

## **BAB IV**

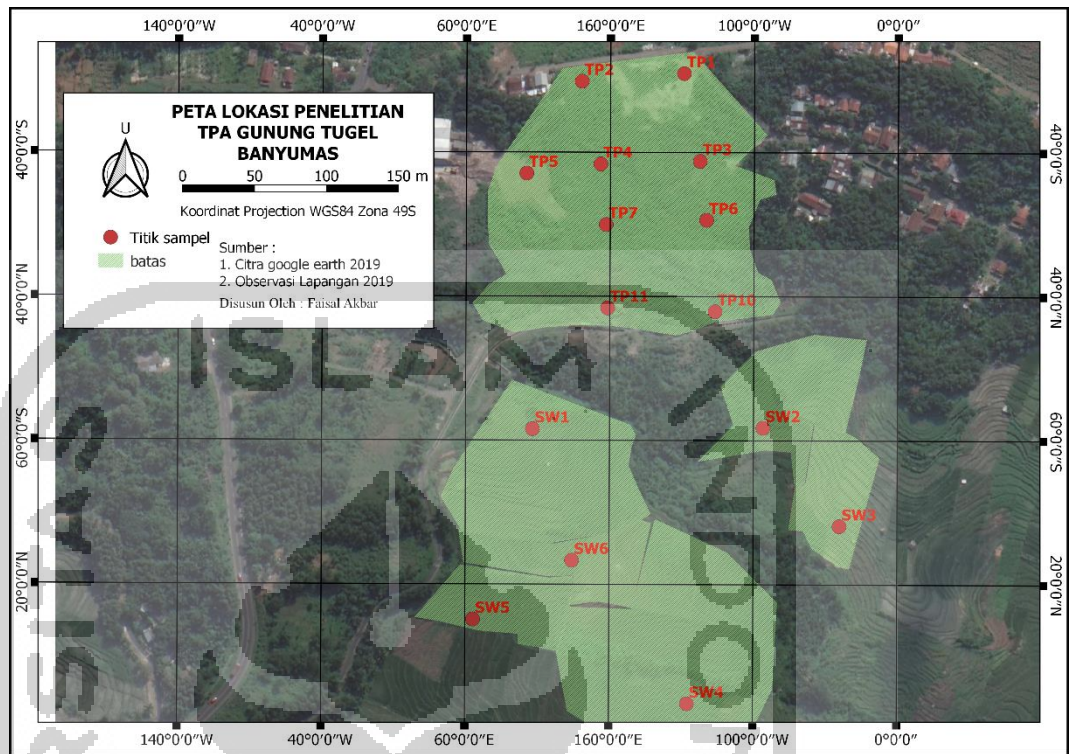
### **HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA**

#### **4.1 Kondisi Eksisting Lokasi Penelitian**

TPA Gunung Tugel berlokasi di Desa Kedungrandu, Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas. TPA ini didirikan pada tahun 1983 dengan luas sekitar 5 hektar. TPA Gunung Tugel mampu menampung sampah organik maupun anorganik sebanyak 282 m<sup>3</sup> per hari yang sebagian besar berasal dari rumah tangga, industri, dan pasar (Pudyawardhana, 2006).

TPA Gunung Tugel secara geologis berlokasi di atas cekungan dengan struktur batuan yang disebut formasi Tapak. Formasi Tapak terdiri dari lapisan batuan pasir yang butirannya kasar berwarna kehijauan dan batuan konglomerat yang bercampur batuan breksi andesit lokal di bagian bawah, sedangkan bagian atasnya berupa batuan pasir gampingan dan napal berwarna hijau yang bercampur dengan kepingan molusca. Formasi Tapak di lokasi seperti ini diperkirakan memiliki kedalaman hingga 500 meter. Oleh karena itu, air tanah yang telah tercemar oleh air lindi dapat masuk ke dalam sumur penduduk terutama yang berada di dalam formasi Tapak ini (Sehah, 2009).

Pengelolaan sampah di TPA Gunung Tugel ini menggunakan metode *open dumping* yang cukup 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). Berikut adalah peta lokasi TPA Gunung Tugel Banyumas beserta titik sampling.



Gambar 4.1 Peta Lokasi TPA Gunung Tugel

## 4.2 Analisis Sifat Fisik Tanah

### 4.2.1 *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 4.1 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

Nama sampel	X	y	Kedalaman (m)	Kelembaban	Organic Matter
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 4.1 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, serta ukuran tana hang lebih kecil. 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.

### 4.3 Analisis Logam Berat Pada Tanah

Menurut Slamet (2010), jenis tanah di TPA Gunung Tugel ialah ultiosol. Tanah ultiosol ialah tanah horizon argilik yang bersifat masa. Tekstur tanah ultiosol ialah liat, liat berpasir, dan permeabilitas lambat hingga sedang, sedangkan area persawahan memiliki karakteristik tanah lempung dimana tekstur dari tanah lempung sendiri adalah halus dan memiliki permeabilitas rendah. Masuknya kandungan logam berat ke dalam tatanan suatu lingkungan diakibatkan oleh adanya aktivitas manusia seperti buangan industri yang mengandung logam berat. Logam berat selanjutnya akan terabsorpsi masuk ke dalam tanah sehingga akan terjadi penumpukan jika buangan industri atau limbah terus-menerus dibuang langsung ke tanah (Sudarwin, 2008).

Kandungan logam berat memungkinkan masuk ke dalam tanah dikarenakan logam berat relatif lebih besar pada tanah lempung karena dapat menyerap air dan mengakibatkan kandungan logam berat dalam air lindi dapat masuk ke dalam tanah.

Tanah di area persawahan sekitar TPA Gunung Tugel kemungkinan terkontaminasi logam berat, karena air irigasi persawahan dapat tercampur air lindi dan penggunaan pupuk urea, serta beberapa faktor lainnya dari sifat fisik tanah dan beberapa proses yang terjadi didalam tanah TPA yang memiliki banyak sampah domestik dan non-domestik.

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.

#### **4.3.1 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.

Logam berat Khromium (Cr) merupakan logam berat dengan berat atom 51,996 g/mol; berwarna abu-abu, tahan terhadap oksidasi meskipun pada suhu tinggi, mengkilat, keras, memiliki titik cair 1.857°C dan titik didih 2.672°C, bersifat paramagnetik (sedikit tertarik oleh magnet), membentuk senyawa senyawa berwarna, memiliki beberapa bilangan oksidasi, yaitu +2, +3, dan +6, dan stabil pada bilangan oksidasi +3. Khromium bisa membentuk berbagai macam ion kompleks yang berfungsi sebagai katalisator (Widowati dkk, 2008).

Khromium dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Logam ini banyak digunakan sebagai bahan pelapis (*plating*) pada bermacam macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai ke peralatan mobil.

Khromium juga banyak dibentuk untuk menjadi *alloy*. Bentuk *alloy* dari Khromium sangat banyak dan juga mempunyai fungsi pemakaian yang sangat luas dalam kehidupan (Palar, 2012). Berikut data analisis kandungan logam berat kromium (Cr) didalam tanah di area TPA dan persawahan.

