

# **ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT DI DALAM TANAH TPA GUNUNG TUGEL BANYUMAS**

## ***ANALYSIS OF HEAVY METAL CONTENT IN THE SOIL OF THE BANYUMAS TUGEL GUNUNG TPA***

**Faisal Akbar\*, Suphia Rahmawati\*, Dhandhun Wacano\***

\*Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia

\*Jalan Kaliurang Km 14,5 Daerah Istimewa Yogyakarta

*e-mail* : faisalakbarhehe@gmail.com

### **Abstrak**

TPA Gunung Tugel menggunakan metode *Open Dumping* dan telah ditutup pada tahun 2016, penutupan yang kurang maksimal dan masih banyak masyarakat yang masih membuang sampah pada lahan TPA mengakibatkan pencemaran lahan TPA dari berbagai macam limbah organik dan non organik semakin bertambah. Limbah tersebut dapat membawa kandungan logam berat yang akan terbawa oleh air lindi hingga masuk dan tersebar kedalam tanah. sehingga perlu dilakukan analisis logam berat terhadap tanah di TPA Gunung Tugel Banyumas untuk mengetahui kandungan logam berat yang terkandung. Penentuan titik sampling dilakukan dengan metode *grid sampling* pada area TPA dan metode *stratified sampling* pada area persawahan dengan standar pengambilan menggunakan USGS, yang pengambilan sampel tanah hanya menggunakan tangan. Metode analisis logam berat menggunakan spektrofotometri serapan atom, dari kandungan logam yang didapat diperlukan untuk mengidentifikasi potensi resiko lingkungan yang dapat terjadi pada tanah, untuk itu penilaian potensi risiko lingkungan menggunakan metode *Potential Ecological Risk Index* (PERI). *Geographic Information System* (GIS) diperlukan untuk membuat peta persebaran logam berat di TPA Gunung Tugel Banyumas. Hasil rata-rata analisis logam berat yang didapatkan pada parameter logam berat di dalam tanah TPA Gunung Tugel Banyumas adalah Cd = 7.35 mg/kg, Cr = 13.06 mg/kg, Cu = 303.97 mg/kg, Fe = 17643.07 mg/kg, Mn = 53.18 mg/kg, Pb = 453,31 mg/kg, Zn = 890.75mg/kg. Sedangkan rata-rata logam berat di dalam tanah pada area persawahan adalah Cd = 1.16 mg/kg, Cr = 16.97 mg/kg, Cu = 107.49 mg/kg, Fe = 18859.72mg/kg, Mn = 67.03 mg/kg, Pb = 218.61 mg/kg, Zn = 185.37 mg/kg. Untuk hasil rata-rata penilaian potensi risiko lingkungan pada area TPA sebesar 61.62 termasuk dalam kelas risiko B atau tingkat risiko medium. Sedangkan pada area persawahan rata-rata sebesar 12.05 termasuk dalam kelas risiko A atau tingkat risiko sangat rendah..

**Kata kunci** : Analisis, Logam Berat, TPA, Gunung Tugel Banyumas

## Abstract

*The Gunung Tugel landfill uses the Open Dumping method and has been closed in 2016, the closure is not optimal and there are still many people who still throw garbage in the landfill pollution from various types of organic and non-organic waste is increasing. The waste can carry heavy metals that will be carried by leachate until it enters and is distributed to the ground. So it is necessary to do heavy metal analysis of the soil in the Banyumas Gunung Tugel landfill to determine the content of heavy metals contained. Determination of the sampling point is done by the grid sampling method in the landfill area and the stratified sampling method in the paddy area with the standard taking using USGS, which takes soil samples only by hand. The heavy metal analysis method uses atomic absorption spectrophotometry, from the metal reserves obtained are needed to save the potential of the environment that can occur on the soil, for that the potential for environmental risks using the Ecological Risk Potential (PERI) method. A Geographic Information System (GIS) is needed to make a map of the distribution of heavy metals in the Gunung Tugel Banyumas landfill. The results of the analysis of the average heavy metals obtained in the heavy metal parameters in the landfill of Gunung Tugel Banyumas landfill are Cd = 7.35 mg / kg, Cr = 13.06 mg / kg, Cu = 303.97 mg / kg, Fe = 17643,07 mg / kg, Mn = 53.18 mg / kg, Pb = 453.31 mg / kg, Zn = 890.75 mg / kg. While the average heavy metals in the soil in paddy fields are Cd = 1.16 mg / kg, Cr = 16.97 mg / kg, Cu = 107.49 mg / kg, Fe = 18859.72 mg / kg, Mn = 67,03 mg / kg, Pb = 218.61 mg / kg, Zn = 185.37 mg / kg. For an average yield of potential environmental risks in the landfill area of 61.62 included in risk class B or medium risk level. Whereas in the rice field area an average of 12.05 is included in risk class A or very low risk level.*

**Keywords:** Analysis, Heavy Metal, Landfill, Gunung Tugel Banyumas

## I. PENDAHULUAN

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) ialah fasilitas atau sarana fisik untuk berlangsungnya kegiatan pembuangan akhir sampah berupa tempat yang digunakan untuk mengkarantina sampah kota secara aman dan efektif (SNI, 1994). Salah satu permasalahan sampah yang sampai saat ini terasa di Purwokerto adalah pengelolaan sampah di TPA Gunung Tugel. Sejak tahun 1984, TPA Gunung Tugel hanya sekedar difungsikan sebagai wadah menampung sampah tanpa dilengkapi sarana dan fasilitas untuk mengelolanya seperti memisahkan sampah organik dan anorganik, serta tidak ada fasilitas pembuangan limbah cair sampah atau air lindi (Sehah, 2009).

Kabupaten Banyumas memiliki empat buah TPA. Salah satunya adalah TPA Gunung Tugel yang berlokasi di Desa Kedungrandu, Kecamatan Patikraja, Kabupaten Banyumas. Sumber sampah terbesar di TPA Gunung Tugel adalah

permukiman disusul oleh pasar, pertokoan dan industri. Menurut Cahyono et al. (1999), TPA Gunung Tugel menghasilkan sampah 260 m<sup>3</sup>/hari dengan komposisi tertinggi berupa bahan organik yaitu 61,91%.

Pengelolaan sampah di TPA Gunung Tugel ini menggunakan metode open dumping yang sederhana, yaitu dengan membuang sampah pada suatu cekungan tanpa menggunakan tanah sebagai penutupnya atau dibiarkan terbuka begitu saja. Salah satu masalah yang timbul dari penumpukan sampah di TPA adalah timbulnya pencemar berupa air lindi. Semakin banyak tumpukan sampah di TPA maka air lindi yang dihasilkan akan semakin banyak. Bahan organik pada sampah akan mengalami dekomposisi yang bersama air hujan lalu akan menghasilkan air lindi. (Soemirat, 1999).

Berdasarkan observasi pendahuluan yang telah dilakukan, 40% sampah di TPA Gunung Tugel diolah menjadi kompos, sedangkan sisanya dibiarkan teronggok. Bahan organik pada sampah teronggok akan mengalami dekomposisi yang bersama air hujan menghasilkan leachate (air lindi). Leachate adalah cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil penguraian oleh mikroba (Soemirat, 1999). Menurut Fachrudin (1989), leachate dicirikan oleh parameter fisik dan kimiawi berkadar tinggi, serta mengandung logam berat berbahaya salah satunya adalah kadmium (Cd)

Sumber Cd di TPA Gunung Tugel adalah sampah berupa plastik bekas, residu cat dan baterai. Logam berat Cd biasanya terikat oleh senyawa-senyawa lain membentuk suatu molekul. Ikatan tersebut berupa bahan anorganik yaitu klorida dan karbonat. Palar (1994) menyatakan bahwa logam Cd memiliki kemampuan untuk mengikat gugus S dan karboksi (-COOH) dari molekul-molekul protein, asam amino, dan menggantikan keberadaan logam-logam lain yang terdapat dalam protein seperti logam Cu yang pada kondisi normal berfungsi dalam pembentukan ikatan kovalen koordinasi antarmolekul protein. Paparan akut oleh Cd dapat menyebabkan gejala mual, muntah, diare, kram, otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, emipisema dan degenerasi testicular (Sudarmaji et al., 2006).

Sistem pengelolaan leachate di TPA Gunung Tugel kurang optimal. Debit leachate yang tertampung dalam bak-bak pengolahan adalah 0,8988 m<sup>3</sup>/hari (Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyumas, 2006), sedangkan sebagian besar merembes ke tanah. Menurut Keman (2003), leachate yang dibiarkan tanpa diolah akan mencemari air tanah di sekitarnya. Jenis tanah di TPA Gunung Tugel adalah ultisol, sehingga memungkinkan leachate dapat merembes dan mencemari air tanah penduduk di sekitarnya.

Dengan kurang optimalnya pengelolaan *leachate* pada TPA Gunung Tugel menyebabkan terkontaminasi tanah pada TPA dan sekitarnya oleh logam berat.

Sehingga diperlukan pengamatan pada tanah TPA dan sekitarnya untuk mengetahui dan menganalisis kandungan logam berat yang terkandung pada tanah.

## II. METODE PENELITIAN

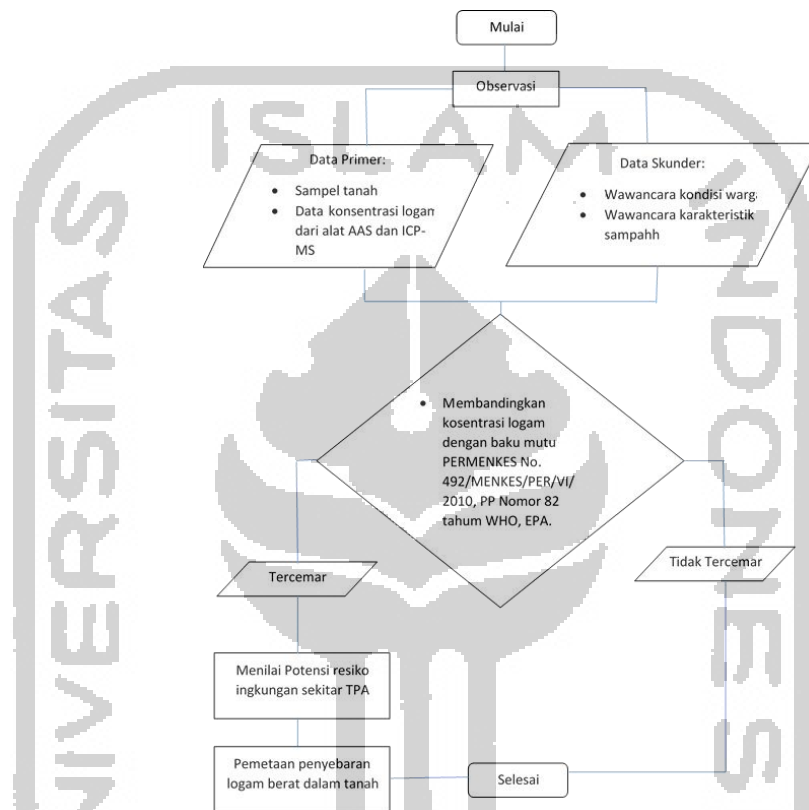
Pada penelitian ini pengumpulan data terbagi menjadi dua, yaitu primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diambil dari pengamatan fisik langsung dilapangan dan wawancara dengan masyarakat sekitar lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang mendukung data primer yang diambil dari buku, jurnal, dan lembaga-lembaga terkait penelitian.

Penelitian ini mengutamakan data primer karena meliputi sampel dan pengamatan langsung kelapangan. Wawancara masyarakat sekitar penelitian untuk mencari informasi eksisting maupun masalah di lingkungan penelitian. Untuk data sekunder sendiri sebagai sarana pendukung data primer yang meliputi data-data dari berbagai literasi seperti buku, jurnal, artikel dan lainnya.

Metode penentuan titik sampling tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Systematic Grid Sampling*, yaitu metode penentuan titik sampling berdasarkan garis koordinat yang membentuk persegi (grid) dengan interval jarak 60m x 60 m menyesuaikan dengan lokasi penelitian, dapat mengurangi waktu untuk menuju titik di lokasi penelitian dan pengambilan tanah pada kedalaman 0m - 0,3m.

