk parameter Cd didapatkan data hasil 0,008 mg/L. Parameter Pb dan Cd pada sumur pantau belum memenuhi baku mutu yang diperbolehkan.

Kehadiran Pb dan Cd air pada sumur pantau disebabkan meresapnya air lindi ke dalam tanah sehingga terjadi perubahan kualitas air tanah. Penyebaran logam berat di air tanah terjadi karena air lindi meresap ke dalam tanah. Zat polutan pada air lindi dengan konsentrasi tinggi masuk ke dalam air tanah akan tertahan dalam jangka waktu yang lama sehingga kualitas air tanah berubah (Thomas, 2019). Penimbunan sampah yang lama dapat menyebabkan kandungan logam berat pada air tanah karena penimbunan sampah dalam waktu yang lama menyebabkan akumulasi logam berat semakin tinggi pada air lindi dan air tanah.

Sumur pantau yang berjarak 5 meter dengan kolam tampung air lindi bisa menyebabkan air sumur pantau memiliki kadar Pb yang tinggi. Menurut Handriyani et al. (2020) keberadaan Pb dalam jangka panjang dapat terjadi kenaikan kadar Pb yang menyebabkan akumulasi Pb dalam air sumur mengalami peningkatan. Akumulasi Pb dalam waktu lama mengakibatkan terjadinya air lindi merembes ke dalam air sumur. Air lindi yang memiliki kadar logam berat yang tinggi akan merembes dan masuk pada air sumur yang mengakibatkan kualitas air sumur di sekitar TPA menjadi menurun (Siswoyo & Habibi, 2018). Pencemar logam berat masuk ke dalam air sumur mengikuti aliran air tanah yang berpusat ke arah sumur (Kristiya et al., 2022). Apabila air sumur ini dipakai oleh penduduk tentu akan memberikan dampak negatif bagi kesehatan sehingga sumur pantau di TPA Pasuruhan perlu dilakukan monitoring secara berkala.

3.2.4 Analisis (Pb) dan Cd pada Air Sumur Produksi

Sumur produksi digunakan sebagai sumber air untuk kegiatan mencuci kendaraan pengangkut sampah, mandi, dan cuci tangga para pekerja di TPA Pasuruhan. Sumur produksi terletak di belakang kantor pengelolaan sampah dan di depan bangunan penampungan sampah. Jarak bangunan penampung sampah dengan sumur produksi berjarak sekitar 20 meter.

Air sumur produksi mempunyai tingkat kekeruhan yang lebih rendah dari pada air sumur pantau yang berdekatan dengan kolam tampung air lindi. Warna air sumur produksi lebih bening karena letaknya berada di depan halaman masuk TPA

Pasuruhan. Air sumur produksi bisa digunakan untuk memantau keberadaan logam berat pada air tanah di tempat penampungan sampah. Kadar Pb dalam air sumur produksi setelah diujikan di laboratorium diperoleh hasil sebesar 0,03 mg/L. Hasil uji sampel air sumur produksi untuk kadar logam berat Cd didapatkan hasil 0,006 mg/L. Kadar Pb dan Cd tersebut melebihi baku mutu yang diperkenankan.

Keberadaan logam Pb dan Cd dalam air sumur produksi memiliki kadar logam berat lebih kecil daripada sumur pantau. Hal ini dikarenakan jarak bangunan penampung sampah dengan sumur produksi berjarak sekitar 20 meter. Jarak yang dekat penampung sampah dapat berpotensi munculnya pencemar logam berat pada sumur produksi karena air lindi tersebut mengalami peresapan ke dalam air tanah. Air tanah bagi masyarakat di Indonesia digunakan sebagai air baku untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Air lindi dari hasil pengolahan sampah akan berpotensi mencemari air tanah sehingga kualitas air tanah tidak dapat digunakan sebagaimana peruntukannya (Parvin & Tareq, 2021). Daerah yang dekat dengan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) mempunyai kandungan logam yang tinggi pada air sumur milik masyarakat.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Pb dan Cd dalam sampel air lindi baik pada saluran *inlet* dan kolam tampung tidak memenuhi baku mutu. Meskipun demikian, kadar timbal dan kadmium pada sumur pantau dan sumur produksi belum memenuhi baku mutu. Tingginya kadar logam berat timbal dan kadmium air lindi dan air sumur perlu mendapatkan perhatian dari pemerintah daerah untuk upaya penurunan cemaran mulai dari pengelolaan sampah sebelum pembuangan di TPA. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait pencegahan dan penurunan kadar logam berat Pb dan Cd pada air lindi dan air sumur.