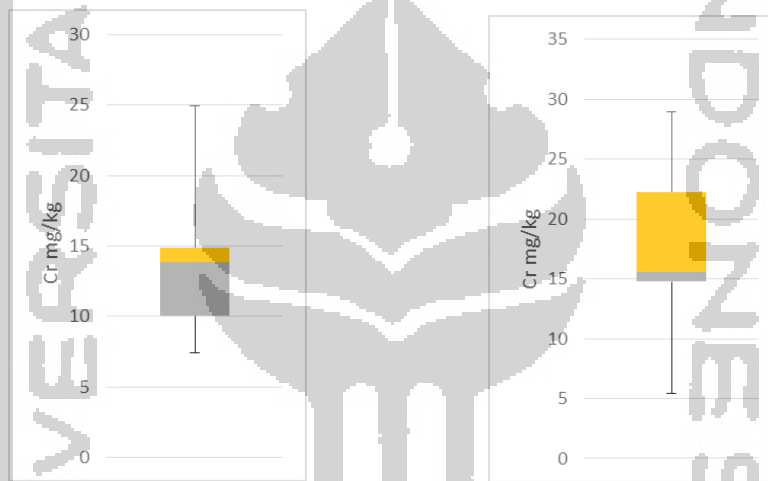
Tabel 4.2 Kandungan Cr pada TPA

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. 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.

Kromium (Cr) termasuk unsur yang jarang ditemukan pada perairan alami. Kerak bumi mengandung kromium sekitar 100 mg/kg sedangkan jumlah kromium

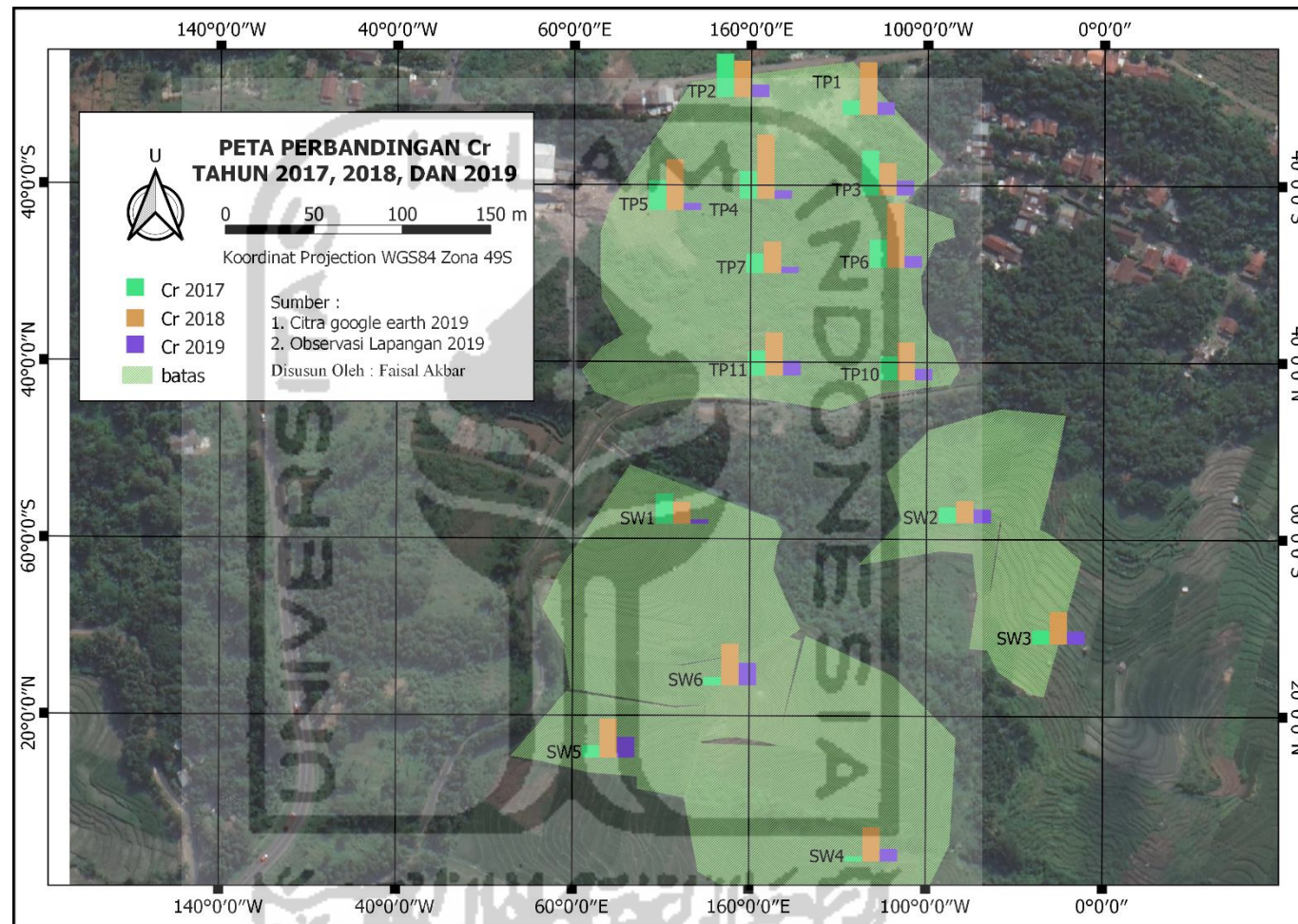
di perairan secara alami adalah sebesar 0.0005 – 0.002 mg/l. Sumber kromium pada umumnya yaitu berasal dari kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga serta dari pembakaran (Valentina, 2017). Adanya kandungan Cr pada wilayah TPA diduga masih banyaknya limbah rumah tangga yang masih dibuang dan adanya kegiatan pembakaran baik secara alami maupun buatan, namun kandungan Cr pada wilayah TPA masih tergolong rendah dikarenakan sudah sedikitnya pembakaran yang dilakukan pada wilayah TPA Gunung Tugel.



Gambar 4.2 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 10 mg/kg – 15 mg/kg, sedangkan kandungan Cr pada Sawah rata-rata pada angka 15 mg/kg – 22 mg/kg, dengan angka ekstrim 5 mg/kg dan 25 mg/kg.

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa 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.



Gambar 4.3 Perbandingan Kandungan Cr tahun 2017, 2018, 2019

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.

#### **4.3.2 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).

Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk  $Cu^+$  atau  $Cu^{2+}$  dalam garam inorganik dan kompleks inorganik. Perpindahan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH. Kondisi tanah yang asam akan meningkatkan kelarutan Cu, sedangkan pada kondisi basa Cu cenderung dipresipitasi oleh tanah sehingga akan terlarut dan terbawa air yang mengakibatkan defisiensi Cu pada tanaman. Variasi kualitas tanah mempengaruhi pengambilan Cu oleh akar tanaman. Pada tanaman, Cu diakumulasi di akar dan dinding sel serta didistribusikan melalui berbagai cara (Merian, 1994). Logam tembaga (Cu) bersumber pada sampah non-domestik seperti, kertas, perwarna, dan lain-lain (Widyastuti, 2006). Berikut data analisis kandungan logam berat Cu didalam tanah di area TPA dan persawahan.