Manual lapangan untuk berbagai prosedur pengambilan sampel ada di dalam USGS dan di tempat lain; Namun, SOP ini dibuat untuk memberikan instruksi tentang pengambilan sampel tanah, pasir, sedimen rawa, dan sedimen dasar untuk empat rangkaian analisis, masing-masing dengan metode yang berbeda. Untuk pengambilan sampel tanah hanya menggunakan sarung tangan yang dilindungi dengan sarung tangan, ini dilakukan untuk mengantisipasi pengaruh

kimia, fisika atau biologi yang akan mempengaruhi konsentrasi logam berat dari alat bantu yang digunakan. Diagram alir penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.2.1 Analisis Sifat Fisik Tanah

##### 3.1.1 *Organic Matter* Tanah pada Wilayah TPA Gunung Tugel

Menurut Soepardi, 1983, adanya bahan organik dalam tanah akan menyebabkan pengkelatan kation-kation logam. Proses-proses yang terjadi dalam tanah sebagian besar dilakukan oleh penyusun tanah yang jumlahnya relatif sedikit yaitu liat dan humus. Bentuk koloidal, baik liat maupun bahan organik, merupakan pusat kegiatan dalam tanah dimana terjadi reaksi-reaksi pertukaran ion.

Table 3.1 Hasil Uji *Organic Matter* pada Tanah

Nama sampel	X	y	Kedalaman (m)	Kelembaban	Organic Matter
TP1	305876	9174255	0.3	25.94%	47.30

TP2	305805	9174251	0.3	20.29%	48.20
TP3	305876	9174193	0.3	8.32%	159.57
TP4	305815	9174190	0.3	8.83%	150.11
TP5	305753	9174191	0.3	32.03%	50.13
TP6	305874	9174132	0.3	48.41%	98.32
TP7	305813	9174132	0.3	6.92%	100.71
TP10	305873	9174073	0.3	11.55%	162.56
TP11	305813	9174070	0.3	3.49%	118.15
SW1	305771	825989	0.3	59.18%	46.52
SW2	305930	825989	0.3	98.14%	62.32
SW3	305985	826056	0.3	86.81%	96.41
SW4	305879	826179	0.3	70.88%	55.16
SW5	305731	826122	0.3	58.77%	99.63
SW6	305798	826081	0.3	39.83%	104.79
Kontrol 1	311524	830200	0.3	12.34%	23.34
Kontrol 2	311472	830203	0.3	19.52%	25.49

Hasil pada tabel 3.1 menunjukkan kandungan *organic matter* pada tanah TPA sebagian besar lebih tinggi dibandingkan dengan tanah sawah. Kandungan *organic matter* pada tanah TPA kemungkinan lebih tinggi dikarenakan banyaknya proses penguraian dari sampah domestik dan non-domestik. Berbeda dari tanah persawahan yang kandungan *organic matter* didalamnya sebagian besar terdapat dari proses alami yang ada pada tanah persawahan dan beberapa faktor dari pemakaian pupuk organik dan non-organik.

### 3.2.2 Analisis Logam Berat Pada Tanah

Pengambilan sampel dilaksanakan pada tanggal 27 hingga 30 Juni 2019. Sampel yang dianalisis menggunakan AAS yang kemudian dilakukan perbandingan analisa logam berat sebelumnya. Pengembangan analisa logam berat di TPA Gunung Tugel memakai tiga baku mutu internasional analisa logam berat Cd, Cr, Cu, Pb dan Zn yaitu *Environment Protection Authority of Australia* (EPAA) tahun 2012 dan *Environment Protection Ministry of China* (EPMC) tahun 2015. Untuk logam berat Fe dan Mn menggunakan baku mutu *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) tahun 2017.

#### 3.2.1 Hasil dan Analisis Logam Berat Cr pada Tanah TPA Gunung Tugel

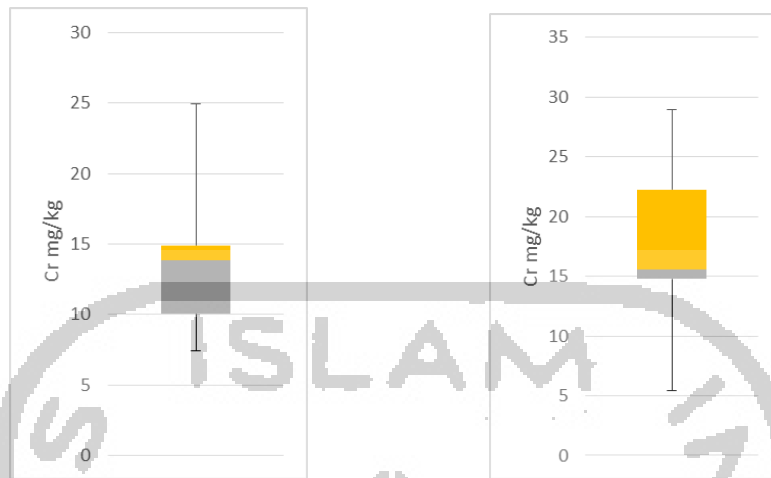
Logam berat Kromium (Cr) dalam suatu perairan berasal dari alam dalam jumlah yang sangat kecil seperti proses pelapukan batuan dan run-off dari daratan, namun logam berat Kromium dapat meningkat dengan jumlah yang besar akibat oleh kegiatan manusia seperti kegiatan industri, limbah rumah tangga dan kegiatan

lainnya melalui limbah yang masuk ke dalam perairan. Berikut data analisis kandungan logam berat kromium (Cr) didalam tanah di area TPA dan persawahan.

Tabel 4.2 Kandungan Cr pada TPA

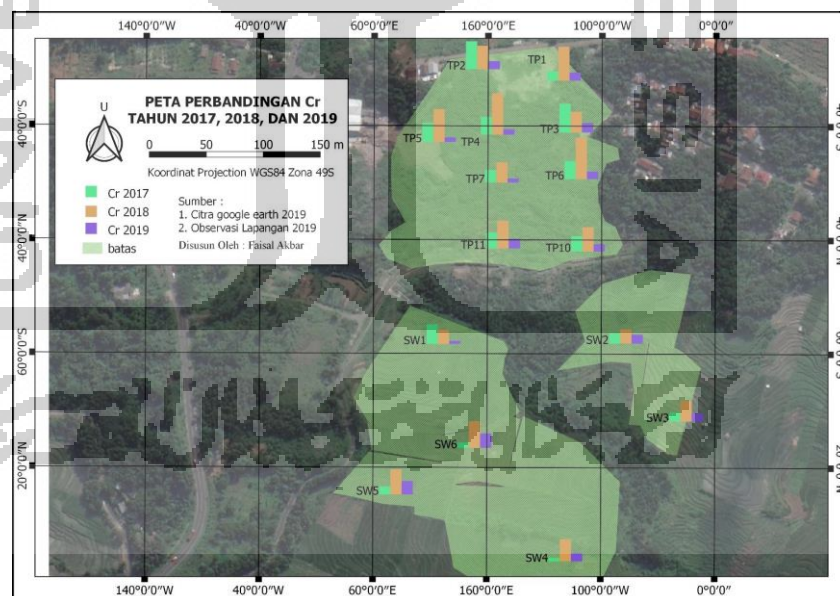
No	Sampel	Conc Cr Ug/mL	Cr (mg/kg)
1	TPA 1	0.67	14.87
2	TPA 2	0.18	14.92
3	TPA 3	1.01	17.33
4	TPA 4	0.44	10.05
5	TPA 5	0.30	8.12
6	TPA 6	0.22	13.88
7	TPA 7	0.31	7.40
10	TPA 10	0.21	13.25
11	TPA 11	0.53	17.77
<b>RATA-RATA</b>			<b>13.06</b>
1	SAWAH 1	0.20	5.47
2	SAWAH 2	0.64	15.93
3	SAWAH 3	0.82	14.68
4	SAWAH 4	0.91	15.15
5	SAWAH 5	0.88	24.36
6	SAWAH 6	0.47	26.22
<b>RATA-RATA</b>			<b>16.97</b>
1	K1	0.57	10.5556
2	K2	0.50	11.3636
<b>EPAA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>50</b>
<b>EPMC, 2015 (mg/kg)</b>			<b>150</b>

Data yang diperoleh dari hasil analisa Spektrofotometer Serapan Atom(SSA) pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cr pada area TPA dan persawahan di wilayah Gunung Tugel tidak ada yang melebihi baku mutu baik EPAA 2012 maupun EPMC 2015. Dengan kandungan Cr tertinggi pada area TPA terdapat pada titik TP11 sebesar 17.77mg/kg dengan rata-rata konsentrasi sebesar 13.06 mg/kg, dan untuk kandungan logam berat Cr tertinggi pada area persawahan terdapat pada titik SW6 sebesar 26.2 mg/kg dengan rata-rata kandungan sebesar 16.97 mg/kg.



Gambar 3.2 Boxplot Kandungan Cr pada Area TPA dan Sawah

Data dari kandungan Cr dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk boxplot, untuk mengetahui persebaran data dan nilai ekstrim dari data. Terlihat bahwa nilai Cr pada area TPA rata-rata pada angka 10mg/kg-15mg/kg. Sedangkan kandungan Cr pada Sawah rata-rata pada angka 15mg/kg-22mg/kg, dengan angka ekstrim 5mg/kg dan 25mg/kg.



Gambar 3.3 Kandungan Cr pada Area TPA

Pada gambar 4.3 Menunjukkan persebaran dan perbandingan kandungan logam berat Cr pada wilayah TPA Gunung Tugel dan persawahan. Dilihat dari persebaran Cr pada area TPA Gunung Tugel dan persawahan cukup merata pada



setiap titiknya. Kandungan Cr yang tersebar pada wilayah TPA dan persawahan masih dibawah baku mutu.

Kandungan logam berat Cr yang ditampilkan pada peta memiliki perubahan dari tahun 2017, 2018, dan 2019. Perubahan kandungan Cr yang terjadi pada tahun 2019 mengalami penurunan dari 2 tahun sebelumnya. Perbedaan kandungan tersebut dapat diakibatkan dari beberapa faktor, yaitu musim pengambilan sampel dan kedalaman pengambilan sampel tanah. Penurunan kandungan Cr diduga dari aktifitas pembuangan dan pembakaran yang dilakukan oleh masyarakat sudah mulai berkurang dari tahun sebelumnya, ini dibuktikan dari wilayah TPA yang sudah terdapat vegetasi.

### 3.2.3 Hasil dan Analisis Logam Berat Cu pada Tanah TPA Gunung Tugel

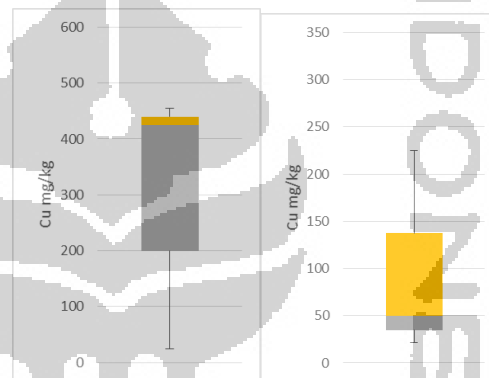
Tembaga dengan nama kimia cuprum dilambangkan dengan Cu , logam merah yang lunak, dapat ditempa, dan liat yang melebur pada 1038°C (Palar dan Vogel, 1994). Logam Tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga (Cu) yang masuk dalam ketiga strata lingkungan tersebut dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam tembaga ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2008).. Berikut data analisis kandungan logam berat Cu didalam tanah di area TPA dan persawahan.

