

TA/TL/2021/1270

TUGAS AKHIR

**ANALISA KUALITAS AIR LINDI DAN POTENSI
PENYEBARANNYA KE LINGKUNGAN SEKITAR
TPA GUNUNG TUGEL KABUPATEN BANYUMAS**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



FADLUL LAILI

1351389

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

TUGAS AKHIR

**ANALISA KUALITAS AIR LINDI DAN POTENSI
PENYEBARANNYA KE LINGKUNGAN SEKITAR
TPA GUNUNG TUGEL KABUPATEN BANYUMAS**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



FADLUL LAILI

13513189

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2021

TUGAS AKHIR

**ANALISA KUALITAS AIR LINDI DAN POTENSI
PENYEBARANNYA KE LINGKUNGAN SEKITAR TPA
GUNUNG TUGEL KABUPATEN BANYUMAS**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



FADLUL LAILI

13513189

Disetujui,

Dosen Pembimbing

Eko Siswovo, S.T., M. Sc. ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal:

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswovo, S.T., M. Sc. ES., Ph. D.

NIK. 025100406

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA KUALITAS AIR LINDI DAN POTENSI
PENYEBARANNYA KE LINGKUNGAN SEKITAR TPA
GUNUNG TUGEL KABUPATEN BANYUMAS**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 25 Januari 2021

Disusun oleh:

FADLUL LAILI

13513189

Tim Penguji:

1. Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D.



2. Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto S.T., M.Eng.



3. Dr. Ir. Kasam M.T.



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 21 Januari 2021

Yang membuat pernyataan,



Fadlul Laili

NIM: 13513189

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warahmtullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberi kemudahan dan kelancaran dalam menyusun laporan tugas akhir yang berjudul **“Analisa Kualitas Air Lindi dan Potensi Penyebarannya ke Lingkungan Sekitar TPA Gunung Tugel Kabupaten Banyumas”** sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penulisan laporan ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dorongan, semangat, do'a serta dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak. Untuk itu dalam kesempatan ini, perkenankan penulis menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku dosen pembimbing serta Kaprodi Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan laporan serta memberikan nasihat kepada penulis.
2. Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., dan Bapak Bapak Dr. Ir. Kasam, M.T. yang memberikan bimbingan dan arahnya selama penelitian ini serta atas nasihat yang diberikan.
3. Bapak Tasdiyono dan seluruh laboratorian di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah membantu penulis selama pengujian sampel penelitian.
4. Ida Farida Fauziah, M. Afif Amrullah, Wisnu Agung dan Tegar Ramadiansyah selaku rekan penelitian TPA Gunung Tugel yang membantu selama penelitian dan penyusunan laporan.
5. Bapak M. Ridwan Pribadi dan Ibu Sukarni selaku orang tua penulis yang selalu memberi semangat serta dukungan dan do'a kepada penulis.

6. Serly 'Arofi selaku saudara, kakak, adik, teman yang selalu menemani penulis disaat apapun dan kemanapun.
7. Pakde Tribowo dan Ibu Endang Sri Wahyuni yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta membantu menyediakan fasilitas bagi penulis.
8. Mbak Vita, Mas Enda, Jati yang selalu menghibur penulis disaat penulis sedang merasa bosan.
9. Ida Farida Fauziah selaku sahabat dan *partner in crime* penulis yang selalu memberikan dorongan, semangat, do'a dan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
10. Teman-teman kos mawar; Nita, Veli, Aul, Adel, Desi (dan Ida) yang selalu bisa membuat penulis merasa terhibur.
11. Teman-teman angkatan 2013 semua yang telah memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Pihak-pihak lain yang ikut membantu dalam pembuatan laporan penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas partisipasi, bantuan, dukungan yang telah diberikan, semoga mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis memohon maaf apabila dalam laporan penelitian ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Penulis menyadari sepenuhnya atas keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan ini dan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 21 Januari 2021

Penulis



Fadlul Laili

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)	5
2.2 Air Lindi (<i>Leachate</i>)	6
2.3 Baku Mutu Air Lindi.....	9
2.4 Pengaruh Sampah Terhadap Masyarakat dan Lingkungan	9
2.5 Pencemaran Lingkungan Akibat Air Lindi	10
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian	12
3.2 Lokasi Penelitian	13
3.3 Alat dan Bahan	13
3.4 Metode Pengumpulan Data	15
3.5 Metode Pengambilan Sampel.....	15
3.6 Metode Pengambilan Sampel.....	17
3.7 Metode Analisa Data.....	19
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA	
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	20

4.2 Analisis Kandungan Zat Organik dalam Air Lindi	21
4.2.1 Konsentrasi BOD dalam Air Lindi	21
4.2.2 Konsentrasi COD dalam Air Lindi	23
4.2.3 Konsentrasi TSS dalam Air Lindi	24
4.3 Analisis Kandungan Logam Berat dalam Air Lindi.....	26
4.3.1 Konsentrasi Timbal (Pb) dalam Air Lindi.....	26
4.3.2 Konsentrasi Kadmium (Cd) dalam Air Lindi	28
4.3.3 Konsentrasi Tembaga (Cu) dalam Air Lindi	29
4.3.4 Konsentrasi Mangan (Mn) dalam Air Lindi	31
4.3.5 Konsentrasi Kromium (Cr) dalam Air Lindi	32
4.3.6 Konsentrasi Seng (Zn) dalam Air Lindi	34
4.3.7 Konsentrasi Besi (Fe) dalam Air Lindi	35
4.3 Pemetaan Potensi Penyebaran Air Lindi	37
4.4 Kaitan Kualitas Air Lindi dengan Kualitas Tanah, Air Permukaan dan Tanaman Padi di Sekitar TPA Gunung Tugel.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	46

ABSTRACT

Gunung Tugel landfill was one of the landfills in Banyumas District which process was using open dumping method. But because the landfill was over capacity, in 2016 it has officially closed. No availability in leachate treatment system become one of the problems in Gunung Tugel landfill, which makes the leachates flows freely and potentially it will contaminate the environment. Because of this matter, leachate concentration analysis and its wide spread around Gunung Tugel landfill was really important and needed to be held. Sampling points was determined using purposive sampling method based on leachate emerging potential. Samples were taken from where the leachates was founded and 10 sampling points was obtained. Leachate samples were then analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) with standard procedure. The average results from organic compound analysis is BOD = 2004,15 mg/L; COD = 4356,61 mg/L and TSS = 609 mg/L. Meanwhile the average result for heavy metals analysis is Pb = 0,126 mg/L; Cd = 0,003 mg/L; Cu = 0,034 mg/L; Mn = 0,903 mg/L; Cr = 0,012 mg/L; Zn = 0,789 mg/L and Fe = 3,77 mg/L.

Keywords: *Gunung Tugel, Heavy Metals, Landfill, Leachate*

ABSTRAK

TPA Gunung Tugel merupakan salah satu tempat pengolahan sampah di Kabupaten Banyumas yang menganut metode *open dumping*. Namun karena sudah melebihi kapasitas, pada tahun 2016 TPA Gunung Tugel resmi ditutup. Tidak adanya pengolahan air lindi menjadi salah satu permasalahan utama di TPA Gunung Tugel, sehingga air lindi mengalir begitu saja dan berpotensi mencemari lingkungan dan sekitarnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis yang mengkaji tentang konsentrasi air lindi dan penyebarannya di sekitar TPA Gunung Tugel Banyumas. Titik sampling ditentukan dengan metode *purposive sampling* berdasarkan potensi munculnya pencemaran berupa air lindi. Sampel diambil di tempat munculnya air lindi dan didapatkan 10 titik sampel. Sampel air lindi kemudian dianalisis menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (AAS) dengan prosedur standar. Hasil rata-rata analisis logam berat yang didapatkan pada parameter bahan organik di dalam air lindi TPA Gunung Tugel Banyumas adalah BOD = 2004,15 mg/L; COD = 4356,61 mg/L dan TSS = 609 mg/L. Sedangkan rata-rata konsentrasi logam berat di dalam air lindi adalah Pb = 0,126 mg/L; Cd = 0,003 mg/L; Cu = 0,034 mg/L; Mn = 0,903 mg/L; Cr = 0,012 mg/L; Zn = 0,789 mg/L dan Fe = 3,77 mg/L.

Kata kunci: Gunung Tugel, Lindi, Logam berat, TPA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku mutu air lindi menurut Permen LHK No. 59 tahun 2016	9
Tabel 3.1	Alat dan bahan pengujian	14
Tabel 3.2	Metode dan prinsip pengujian sampel.....	17
Tabel 4.1	Konsentrasi BOD pada sampel air lindi	22
Tabel 4.2	Konsentrasi COD pada sampel air lindi	23
Tabel 4.3	Konsentrasi TSS pada sampel air lindi.....	25
Tabel 4.4	Konsentrasi timbal (Pb) pada sampel air lindi	27
Tabel 4.5	Konsentrasi kadmium (Cd) pada sampel air lindi	29
Tabel 4.6	Konsentrasi tembaga (Cu) pada sampel air lindi.....	30
Tabel 4.7	Konsentrasi mangan (Mn) pada sampel air lindi.....	31
Tabel 4.8	Konsentrasi kromium (Cr) pada sampel air lindi	33
Tabel 4.9	Konsentrasi seng (Zn) pada sampel air lindi	34
Tabel 4.10	Konsentrasi besi (Fe) pada sampel air lindi	36
Tabel 4.11	Konsentrasi logam berat pada sampel air lindi, air permukaan (irigasi) tanah dan tanaman padi (beras)	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Skema terbentuknya lindi	8
Gambar 3.1 Skema penelitian.....	12
Gambar 3.2 Lokasi penelitian.....	13
Gambar 3.3 Lokasi titik sampling air lindi.....	16
Gambar 4.1 Kondisi eksisting TPA Gunung Tugel (a) penampakan dari atas (b) penampakan dari bawah.....	20
Gambar 4.2 Beberapa titik lokasi pengambilan sampel air lindi.....	21
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi BOD dalam air lindi.....	22
Gambar 4.4 Grafik konsentrasi COD dalam air lindi.....	24
Gambar 4.5 Grafik konsentrasi TSS dalam air lindi	25
Gambar 4.6 Grafik konsentrasi timbal (Pb) dalam air lindi	27
Gambar 4.7 Grafik konsentrasi kadmium (Cd) dalam air lindi.....	29
Gambar 4.8 Grafik konsentrasi tembaga (Cu) dalam air lindi	30
Gambar 4.9 Grafik konsentrasi mangan (Mn) dalam air lindi	32
Gambar 4.10 Grafik konsentrasi kromium (Cr) dalam air lindi.....	33
Gambar 4.11 Grafik konsentrasi seng (Zn) dalam air lindi.....	35
Gambar 4.12 Grafik konsentrasi besi (Fe) dalam air lindi	36
Gambar 4.13 Potensi penyebaran air lindi TPA Gunung Tugel.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 2. Kurva Kalibrasi Kromium (Cr), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), dan Timbal (Pb)

Lampiran 3. Preparasi Sampel

Lampiran 4. Tabel *Limit Of Detection*

Lampiran 5. Hasil Uji AAS



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan sisa dari aktivitas manusia yang sudah tidak diinginkan karena dianggap tidak berguna lagi. Sampah dihasilkan dari aktivitas rumah tangga maupun dari kegiatan industri. Volume sampah yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah penduduk. Semakin banyak jumlah penduduk akan semakin banyak volume sampah yang dihasilkan.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan dan pembuangan. TPA Gunung Tugel berlokasi di Desa Kedung Randu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas. TPA ini didirikan pada tahun 1983 dengan luas sekitar 5,4 ha. TPA Gunung Tugel menampung sampah organik maupun anorganik sebanyak 282 m³ per hari yang sebagian besar berasal dari rumah tangga, industri, dan pasar (Pudyawardhana, 2006). Namun pada tahun 2016 TPA ini ditutup karena sudah melebihi kapasitas.