Tabel 4.3 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 4.3 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 46.88 mg/kg dan 25 mg/kg. 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 59.26 mg/kg, 136.16 mg/kg dan 327.78 mg/kg, dengan kandungan Cu tertinggi terdapat pada titik SW6 sebesar 327.78 mg/kg.

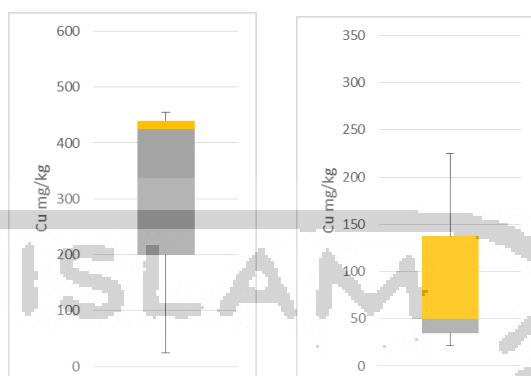
Kandungan logam berat Cu dapat dipengaruhi oleh limbah pabrik dan rumah tangga, serta pembakaran yang dilakukan. Menurut Merian, 1994. Kandungan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH. Pada wilayah TPA memiliki kandungan Cu

yang tinggi, ini diakibatkan oleh masih banyaknya limbah domestik, non-domestik dan pembakaran yang terjadi. Selain itu titik sampel pada TPA dan Sawah yang memiliki kandungan Cu yang tinggi dipengaruhi oleh kandungan *organic* pada sampel tersebut, ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 yang menunjukkan kandungan *organic matter* tertinggi terletak pada titik TP 11 dan SW6.

Logam Cu yang tinggi dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam ini dapat meracuni manusia. Efek yang dapat ditimbulkan berupa muntah - muntah, rasa terbakar di daerah eksofagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Supriharyono, 2000). Untuk itu perlu adanya upaya untuk melakukan pengurangan kandungan Cu pada TPA Gunung Tugel.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat Cu ialah dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi adalah salah satu upaya penggunaan tanaman dan bagian – bagiannya untuk mengurangi pencemaran lingkungan, dewasa ini semakin banyak dipakai baik untuk limbah organik maupun limbah anorganik (Effendi, 2003). Fitoremediasi mempunyai beberapa keunggulan diantaranya relatif murah, efisien, dan ramah lingkungan (Schanoor dan Cutcheon, 2005).

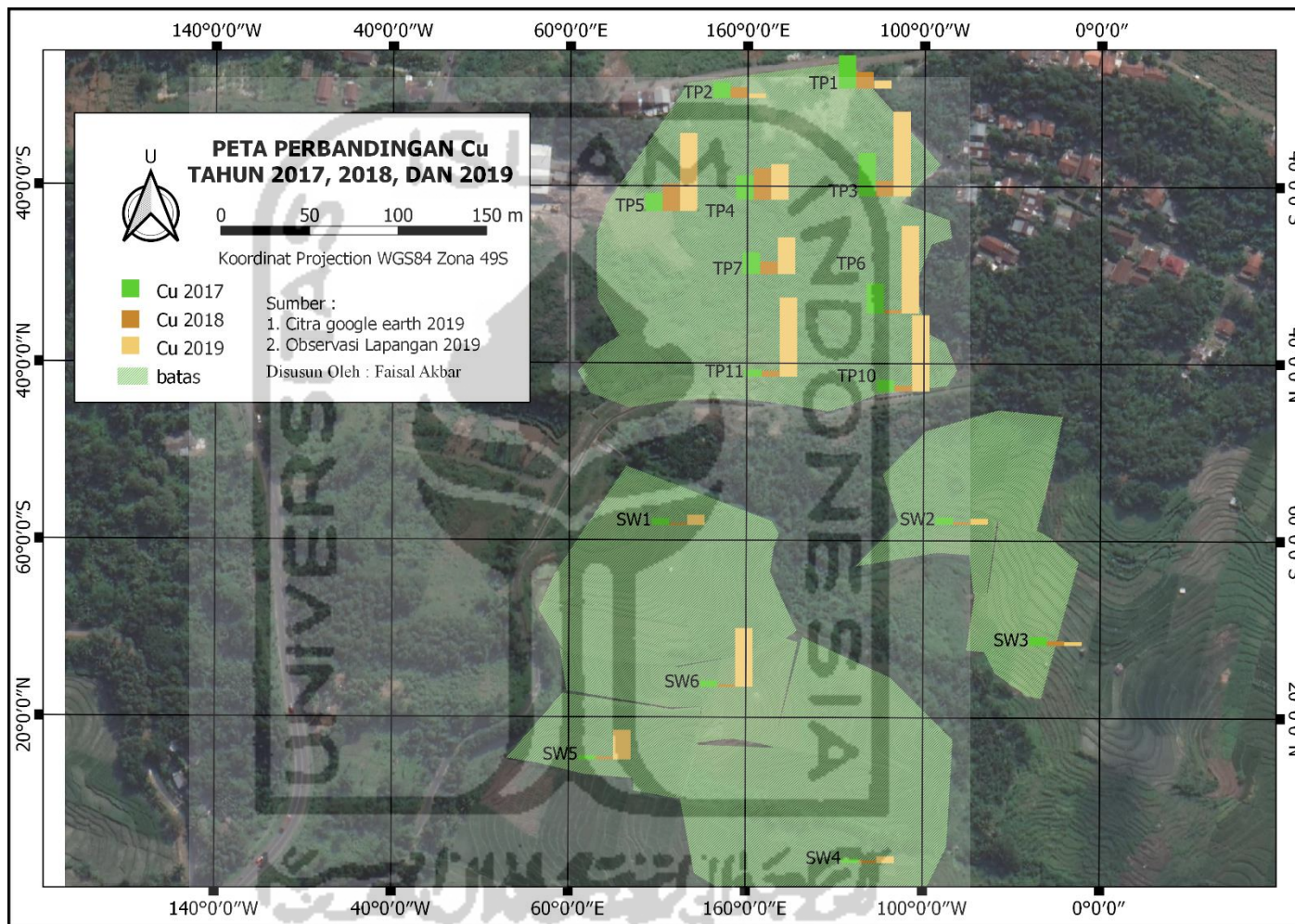
Menurut Rismawati (2012), penurunan kandungan logam berat dalam tanah mengindikasikan bahwa telah terjadi pemindahan logam dari tanah ke tumbuhan. Akar merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dan sekaligus merupakan organ kontak langsung dengan media tanam sehingga tingginya kandungan logam pada akar tanaman yang ada di dalamnya (Lahudin, 2007). Salah satu tanaman yang dapat digunakan pada metode fitoremediasi untuk mengurangi kandungan Cu ialah tanaman akar wangi, Menurut Trong (2000), penelitian yang telah dilakukan di Amerika Latin bahwa tanaman akar wangi dapat mampu hidup dengan kondisi tanah tercemar logam seng (Zn) hingga > 750 mg/kg dan tercemar logam tembaga (Cu) 50-100 mg/kg. Oleh karena itu tanaman akar wangi dapat dijadikan salah satu solusi dalam upaya pengurangan kandungan Cu dalam tanah TPA Gunung Tugel Banyumas.