DAFTAR PUSTAKA

- Darnas, Y., Anas, A. A., & Hasibuan, M. A. A. (2020). Pengendalian air lindi pada proses penutupan TPA Gampong Jawa terhadap kualitas air sumur. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(3), 1165–1176.
<https://doi.org/10.32672/jse.v5i3.2080>
- Haerani, D., Syafrudin, & Sasongko, S. (2019). Pengelolaan sampah di Kota Tasikmalaya. *Proceeding Biology Education Conference*, 16(1), 266–274.
<https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/download/38368/25397>
- Handriyani, K. A. T. S., Habibah, N., & Dhyana Putri, I. G. A. S. (2020). Analisis kadar timbal pada air sumur gali di kawasan tempat pembuangan akhir. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 9(1), 68–75.
- Harfadli, M. M. (2019). Estimasi koefisien transfer oksigen (KLa) pada metode aerasi fine bubble diffuser. Studi kasus: Pengolahan air lindi TPA Manggar Kota Balikpapan. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 5(2).
<https://doi.org/10.32487/jst.v5i2.662>
- Joshua N. Edokpayi, O. S. D., & Odiyo, J. O. (2018). Assessment of heavy metals in landfill leachate: A case study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *Intech*, 13.
- Kasam, Sarto, Syamsiah, S., & Prasetya, A. (2016). Pattern of characteristics of leachate generation from municipal solid waste landfill by lysimeter experiment. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(10), 768–771. <https://doi.org/10.18178/ijesd.2016.7.10.877>
- Kristiya, D., Heny, N., Dhanti, K. R., Pratiwi, D., & Wardani, K. (2022). Analisis kandungan timbal (Pb) pada air sumur di sekitar tempat pembuangan akhir Kalipancur Kabupaten Purbalingga. 9(1), 1–8.
- Mahyudin, R. P. (2017). Kajian permasalahan pengelolaan sampah dan dampak. *Teknik Lingkungan*, 3, 3(1), 66–74.

- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). Peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan Republik Indoneisa nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7.2016 tentang baku mutu lindi bagi usaha dan/atau kegiatan tempat pemrosesan akhir sampah. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 1050*, 1–12.
- Parvin, F., & Tareq, S. M. (2021). Impact of landfill leachate contamination on surface and groundwater of Bangladesh: A systematic review and possible public health risks assessment. *Applied Water Science*, *11*(6), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01431-3>
- Puspitarini, R., S. N., A. K., & Winarno, H. (2018). Pengaruh ukuran partikel, zat aktivator, waktu aktivasi dan waktu serap adsorben fly ash untuk mendegradasi logam timbal (Pb) pada air lindi. *Proceeding of The URECOL*, 75–86. <http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/download/52/49>
- Thomas, R. A. D. H. S. (2019). Potensi pencemaran air lindi terhadap air tanah dan teknik pengolahan air lindi di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Science Tech*, *5*(2), 1–12.
- Siswoyo, E., & Habibi, G. F. (2018). Sebaran logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada air sungai dan sumur di daerah sekitar tempat pembuangan akhir (TPA) Wukirsari Gunung Kidul, Yogyakarta. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, *8*(1), 1–6. <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.1-6>
- Walid, A., Kusumah, R. G. T., Putra, E. P., Herlina, W., & Suciarti, P. (2020). Pengaruh keberadaan TPA terhadap kualitas air bersih di wilayah pemukiman warga sekitar: Studi Literatur. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, *20*(3), 1075. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v20i3.1025>