Pengelolaan sampah di TPA Gunung Tugel ini masih menggunakan cara *open dumping* dimana sampah dibuang begitu saja di tempat pembuangan akhir dan dibiarkan terbuka. Salah satu masalah yang ditimbulkan dari penumpukan sampah di TPA adalah timbulnya pencemar berupa lindi. Semakin banyak tumpukan sampah di TPA maka lindi yang dihasilkan akan semakin banyak. Bahan organik pada sampah yang 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.

Istilah logam berat merujuk pada elemen/unsur logam atau metaloid yang memiliki massa jenis atau densitas yang tinggi dan biasanya bersifat sangat toksik

meski pada konsentrasi sangat rendah. Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup. Dapat dikatakan bahwa semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup, misalnya logam air raksa (Hg), cadmium (Cd), timah hitam (Pb), besi (Fe), dan khrom (Cr). Apabila logam esensial ini masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh (Palar,1994).

Sistem pengelolaan *leachate* di TPA Gunung Tugel kurang optimal. Menurut data dari Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bayumas tahun 2006, debit *leachate* yang tertampung dalam bak-bak pengolahan adalah 0,8988 m³/hari 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 sendiri adalah jenis ultiosol, sehingga *leachate* dimungkinkan dapat merembes dan mencemari air tanah penduduk di sekitarnya.

Dari uraian diatas maka dalam penelitian ini peneliti mengangkat judul **“Analisa Kualitas Air Lindi dan Potensi Penyebarannya ke Lingkungan Sekitar TPA Gunung Tugel Kabupaten Banyumas”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana air lindi dari TPA Gunung Tugel dibandingkan dengan baku mutu air lindi dan berapa konsentrasinya?
2. Bagaimana potensi serta pola penyebaran air lindi TPA Gunung Tugel ke lingkungan di sekitarnya?
3. Bagaimana pengaruh dari keberadaan air lindi dari TPA Gunung Tugel terhadap lingkungan sekitar?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan kualitas air lindi TPA Gunung Tugel dan besar konsentrasi untuk beberapa parameter yang diuji (COD, BOD dan logam berat Zn, Cu, Mn dan Pb) serta dapat membandingkannya dengan baku mutu air lindi yang berlaku.

2. Mendapatkan pola penyebaran air lindi ke lingkungan di sekitar TPA Gunung Tugel Kecamatan Banyumas.
3. Mendapatkan ada atau tidak pengaruh dari keberadaan air lindi dari TPA Gunung Tugel terhadap lingkungan sekitarnya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1) Bagi Universitas

Sebagai studi literatur mengenai analisa kandungan BOD, COD dan logam berat dalam air lindi yang dihasilkan dari tempat pembuangan akhir (TPA) dan pola penyebarannya serta dapat menjadi bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

2) Bagi Mahasiswa

Menambah wawasan dan menerapkan ilmu yang sudah didapatkan di bangku perkuliahan.

3) Bagi Pemerintah dan Masyarakat

- a. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi bagi pemerintah dan masyarakat dalam mengelola air lindi yang dihasilkan dari tumpukan sampah di TPA Gunung Tugel Banyumas.
- b. Dapat digunakan sebagai referensi data untuk menentukan pengolahan air lindi yang tepat serta langkah penanganan penyebarannya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi:

1. Lokasi pengambilan sampel air lindi yaitu di area TPA Gunung Tugel Dusun Kedung Randu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas Jawa Tengah.
2. Pengambilan sampel air lindi menggunakan metode pengambilan sampel sesaat atau *Grab Sampling*.
3. Metode pengukuran kandungan logam berat (Zn, Cu, Pb dan Cd) menggunakan alat *Atomic Absorbtion Spectrophotometri (AAS)*.

4. Pengolahan data persebaran lindi pada aliran air permukaan dan di dalam tanah di sekitar TPA Gunung Tugel kabupaten Banyumas dilakukan dengan metode interpolasi dengan menggunakan program pemetaan ArchGIS 10.1.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tempat Pemrosesan Akhir (TPA)

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai timbul di sumber, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan dan pembuangan. TPA merupakan tempat sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Di TPA, sampah masih mengalami proses penguraian secara alamiah dengan rangka waktu panjang. Beberapa jenis sampah dapat terurai secara cepat, sementara yang lain lebih lambat, bahkan ada beberapa jenis sampah yang tidak berubah sampai puluhan tahun, misalnya plastik. Hal ini memberikan gambaran bahwa setelah TPA selesai digunakan pun masih ada proses yang berlangsung dan menghasilkan beberapa zat yang dapat mengganggu lingkungan. Karenanya masih diperlukan pengawasan terhadap TPA yang telah ditutup (Royadi, 2006).

Untuk mengantisipasi dampak negatif yang diakibatkan oleh metode pembuangan akhir sampah yang tidak memadai seperti yang selalu terjadi di berbagai kota di Indonesia, maka langkah terpenting adalah memilih lokasi yang sesuai dengan persyaratan. Sesuai dengan SNI 03-3241-1997 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA, bahwa lokasi yang memenuhi persyaratan sebagai tempat pembuangan akhir sampah adalah :

1. Jarak dari perumahan terdekat 500 m
2. Jarak dari badan air 100 m
3. Jarak dari bandara 1500 m (pesawat baling-baling); 3000 m (pesawat jet).
4. Muka air tanah > 3 m
5. Jenis tanah lempung dengan konduktivitas hidrolis $< 10^{-6}$
6. Merupakan tanah tidak produktif cm/det
7. Bebas banjir minimal periode 25 tahun

Purwokerto memiliki beberapa tempat pembuangan akhir sampah, salah satunya adalah TPA Gunung Tugel. Sampah yang dibuang di TPA Gunung Tugel

berasal dari limbah rumah tangga, industri, dan pasar. Sampah tersebut terdiri dari berbagai jenis, diantaranya kertas, plastik, kain, boneka, karet, makanan basi, alat elektronik bekas, lampu, dan batu baterai. Sampah yang masih bisa dipakai atau didaur ulang dikumpulkan oleh masyarakat setempat, sedangkan yang lainnya ditimbun. Sampah yang ditimbun di TPA akan mengalami proses dekomposisi alamiah. Proses dekomposisi tersebut akan mengubah sampah menjadi pupuk organik dan menimbulkan hasil samping yaitu leachate atau air lindi (Anam et al., 2013).

Berdasarkan data SLHI tahun 2007 tentang kondisi TPA di Indonesia, sebagian besar merupakan tempat penimbunan sampah terbuka (*open dumping*) sehingga menimbulkan masalah pencemaran pada lingkungan. Data menyatakan bahwa 90% TPA dioperasikan dengan *open dumping* dan hanya 9% yang dioperasikan dengan *controlled landfill* dan *sanitary landfill*. TPA Gunung Tugel sendiri termasuk TPA yang dioperasikan menggunakan metode *open dumping*.

Metode *open dumping* adalah cara pembuangan akhir dengan hanya menumpuk sampah begitu saja tanpa ada perlakuan khusus, sehingga dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan. (Royadi, 2006).

Metode ini memungkinkan adanya perembesan air lindi (cairan yang timbul akibat pembusukan sampah) melalui kapiler-kapiler air dalam tanah hingga mencemari sumber air tanah, terlebih di musim hujan. Efek pencemaran bisa berakumulasi jangka panjang dan pemulihannya bisa membutuhkan puluhan tahun. Metode ini sudah tidak populer karena selain sudah tidak akan diperbolehkan lagi juga berpotensi pada pencemaran lingkungan (Agung, 2013).

2.2 Air Lindi (*Leachate*)

Lindi merupakan air yang terbentuk dalam timbunan sampah yang melarutkan banyak sekali senyawa yang ada sehingga memiliki kandungan pencemar khususnya zat organik yang sangat tinggi. Lindi sangat berpotensi menyebabkan pencemaran air, baik air tanah maupun permukaan sehingga perlu ditangani dengan baik. Lindi akan terjadi apabila ada air eksternal yang berinfiltrasi ke dalam timbunan sampah, misalnya dari air permukaan, air hujan, air tanah atau

sumber lain. Cairan tersebut kemudian mengisi rongga-rongga pada sampah, dan bila kapasitasnya telah melampaui kapasitas tekanan air dari sampah, maka cairan tersebut akan keluar dan mengekstraksi bahan organik dan anorganik hasil proses fisika, kimia dan biologis yang terjadi pada sampah (Tchobanoglous, 1993).

Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik yang tinggi. Selayaknya benda cair, air lindi akan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Air lindi ini dapat merembes masuk ke dalam tanah dan bercampur dengan air tanah sampai pada jarak 200 meter, ataupun mengalir di permukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai. Secara langsung air tanah atau air sungai tersebut akan tercemar. Air lindi juga dapat mencemari sumber air minum pada jarak 100 dari sumber pencemaran (Mahardika 2010).