Gambar 4.4 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 4.4 untuk memudahkan melihat persebaran dan spesifikasi data yang didapat. Terlihat bahwa nilai Cu pada area TPA rata-rata pada angka 200 mg/kg - 400mg/kg, dengan adanya angka ekstrim kebawah. Data kandungan Cu yang ditampilkan pada wilayah pesawahan memiliki nilai yang lebih kecil dengan rata-rata 50 mg/kg – 150 mg/kg.

Pada Gambar 4.5 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 4.1.



Gambar 4.5 Perbandingan Kandungan Cu tahun 2017, 2018, 2019

Terlihat perbedaan kandungan Cu dari penelitian 2 tahun sebelumnya, telah terjadi peningkatan yang cukup jauh di beberapa titik terutama pada wilayah TPA. Pada wilayah TPA mengalami peningkatan pada seluruh titik, terkecuali dua titik yaitu TP1 dan TP2. Untuk wilayah persawahan hanya mengalami perubahan yang sedikit, dan juga mengalami sedikit peningkatan konsentrasi dibandingkan penelitian 2 tahun sebelumnya.

Perpindahan Cu dengan konsentrasi relatif tinggi dari lapisan tanah bumi ditentukan oleh cuaca, proses pembentukan tanah, pengairan, potensial oksidasi reduksi, jumlah bahan organik di tanah dan pH (Merian, 1994). Perubahan yang terjadi pada kandungan logam berat Cu pada tahun 2019 dapat diduga dari kondisi cuaca yang diambil berbeda dari 2 tahun sebelumnya dan kedalaman titik tanah yang berbeda.

#### 4.3.3 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).

Dari hasil pengujian kandungan Cd pada tanah TPA dan persawahan dari beberapa titik sampel dapat dilihat pada Tabel 4.4 untuk menunjukkan hasil minimum, maksimum dan rata-rata dari nilai yang didapatkan. Untuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS:

Tabel 4.4 Kandungan Cd pada TPA Gunung Tugel

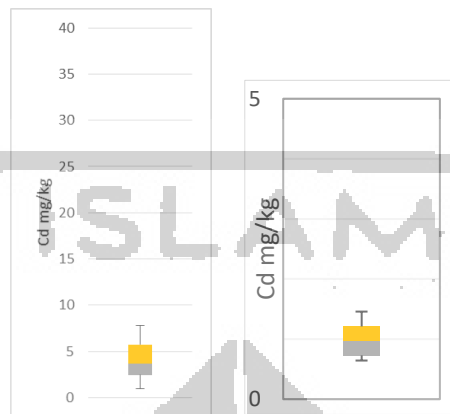
No	Sampel	Conc Cd Ug/mL	Cd (mg/kg)
1	TPA 1	0.04	0.94
2	TPA 2	0.02	3.00
3	TPA 3	0.40	4.88
4	TPA 4	0.25	5.75
5	TPA 5	0.07	1.36
6	TPA 6	0.07	2.46
7	TPA 7	0.28	6.57

No	Sampel	Conc Cd Ug/mL	Cd (mg/kg)
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 4.4 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 37.46 mg/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 0.94 mg/kg terletak pada permukaan yang tinggi dan sudah tertutup sepenuhnya oleh *cover soil*.

Pada Tabel 4.4 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

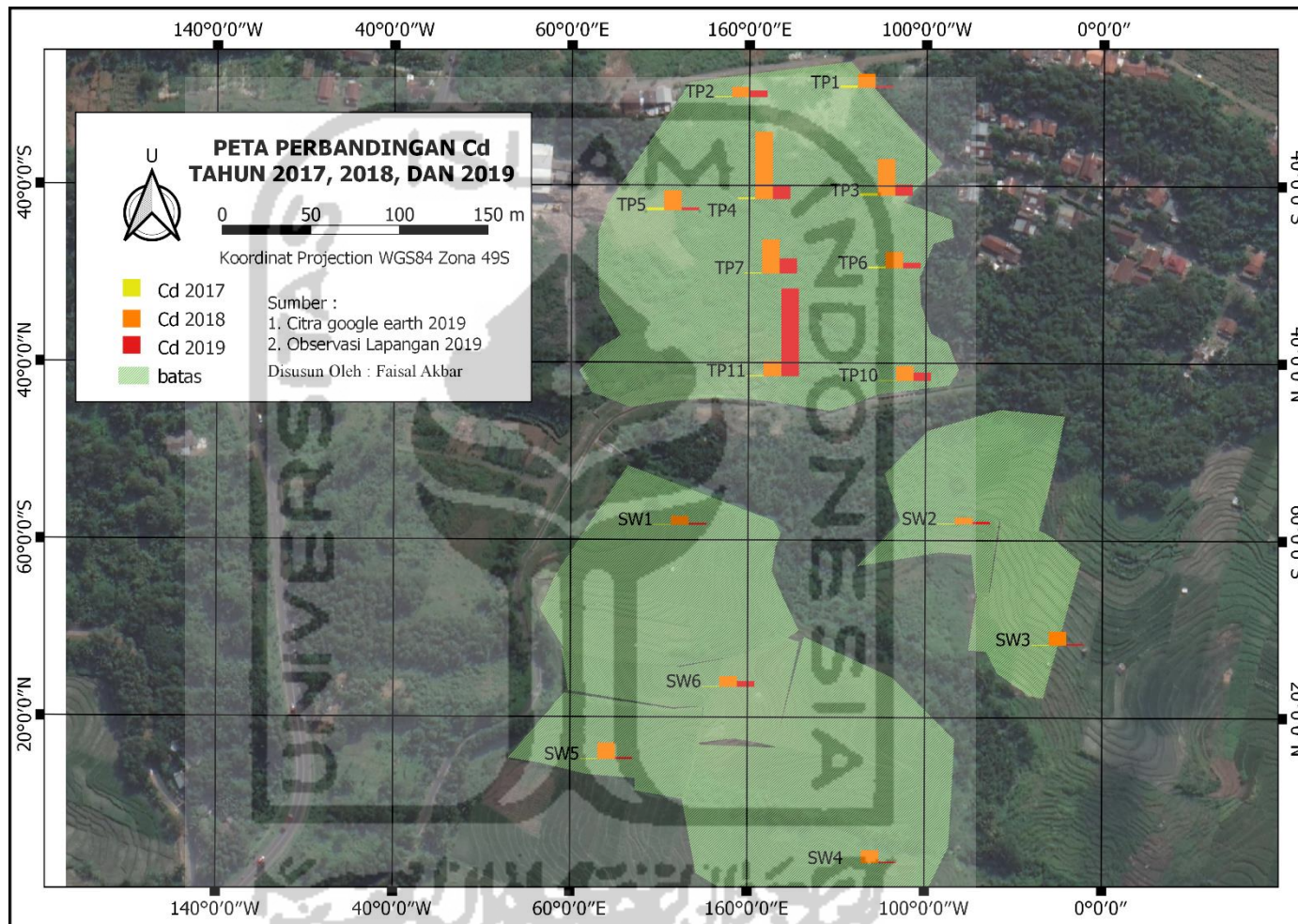
muncul di area persawahan diduga berasal dari penggunaan pupuk pada wilayah persawahan.