Tabel 3.3 Kandungan Cu pada Area TPA

No	Sampel	Conc Cu Ug/mL	Cu (mg/kg)
1	TPA 1	2.10	46.88
2	TPA 2	0.30	25.00
3	TPA 3	27.60	472.60
4	TPA 4	8.80	200.00
5	TPA 5	21.70	434.00
6	TPA 6	7.80	487.50
7	TPA 7	8.60	204.76
10	TPA 10	6.80	425.00
11	TPA 11	17.60	440.00
<b>RATA-RATA</b>			<b>303.97</b>
1	SAWAH 1	3.20	59.26
2	SAWAH 2	1.40	33.33
3	SAWAH 3	1.20	21.43
4	SAWAH 4	2.40	40.00
5	SAWAH 5	6.20	163.16
6	SAWAH 6	5.90	327.78
<b>RATA-RATA</b>			<b>107.49</b>
1	K1	1.8	33.33

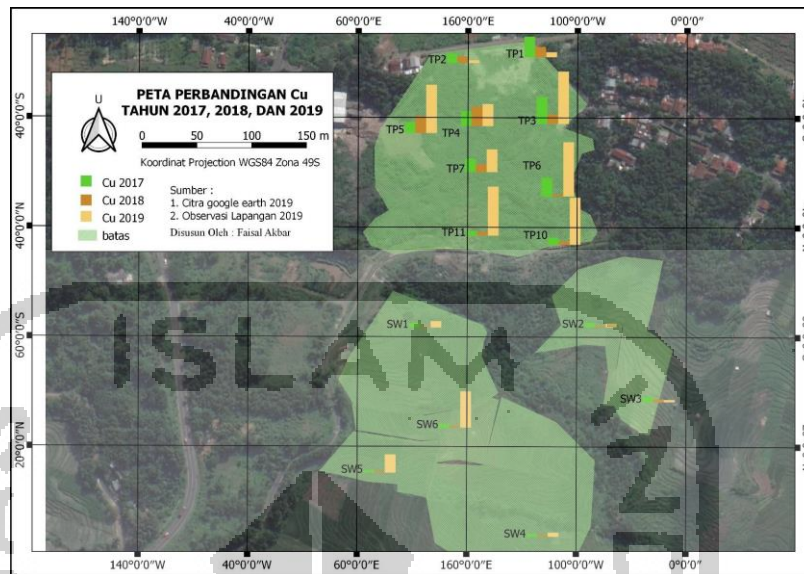
2	K2	1.7	38.64
<b>EPAA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>100</b>
<b>EPMC, 2015 (mg/kg)</b>			<b>50</b>

Data yang diperoleh dari hasil analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada tabel 3.3 Menunjukkan bahwa kandungan Cu memiliki kandungan yang tinggi, pada area TPA hanya dua titik yang tidak melebihi baku mutu baik EPAA 2012 maupun EPMC 2015, yaitu TP1 dan TP2 sebesar 46.88mg/kg dan 25mg/kg. Dengan kandungan Cu tertinggi terdapat pada titik TP6 sebesar 487.50mg/kg. Berbeda pada area Sawah hanya tiga titik yang melebihi baku mutu baik EPAA 2012 maupun EPMC 2015, yaitu SW1, SW5 dan SW6 sebesar 59.26mg/kg, 136.16mg/kg dan 327.78mg/kg. Dengan kandungan Cu tertinggi terdapat pada titik SW6 sebesar 327.78mg/kg.



Gambar 3.4 Boxplot data Cu pada Area TPA dan Sawah

Kandungan Cu dari hasil perhitungan diperoleh keseluruhan pada TPA dan sawah ditampilkan dalam bentuk boxplot pada gambar 3.4 untuk memudahkan melihat persebaran dan spesifikasi data yang didapat. Terlihat bahwa nilai Cu pada area TPA rata-rata pada angka 200mg/kg-400mg/kg, dengan adanya angka ekstrim kebawah. Data kandungan Cu yang ditampilkan pada wilayah pesawahan memiliki nilai yang lebih kecil dengan rata-rata 50mg/kg-150mg/kg.



Gambar 3.5 Persebaran Cu pada Area TPA

Pada gambar 3.5 Menunjukkan persebaran dari logam Cu yang memiliki konsentrasi diatas baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015, terkecuali pada dua titik yaitu TP1 dan TP2. Dua titik yang tidak melewati baku mutu diduga oleh letak titik yang sudah tertutup oleh *cover soil* dan memiliki kandungan *organic matter* yang rendah dibandingkan dengan titik yang lain. Persebaran Cu pada area TPA Gunung Tugel cukup merata, dengan kandungan yang tinggi, ini memperlihatkan bahwa kondisi TPA belum tertutup sepenuhnya oleh *cover soil* dan masih banyaknya masyarakat yang membuang sampah walaupun TPA telah ditutup. Untuk wilayah persawahan memiliki kandungan Cu yang tinggi pada titik SW6 dan juga ini diakibatkan dari kandungan *organic matter* yang tinggi, dan ini bisa dilihat pada tabel 3.1.

### 3.2.4 Hasil dan Analisis Logam Berat Cd pada Tanah TPA Gunung Tugel

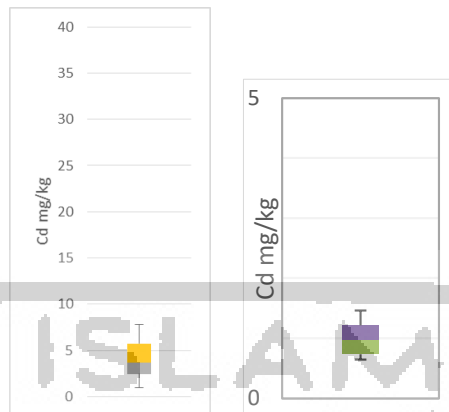
Bahan pencemar Kadmium (Cd) dapat berasal dari pembuangan limbah industri dan limbah pertambangan. Pengaruh akumulasi logam Kadmium pada manusia sangat serius, diantaranya adalah menyebabkan tekanan darah tinggi, kerusakan ginjal, kerusakan jaringan testikuler, dan kerusakan sel-sel darah merah (Achmad, 2004). Untuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS:

Tabel 3.4 Kandungan Cd pada TPA Gunung Tugel

No	Sampel	Conc Cd Ug/mL	Cd (mg/kg)
1	TPA 1	0.04	0.94
2	TPA 2	0.02	3.00
3	TPA 3	0.40	4.88

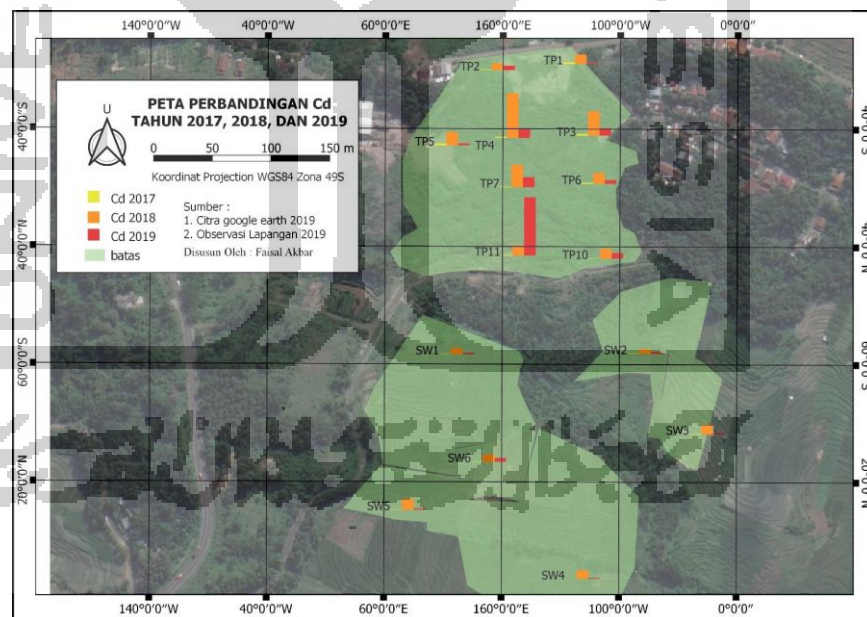
No	Sampel	Conc Cd Ug/mL	Cd (mg/kg)
4	TPA 4	0.25	5.75
5	TPA 5	0.07	1.36
6	TPA 6	0.07	2.46
7	TPA 7	0.28	6.57
10	TPA 10	0.19	3.69
11	TPA 11	1.50	37.46
<b>RATA-RATA</b>			<b>7.35</b>
1	SAWAH 1	0.05	0.87
2	SAWAH 2	0.05	1.26
3	SAWAH 3	0.04	0.64
4	SAWAH 4	0.04	0.68
5	SAWAH 5	0.04	1.05
6	SAWAH 6	0.04	2.44
<b>RATA-RATA</b>			<b>1.16</b>
1	K1	0.02	0.55
2	K2	0.04	0.81
<b>EPAA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>3</b>
<b>EPMC, 2015 (mg/kg)</b>			<b>0.6</b>

Dapat dilihat dari tabel 3.4 Bahwa kandungan Cd pada TPA Gunung Tugel sebagian besar telah melebihi baku mutu dengan rata-rata 7.35 mg/kg. Kandungan logam dalam tanah ini disebabkan tanah yang terkontaminasi sudah cukup lama dan kandungan logam beratnya terus menerus bertambah, sehingga senyawa organik yang ada telah mengalami degradasi. Oleh karena itu kandungan logam yang ada dalam tanah terjadi peningkatan (Hardiani, 2011). Terlihat pada sampel TPA 11 memiliki kadar Cd sebesar 37.46mg/kg. dengan perbandingan yang sangat jauh dibandingkan dengan sampel yang lain. Titik TPA 11 berupa tanah pasir dengan kondisi lokasi yang terletak pada dataran rendah dan memiliki kandungan *organic matter* yang tinggi. Sedangkan titik TPA 1 yang memiliki kandungan terkecil yaitu 0.94mg/kg terletak pada permukaan yang tinggi dan sudah tertutup sepenuhnya oleh *cover soil*. Pada tabel 3.4 kandungan Cd pada area persawahan hanya satu titik yang tidak melebihi baku mutu dari EPAA 2012 dan EPMC 2015 karna memiliki nilai yang kecil, sangat berbeda dengan kandungan Cd yang ada pada TPA. Kandungan Cd terbesar terdapat pada titik SW6 yaitu 2.44 mg/kg yang juga memiliki kondisi area permukaan yang rendah. Perbedaan hasil area persawahan dan TPA yang signifikan ini terjadi akibat kondisi sifat tanah yang berbeda serta tidak adanya limbah persampahan yang masuk kedalam tanah persawahan, logam berat yang muncul diarea persawahan diduga berasal dari penggunaan pupuk pada wilayah persawahan.



Gambar 3.6 Boxplot kandungan Cd pada TPA

Hasil perhitungan kandungan Cd dari data yang diperoleh keseluruhan pada TPA ditampilkan dalam bentuk boxplot untuk memudahkan melihat nilai yang didapat dari pengolahan data. Terlihat bahwa nilai Cd pada area TPA kebanyakan berada diangka 2mg/kg-6mg/kg. Dengan diagram diatas lebih terlihat jelas kandungan Cd dari data yang diperoleh keseluruhan pada area persawahan. Terlihat bahwa nilai Cd pada area Sawah kebanyakan berada diangka 0.5mg/kg-1.5mg/kg.



Gambar 3.7 Kandungan Cd pada TPA Gunung Tugel

Pada gambar 3.7 Menunjukkan persebaran dari logam Cd yang sebagian besar memiliki konsentrasi melebihi baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015. Ini menunjukkan persebaran logam berat yang dibawa oleh air limpasan dan lindi meunju permukaan yang lebih rendah dan diduga dari sampah yang masih ada pada

TPA dan pembakaran yang terjadi baik secara alami maupun buatan. Persebaran dari logam Cd pada wilayah persawahan juha memiliki konsentrasi diatas baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015, namun memiliki kandungan yang jauh lebih kecil dari TPA. Ini menunjukkan persebaran Cd yang ada pada TPA tidak mempengaruhi area persawahan, melainkan dari faktor lain seperti penggunaan pupuk dan kandungan organik pada tanah.