Potensi gravitasi sangat penting dalam tanah-tanah yang jenuh air. Hal ini diperhitungkan terutama untuk gerakan air lindi yang menembus tanah yang pada umumnya bergerak dari elevasi tinggi ke elevasi rendah. Biasanya air tanah yang diperhatikan mempunyai elevasi yang lebih tinggi daripada sumber air bersih tertentu. Gerakan air lindi ke dalam tanah mengikuti gerakan air tanah, yang merupakan gerakan air dari tanah melalui evaporasi dan atau drainase (dari tanah basah ke tanah kering) dan dari tanah ke dalam akar-akar tanaman (Mahardika, 2010). Faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi lindi antara lain:

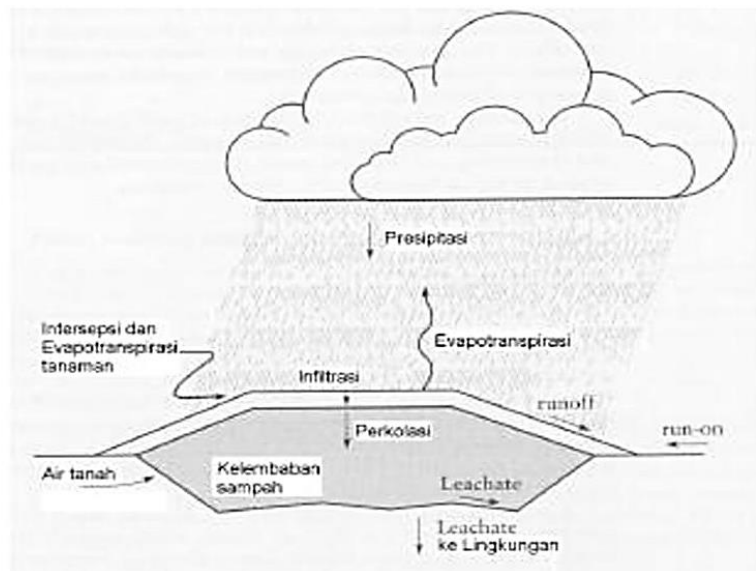
1. Tipe material sampah yang dibuang ke TPA;
2. Kondisi TPA meliputi pH, temperatur, kelembaban, usia TPA dan iklim. Suhu yang rendah akan menghambat beberapa reaksi kimia yang akan menyebabkan produksi air lindi menurun.;
3. Karakteristik presipitasi yang memasuki TPA.

Menurut Adam (2015), keberagaman kualitas air lindi akan sangat tinggi apabila komposisi sampah didominasi oleh sampah domestik. Waktu juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas air lindi. Pada air lindi yang masih baru, kandungan bahan organik dan bahan pencemar lain akan lebih tinggi dibandingkan dengan air lindi yang sudah berada lama di *landfill*.

Pada tahap awal kandungan beberapa senyawa seperti BOD, COD dan amonia akan banyak dijumpai dalam air lindi. Namun secara perlahan nilai tersebut akan terus menurun dari tahun ke tahun. Kandungan BOD akan lebih cepat turun daripada COD karena zat organik dalam BOD akan terdekomposisi dengan mudah oleh bakteri yang ada di TPA (Purwanti, 2014).

Pola umum dari pembentukan lindi adalah sebagai berikut:

1. Presipitasi (P) jatuh di TPA dan beberapa diantaranya akan mengalami *run off* (RO),
2. Beberapa dari presipitasi akan menginfiltrasi (I) permukaan,
3. Sebagian yang terinfiltrasi akan menguap/*evaporates* (E) dari permukaan dan/atau transpirasi (T) melalui tumbuhan,
4. Sebagian proses infiltrasi akan menyebabkan penurunan kandungan kelembaban dalam tanah,
5. Sisa infiltrasi setelah proses E, T dan I sudah mencukupi, bergerak kebawah membentuk suatu perlokasi (PERC) dan pada akhirnya membentuk lindi di dasar TPA.



Gambar 1.1 Skema terbentuknya lindi (Vesilind, 2002)

2.3 Baku Mutu Air Lindi

Kualitas air lindi diketahui dengan membandingkan konsentrasi parameter terukur dengan baku mutu yang berlaku. Di Indonesia sendiri baku mutu air lindi diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah seperti pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Lindi Menurut Permen LHK No. 59 Tahun 2016

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6 – 9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

2.4 Pengaruh Sampah Terhadap Masyarakat dan Lingkungan

Adanya sampah dan TPA tentunya membawa pengaruh terhadap lingkungan dan masyarakat di sekitar, baik itu dampak positif maupun dampak negatif. Berikut ini beberapa dampak positif dari pengelolaan sampah (Kusnoputranto, 2000):

1. Sampah dapat dipergunakan untuk menimbun tanah yang kurang baik (tanah rendah, rawa-rawa dan lainnya) dan tanah yang tidak diolah menjadi tanah yang pada akhirnya dapat digunakan atau dapat diolah sehingga mendapatkan hasil, ataupun dijadikan lahan pemukiman, taman, lapangan olah raga dan lain-lain.
2. Dapat dimanfaatkan sebagai pupuk penyubur tanah dan memperbaiki kondisi tanah.
3. Dimanfaatkan ,sebagai makanan ternak dengan pengolahan terlebih dahulu.
4. Sampah yang masih bermanfaat dapat diambil kembali untuk di daur ulang dan dimanfaatkan untuk keperluan lain.

5. Berkurangnya tempat untuk berkembang biaknya serangga dan binatang pengerat sehingga populasi vektor penyakit akan berkurang.
6. Berkurangnya insiden penyakit yang erat hubungannya dengan pengolahan sampah.
7. Keadaan estetika lingkungan (udara, air, tanah) lebih saniter sehingga menimbulkan rasa nyaman bagi masyarakat.
8. Keadaan lingkungan yang baik secara tidak langsung akan menghemat pengeluaran daerah/devisa sehingga dapat meningkatkan kondisi ekonomi daerah dan negara. Selain itu, dengan meningkatnya derajat kesehatan masyarakat, produktivitas masyarakat akan meningkat pula, sehingga dapat meningkatkan taraf sosial ekonomi masyarakat.

Adapun untuk dampak negatif dari pengelolaan sampah yang kurang baik adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan tempat yang baik bagi vektor penyakit sebagai tempat berkembang biak sehingga dapat mengakibatkan meningkatnya jumlah penyakit di masyarakat.
2. Estetika lingkungan menjadi rendah akibat banyaknya tebaran/tumpukan sampah mengganggu kenyamanan lingkungan masyarakat.
3. Terjadi pencemaran lingkungan akibat penumpukan sampah dengan dihasilkannya air lindi.

2.5 Pencemaran Lingkungan Akibat Air Lindi

Pencemaran lingkungan adalah perubahan lingkungan yang tidak menguntungkan, sebagian karena tindakan manusia, disebabkan perubahan pola penggunaan energi dan materi, tingkatan radiasi bahan-bahan fisika dan kimia dan jumlah organisme. Perbuatan ini dapat mempengaruhi langsung manusia, atau tidak langsung melalui air, hasil pertanian, peternakan, benda-benda, perilaku dalam apresiasi dan rekreasi dari alam bebas (Sastrawijaya, 1991).

Materi pencemar yang biasanya terbentuk atau hadir (turunan sampah) di lingkungan TPA yaitu air lindi (*leachate*), selayaknya benda cair air lindi akan mengalir ke tempat yang lebih rendah. Air lindi dapat merembes ke dalam tanah

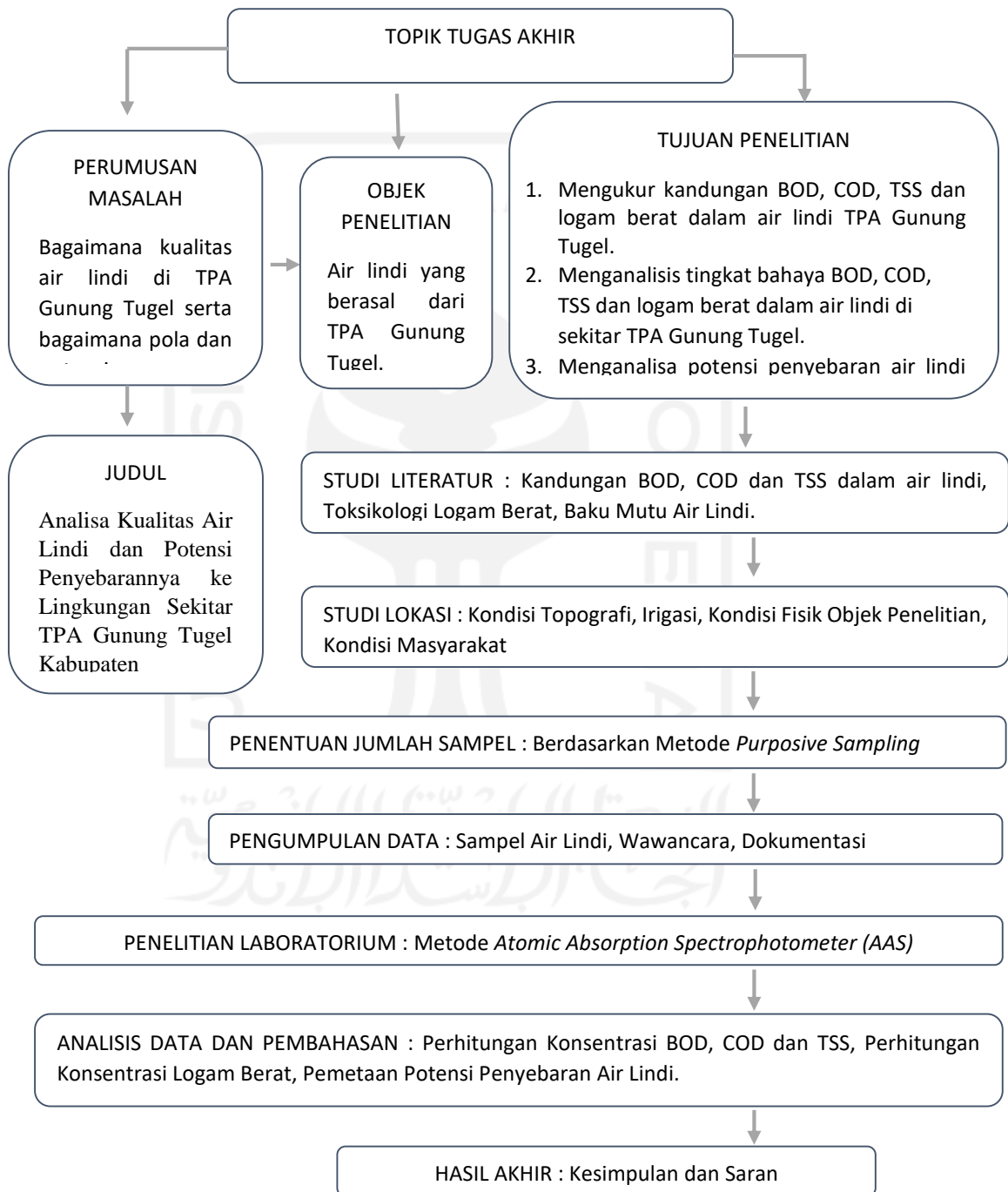
dan bercampur dengan air tanah, ataupun mengalir di permukaan tanah dan bermuara pada aliran air sungai. Kemampuan *leachate* mencemari air permukaan/air tanah dipengaruhi oleh kondisi geologi (tipe tanah dan jenis batuan) serta kondisi hidrologi (kedalaman dan pergerakan air tanah, jumlah curah hujan serta pengendalian aliran permukaan) dimana lokasi TPA berada. Konsentrasi dari komponen-komponen tersebut dalam air lindi bisa mencapai 1000 sampai 5000 kali lebih tinggi dari pada konsentrasi dalam air tanah (Maramis, 2008). Tingginya kadar COD dan amonia pada air lindi (bisa mencapai ribuan mg/L), sehingga pengolahan air lindi tidak boleh dilakukan sembarangan (Machdar, I, 2008).