Gambar 4.6 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 di angka 2 mg/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 di angka 0.5 mg/kg - 1.5 mg/kg.

Pada Gambar 4.7 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 menuju 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 juga 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.



Gambar 4.7 Perbandingan Kandungan Cd tahun 2017, 2018, 2019



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.

#### 4.3.4 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).

Dari hasil pengujian kandungan Fe pada tanah TPA dan persawahan dari beberapa titik sampel dapat dilihat pada Tabel 4.5 Serta Gambar 4.8 Untuk menunjukkan hasil minimum, maksimum dan rata-rata dari nilai yang didapatkan. Untuk persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS.

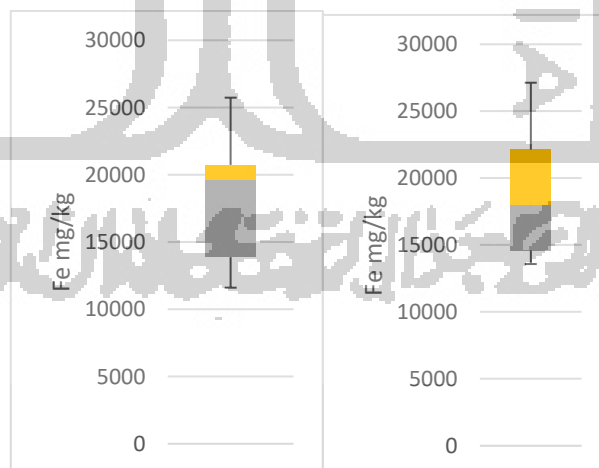
Tabel 4.5 Kandungan Fe pada TPA

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

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

Pada Tabel 4.5 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. Tidak menutup kemungkinan apabila tidak adanya tindak lanjut maka kadar Fe yang ada lama kelamaan akan semakin meningkat.

Pada Tabel 4.5 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. Tabel 4.5 menunjukkan bahwa kandungan Fe yang ada pada area persawahan tidak mendapat pengaruh besar dari TPA.

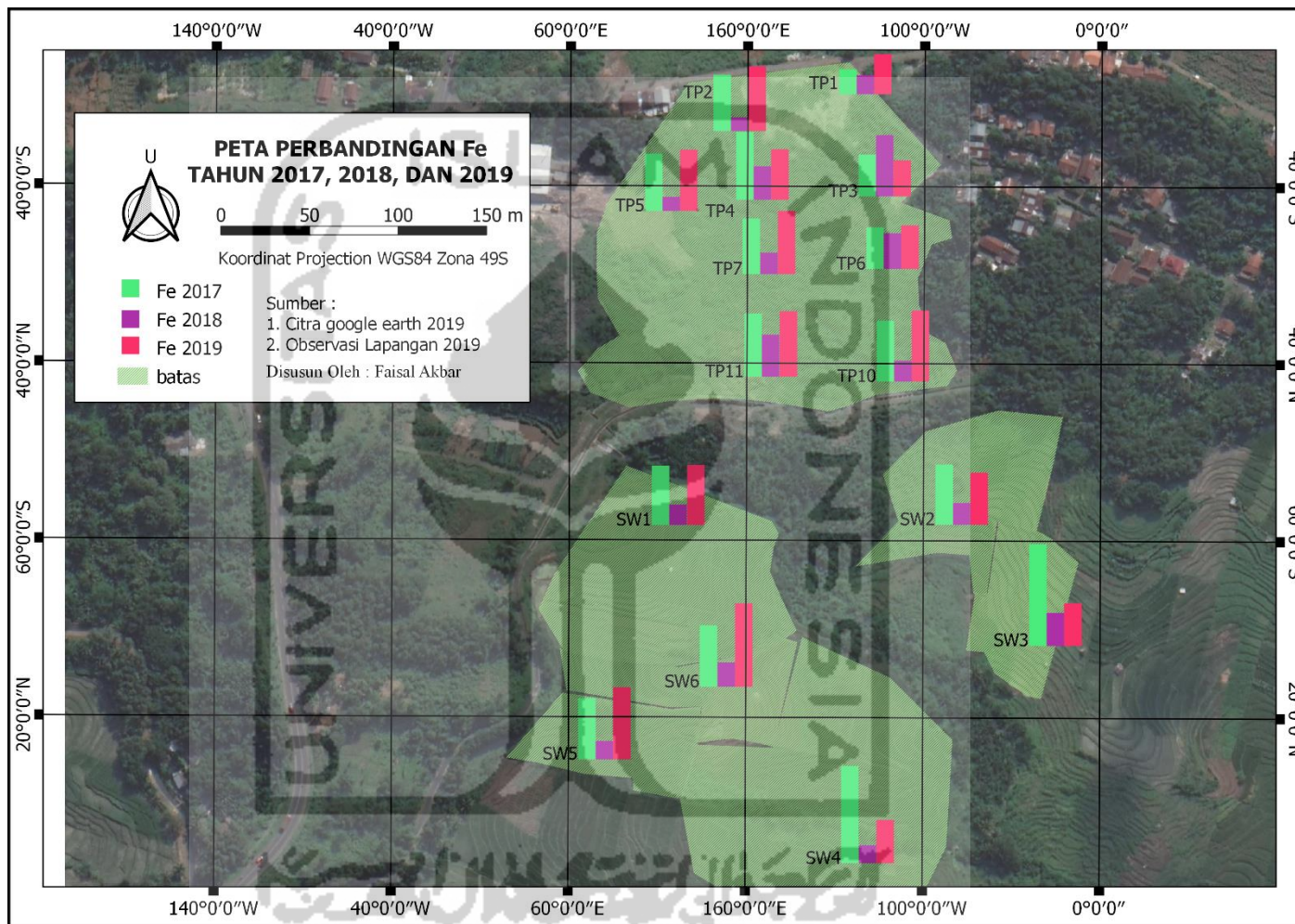


Gambar 4.8 Boxplot Data Fe pada TPA

Pada 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 14000 mg/km – 20000 mg/kg, dengan tidak adanya titik ekstrim yang menjadi pertimbangan nilai eror suatu hasil data. 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 14000 mg/km – 20000 mg/kg, dengan tidak adanya titik ekstrim yang menjadi pertimbangan nilai eror suatu hasil.

Pada Gambar 4.9 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 banyannya 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.



Gambar 4.9 Perbandingan Kandungan Cr tahun 2017, 2018, 2019

#### 4.3.5 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).

Keberadaan Timbal di lingkungan umumnya berasal dari polusi kendaraan bermotor, tambang timah, pabrik plastik, pabrik cat, percetakan, peleburan timah. Logam Timbal diperairan merupakan suatu masalah yang perlu mendapat perhatian khusus, karena logam 27 berat ini dapat berpengaruh buruk terhadap seluruh organisme yang ada di perairan dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan (Tangio, 2013). Dari hasil pengujian kandungan Pb pada tanah TPA dan persawahan dari beberapa titik sampel dapat dilihat pada Tabel 4.6 serta Gambar 4.10 untuk menunjukkan hasil minimum, maksimum dan rata-rata dari nilai yang didapatkan. Persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS.