Perbedaan kandungan yang didapatkan dari penelitian tahun 2019 telah mengalami beberapa penurunan pada kandungan Cd baik di area persawahan maupun area TPA dibandingkan pada tahun 2017 dan 2018. Peningkatan hanya terjadi pada satu titik yaitu TP11. Untuk wilayah persawahan kandungan Cd terlihat lebih merata dari data penelitian dua tahun sebelumnya, bahkan lebih cenderung menurun. Perubahan konsentrasi Cd dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik dari musim, kedalaman tanah, dan jenis tanah yang diteliti. Namun kandungan Cd dari 3 tahun penelitian selalu melewati baku mutu.

### 3.2.5 Hasil dan Analisis Logam Berat Fe pada Tanah TPA Gunung Tugel

Logam berat besi (Fe) dapat ditemukan pada lapisan geologis maupun badan air. Logam besi (Fe) sangat dibutuhkan tubuh untuk pembentukan hemoglobin yang dikendalikan oleh fase adsorpsi. Namun dalam dosis yang besar, bersifat merusak dan dapat merusak dinding usus serta menyebabkan kematian (Slamet, 2004). Untuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS

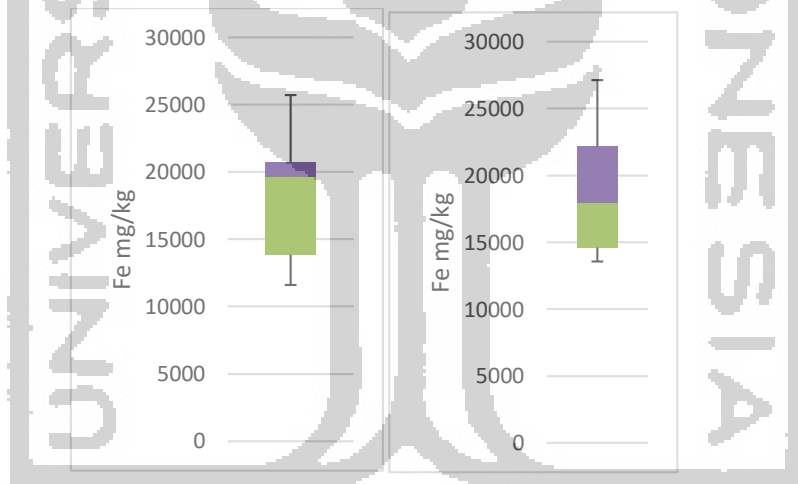
Tabel 3.5 Kandungan Fe pada TPA

No	Sampel	Conc Fe Ug/mL	Fe (mg/kg)
1	TPA 1	578.91	12922
2	TPA 2	514.20	20734
3	TPA 3	677.75	11605
4	TPA 4	646.52	16163
5	TPA 5	785.28	19632
6	TPA 6	554.97	13874
7	TPA 7	809.35	20234
10	TPA 10	908.44	22711
11	TPA 11	836.49	20912
<b>RATA-RATA</b>			<b>17643.08</b>
1	SAWAH 1	692.87	19246
2	SAWAH 2	934.32	16684
3	SAWAH 3	814.73	13579
4	SAWAH 4	1085.34	13915
5	SAWAH 5	877.28	23086
6	SAWAH 6	479.66	26648
<b>RATA-RATA</b>			<b>18859.72</b>
1	K1	893.228	16541

No	Sampel	Conc Fe Ug/mL	Fe (mg/kg)
2	K2	927.518	21080
USEPA, 2012 (mg/kg)			55000

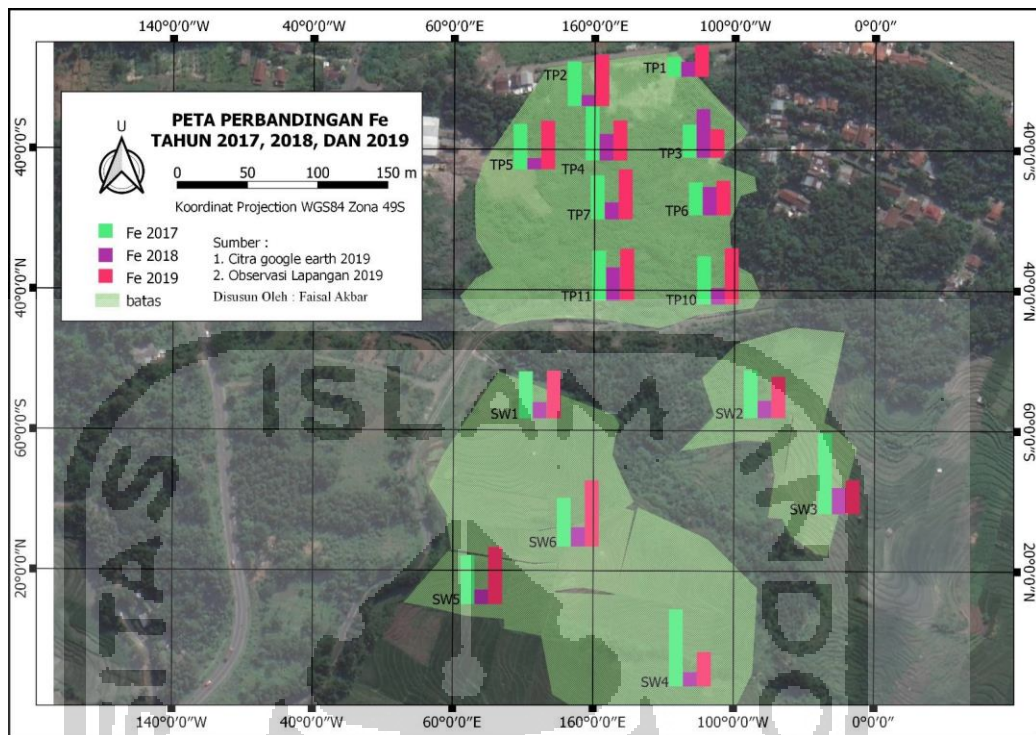
Pada tabel 3.5 kandungan Fe pada area TPA tidak ada yang melebihi baku mutu dari USEPA 2012 dengan memiliki kandungan yang masih jauh dari baku mutu. Namun walaupun belum melebihi baku mutu, tetapi data yang diperoleh sebagian besar menunjukkan kandungan Fe sudah hampir setengah dari baku mutu. Dan tidak menutup kemungkinan apabila tidak adanya tindak lanjut maka kadar Fe yang ada lama kelamaan akan semakin meningkat.

Pada tabel 3.5 kandungan Fe pada area Sawah tidak ada yang melebihi baku mutu dari USEPA 2012 dengan memiliki kandungan yang masih jauh dari baku mutu dibandingkan dari TPA. Dengan ini menunjukkan bahwa kandungan Fe yang ada pada area persawahan tidak mendapat pengaruh besar dari TPA.



Gambar 3.8 Boxplot Data Fe pada TPA

Dengan gambar 4.8 diatas lebih terlihat jelas kandungan Fe dari data yang diperoleh keseluruhan pada area TPA. Terlihat bahwa nilai Fe pada area TPA kebanyakan berada diangka 14000mg/km-20000mg/kg, dengan tidak adanya titik ekstrim yang menjadi pertimbangan nilai eror suatu hasil data. Dengan diagram diatas lebih terlihat jelas kandungan Fe dari data yang diperoleh keseluruhan pada area Sawah. Terlihat bahwa nilai Fe pada area Sawah kebanyakan berada diangka 14000mg/km-20000mg/kg, dengan tidak adanya titik ekstrim yang menjadi pertimbangan nilai eror suatu hasil



Gambar 3.9 Persebaran Fe pada TPA

Pada gambar 3.9 Menunjukkan persebaran dari logam Fe yang memiliki konsentrasi dibawah baku mutu USEPA 2012. Ini menunjukkan persebaran Fe yang ada pada TPA masih terhitung normal baik pada wilayah persawahan maupun wilayah TPA.

Perbandingan kandungan Fe dari 2 tahun sebelumnya terlihat tidak terlalu banyaknya perubahan. Untuk wilayah TPA terlihat ada beberapa peningkatan dan penurunan, tetapi kandungan tersebut hanya mengalami sedikit perubahan. Untuk wilayah persawahan kandungan Fe pada tiap tahun terlihat merata, bahkan terjadi peningkatan dari tahun sebelumnya walaupun peningkatan tersebut belum melewati baku mutu USEPA 2017.

### 3.2.6 Hasil dan Analisis Logam Berat Pb pada Tanah TPA Gunung Tugel

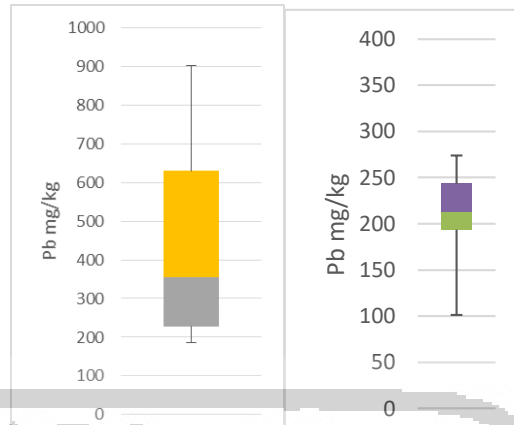
Timbal (Pb) mempunyai berat atom 207,21; berat jenis 11,34; bersifat lunak serta berwarna biru atau silver abu - abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4°C dan titik didih 1.620°C. Timbal termasuk logam berat "trace metals" karena mempunyai berat jenis lebih dari lima kali berat jenis air. Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu - batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena Timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Fardiaz, 2008).vUntuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS

Tabel 3.6 Kandungan Pb pada TPA



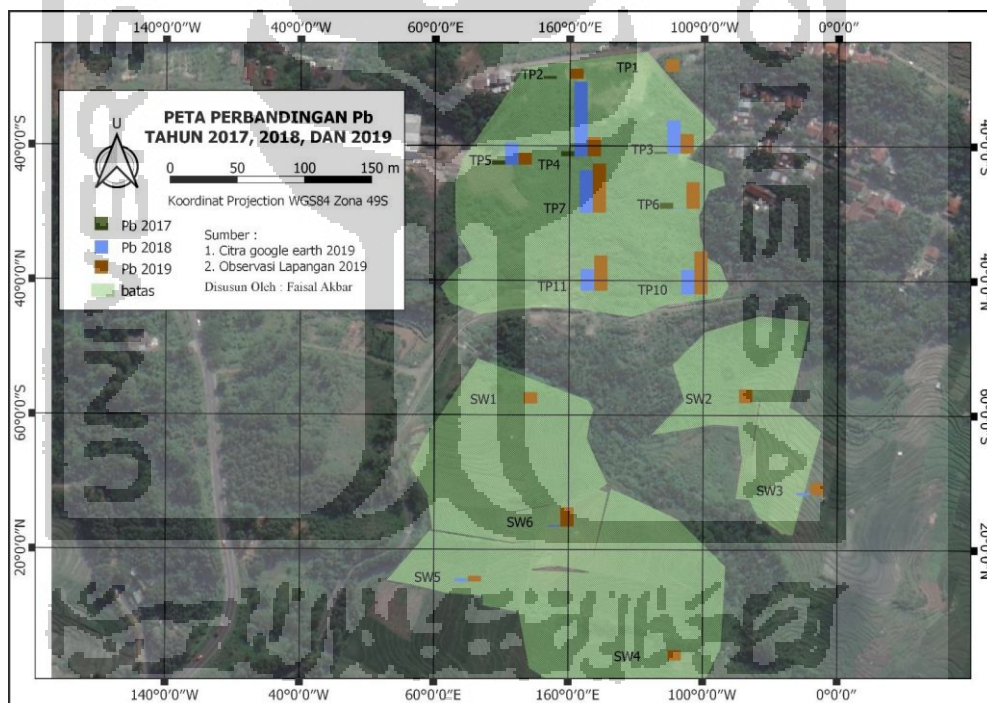
No	Sampel	Conc Pb Ug/mL	Pb (mg/kg)
1	TPA 1	10.2080	227.86
2	TPA 2	7.3960	184.90
3	TPA 3	20.8030	356.22
4	TPA 4	15.1290	343.84
5	TPA 5	10.8610	217.22
6	TPA 6	7.5970	474.81
7	TPA 7	36.9210	879.07
10	TPA 10	12.2660	766.63
11	TPA 11	25.1710	629.28
<b>RATA-RATA</b>			<b>453.31</b>
1	SAWAH 1	7.2970	202.69
2	SAWAH 2	10.5090	250.21
3	SAWAH 3	12.4670	222.63
4	SAWAH 4	7.2450	190.66
5	SAWAH 5	6.0900	101.50
6	SAWAH 6	6.1910	343.94
<b>RATA-RATA</b>			<b>218.61</b>
1	K1	7.396	136.96
2	K2	7.896	179.45
<b>EPAA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>300</b>
<b>EPMC, 2015 (mg/kg)</b>			<b>80</b>