Dampak pencemaran lingkungan tidak hanya berpengaruh dan berakibat kepada lingkungan alam saja, akan tetapi berakibat dan berpengaruh pula terhadap kehidupan tanaman, hewan dan juga manusia. Bentuk dan macam limbah yang dihasilkan manusia tergantung pada tingkat peradaban manusia. Sebelum manusia mengenal kemajuan industri dan teknologi, limbah atau bahan buangan yang dihasilkan dari kegiatan manusia pada umumnya bersifat organik. Ditinjau dari kepentingan kelestarian lingkungan, limbah yang bersifat organik lebih menguntungkan karena dengan mudah dapat didegradasi atau dipecah oleh mikroorganisme, menjadi bahan yang mudah menyatu kembali dengan alam tanpa menimbulkan pencemaran pada lingkungan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

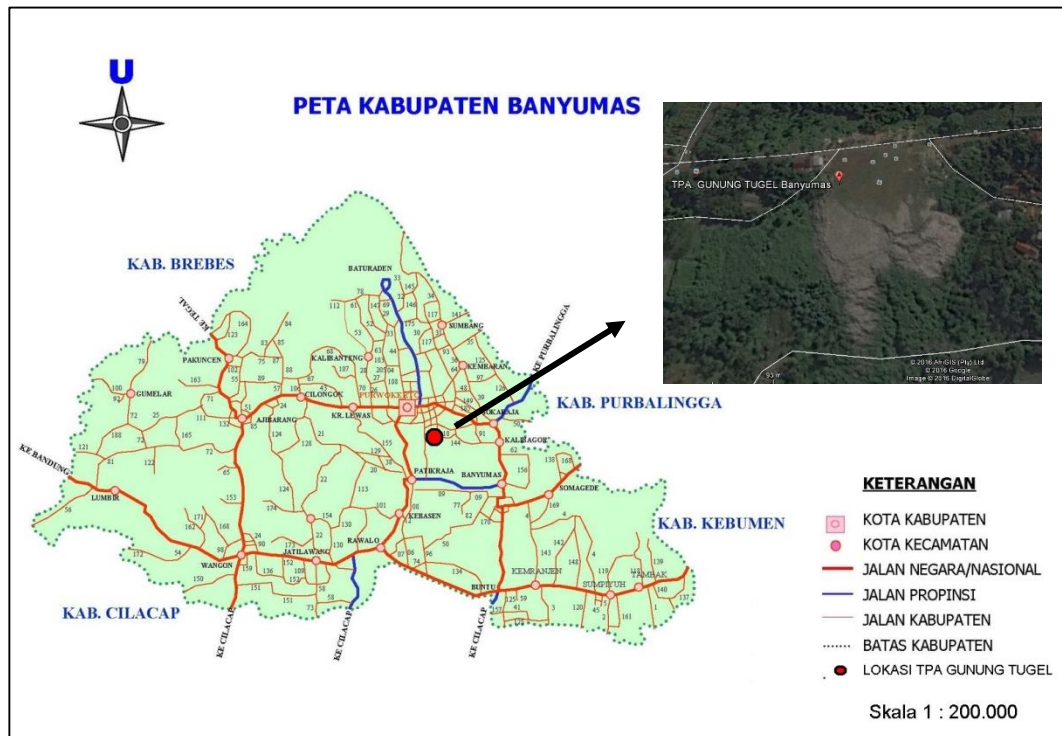
Tahapan pelaksanaan perencanaannya dapat dilihat sebagai berikut ini:



Gambar 3.1 Skema penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan pada lingkup batas terluar TPA Gunung Tugel, dalam hal ini mencakup area longsoran TPA Gunung Tugel dengan mempertimbangkan munculnya air lindi di beberapa titik di area bawah. Lokasi penelitian masuk pada wilayah administrasi Dusun Kedung Randu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas Jawa Tengah. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Lokasi penelitian (Sumber: loketpeta.pu.go.id)

3.3 Alat dan Bahan

a. Survey dan Pengambilan Sampel

Alat yang digunakan adalah :

- 1) *Handphone* dengan spesifikasi *Android* RAM 4GB (*Global Positioning System (GPS)* dan alat dokumentasi),
- 2) Botol HDPE, dan
- 3) Alat Tulis (Buku Catatan, Pulpen, Label).

b. Preprasi dan Pengujian Sampel

Sampel air lindi akan diuji berdasarkan beberapa parameter antara lain pH, BOD, COD, TSS dan logam berat (Pb, Cd, Cu, Mn, Cr, Zn dan Fe). Pengujian sampel mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk masing-masing parameter seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.2. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pengujian sampel di laboratorium ditunjukkan pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Pengujian

Parameter	Alat	Bahan
pH	pH meter	- Sampel
BOD	- Botol winkler - Pipet ukur - Pipet tetes - Buret - Gelas beker - Gelas ukur	- Sampel - Larutan MnSO ₄ - H ₂ SO ₄ pekat - KOH-KI - Aquades - Larutan Na ₂ SO ₃
COD	- Refluks - Thermoreaktor - Pipet ukur - Gelas beker - Spektrofotometer UV-Vis	- Sampel - H ₂ SO ₄ pekat - Larutan pencerna tinggi - Aquades
TSS	- Kertas saring - Corong kaca - Erlenmeyer - Timbangan analitik - Oven - Desikator	- Sampel - Aquades
Logam berat	- Kertas saring - Erlenmeyer - Corong kaca - Kompor listrik - Spektrofotometer AAS - Labu ukur - Gelas beker - Pipet ukur	- Sampel - Aquades - HNO ₃ pekat

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu meliputi pengambilan sampel, pengamatan fisik secara langsung di lapangan dan wawancara kepada penduduk sekitar untuk mencari informasi terkait kondisi TPA Gunung Tugel. Sampel yang diambil yaitu berupa sampel air lindi. Kondisi fisik yang diamati yaitu topografi lokasi penelitian dan saluran irigasi. Data yang diambil dari wawancara yaitu keluhan yang dirasakan oleh warga sekitar akibat air lindi dari TPA Gunung Tugel. Selain itu, ada juga data pendukung yang didapatkan dari berbagai literasi berupa buku, jurnal, artikel ilmiah maupun literasi lainnya.

3.5 Metode Pengambilan Sampel

a. SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah

Metode pengambilan sampel atau sampling mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Tahapan pengambilan contoh untuk pengujian total logam dan terlarut, dilakukan sebagai berikut.

1. Bilas botol contoh dan tutupnya dengan contoh yang akan dianalisa;
2. Buang air pembilas dan isi botol dengan sampel hingga beberapa cm di bawah puncak botol agar masih tersedia ruang untuk menambahkan pengawet dan melakukan pengocokan.

b. Metode Cadangan Pengambilan Air Lindi secara Manual (Ojoawo, et al., 2012)

Prosedur standar pengambilan air lindi adalah sebagai berikut:

1. Berbagai macam sampel limbah dikumpulkan dari titik terendah landfill masing-masing pada kedalaman tanah 0,5 m; 1 m; 1,5 m;
2. sampel yang sudah terkumpul dicampur menjadi satu sampel komposit ke dalam wadah lalu digoyang-goyang secara menyeluruh dan nantinya ini akan menjadi sebuah kolom;
3. proses pembuatan air lindi (leaching) dilakukan secara terus menerus. Sampel yang telah terhomogenkan ditepuk-tepuk secara perlahan dan menjadi sebuah kolom plastik buatan. Kolom tersebut direndam dengan cairan pencucian (air suling deionisasi) dan dibiarkan

semalaman. Di bawah wadah kolom tersebut yang sudah dilubangi diberi wadah lagi karena kolom tersebut akan membuat air lindi secara gaya gravitasi;

4. kolom tersebut harus tetap dalam keadaan basah dan dicuci kembali setelah 5 hari. Bagian paling atas dan paling bawah 1 cm 2 cm kolom dihilangkan atau diambil dan dikeringkan dan dicuci dengan metode sebelumnya melalui leaching agent;
5. air lindi yang sudah dipisahkan dengan residu melalui penyaringan dengan kertas penyaring;
6. air lindi yang sudah diekstrak dapat dianalisis karakteristiknya.

Semua sampel dikumpulkan secara manual ke dalam beberapa botol plastik 600mL dan dipindahkan ke laboratorium, disimpan dalam suhu 4°C dan dianalisa selama dua hari. Air lindi yang dianalisis dengan menggunakan metode standar pengujian air dan air limbah (APHA, 2005).



Gambar 3.3 Lokasi titik sampling air lindi

Gambar 3.3 diatas merupakan lokasi titik sampling pengambilan air lindi. Dalam penelitian ini, metode sampling yang digunakan adalah metode *Purposive Sampling*. Untuk mendapatkan sampel yang diinginkan berupa air lindi, lokasi titik sampling ditentukan dimana sumber air lindi dapat ditemukan. Hal ini dikarenakan

kondisi eksisting di TPA Gunung Tugel yang tidak mempunyai pengolahan maupun bak pengumpulan air lindi dan juga karena TPA sudah longsor sehingga titik munculnya air lindi cenderung sulit untuk ditemukan.

3.6 Metode Pengujian Sampel

Dalam penelitian ini parameter yang akan diuji adalah zat organik dan logam berat. Zat organik yang akan dianalisa antara lain total kebutuhan oksigen biologi dan kimiawi (BOD dan COD) dan jumlah padatan terlarut (TSS). Sedangkan logam berat yang diuji antara lain Pb, Cd, Zn, Cu, Fe, Mn, Cr.