Tabel 4.6 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>

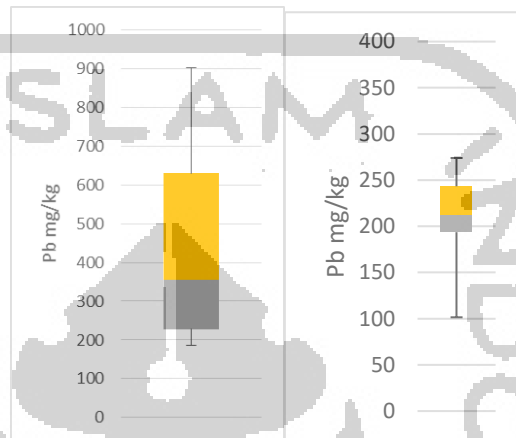
No	Sampel	Conc Pb Ug/mL	Pb (mg/kg)
1	SAWAH 1	7.2970	202.69
2	SAWAH 2	10.5090	250.21
3	SAWAH 3	12.4670	222.63
4	SAWAH 4	7.2450	190.66
5	SAWAH 5	6.0900	101.50
6	SAWAH 6	6.1910	343.94
<b>RATA-RATA</b>			<b>218.61</b>
1	K1	7.396	136.96
2	K2	7.896	179.45
<b>EPAA, 2012 (mg/kg)</b>			<b>300</b>
<b>EPMC, 2015 (mg/kg)</b>			<b>80</b>

Pada Tabel 4.6 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.

Dampak dari logam Timbal (Pb) masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan, sedangkan absorpsi melalui kulit sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Bahaya yang ditimbulkan oleh Timbal tergantung oleh ukuran partikelnya. Partikel yang lebih kecil dari 10 µg dapat tertahan di paruparu, sedangkan partikel yang lebih besar mengendap di saluran nafas bagian

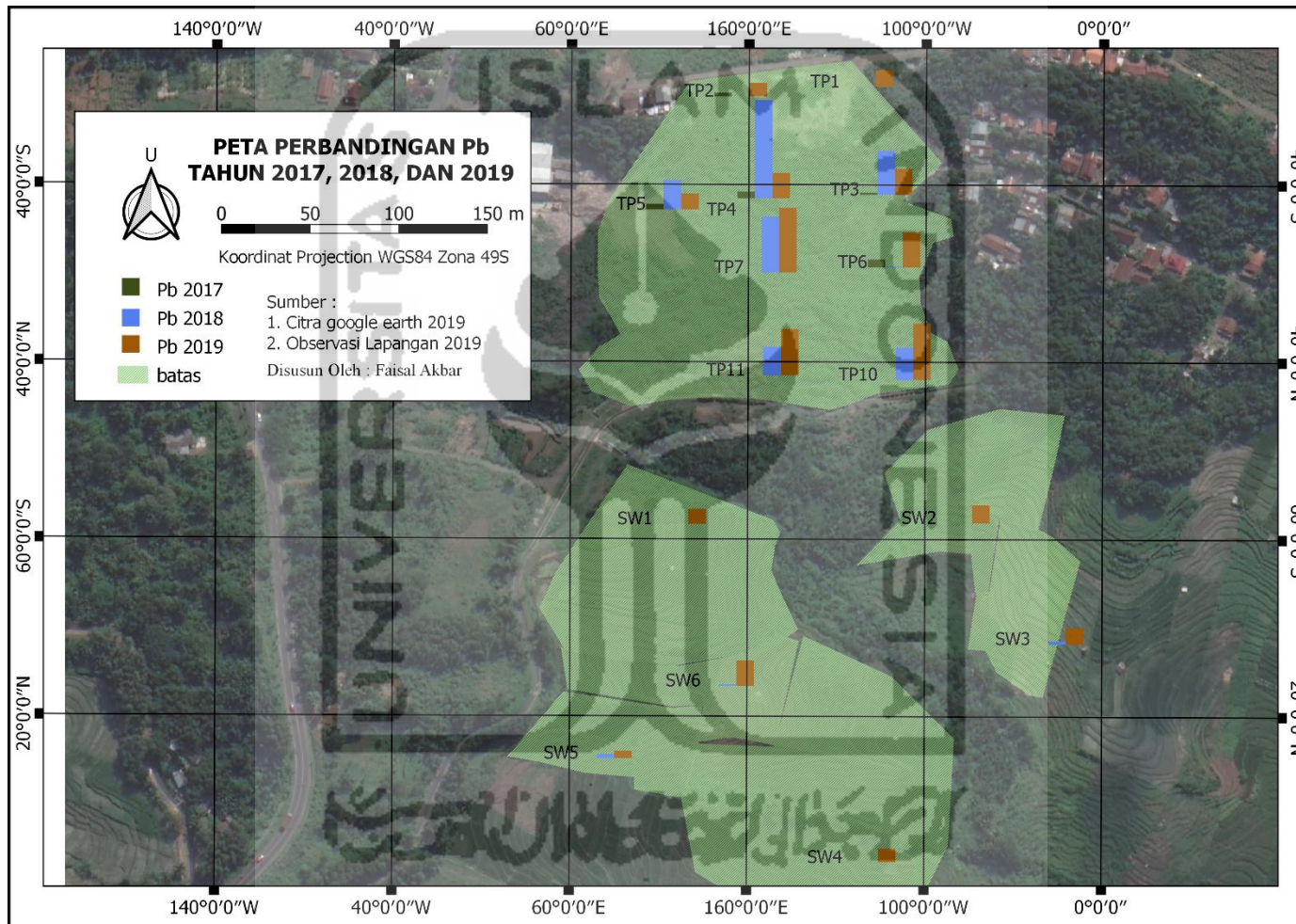
atas (Ardyanto, 2005), oleh karena itu kandungan logam berat Pb pada TPA Gunung Tugel harus segera dikurangi dan diantisipasi agar tidak semakin meningkat tiap tahunnya.



Gambar 4.10 Boxplot Data Pb pada TPA

Gambar 4.10 diatas lebih terlihat jelas kandungan Pb dari data yang diperoleh keseluruhan pada area Sawah. Terlihat bahwa nilai Pb pada area Sawah kebanyakan berada diangka 14000 mg/km – 20000 mg/kg, dengan area Sawah kebanyakan berada diangka 200 mg/km - 250 mg/kg, dengan tidak adanya ekstrim yang rendah.

Pada Gambar 4.11 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.



Gambar 4.11 Perbandingan Kandungan Pb tahun 2017, 2018, 2019



Pada Gambar 4.11 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.

#### **4.3.6 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).

Dari hasil pengujian kandungan Zn pada tanah TPA dan persawahan dari beberapa titik sampel dapat dilihat pada Tabel 4.7 serta Gambar 4.12 untuk menunjukkan hasil minimum, maksimum dan rata-rata dari nilai yang didapatkan. Persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS.