Pada tabel 3.6 kandungan Pb pada area TPA secara keseluruhan melebihi baku mutu dari EPMC 2015 kecuali TP1, TP2, dan TP5 yang memiliki kandungan lebih rendah dari baku mutu EPAA 2012. Namun walaupun belum melebihi baku mutu, tetapi kandungan dari titik lainnya sudah jauh melewati baku mutu. Sehingga persebaran Pb pada area TPA sudah jelas akan semakin bertambah dan menyebar dengan luas. Ini diakibatkan dengan masih banyaknya masyarakat yang membuang sampah pada TPA Gunung Tugel walaupun TPA tersebut sudah ditutup, dengan masih banyaknya sampah yang belum tertutup mengakibatkan kandungan sampah non-organik yang dapat meningkatkan kandungan timbal semakin meningkat. Pada tabel 4.6 kandungan Pb pada area Sawah memiliki kandungan yang melebihi baku mutu dari EPAA 2012. Terkecuali satu titik yang memiliki kandungan Pb yang sangat tinggi dibandingkan dengan titik lainnya, yaitu SW6 dengan konsentrasi sebesar 343.94mg/kg, hal ini diduga dari kandungan organik pada tanah dan pemakaian pupuk yang mengakibatkan kandungan Pb pada titik SW6 sangat tinggi.



Gambar 3.10 Boxplot Data Pb pada TPA

Dengan gambar diatas lebih terlihat jelas kandungan Pb dari data yang diperoleh keseluruhan pada area Sawah. Terlihat bahwa nilai Pb pada area Sawah kebanyakan berada diangka 14000mg/km-20000mg/kg, dengan area Sawah kebanyakan berada diangka 200mg/km-250mg/kg, dengan tidak adanya ekstrim yang rendah.



Gambar 3.11 Persebaran Pb pada TPA

Pada gambar 3.11 Menunjukkan persebaran dari logam Pb yang memiliki konsentrasi diatas baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015. Ini menunjukkan persebaran Pb yang ada pada TPA sangat jelas terjadi, melihat kondisi TP2 dan TP1 yang memiliki permukaan tinggi dan ditutupi *cover soil* menjadikan kedua sampel ini memiliki kandungan Pb yang rendah, sedangkan titik lainnya yang memiliki permukaan yang rendah dan tidak terlalu tertutup oleh *cover soil* menjadikan sebagian besar sampel pada wilayah TPA memiliki kandungan Pb yang melebihi baku mutu.

Pada gambar 3.11 Menunjukkan persebaran dari logam Pb pada area persawahan yang memiliki konsentrasi diatas baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015, dengan SW6 yang menunjukkan kandungan Pb. Beberapa faktor yang bisa membuat SW6 melebihi baku mutu yang lain yaitu persebaran Pb dari TPA melalui air lindi yang masuk ke irigasi, dikarenakan beberapa titik yang lebih tinggi permukaannya dibandingkan SW6 seperti SW1 dan SW2 juga memiliki kandungan Pb melewati baku mutu namun tidak setinggi SW6. Faktor lainnya bisa juga dikarenakan efek dari pemakaian suatu pupuk.

Untuk perbedaan kandungan Pb dari penelitian tahun 2017 dan 2018 sebelumnya terlihat peningkatan yang cukup tinggi di beberapa titik pada wilayah TPA. Ini diduga masih belum sepenuhnya tertutup oleh *cover soil* dan masih banyak masyarakat yang membuang sampah pada TPA. Pada wilayah persawahan mengalami peningkatan yang cukup tinggi dibandingkan penelitian 2 tahun sebelumnya. Peningkatan dapat terjadi dari berbagai faktor, seperti bertambahnya sampah yang mengandung Pb, musim, dan kedalaman tanah saat pengambilan sampel.

### 3.2.7 Hasil dan Analisis Logam Berat Zn pada Tanah TPA Gunung Tugel

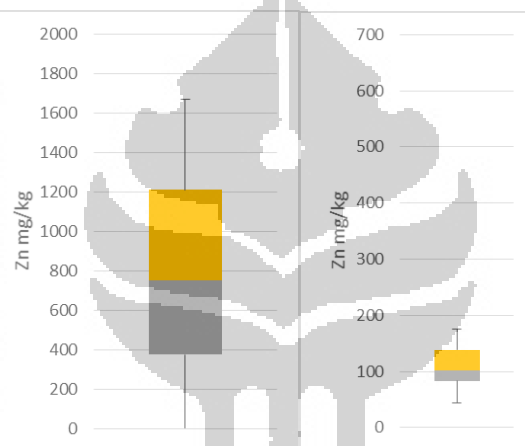
Logam berat seng (Zn) masuk dalam kelompok logam esensial. Sumber utama pemasukan logam Zn ke dalam lingkungan selain berasal dari proses tailing juga berasal dari buangan limbah rumah tangga yang mengandung logam Zn seperti korosi pipa air dan produk-produk konsumen (misalnya formula detergen) yang tidak diperhatikan sarana pembuangannya (Connel dan Al-Harisi 2008). Untuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS

Tabel 3.7 Kandungan Zn pada TPA

No	Sampel	Conc Zn Ug/mL	Zn (mg/kg)
1	TPA 1	13.57	302.90
2	TPA 2	0.62	25.00
3	TPA 3	108.98	1866.10
4	TPA 4	54.32	1234.55
5	TPA 5	19.97	399.40
6	TPA 6	14.91	532.50
7	TPA 7	46.07	1096.90
10	TPA 10	40.40	776.92
11	TPA 11	71.30	1782.50
<b>RATA-RATA</b>			<b>890.75</b>
1	SAWAH 1	5.62	104.07
2	SAWAH 2	26.73	636.43
3	SAWAH 3	5.58	99.64
4	SAWAH 4	2.65	44.17
5	SAWAH 5	2.96	77.89
6	SAWAH 6	2.70	150.00
<b>RATA-RATA</b>			<b>185.37</b>
1	K1	6.36	117.78
2	K2	3.63	82.50
<b>EPAA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>200</b>
<b>EPMC, 2015 (mg/kg)</b>			<b>300</b>

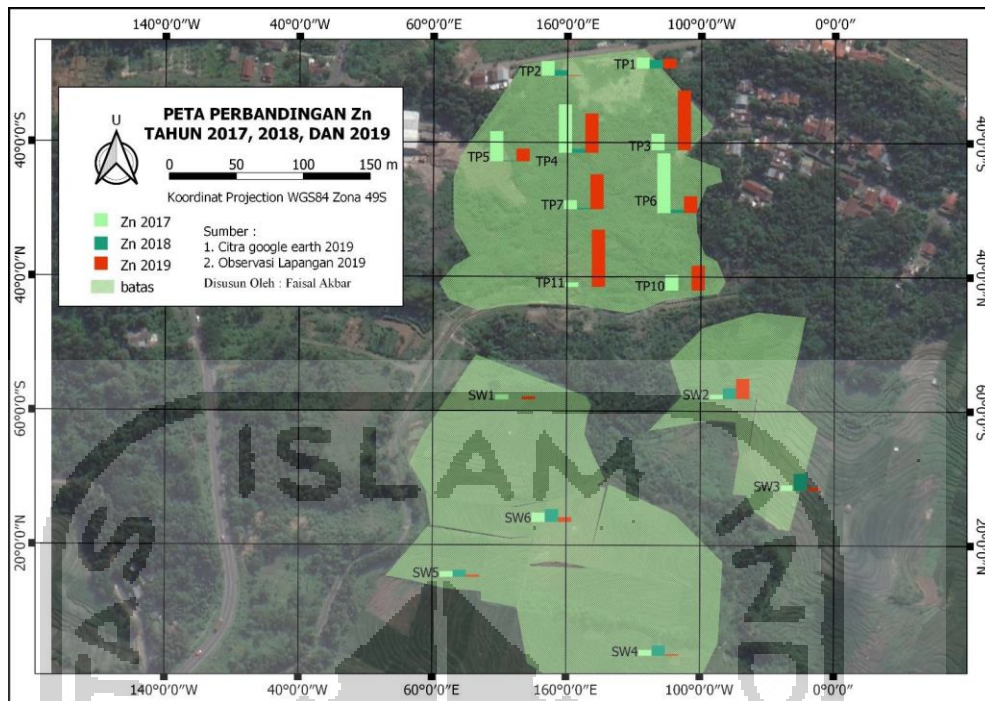
Pada tabel 3.17 kandungan Zn pada area TPA melebihi baku mutu dari EPAA 2012 dan EPMC 2015 dengan memiliki kandungan jauh dari baku mutu. Namun ada satu titik yang tidak melebihi baku mutu dan memiliki kandungan Zn yang sangat jauh dibandingkan dengan titik yang lain, yaitu TP2 dengan Zn sebesar 25 mg/kg. sangat jauh dibandingkan dengan kandungan Zn tertinggi yaitu titik TP3 dengan kandungan Zn sebesar 1866.1 mg/kg. ini diduga dari perbedaan kondisi pada tiap titik sampel, titik sampel yang tinggi dapat terjadi dikarenakan banyaknya kandungan limbah yang mengandung Zn seperti sisa kaleng, seng, dll.

Pada tabel 3.17 kandungan Zn pada area Sawah tidak ada yang melebihi baku mutu dari EPAA 2012 dan EPMC 2015 kecuali satu titik yaitu SW2 dengan kandungan Zn sebesar 636.43mg/kg. dengan ini bisa diperkirakan bahwa adanya persebaran kandungan Zn yang bisa diawali oleh satu titik. Dan kemungkinan dari SW2 terkontaminasi dapat dikarenakan air irigasi yang mengandung deterjen atau faktor lainnya.



Gambar 3.12 Boxplot Data Zn pada TPA

Dengan diagram diatas lebih terlihat jelas kandungan Zn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area TPA. Terlihat bahwa nilai Zn pada area TPA kebanyakan berada diangka 400mg/km-1200mg/kg, dengan adanya titik ekstrim yang rendah. Dengan diagram diatas lebih terlihat jelas kandungan Zn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area Sawah. Terlihat bahwa nilai Zn pada area Sawah kebanyakan berada diangka 80mg/kg- 130mg/kg, dengan adanya titik ekstrim keatas yang terdapat pada titik SW2.



Gambar 4.13 Persebaran Zn pada TPA

Pada gambar 3.13 Menunjukkan persebaran dari logam Zn yang memiliki konsentrasi diatas baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015. Dengan Hanya satu titik yang tidak melebihi baku mutu, yaitu titik TP2 dengan nilai sebesar 25mg/kg. dengan satu-satunya titik yang memiliki kandungan Zn terendah dan dengan kondisi permukaan yang tinggi serta sudah tertutup dengan *cover soil*, menjadikan titik SW2 memiliki kandungan Zn yang lebih rendah dibandingkan titik lain yang memiliki kadar Zn yang jauh melebihi baku mutu.

Pada gambar 3.13 Menunjukkan persebaran dari logam Zn yang memiliki konsentrasi dibawah baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015. Hanya ada satu titik yang melebihi baku mutu, yaitu titik SW2 dengan kandungan Zn sebesar 636.43mg/kg. Titik ini juga menjadi nilai ekstrim dalam pengolahan data kandungan Zn. SW2 yang terletak pada permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik yang lain pada persawahan menunjukkan bahwa adanya persebaran Zn yang berasal dari TPA atau bahkan faktor lainnya. Dengan kondisi SW2 yang berada diatas, dapat memungkinkan lama kelamaan area persawahan akan tercemar oleh Zn melalui aliran irigasi.