Tabel 3.2 Metode dan Prinsip Pengujian Sampel

Parameter	Acuan	Metode	Prinsip
BOD	SNI 6989.72:2009	Titrasi Iodometri dengan menggunakan indikator amilum	Sejumlah 300 ml contoh uji diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 5 hari. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih konsentrasi oksigen terlarut nol (0) hari dan 5 (lima) hari. Kadar oksigen terlarut ditentukan dengan metode asida (modifikasi Winkler)
COD	SNI 6989.2:2009	Refluks tertutup secara spektrofotometri	Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksigen yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri tampak. Untuk nilai COD 100 – 900

			<p>mg/L kenaikan Cr^{3+} ditentukan pada panjang gelombang 600 nm. pada contoh uji dengan nilai COD yang lebih tinggi, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum pengujian. Untuk nilai $\text{COD} \leq 90$ mg/L penurunan konsentrasi Cr_2O_7 ditentukan pada panjang gelombang 420 nm.</p>
TSS	SNI 06-6989.3:2004	Gravimetri	<p>Contoh uji yang telah homogen disaring dengan kertas saring yang telah ditimbang. Residu yang tertahan pada saringan dikeringkan sampai mencapai berat konstan pada suhu $103^\circ\text{C} - 105^\circ\text{C}$. Kenaikan berat saringan mewakili padatan tersuspensi total (TSS). Jika padatan tersuspensi menghambat saringan dan memperlama penyaringan, diameter pori-pori saringan perlu diperbesar atau mengurangi volume contoh uji. Untuk memperoleh estimasi TSS, dihitung perbedaan antara padatan terlarut dan padatan total.</p>

Logam berat	SNI 6989-4:2009 SNI 6989-5:2009 SNI 698-6:2009 SNI 6989-7:2009 SNI 6989-8:2009 SNI 6989-16:2009 SNI 6989-17:2009	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala	Sejumlah sampel didestruksi dalam lemari asam dengan memanaskan contoh uji yang sudah ditambahkan HNO ₃ pekat sampai volume ±10 ml hingga bening. Untuk Fe panjang gelombang yang digunakan 248,3 nm; Mn 279,5 nm; Cu 324,7 nm; Zn 213,9; Pb 283,3 nm; Cd 228,8 dan Cr 357,9.
-------------	--	---	---

3.7 Metode Analisa Data

Logam berat yang akan dianalisis keberadaannya dalam sampel air lindi yaitu Tembaga (Cu), Besi (Fe), Mangan (Mn), dan Seng (Zn) yang merupakan logam esensial, serta Kromium (Cr), Kadmium (Cd), dan Timbal (Pb) yang merupakan logam non esensial bagi sistem biologis makhluk hidup. Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI 13-6974-2003) dan (J.N. Ihedioha, 2016) logam berat dalam suatu sampel dapat dianalisis dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) sistem nyala. Analisa dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan bantuan dari laboratorian setempat.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di area TPA Gunung Tugel yang berlokasi di Desa Kedung Randu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas. TPA dengan luas sekitar 5,4 ha ini ditutup pada tahun 2016 karena sudah kelebihan kapasitas yang menyebabkan gunung sampah longsor ke arah pemukiman warga dan persawahan dan menutup saluran irigasi. Meskipun sudah ditutup, warga sekitar masih sering membuang sampah rumah tangga mereka di kawasan tersebut.



Gambar 4.1 Kondisi eksisting TPA Gunung Tugel (a) penampakan dari atas (b) penampakan dari bawah. (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2017)

TPA Gunung Tugel sendiri menganut sistem *open dumping*, dimana sampah dari berbagai sumber yang kebanyakan dari rumah tangga dibuang begitu saja ke lahan TPA, sehingga disana tidak ada sistem pengolahan maupun bak penampungan yang secara khusus diperuntukkan untuk mengolah air lindi yang dihasilkan. Karena hal ini pula, pengambilan sampel dilakukan saat ditemukannya sumber air lindi yang keluar langsung dari tumpukan sampah baik berupa genangan maupun aliran kecil dengan mempertimbangkan arah longsor yang pernah terjadi. Dalam penelitian ini, peneliti menemukan 10 titik lokasi dimana sumber air lindi didapatkan.

Dari semua sampel yang diperoleh, parameter pH dan suhu diukur secara langsung saat pengambilan. Hasil dari pengukuran pH berkisar antara 6 – 8 dengan

suhu sekitar 26°C. Dilihat secara kasat mata, warna dari sampel air lindi yang diambil beberapa ada yang pekat kehitaman, coklat terang dan ada yang berwarna agak kuning bening.



Gambar 4.2 Beberapa titik lokasi pengambilan sampel air lindi (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2017)

4.2 Analisis Kandungan Zat Organik dalam Air Lindi

4.2.1 Konsentrasi BOD dalam Air Lindi

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) merupakan parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengurai zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan pada keadaan aerobik yang diinkubasi pada suhu 20°C selama 5 hari, sehingga sering disebut BOD₅. Pemeriksaan BOD₅ diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air buangan domestik

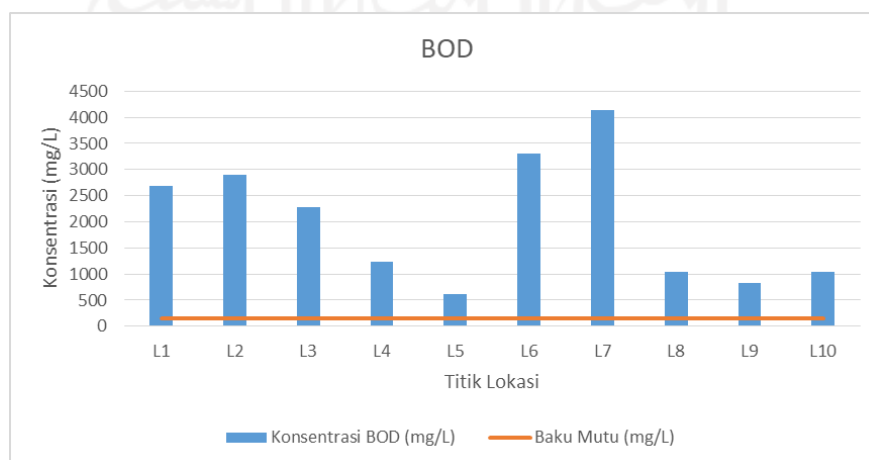
atau industri juga untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis bagi air tercemar.

Jika suatu badan air tercemar oleh zat organik maka mikroorganisme di dalamnya akan menggunakan oksigen terlarut dalam air selama proses biodegradasi berlangsung. Oksigen yang digunakan lama kelamaan akan habis dan mengakibatkan kematian pada biota air sehingga keadaan badan air akan menjadi anaerobik yang ditandai dengan timbulnya bau busuk.

Berikut ini merupakan hasil analisa kandungan BOD pada sampel air lindi TPA Gunung Tugel, ditunjukkan oleh tabel 4.1 dan grafik perbandingan dengan baku mutu.

Tabel 4.1 Konsentrasi BOD pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Konsentrasi BOD (mg/L)	Baku Mutu Permen LHK No. 59 tahun 2016
1	L1	2685.97	150 mg/L
2	L2	2892.59	
3	L3	2272.75	
4	L4	1239.68	
5	L5	619.84	
6	L6	3305.81	
7	L7	4132.27	
8	L8	1033.07	
9	L9	826.45	
10	L10	1033.07	
Rata-rata		2004.15	150



Gambar 4.3 Grafik konsentrasi BOD dalam air lindi

Dari tabel 4.1 di atas, diketahui bahwa konsentrasi BOD dari setiap sampel air lindi cenderung tinggi, bahkan jauh melewati batas angka baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah dalam Permen LHK No. 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah sebesar 150 mg/L. Dari sepuluh sampel yang diuji, sampel L5 mempunyai konsentrasi BOD yang paling rendah daripada yang lainnya yakni sebesar 619,84 mg/L. Sedangkan sampel L7 mempunyai konsentrasi BOD terbesar yaitu 4132,27 mg/L.

Tingginya nilai BOD ini mengindikasikan bahwa air lindi mengandung bahan organik hasil dari dekomposisi sampah.

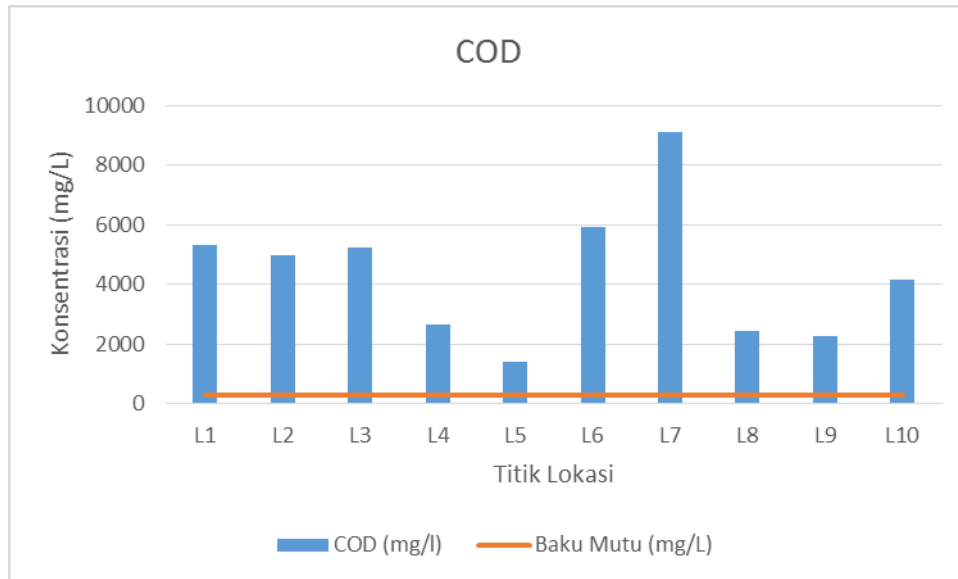
4.2.2 Konsentrasi COD dalam Air Lindi

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses biologis dan dapat menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

Tabel 4.2 berikut ini menunjukkan hasil analisa kandungan COD dalam sampel air lindi yang diambil.

Tabel 4.2 Konsentrasi COD pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	COD (mg/L)	Baku Mutu Permen LHK No. 59 tahun 2016
1	L1	5337.28	300 mg/L
2	L2	4972.83	
3	L3	5245.74	
4	L4	2661.11	
5	L5	1409.81	
6	L6	5934.64	
7	L7	9116.44	
8	L8	2448.39	
9	L9	2256.07	
10	L10	4183.77	
Rata-rata		4356.61	300



Grafik 4.4 Grafik konsentrasi COD dalam air lindi

Dari ke-sepuluh sampel air lindi yang diuji, semuanya menunjukkan hasil konsentrasi COD diatas baku mutu yang berlaku (gambar 4.4) yaitu sebesar 300 mg/L. Seperti halnya pada BOD, nilai COD terbesar dan terkecil berturut-turut adalah sampel L7 dan L5 yaitu sebesar 9116,44 mg/L dan 1409,81 mg/L.

Perairan yang memiliki COD yang tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l, pada perairan tercemar bisa melebihi 200 mg/l dan bahkan pada limbah industri bisa mencapai 60.000 mg/l (UNESCO/WHO/UNEP 1992 in Effendi, 2003).