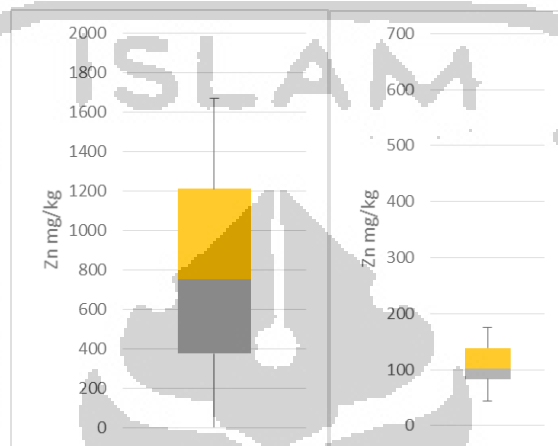
Tabel 4.7 Kandungan Zn pada TPA

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 4.17 kandungan Zn pada area TPA melebihi baku mutu dari EPAA 2012 dan EPMC 2015 dengan memiliki kandungan jauh dari baku mutu. Tabel 4.17 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 4.17 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.

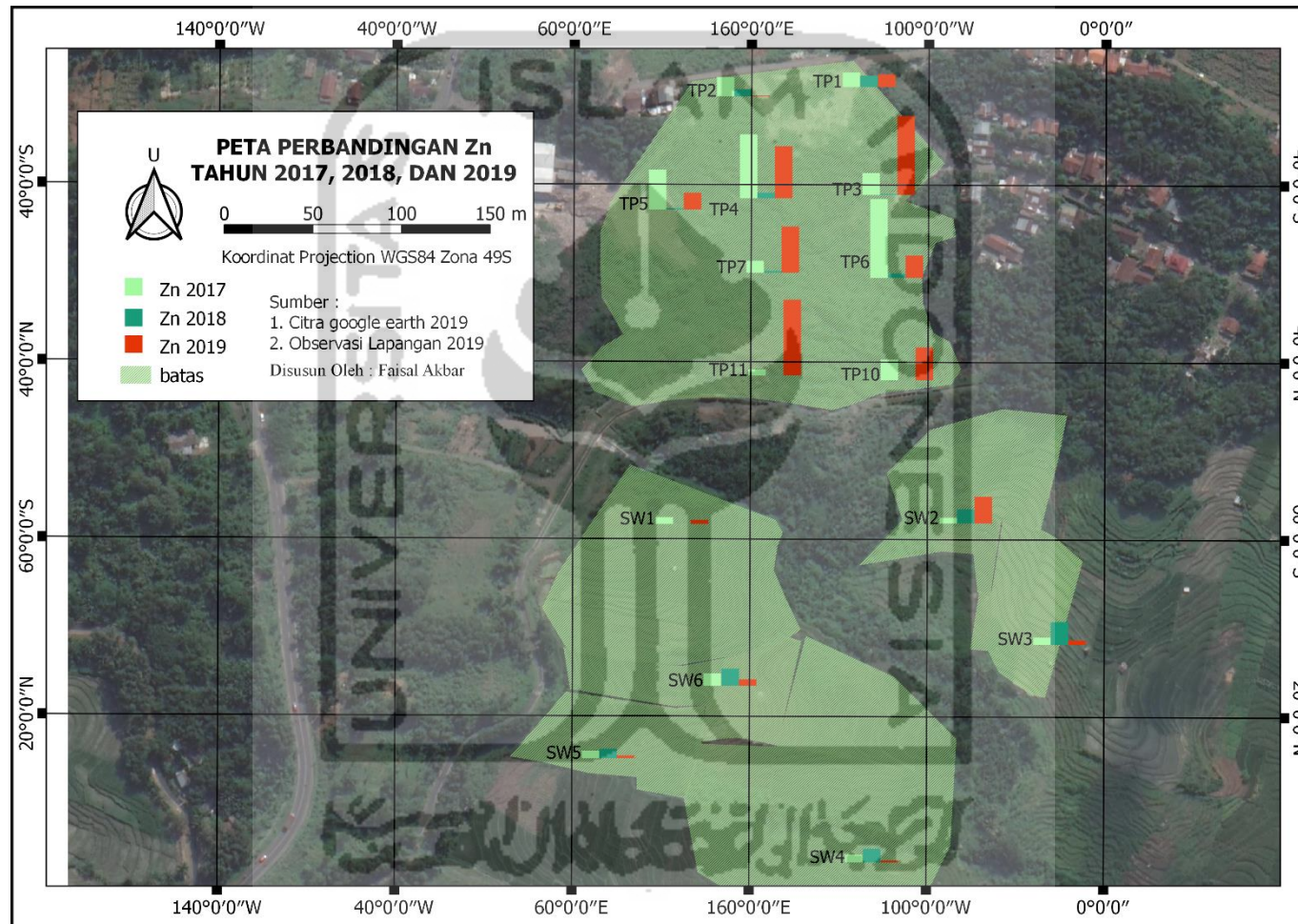
Kandungan Zn yang ditampilkan pada wilayah TPA dan persawahan, dapat disimpulkan bahwa TPA Gunung Tugel telah tercemar logam berat Zn. Konsentrasi yang telah melewati baku mutu baik wilayah TPA maupun Sawah dengan rata rata kandungan pada TPA sebesar 890.75 mg/kg dan sawah sebesar 185.07 mg/kg.



Gambar 4.12 Boxplot Data Zn pada TPA

Gambar 4.12 diatas terlihat jelas kandungan Zn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area TPA. Terlihat bahwa nilai Zn pada area TPA kebanyakan berada diangka 400 mg/km – 1200 mg/kg, dengan adanya titik ekstrim yang rendah. Gambar diatas lebih terlihat jelas kandungan Zn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area Sawah. Terlihat bahwa nilai Zn pada area Sawah kebanyakan berada diangka 80 mg/kg – 130 mg/kg, dengan adanya titik ekstrim keatas yang terdapat pada titik SW2.

Pada Gambar 4.13 menunjukkan persebaran dari logam Zn yang memiliki konsentrasi diatas baku mutu EPAA 2012 dan EPMC 2015. Hanya satu titik yang tidak melebihi baku mutu, yaitu titik TP2 dengan nilai sebesar 25 mg/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.



Gambar 4.13 Perbandingan Kandungan Zn tahun 2017, 2018, 2019

Pada Gambar 4.13 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 636.43 mg/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.

Perbedaan kandungan Zn dari penelitian 2 tahun sebelumnya terlihat peningkatan yang cukup tinggi di beberapa titik pada wilayah TPA bahkan juga mengalami penurunan. 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.

#### **4.3.7 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.

Perairan asam dapat mengandung mangan sekitar 10 – 150 liter. Mangan merupakan nutrient renik yang esensial bagi tumbuhan dan hewan. Logam ini berperan dalam pertumbuhan dan merupakan salah satu komponen penting pada sistem enzim, defisiensi mangan dapat mengakibatkan pertumbuhan terhambat

serta sistem saraf dan proses reproduksi terganggu. Pada tumbuhan, mangan merupakan unsur esensial dalam proses metabolisme (Palar H. 1994).