Untuk perbedaan kandungan Zn dari penelitian 2 tahun sebelumnya terlihat peningkatan yang cukup tinggi di beberapa titik pada wilayah TPA bahkan juga mengalami penurunan. Dikarenakan masih belum sepenuhnya tertutup oleh *cover soil* dan masih banyak masyarakat yang membuang sampah pada wilayah TPA. sedangkan untuk wilayah persawahan memiliki kandungan yang merata dengan penelitian 2 tahun sebelumnya, bahkan mengalami penurunan di beberapa titik. Penurunan tersebut terjadi dengan kemungkinan kondisi TPA yang sudah memiliki saluran untuk membawa aliran lindi dari TPA menuju area persawahan, dan peningkatan tersebut diduga dari air irigasi yang mengandung kandungan logam berat Zn.

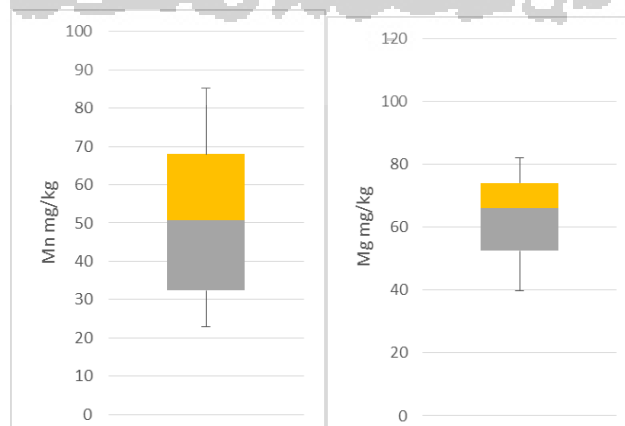
### 3.2.8 Hasil dan Analisis Logam Berat Mn pada Tanah TPA Gunung Tugel

Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi, mangan berada dalam bentuk manganous ( $Mn^{2+}$ ) dan manganik ( $Mn^{4+}$ ). Di dalam tanah, Mn berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida. Kadar mangan pada perairan alami sekitar 0,2 liter atau kurang, kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang dalam. Untuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS

Tabel 3.8 Kandungan Mn pada TPA

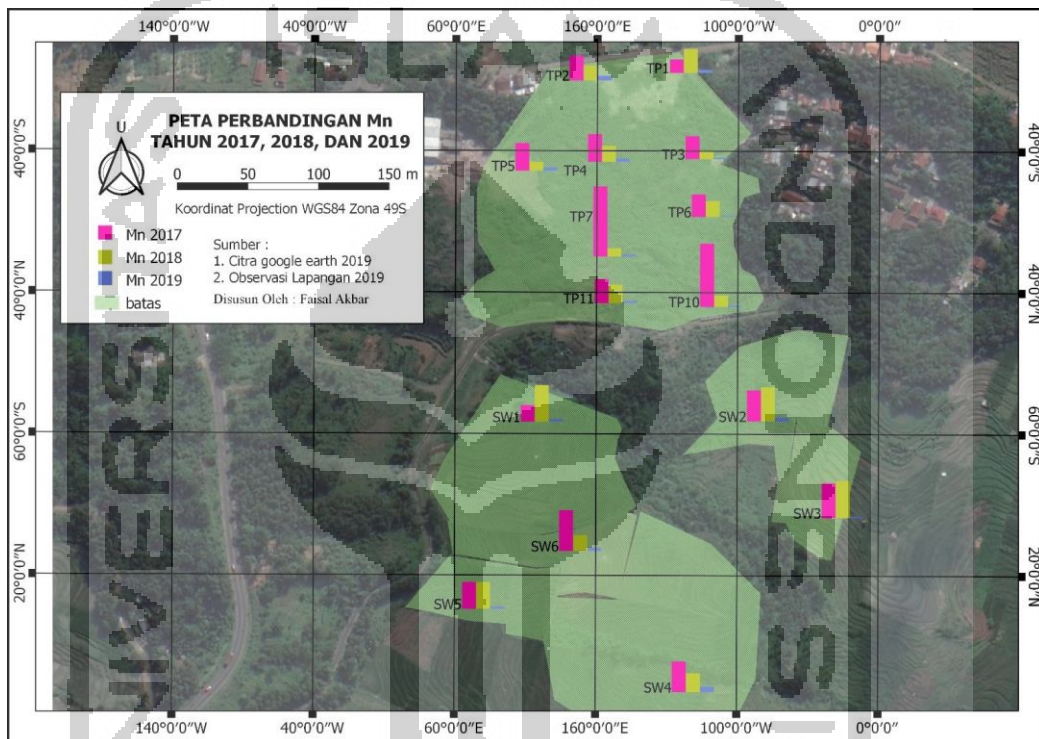
No	Sampel	Conc Mn Ug/mL	Mn (mg/kg)
1	TPA 1	0.29	64
2	TPA 2	0.23	93
3	TPA 3	0.19	32
4	TPA 4	0.27	68
5	TPA 5	0.28	69
6	TPA 6	0.09	23
7	TPA 7	0.19	46
10	TPA 10	0.13	32
11	TPA 11	0.20	51
<b>RATA-RATA</b>			<b>53.18</b>
1	SAWAH 1	0.32	59.78
2	SAWAH 2	0.31	74.57
3	SAWAH 3	0.22	39.89
4	SAWAH 4	0.63	105.50
5	SAWAH 5	0.19	50.00
6	SAWAH 6	0.13	72.44
<b>RATA-RATA</b>			<b>67.03</b>
1	K1	0.42	7.84
2	K2	0.37	8.37
<b>USEPA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>1800</b>

Pada tabel 3.8 kandungan Mn pada area TPA tidak ada yang melebihi baku mutu dari USEPA 2017 dengan memiliki kandungan yang masih jauh dari baku mutu. Dari sifat Mn yang memang terhitung jarang berada besar disuatu tanah dapat menjadikan suatu alasan dari kandungan Mn yang kecil pada wilayah TPA.



Gambar 3.14 Boxplot Data Mn pada TPA

Dengan gambar 3.14 di atas lebih terlihat jelas kandungan Mn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area TPA. Terlihat bahwa nilai Mn pada area TPA kebanyakan berada diangka 30mg/km-70mg/kg, dengan tidak adanya titik ekstrim yang menjadi pertimbangan nilai eror suatu hasil data. kandungan Mn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area Sawah. Terlihat bahwa nilai Mn pada area Sawah kebanyakan berada diangka 50mg/km-70mg/kg, dengan tidak adanya titik ekstrim yang menjadi pertimbangan nilai eror suatu hasil data.



Gambar 4.15 Persebaran Mn pada TPA

Pada gambar 4.15 Menunjukkan persebaran dari logam Mn yang memiliki konsentrasi dibawah baku mutu USEPA 2017. Ini menunjukkan persebaran Mn yang ada pada TPA masih dalam kondisi normal dan kecil. Persebaran dari logam Mn yang memiliki konsentrasi dibawah baku mutu USEPA 2017. Ini menunjukkan persebaran Mn yang ada pada Sawah masih dalam keadaan normal dan belum tercemar.

Untuk perbedaan kandungan Mn dari penelitian 2 tahun sebelumnya terlihat penurunan yang cukup tinggi di beberapa titik pada wilayah TPA. Penurunan ini terjadi karena pengambilan sampel dengan kedalaman yang berbeda, ini mengakibatkan kadar Mn yang terhitung pada tahun 2019 hanya kandungan yang berada pada lapisan tanah bagian atas. sedangkan untuk wilayah persawahan memiliki kandungan yang menurundengan penelitian 2 tahun sebelumnya. Penurunan tersebut terjadi dengan kemungkinan kondisi TPA yang sudah memiliki saluran untuk membawa aliran licid dari TPA menuju area persawahan.

### 3.3 Penilaian Potensi Resiko Lingkungan

. Penilaian potensi risiko lingkungan (PERI) diambil dari hasil rata-rata konsentrasi dari hasil uji laboratorium setiap parameter logam berat yang telah dibandingkan oleh baku mutu EPMC 2015, EPAA 2012 dan USEPA 2017, yang digunakan adalah baku mutu terkecil dari setiap parameter logam berat pada tanah. Serta peta sebaran logam berat yang terdeteksi potensi risiko lingkungan.

Penilaian potensi resiko lingkungan menggunakan tiga variable dasar yaitu: tingkat kontaminasi (CD), faktor respon toksik (TR) dan faktor potensi resiko lingkungan (ER) dan Berikut tabel 3.9 Penilaian potensi resiko lingkungan diklasifikasikan (X.Jiang, 2014) .

Tabel 3.9 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan

	<b>Tingkat Polusi</b>	<b>RI</b>	<b>Kelas Risiko</b>	<b>Tingkat Risiko</b>
$E_r^i < 30$	<i>Slight</i>	RI < 40	A	<i>Slight</i>
$30 \leq E_r^i < 60$	<i>Medium</i>	$40 \leq RI < 80$	B	<i>Medium</i>
$60 \leq E_r^i < 120$	<i>Strong</i>	$80 \leq RI < 160$	C	<i>Strong</i>
$120 \leq E_r^i < 240$	<i>Very Strong</i>	$160 \leq RI < 320$	D	<i>Very Strong</i>
$E_r^i \geq 240$	<i>Extremely Strong</i>	RI $\geq 320$	-	

Pada tabel 3.17 diketahui penilaian potensi risiko lingkungan dari tingkat polusi dan tingkat risiko. Tingkat polusi didapatkan dari hasil penjumlahan parameter tiap-tiap logam berat yang di analisa. Berbeda pada penjumlahan tingkat risiko dimana rata-rata setiap logam berat yang dianalisa akan ditambahkan keseluruhannya dan didapatkan nilai RI yaitu total index atau total nilai rata-rata keseluruhan logam berat yang di analisa. Tingkat risiko terbagi menjadi 5 kelas risiko yaitu :

1. Kelas A = *Slight* (konsentrasi logam pada lingkungan)
2. Kelas B = *Medium* (batas konsentrasi logam pada lingkungan)
3. Kelas C = *Strong* (berisiko terhadap lingkungan jangka panjang)
4. Kelas D = *Very Strong* (berbahaya untuk dikonsumsi pada tubuh makhluk hidup dan tumbuhan)

### 3.3.1 Penilaian Tingkat Polusi Lingkungan TPA Gunung Tugel Banyumas

Penilaian tingkat polusi pada area TPA dan persawahan perparameter logam berat didapatkan dari hasil kandungan logam berat yang telah dianalisis dan hasil yang didapat digunakan untuk mengetahui tingkat polusi di lokasi sampling dengan rumus berikut :

$$C_f^i = \frac{C^i}{C_n^i}$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_f^i$$

$$RI = \sum E_r^i$$



Dimana :

$C^i$  = Konsentrasi Logam Berat Tiap Titik Sampling

$C_n^i$  = Baku Mutu Logam Berat

$C_f^i$  = Koefisien Pencemar Logam Berat

$T_r^i$  = Faktor Toxic Biologis (Cd=30, Cr=2, Cu=5, Pb=5, Zn=1) Fe=Mn diasumsikan =1

$E_r^i$  = Index Potensi Resiko Lingkungan

RI = Total Index Potensi Resiko Lingkungan

Contoh :

Diambil hasil analisis konsentrasi logam berat kadmium Cd pada titik sampel 1 area TPA :

Diketahui  $C^i = 6,15$  Maka :  $C_f^i = \frac{6,15 \text{ mg/kg}}{0,6 \text{ mg/kg}} = 10,25$   
 $C_n^i = 0,6 \text{ mg/kg}$   $E_r^i = 30 \times 10,25 = 307,65$   
 $T_r^i = 30 \text{ (Cd)}$