4.2.3 Konsentrasi TSS dalam Air Lindi

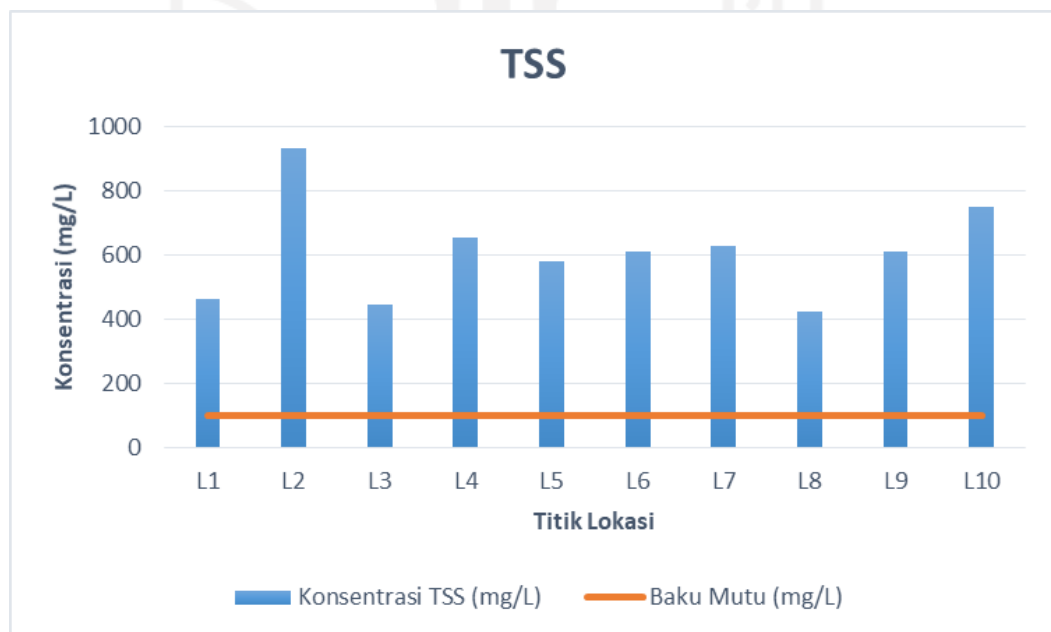
Padatan tersuspensi total (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1µm) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45 µm (Effendi, 2003). TSS biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air yang menyebabkan kekeruhan. Zat-zat organik dan anorganik yang dimaksud termasuk lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. Limbah cair yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi tidak boleh dibuang langsung ke badan air karena disamping dapat menyebabkan pendangkalan juga

dapat menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar air sehingga proses fotosintesa mikroorganismenya tidak dapat berlangsung.

Tabel 4.3 berikut ini menunjukkan hasil pemeriksaan kandungan TSS pada sampel air lindi TPA Gunung Tugel:

Tabel 4.3 Konsentrasi TSS pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	TSS (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
1	L1	464	100
2	L2	930	
3	L3	444	
4	L4	654	
5	L5	578	
6	L6	612	
7	L7	626	
8	L8	422	
9	L9	612	
10	L10	748	
Rata-rata		609	100



Gambar 4.5 Grafik konsentrasi TSS dalam air lindi

Konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) dalam sampel air lindi berdasarkan hasil analisis laboratorium yang ditunjukkan tabel 4.3 yaitu antara 422 – 930 mg/L dengan rata-rata konsentrasinya sebesar 609 mg/L. Berdasarkan grafik pada gambar 4.5 semua area memiliki konsentrasi TSS melebihi baku mutu standar yang ditetapkan dalam Permen LHK No. 59 tahun 2016.

4.3 Analisis Kandungan Logam Berat dalam Air Lindi

Parameter logam berat yang diuji dalam penelitian ini adalah Pb, Cd, Cu, Mn, Cr, Zn dan Fe. Sampel air lindi didestruksi menggunakan HNO₃ pekat, kemudian dibaca konsentrasinya dengan menggunakan alat spektrofotometri serapan atom nyala (AAS-flame).

4.3.1 Konsentrasi Timbal (Pb) dalam Air Lindi

Timbal adalah logam berat yang biasa digunakan sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk cat, keramik dan sebagainya. Tingginya kadar timbal dalam tubuh dapat berpengaruh pada penghambatan sintesa hemoglobin yang mengakibatkan anemia, gangguan pada sistem syaraf dan hipertensi.

Logam-logam berat seperti timbal yang terlarut dalam badan perairan pada kadar tertentu akan berubah fungsi menjadi racun bagi kehidupan perairan. Meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh suatu logam berat terhadap semua biota tidak sama, namun kehancuran dari suatu kelompok dapat menjadikan terputusnya suatu mata rantai kehidupan. Pada tingkat lanjutnya, keadaan ini tentu saja dapat menghancurkan suatu tatanan ekosistem (Palar, 2008).

Di TPA Gunung Tugel sendiri ditemukan beberapa benda yang kemungkinan bisa menghasilkan pencemar berupa timbal seperti batu baterai, bekas kaleng cat dan lain sebagainya. Berikut ini adalah tabel dan grafik yang menunjukkan kandungan timbal didalam air lindi di sekitar TPA Gunung Tugel:

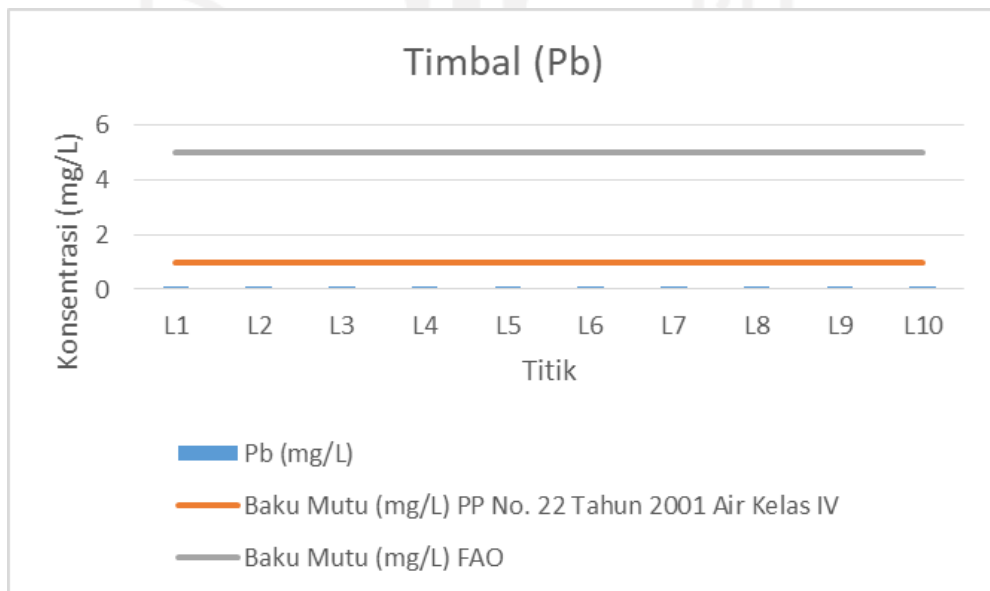
Tabel 4.4 Konsentrasi timbal (Pb) pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Pb (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	
			PP No. 22 Tahun 2001 Air Kelas IV ²	FAO ³
1	L1	0,126*	1	5
2	L2	0,126*		
3	L3	0,126*		
4	L4	0,126*		
5	L5	0,126*		
6	L6	0,126*		
7	L7	0,126*		
8	L8	0,126*		
9	L9	0,126*		
10	L10	0,126*		
Rata-rata		0,126		

*Konsentrasi timbal diasumsikan setengah dari besar limit deteksi alat AAS yaitu 0,251 mg/L.

² Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah

³ *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, 1985*



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi timbal (Pb) dalam air lindi

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, konsentrasi Pb dalam sampel air lindi TPA Gunung Tugel yang ditunjukkan dalam tabel 4.4, menunjukkan hasil yang tidak dapat dideteksi oleh alat spektrofotometri. Konsentrasi Pb dari semua

sampel berada di bawah angka limit deteksi spektrofotometer yakni sebesar 0,251 mg/L. Oleh karena itu, konsentrasi Pb dalam air lindi diasumsikan menjadi setengah dari besar limit deteksi yaitu 0,126 mg/L.

Melihat dari grafik pada gambar 4.6 diatas, konsentrasi Pb dalam air lindi masih memenuhi standar baku mutu untuk air kelas IV menurut PP No. 22 tahun 2001 yaitu sebesar 1 mg/L dan menurut *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1*, 1985 sebesar 5 mg/L.

4.3.2 Konsentrasi Kadmium (Cd) dalam Air Lindi

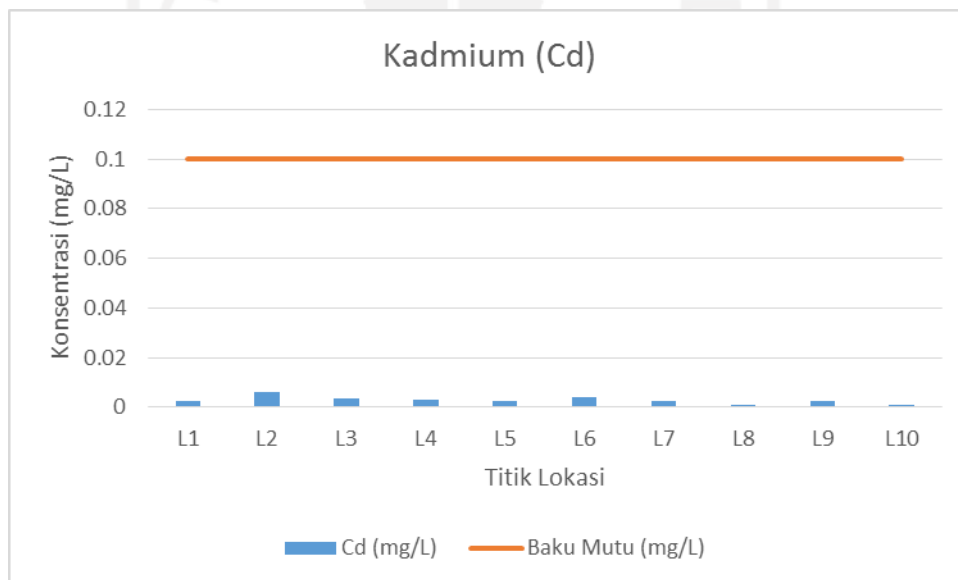
Kadmium adalah logam yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia. Sumber Kadmium yang dapat ditemukan di TPA Gunung Tugel adalah sampah berupa plastik bekas, residu cat dan baterai. Logam berat Cd biasanya terikat oleh senyawa-senyawa lain membentuk suatu molekul. Ikatan tersebut berupa bahan anorganik yaitu klorida dan karbonat. Paparan akut oleh Cd dapat menyebabkan gejala nausea (mual), muntah, diare, kram, otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, empisema dan degenerasi testicular (Sudarmaji et al., 2006).