Dari hasil pengujian kandungan Mn pada tanah TPA dan persawahan dari beberapa titik sampel dapat dilihat pada Tabel 4.8 serta Gambar 4.14 untuk menunjukkan hasil minimum, maksimum dan rata-rata dari nilai yang didapatkan. Persebaran logam berat dengan perbandingan dari parameter disajikan dalam bentuk QGIS.

Tabel 4.8 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 4.8 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.

Pada Tabel 4.8 kandungan Mn pada area Sawah tidak ada yang melebihi baku mutu dari USEPA 2017 dengan memiliki kandungan yang masih jauh dari

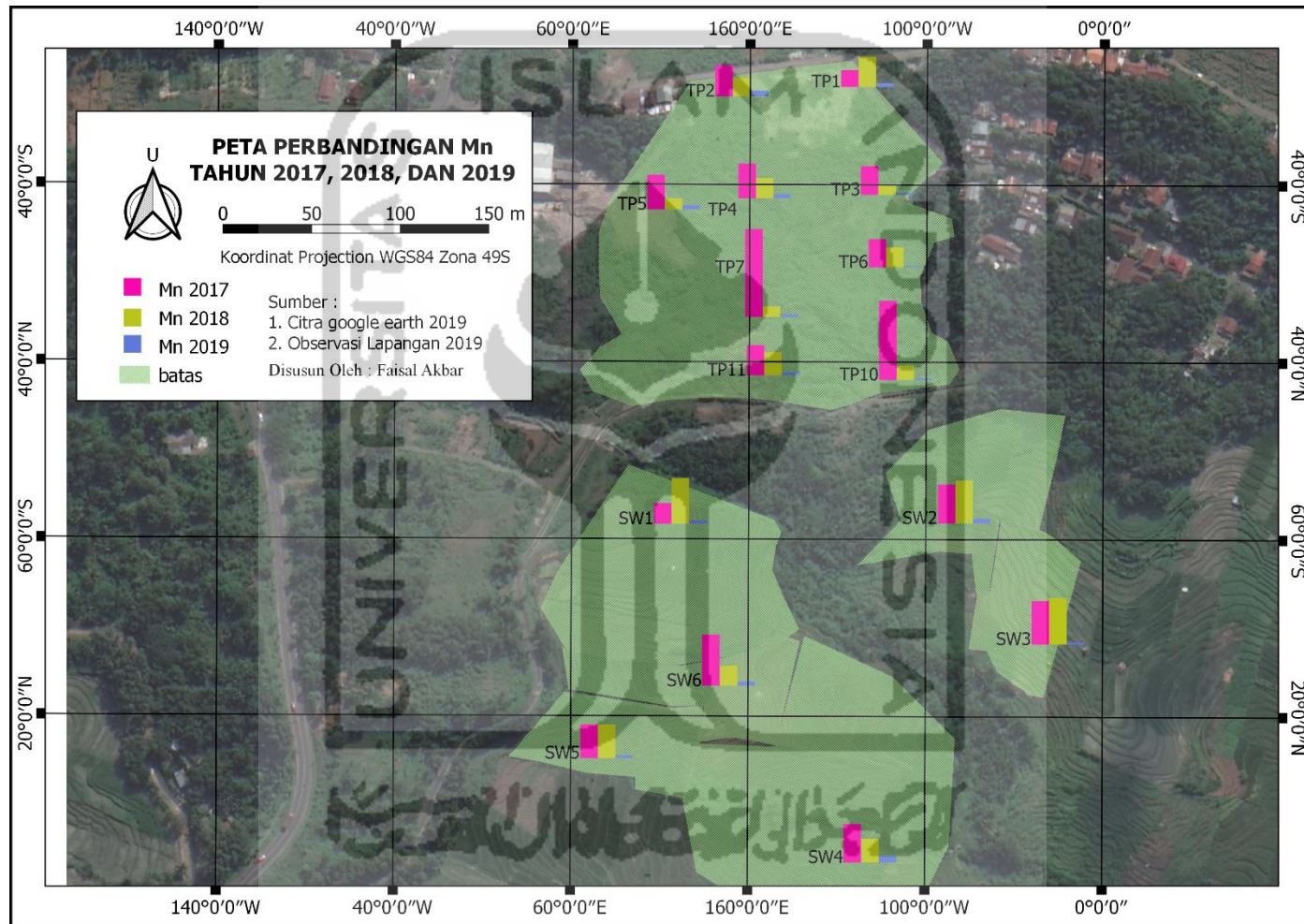
baku mutu. Namun walaupun belum melebihi baku mutu, tetapi data yang diperoleh sebagian besar menunjukkan kandungan Fe sudah hampir setengah dari baku mutu. Dan tidak menutup kemungkinan apabila tidak adanya tindak lanjut maka kadar Fe yang ada lama kelamaan akan semakin meningkat.



Gambar 4.14 Boxplot Data Mn pada TPA

Gambar 4.14 diatas lebih terlihat jelas kandungan Mn dari data yang diperoleh keseluruhan pada area TPA. Terlihat bahwa nilai Mn pada area TPA kebanyakan berada diangka 30 mg/km – 70 mg/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.

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.



Gambar 4.15 Perbandingan Kandungan Mn tahun 2017, 2018, 2019



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 dihitung 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 lelehan dari TPA menuju area persawahan.

#### 4.4 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 risiko lingkungan menggunakan tiga variabel dasar yaitu: tingkat kontaminasi (CD), faktor respon toksik (TR) dan faktor potensi risiko lingkungan (ER) dan Berikut tabel 4.9 Penilaian potensi risiko lingkungan diklasifikasikan (X.Jiang, 2014).

Tabel 4.9 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 4.17 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)

#### 4.4.1 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 4.10 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Cd

No Sampel	X	Y	Ci	$C_n^i$	$C_f^i$	$T_r^i$	$E_r^i$	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 4.11 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Cr

No Sampel	X	Y	Ci	$C_n^i$	$C_f^i$	$T_r^i$	$E_r^i$	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	<i>Slight</i>
TPA 11	305813	9174070	17.77	50	0.36	2	0.71	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.52	<i>Slight</i>
SAWAH 1	305656	9173709	5.47	50	0.11	2	0.22	<i>Slight</i>
SAWAH 2	305815	9173781	15.93	50	0.32	2	0.64	<i>Slight</i>
SAWAH 3	305777	9173934	14.68	50	0.29	2	0.59	<i>Slight</i>
SAWAH 4	306066	9173941	15.15	50	0.30	2	0.61	<i>Slight</i>
SAWAH 5	306180	9173746	24.36	50	0.49	2	0.97	<i>Slight</i>
SAWAH 6	305973	9173620	26.22	50	0.52	2	1.05	<i>Slight</i>
Rata-rata							0.68	<i>Slight</i>

Tabel 4.12 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	<i>Slight</i>
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 4.13 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Fe

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	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 4.14 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Mn

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	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 4.15 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Pb

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	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 4.16 Penilaian Tingkat Polusi Logam Berat Zn

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	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).

#### 4.4.2 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	$E_r^i$ Rata-rata	$E_r^i$ Minimum	$E_r^i$ 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.

#### 4.4.3 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	Rata-rata $E_r^i$	$E_r^i$ Minimum	$E_r^i$ 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 kosentrasi 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





جامعة الإسلام في إندونيسيا