Tabel 3.10 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Cd

No Sampel	X	Y	C <sub>i</sub>	C <sub>n</sub> <sup>i</sup>	C <sub>f</sub> <sup>i</sup>	T <sub>r</sub> <sup>i</sup>	E <sub>r</sub> <sup>i</sup>	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	0.94	0.60	1.56	30	46.88	Medium
TPA 2	305805	9174251	3.00	0.60	5.00	30	150.00	Very Strong
TPA 3	305876	9174193	4.88	0.60	8.13	30	243.90	Extremely Strong
TPA 4	305815	9174190	5.75	0.60	9.58	30	287.50	Extremely Strong
TPA 5	305753	9174191	1.36	0.60	2.27	30	68.00	Medium
TPA 6	305874	9174132	2.46	0.60	4.11	30	123.21	Very Strong
TPA 7	305813	9174132	6.57	0.60	10.95	30	328.57	Extremely Strong
TPA 10	305873	9174073	3.69	0.60	6.15	30	184.62	Very Strong
TPA 11	305813	9174070	37.46	0.60	62.43	30	1,872.75	Extremely Strong
Rata-rata							367.27	Extremely Strong
SAWAH 1	305656	9173709	0.87	0.60	1.45	30	43.52	Medium
SAWAH 2	305815	9173781	1.26	0.60	2.10	30	63.10	Medium
SAWAH 3	305777	9173934	0.64	0.60	1.07	30	32.14	Medium
SAWAH 4	306066	9173941	0.68	0.60	1.14	30	34.17	Medium
SAWAH 5	306180	9173746	1.05	0.60	1.75	30	52.63	Medium
SAWAH 6	305973	9173620	2.44	0.60	4.07	30	122.22	Very Strong
Rata-rata							57.96	Extremely Strong

Tabel 3.11 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Cr

No Sampel	X	Y	C <sub>i</sub>	C <sub>n</sub> <sup>i</sup>	C <sub>f</sub> <sup>i</sup>	T <sub>r</sub> <sup>i</sup>	E <sub>r</sub> <sup>i</sup>	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	14.87	50	0.30	2	0.59	Slight
TPA 2	305805	9174251	14.92	50	0.30	2	0.60	Slight
TPA 3	305876	9174193	17.33	50	0.35	2	0.69	Slight
TPA 4	305815	9174190	10.05	50	0.20	2	0.40	Slight
TPA 5	305753	9174191	8.12	50	0.16	2	0.32	Slight
TPA 6	305874	9174132	13.88	50	0.28	2	0.56	Slight
TPA 7	305813	9174132	7.40	50	0.15	2	0.30	Slight
TPA 10	305873	9174073	13.25	50	0.27	2	0.53	Slight
TPA 11	305813	9174070	17.77	50	0.36	2	0.71	Slight
Rata-rata							0.52	Slight
SAWAH 1	305656	9173709	5.47	50	0.11	2	0.22	Slight
SAWAH 2	305815	9173781	15.93	50	0.32	2	0.64	Slight
SAWAH 3	305777	9173934	14.68	50	0.29	2	0.59	Slight
SAWAH 4	306066	9173941	15.15	50	0.30	2	0.61	Slight
SAWAH 5	306180	9173746	24.36	50	0.49	2	0.97	Slight
SAWAH 6	305973	9173620	26.22	50	0.52	2	1.05	Slight
Rata-rata							0.68	Slight

Tabel 3.12 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Cu

No Sampel	X	Y	C <sub>i</sub>	C <sub>n</sub> <sup>i</sup>	C <sub>f</sub> <sup>i</sup>	T <sub>r</sub> <sup>i</sup>	E <sub>r</sub> <sup>i</sup>	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	46.88	50	0.94	5	4.69	Slight

TPA 2	305805	9174251	25.00	50	0.50	5	2.50	<i>Slight</i>
TPA 3	305876	9174193	472.60	50	9.45	5	47.26	<i>Medium</i>
TPA 4	305815	9174190	200.00	50	4.00	5	20.00	<i>Slight</i>
TPA 5	305753	9174191	434.00	50	8.68	5	43.40	<i>Medium</i>
TPA 6	305874	9174132	487.50	50	9.75	5	48.75	<i>Medium</i>
TPA 7	305813	9174132	204.76	50	4.10	5	20.48	<i>Slight</i>
TPA 10	305873	9174073	425.00	50	8.50	5	42.50	<i>Medium</i>
TPA 11	305813	9174070	440.00	50	8.80	5	44.00	<i>Medium</i>
Rata-rata							30.40	<i>Slight</i>
SAWAH 1	305656	9173709	59.26	50	1.19	5	5.93	<i>Slight</i>
SAWAH 2	305815	9173781	33.33	50	0.67	5	3.33	<i>Slight</i>
SAWAH 3	305777	9173934	21.43	50	0.43	5	2.14	<i>Slight</i>
SAWAH 4	306066	9173941	40.00	50	0.80	5	4.00	<i>Slight</i>
SAWAH 5	306180	9173746	163.16	50	3.26	5	16.32	<i>Slight</i>
SAWAH 6	305973	9173620	327.78	50	6.56	5	32.78	<i>Medium</i>
Rata-rata							10.75	<i>Slight</i>

Tabel 3.13 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Fe

No Sampel	X	Y	C <sub>i</sub>	$\frac{C_n^i}{55000}$	$\frac{C_f^i}{0.23}$	$\frac{T_r^i}{1}$	$\frac{E_r^i}{0.23}$	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	12,922	55000	0.23	1	0.23	<i>Slight</i>
TPA 2	305805	9174251	20,734	55000	0.38	1	0.38	<i>Slight</i>
TPA 3	305876	9174193	11,605	55000	0.21	1	0.21	<i>Slight</i>
TPA 4	305815	9174190	16,163	55000	0.29	1	0.29	<i>Slight</i>
TPA 5	305753	9174191	19,632	55000	0.36	1	0.36	<i>Slight</i>
TPA 6	305874	9174132	13,874	55000	0.25	1	0.25	<i>Slight</i>
TPA 7	305813	9174132	20,234	55000	0.37	1	0.37	<i>Slight</i>
TPA 10	305873	9174073	22,711	55000	0.41	1	0.41	<i>Slight</i>
TPA 11	305813	9174070	20,912	55000	0.38	1	0.38	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.32	<i>Slight</i>
SAWAH 1	305656	9173709	19246	55000	0.35	1	0.35	<i>Slight</i>
SAWAH 2	305815	9173781	16684	55000	0.30	1	0.30	<i>Slight</i>
SAWAH 3	305777	9173934	13579	55000	0.25	1	0.25	<i>Slight</i>
SAWAH 4	306066	9173941	13915	55000	0.25	1	0.25	<i>Slight</i>
SAWAH 5	306180	9173746	23086	55000	0.42	1	0.42	<i>Slight</i>
SAWAH 6	305973	9173620	26648	55000	0.48	1	0.48	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.34	<i>Slight</i>

Tabel 3.14 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Mn

No Sampel	X	Y	C <sub>i</sub>	$\frac{C_n^i}{1800}$	$\frac{C_f^i}{0.04}$	$\frac{T_r^i}{1}$	$\frac{E_r^i}{0.04}$	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	64.49	1800	0.04	1	0.04	<i>Slight</i>
TPA 2	305805	9174251	92.62	1800	0.05	1	0.05	<i>Slight</i>

TPA 3	305876	9174193	32.35	1800	0.02	1	0.02	<i>Slight</i>
TPA 4	305815	9174190	67.98	1800	0.04	1	0.04	<i>Slight</i>
TPA 5	305753	9174191	69.15	1800	0.04	1	0.04	<i>Slight</i>
TPA 6	305874	9174132	22.88	1800	0.01	1	0.01	<i>Slight</i>
TPA 7	305813	9174132	46.43	1800	0.03	1	0.03	<i>Slight</i>
TPA 10	305873	9174073	32.05	1800	0.02	1	0.02	<i>Slight</i>
TPA 11	305813	9174070	50.70	1800	0.03	1	0.03	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.03	<i>Slight</i>
SAWAH 1	305656	9173709	59.78	1800	0.03	1	0.03	<i>Slight</i>
SAWAH 2	305815	9173781	74.57	1800	0.04	1	0.04	<i>Slight</i>
SAWAH 3	305777	9173934	39.89	1800	0.02	1	0.02	<i>Slight</i>
SAWAH 4	306066	9173941	105.50	1800	0.06	1	0.06	<i>Slight</i>
SAWAH 5	306180	9173746	50.00	1800	0.03	1	0.03	<i>Slight</i>
SAWAH 6	305973	9173620	72.44	1800	0.04	1	0.04	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.04	<i>Slight</i>

Tabel 3.15 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Pb

No Sampel	X	Y	Ci	$C_n^i$	$C_f^i$	$T_r^i$	$E_r^i$	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	227.86	80	2.85	5	14.24	<i>Slight</i>
TPA 2	305805	9174251	184.90	80	2.31	5	11.56	<i>Slight</i>
TPA 3	305876	9174193	356.22	80	4.45	5	22.26	<i>Slight</i>
TPA 4	305815	9174190	343.84	80	4.30	5	21.49	<i>Slight</i>
TPA 5	305753	9174191	217.22	80	2.72	5	13.58	<i>Slight</i>
TPA 6	305874	9174132	474.81	80	5.94	5	29.68	<i>Slight</i>
TPA 7	305813	9174132	879.07	80	10.99	5	54.94	<i>Medium</i>
TPA 10	305873	9174073	766.63	80	9.58	5	47.91	<i>Medium</i>
TPA 11	305813	9174070	629.28	80.0	7.87	5	39.33	<i>Slight</i>
Rata-rata							28.33	<i>Slight</i>
SAWAH 1	305656	9173709	202.69	80	2.53	5	12.67	<i>Slight</i>
SAWAH 2	305815	9173781	250.21	80	3.13	5	15.64	<i>Slight</i>
SAWAH 3	305777	9173934	222.63	80	2.78	5	13.91	<i>Slight</i>
SAWAH 4	306066	9173941	190.66	80	2.38	5	11.92	<i>Slight</i>
SAWAH 5	306180	9173746	101.50	80	1.27	5	6.34	<i>Slight</i>
SAWAH 6	305973	9173620	343.94	80	4.30	5	21.50	<i>Slight</i>
Rata-rata							13.66	<i>Slight</i>

Tabel 3.16 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Zn

No Sampel	X	Y	Ci	$C_n^i$	$C_f^i$	$T_r^i$	$E_r^i$	Tingkat Polusi
TPA 1	305876	9174255	302.90	200	1.51	1	1.51	<i>Slight</i>
TPA 2	305805	9174251	25.00	200	0.13	1	0.13	<i>Slight</i>
TPA 3	305876	9174193	1,866.10	200	9.33	1	9.33	<i>Slight</i>
TPA 4	305815	9174190	1,234.55	200	6.17	1	6.17	<i>Slight</i>

TPA 5	305753	9174191	399.40	200	2.00	1	2.00	<i>Slight</i>
TPA 6	305874	9174132	532.50	200	2.66	1	2.66	<i>Slight</i>
TPA 7	305813	9174132	1,096.90	200	5.48	1	5.48	<i>Slight</i>
TPA 10	305873	9174073	776.92	200	3.88	1	3.88	<i>Slight</i>
TPA 11	305813	9174070	1,782.50	200	8.91	1	8.91	<i>Slight</i>
Rata-rata							4.45	<i>Slight</i>
SAWAH 1	305656	9173709	104.07	200	0.52	1	0.52	<i>Slight</i>
SAWAH 2	305815	9173781	636.43	200	3.18	1	3.18	<i>Slight</i>
SAWAH 3	305777	9173934	99.64	200	0.50	1	0.50	<i>Slight</i>
SAWAH 4	306066	9173941	44.17	200	0.22	1	0.22	<i>Slight</i>
SAWAH 5	306180	9173746	77.89	200	0.39	1	0.39	<i>Slight</i>
SAWAH 6	305973	9173620	150.00	200	0.75	1	0.75	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.93	<i>Slight</i>

Tabel diatas merupakan hasil hitungan tingkat polusi perparameter logam berat yang dianalisis, didapatkan hasil rata-rata  $E_r^i$  dan akan dijumlahkan untuk menilai potensi risiko lingkungan. Diketahui polusi yang berdampak terhadap lingkungan terdapat pada pencemar logam berat kadmium (Cd) yang diakibatkan sampah industri yang terdapat disetiap titik sampel berakibat polusi pada area penelitian dan kandungan tanah urugan untuk TPA dan persawahan mengandung logam berat kadmium (Cd).