Dalam tabel 4.5 di bawah dapat dilihat bahwa konsentrasi kadmium dalam sampel air lindi yang diuji berada direntang angka 0,00075 – 0,00625 mg/L. Angka ini sangat kecil dan jauh dari baku mutu air lindi yang berlaku yaitu sebesar 0,1 mg/L. Konsentrasi kadmium terbesar ditemukan pada titik L2. Sedangkan konsentrasi Cd terkecil berada di titik L8.

Penelitian yang dilakukan oleh Fatmawinir et al (2015) juga menemukan bahwa konsentrasi kadmium lebih rendah dibanding dengan konsentrasi logam berat yang lain. Hal ini dikarenakan kondisi dari air lindinya bersifat cenderung netral ke basa. Konsentrasi kadmium akan lebih tinggi jika pH air lindi cenderung rendah (asam) karena pada kondisi ini logam kadmium akan lebih mudah terlarut.

Tabel 4.5 Konsentrasi kadmium (Cd) pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Cd (mg/L)	Baku Mutu Permen LHK No. 59 Tahun 2016
1	L1	0.00275	0.1
2	L2	0.00625	
3	L3	0.00375	
4	L4	0.00325	
5	L5	0.0025	
6	L6	0.004	
7	L7	0.0025	
8	L8	0.00075	
9	L9	0.00275	
10	L10	0.001	
Rata-rata		0.00295	0.1



Gambar 4.7 Grafik konsentrasi kadmium (Cd) dalam air lindi

4.3.3 Konsentrasi Tembaga (Cu) dalam Air Lindi

Secara alamiah, logam Cu masuk ke lingkungan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan maupun dari air hujan. Tembaga juga dapat berasal dari kegiatan industri, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar. Tembaga termasuk logam berat esensial. Jadi meskipun beracun tapi tetap dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil (Palar, 1994).

Menurut penelitian Widowati (2008), seperti logam berat lainnya, paparan tembaga dalam waktu yang lama pada manusia akan menyebabkan terjadinya

akumulasi bahan-bahan kimia dalam tubuh yang dalam periode waktu tertentu akan menyebabkan munculnya efek yang merugikan kesehatan.

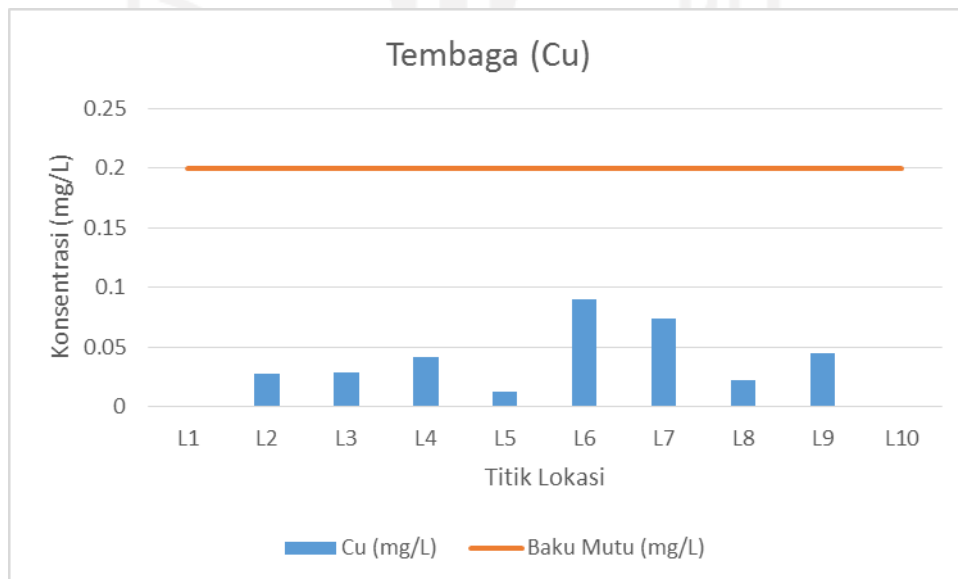
Berikut adalah tabel dan grafik yang menunjukkan kandungan Cd dalam air lindi di sekitar TPA Gunung Tugel:

Tabel 4.6 Konsentrasi tembaga (Cu) pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Cu (mg/L)	Baku Mutu* (mg/L)
1	L1	(-) 0.020	0.2
2	L2	0.02825	
3	L3	0.029	
4	L4	0.04125	
5	L5	0.01225	
6	L6	0.09025	
7	L7	0.0735	
8	L8	0.022	
9	L9	0.0455	
10	L10	(-) 0.022	
Rata-rata		0.0342	0.2

Sumber:

* Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk Air Kelas IV



Gambar 4.8 Grafik konsentrasi tembaga (Cu) dalam air lindi

Seperti yang terlihat dari tabel 4.6 dan grafik pada gambar 4.8 di atas, dapat dilihat bahwa hasil pengujian kandungan tembaga (Cu) pada semua sampel air lindi berada di bawah baku mutu kualitas air kelas IV menurut PP no. 82 tahun 2001.

Baku mutu yang diterapkan untuk kandungan tembaga (Cu) adalah sebesar 0,2 mg/L. Rentang nilai konsentrasi Cu dalam air lindi berkisar antara 0 – 0,09025 mg/L, dengan titik L6 sebagai sampel dengan konsentrasi Cu tertinggi.

4.3.4 Konsentrasi Mangan (Mn) dalam Air Lindi

Mangan merupakan salah satu zat beracun apabila konsentrasinya terlalu tinggi (>5 mg/L). Namun mangan juga diperlukan oleh manusia untuk bertahan hidup. Di dalam TPA pencemaran logam mangan bisa berasal dari bahan zat aktif di dalam baterai yang telah habis digunakan lalu dibuang. Zat tersebut terdegradasi lalu kemudian ikut terlarut masuk kedalam air lindi (Palar, 1994).

Berikut ini merupakan tabel dan grafik hasil pengujian konsentrasi logam mangan (Mn) dalam sampel air lindi:

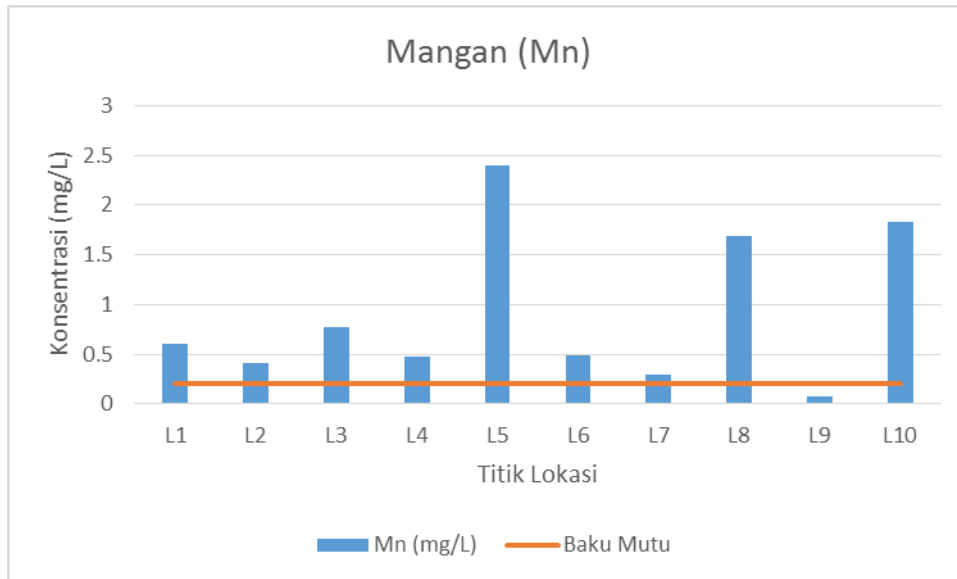
Tabel 4.7 Konsentrasi mangan (Mn) pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Mn (mg/L)	Baku Mutu ³ (mg/L)
1	L1	0.602925	0.2
2	L2	0.408375	
3	L3	0.769575	
4	L4	0.474325	
5	L5	2.3985	
6	L6	0.493525	
7	L7	0.296125	
8	L8	1.686	
9	L9	0.0722	
10	L10	1.824	
Rata-rata		0.902555	0.2

Sumber:

³ *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, 1985*

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, konsentrasi Mn dalam sampel air lindi TPA Gunung Tugel yang ditunjukkan dalam tabel 4.7, menunjukkan hasil antara 0,0722 – 2,3985 mg/L. Konsentrasi Mn terendah terdapat pada sampel L9 sebesar 0,0722 mg/L yang masih aman di bawah garis baku mutu menurut FAO. Sedangkan sembilan sampel lainnya, konsentrasi Mn melebihi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 0,2 mg/L. Catatan nilai tertinggi terdapat pada sampel L5 yaitu sebesar 2,3985 mg/L.



Gambar 4.9 Grafik konsentrasi mangan (Mn) dalam air lindi

4.3.5 Konsentrasi Kromium (Cr) dalam Air Lindi

Kromium merupakan unsur alami yang dapat ditemukan di bebatuan, hewan, tumbuhan dan tanah, di mana saat ditemukan kromium selalu berada dalam kombinasi dengan unsur lain membentuk berbagai senyawa. Tanah alami biasanya mengandung antara 10 mg – 50 mg kromium untuk setiap kilogramnya. Kromium sangat beracun bagi tanaman dan manusia apabila dalam jumlah tinggi namun toksisitasnya bergantung pada valensi; Kromium VI secara substansial lebih beracun.

Di area TPA sendiri, kromium dapat berasal dari komponen sampah elektronik seperti kabel dan sebagainya, limbah pertanian seperti pupuk dan pestidida serta dapat berasal dari sisa makanan dan dari kotoran hewan yang mencari makan di sekitar area TPA Gunung Tugel. Sedangkan dari alam sendiri, jumlah kromium antara 30 – 40 % (berasal dari pelapukan batuan, air hujan dan dari atmosfer) dan dari limbah antropogenik, seperti limbah rumah tangga dan industri, sebesar 60 –70 % (Bielicka et al. 2005).