### 3.3.2 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan Area TPA

Dapat dilihat pada tabel 4.17 menggunakan metode PERI untuk menilai potensi risiko lingkungan pada area TPA.

Tabel 4.17 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan Area TPA

Logam berat	Rata-rata Konsentrasi	Konsentrasi minimum	Konsentrasi Maksimum	$E_r^i$	$E_r^i$	
				Rata-rata	Minimum	Maksimum
Cd	7.35	0.94	37.46	367.27	46.88	1872.75
Cr	13.06	7.40	74.14	0.52	0.30	0.71
Cu	303.97	19.67	487.50	30.40	2.50	48.75
Fe	17643.08	11605.32	22710.96	0.32	0.21	0.41
Mn	53.18	22.88	64.49	0.03	0.01	0.04
Pb	453.31	184.90	879.07	28.33	11.56	54.94
Zn	890.75	25.00	1866.10	4.45	0.13	9.33
RI				61.62	8.80	283.85

Berdasarkan tabel 4.17 penilaian potensi risiko lingkungan, nilai rata-rata setiap parameter logam berat masih berada dibawah angka 30 kecuali logam berat kadmium (Cd) yang memiliki rata-rata 367.27 sehingga tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) pada area TPA mendapatkan tingkat polusi *extremely strong*. Dapat disimpulkan tingkat polusi

konsentrasi logam berat (Cd) pada area TPA sangat berbahaya. Sedangkan nilai RI yang didapatkan dari hasil rata-rata konsentrasi setiap parameter logam berat yang dijumlahkan memiliki nilai sebesar 61.62 mendapatkan tingkat *medium* dengan kelas risiko B pada potensi risiko lingkungan di area TPA. Sehingga dapat disimpulkan konsentrasi logam berat pada area TPA dengan nilai konsentrasi rata-rata seluruh parameter yang dianalisis RI kelas risiko B sebesar 61.62 dengan tingkat *medium*. Namun dengan menggunakan nilai konsentrasi maksimum logam berat memiliki nilai RI sebesar 283.85 dengan tingkat risiko *very strong* kelas risiko D. Hal ini disebabkan tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) sangat tinggi dan berbahaya, sehingga parameter konsentrasi logam berat yang dianalisis menjadi tinggi. Berdasarkan hitungan pada tabel dapat diurutkan parameter logam berat pada area TPA memiliki nilai index terbesar sampai terkecil yaitu, Cd, Pb, Cu, Cr, Zn, Mn, Fe, sehingga diketahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pencemar yang memiliki tingkat risiko yang besar. Dapat dilihat pada lampiran 1 detail perhitungan nilai potensi risiko lingkungan secara detail.

### 3.3.3 Penilaian Potensi Resiko Lingkungan Area Persawahan

Dapat dilihat pada tabel 4.18 menggunakan metode PERI untuk menilai potensi risiko lingkungan pada area persawahan.

Tabel 4.18 Penilaian Potensi Risiko Lingkungan Area Persawahan

Logam berat	Rata-rata Konsentrasi	Konsentrasi minimum	Konsentrasi Maksimum	$E_r^i$	$E_r^i$	$E_r^i$
				Rata-rata	Minimum	Maksimum
Cd	1.16	0.64	2.44	57.96	32.14	122.22
Cr	16.97	5.47	26.22	0.68	0.22	1.05
Cu	107.49	21.43	327.78	10.75	2.14	32.78
Fe	18859.72	479.66	1085.34	0.34	0.25	0.48
Mn	67.03	72.44	105.50	0.04	0.04	0.06
Pb	218.61	101.50	343.94	13.66	6.34	21.50
Zn	185.37	44.17	636.43	0.93	0.22	3.18
RI				12.05	5.91	25.90

Berdasarkan tabel 4.18 penilaian potensi risiko lingkungan, nilai rata-rata setiap parameter logam berat masih berada dibawah angka 30 kecuali logam berat kadmium (Cd) yang memiliki rata-rata 57.96 sehingga tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) pada area persawahan mendapatkan tingkat polusi *medium*. Dapat disimpulkan tingkat polusi konsentrasi logam berat (Cd) pada area Sawah masih di batas normal. Sedangkan nilai RI yang didapatkan dari hasil rata-rata konsentrasi setiap parameter logam berat yang dijumlahkan memiliki nilai sebesar 12.05 mendapatkan tingkat *slight* dengan kelas risiko A pada potensi risiko lingkungan di area persawahan. Sehingga dapat disimpulkan konsentrasi logam berat pada area prsawahan dengan nilai konsentrasi rata-rata seluruh parameter yang dianalisis RI kelas risiko A sebesar 12.05 dengan tingkat *slight*. Namun dengan menggunakan nilai

konsentrasi maksimum logam berat memiliki nilai RI sebesar 25.90 dengan tingkat risiko *medium* kelas risiko B. Hal ini disebabkan tingkat polusi logam berat kadmium (Cd) sangat tinggi dan berbahaya, sehingga parameter konsentrasi logam berat yang dianalisis menjadi tinggi. Berdasarkan hitungan pada tabel 4.26 dapat diurutkan parameter logam berat pada area TPA memiliki nilai index terbesar sampai terkecil yaitu, Cd, Cu, Zn, Cr, Pb, Mn, Fe, sehingga diketahui konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pencemar yang memiliki tingkat risiko yang besar.

#### 4 KESIMPULAN

Kesimpulan Dari hasil penelitian logam berat pada tanah landfill dan sawah di Gunung Tugel Banyumas diketahui kandungan logam berat yang tertinggi dan berpotensi sebagai resiko pencemaran lingkungan adalah Cd. Kandungan Cd memiliki konsentrasi yang tinggi pada wilayah TPA dibandingkan dengan persawahan, ini diduga dari TPA Gunung Tugel yang telah ditutup, tetapi masih ada masyarakat yang membuang sampah pada wilayah TPA tersebut. Dari penelitian sebelumnya terdapat perbedaan pada setiap kandunga logam berat, dengan kandungan yang meningkat pada wilayah TPA, dan menurun pada wilayah persawahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Sehah dan Wahyu T. C., 2009. Pengujian Daya Hantar Listrik Air Tanah di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir Gunung Tugel Kabupaten Banyumas Menggunakan Prinsip Jembatan Wheatstone. Molekul. Vol. 4. No. 1.
- Soemirat J. 1999. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Suther I. M., Rissik D. 2008. Plankton: A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality. Collingwood: CSIRO.
- Alloway, B. J. 1995. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, London, UK, 2nd edition.
- Cointreau, S., 2006. Occupational and Environmental Health Issues of Solid Waste Manegement; Special Emphasis on Middle and Lower-income Countries, world Bank, Washington, Dc.
- Darmono. Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), 1995.
- Ernawan, Danang. “Pengaruh Penggenangan dan Konsentrasi Timbal (Pb) Terhadap Pertumbuhan dan Serapan Pb *Azolla microphylla* pada Tanah Berkarakter Kimia Berbeda”. Skripsi. Surakarta: Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2010.
- Rismawati, S. Ike. “Fitoremediasi Tanah Tercemar Zn Menggunakan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*)” ITS Jurnal (2011): 7-14.
- Nur Syamsidar, 2016. ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TANAH PEMBUANGAN LIMBAH INDUSTRI NON-PANGAN DI KABUPATEN GOWA. UIN ALAUDDIN MAKASSAR.

- Novandi R, Rita Hayati, Titin Anita Zahara, 2010, Remediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor* L.) Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Astya Jayanti Kurnia Santoso, MDE Purnomo, Sumaryoto, 2016. TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) KALIORI SEBAGAI WISATA EDUKASI DI KABUPATEN BANYUMAS DENGAN PENEKANAN DESAIN PADA PENGOLAHAN SEKUEN RUANG. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Brady, James E. 1990. *General Chemistry*. Edition, John Wiley&Sons. New york.
- Brent L. Balentine, 1995, *Permissible Limits For Metals*, <http://www.occ.state.ok.us/Divisions/OG/ogtaxapp/OG-Guardian/metals-limits.pdf>.
- Environment Protection Authority of Australia. 2012. *Classification and management of contaminated soil for disposal. Information Bulletin 105*. Hobart, TAS 7001 Australia.
- Environmental Protection Ministry of China (EPMC). 2015. *Standards of soil environmental quality of agricultural land*. Huangbanhang 69: Office of Environmental Protection Ministry of China, Beijing, China.
- Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Hakanson, L. *An Ecological Risk Index For Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach*, *Water Res.*, 14, 975-1001, doi: 10.1018/0043-1354(80)90143-8,1980.
- Chen Q, Ma K. Effects of *Spartina alterniflora* invasion on enrichment of sedimental heavy metals in a man-grove wetland and the underlying mechanisms. *Chinese J Plant Ecology*. 2017; 41(4):409–417. [https://doi.org/10.17521/cjpe.2016.0338\\_9](https://doi.org/10.17521/cjpe.2016.0338_9).
- Zhang H, Liu Y, Qi D, Wang Y, Hou L. Pollution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in the surface layer sediments of Yangzonghai lakeside wetland. *J Yunnan Univ*. 2017, 39(3), 494–506. [https://doi.org/10.7540/j.ynu.20160328\\_10](https://doi.org/10.7540/j.ynu.20160328_10).
- Liang J, Liu J, Yuan X, Zeng G, Yuan Y, Wu H, et al. A method for heavy metal exposure risk assessment to migratory herbivorous birds and identification of priority pollutants/areas in wetlands. *Environ Sci Pollut Res*. 2016; 23:11806–11813. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6372-3> PMID: 26948971
- Konova, M. M. 1966. *Soil Organic Matter*. Persemon Press. London. England.
- Mifbakhuddin, Salawati, Kasmudi. 2010. *Gambaran Pengelolaan Rumah Tangga Tinjauan Aspek Pendidikan, Pengetahuan, dan Pendapatan Perkapita di RT 6 RW 1 Kelurahan Pedurungan Tengah Semarang*. Semarang: Fakultas Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Nabholz, J.V. Environmental hazard and risk assessment under the United States Toxic Substances Control Act, *Sci. Total Environ.*,109,649-665, doi: 10.1016/0048-9697(91)90218-4, 1991.Pickering, W.F. 1980. *Zinc interaction with soil and sediment compnents*. In Nriagu JO. (Ed.): *Zinc in the environment-Part 1: Ecological cycling*. John Wiley & Sons, New York, USA pp 72-112.
- Pudyawardhana, Christina. 2006. *Optimalisasi Ruang Pembuangan Sampah Akhir TPA Gunung Tugel*. Purwokerto.
- Redana, I.W, 2011, *Mekanika Tanah*, Undayana University Press, Bali.



- Rika Pratiwi Wulandari. 2014. *Manajemen Pengelolaan Sampah di Tempat Pemrosesan Akhir Sampah (TPA) Ganet Pada Kantor Dinas Tata Kota Kebersihan Pertamanan dan Pemakaman Kota Tanjung Pinang*. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Royadi. 2006. *Analisis Pemanfaatan TPA Sampah Pasca Operasi Berbasis Masyarakat (Studi Kasus TPA Bantar Gebang Bekasi)*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, Bogor.
- Slamet Santoso S.P, Sri Lestari, dan Dwi Sunu Windyartini. 2010. *Biosorpsi Kadmium Pada Leacheate TPA Gunung Tugel Menggunakan Biomassa Sargassum Cinerum*. Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman.
- SNI 13-6974-2003, Penentuan kadar Pb, Cu, Zn, Fe, Mn, dan Cd dengan spektrofotometer serapan atom (SSA).
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). 2017 *Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites*. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C
- X. Jiang, W.X. Lu, H.Q. Zhao, Q.C. Yang, Z.P. Yang, 2014, *Potential Ecological Risk Assessment And Prediction Of Soil Heavy-Metal Pollution Around Coal Gangue Dump*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 1599–1610.