Berikut ini merupakan tabel dan grafik hasil pengujian konsentrasi kromium (Cr) pada sampel air lindi:

Tabel 4.8 Konsentrasi kromium (Cr) pada sampel air lindi

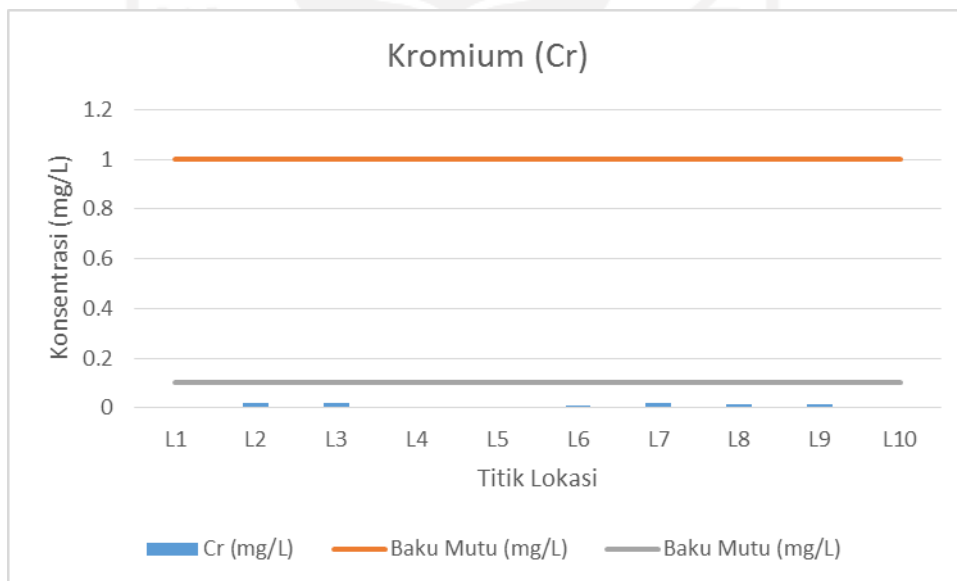
No	Titik Lokasi	Cr (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)	
			PP No. 22 Tahun 2001 Air Kelas IV ²	FAO ³
1	L1	0.003375	1	0.1
2	L2	0.0184		
3	L3	0.0205		
4	L4	0.003025		
5	L5	0.0045*		
6	L6	0.008925		
7	L7	0.0187		
8	L8	0.01485		
9	L9	0.0145		
10	L10	0.0045*		
Rata-rata		0.0102275	1	0.1

*Konsentrasi Cr diasumsikan setengah dari nilai LOD yaitu sebesar 0,009 mg/L

Sumber:

² Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk Air Kelas IV

³ *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, 1985.*



Gambar 4.11 Grafik konsentrasi kromium (Cr) dalam air lindi

Berdasarkan hasil analisis laboratorium, konsentrasi Kromium dalam sampel air lindi TPA Gunung Tugel yang ditunjukkan dalam tabel 4.8, menunjukkan hasil antara 0 – 0,0205 mg/L. Konsentrasi Cr terendah terdapat pada sampel L5 dan L10 dimana konsentrasinya tidak dapat terdeteksi oleh alat

spektrofotometer sehingga diasumsikan besarnya konsentrasi setengah daripada limit deteksi alat yaitu 0,009 mg/L. Sedangkan konsentrasi Cr tertinggi terdapat pada sampel L3 yaitu sebesar 0,0205 mg/L.

Dari grafik pada gambar 4.11 diatas, dapat diketahui bahwa konsentrasi Cr pada air lindi masih dalam kategori aman karena masih memenuhi standar baku mutu untuk air kelas IV menurut PP No. 22 tahun 2001 yaitu sebesar 1 mg/L dan menurut *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1*, tahun 1985 sebesar 0,1 mg/L.

4.3.6 Konsentrasi Seng (Zn) dalam Air Lindi

Seng merupakan salah satu unsur hara yang diperlukan untuk tanaman, namun dapat bersifat racun apabila kadarnya tinggi dalam tanah. Kadar Zn dalam tanah normal berkisar antara 10 – 300 mg/kg berat kering, pada tanah sawah kadar Zn antara 10 – 100 (mg/kg). Sepeti halnya logam berat lain, logam pencemar Zn dapat berasal dari sampah batu baterai dan barang-barang elektronik, serta penggunaan pupuk oleh para petani (ASTDR, 2006).

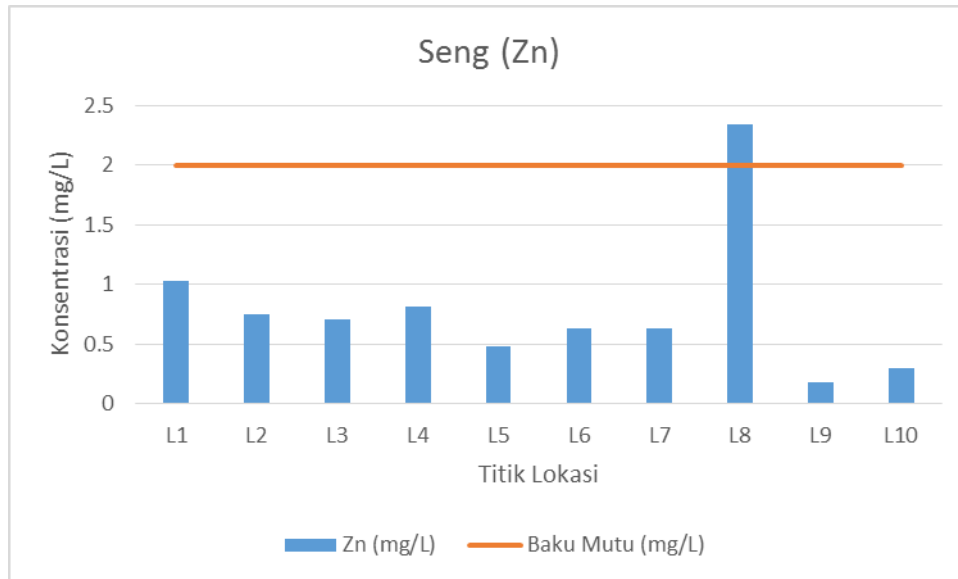
Berikut adalah tabel dan grafik yang menunjukkan kandungan Zn didalam air lindi di sekitar TPA Gunung Tugel :

Tabel 4.9 Konsentrasi seng (Zn) pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Zn (mg/L)	Baku Mutu ² (mg/L)
1	L1	1.0273	2
2	L2	0.756	
3	L3	0.703	
4	L4	0.818	
5	L5	0.485	
6	L6	0.638	
7	L7	0.637	
8	L8	2.343	
9	L9	0.186	
10	L10	0.303	
Rata-rata		0.789525	2

Sumber:

² Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk Air Kelas IV



Gambar 4.11 Grafik konsentrasi seng (Zn) dalam air lindi

Grafik pada gambar 4.11 di atas menunjukkan data konsentrasi logam seng (Zn) dalam air lindi. Dari gambar tersebut sampel L8 terlihat melebihi garis baku mutu menurut PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk air kelas IV. Baku mutu yang diberlakukan adalah sebesar 2 mg/L, sedangkan sampel L8 melebihi nilai tersebut di angka 2,343 mg/L. Sampel-sampel yang lain masih memenuhi aturan baku mutu dengan nilai konsentrasi Zn antara 0,186 mg/L sampai dengan 1,0273 mg/L. Nilai konsentrasi Zn terendah berasal dari sampel dari titik L9.

4.3.7 Konsentrasi Besi (Fe) dalam Air Lindi

Besi (Fe) merupakan salah satu logam esensial yang dibutuhkan manusia meskipun dalam jumlah yang kecil yaitu kurang dari 100 mg/hari. Besi sangat berperan penting bagi metabolisme tubuh. Diperkirakan kandungan Fe dalam kerak bumi adalah sebesar 5.6×10^{-4} mg/kg, sedangkan kandungan didalam laut adalah sebesar 2×10^{-3} mg/L. Mineral yang sering berada dalam air tanah semakin meningkat. Fe juga merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman. Fe ada secara alami di sungai, danau, dan air bawah tanah. Ini juga dapat dilepaskan ke air dari deposit alami, limbah industri, pemurnian bijih besi, dan korosi logam yang mengandung besi.

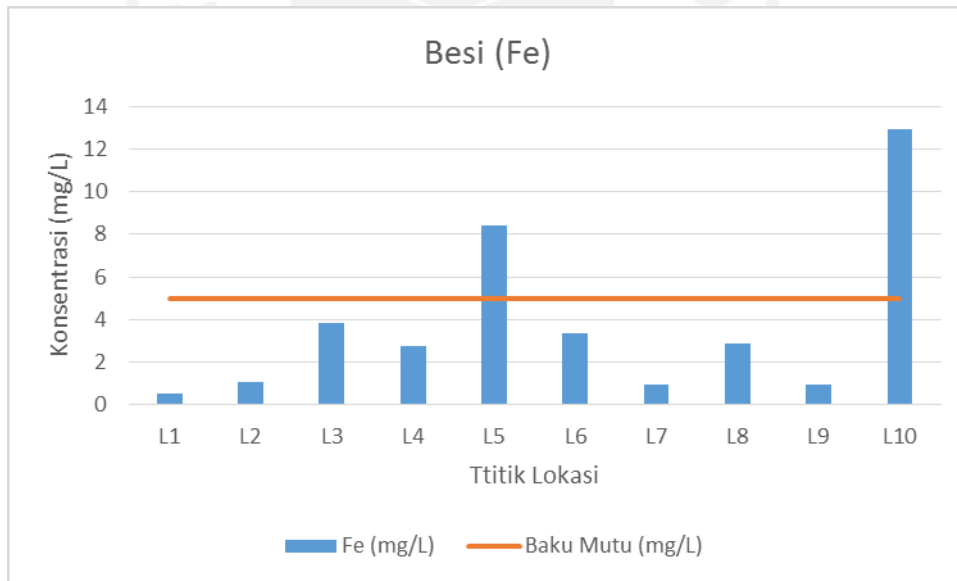
Berikut ini adalah tabel dan grafik yang menunjukkan kandungan Fe didalam air lindi TPA Gunung Tugel :

Tabel 4.10 Konsentrasi besi (Fe) pada sampel air lindi

No	Titik Lokasi	Fe (mg/L)	Baku Mutu ³ (mg/L)
1	L1	0.522	5
2	L2	1.0705	
3	L3	3.8475	
4	L4	2.7625	
5	L5	8.4025	
6	L6	3.38	
7	L7	0.946	
8	L8	2.875	
9	L9	0.972	
10	L10	12.925	
Rata-rata		3.7703	5

Sumber:

^c *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, 1985*



Gambar 4.12 Grafik konsentrasi besi (Fe) dalam air lindi

Konsentrasi Fe dilihat dari grafik diatas (gambar 4.2) menunjukkan bahwa 2 dari 10 sampel air lindi yang diuji angkanya melebihi ambang batas yang ditetapkan *Food and Agriculture Organization: Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 rev. 1, 1985* yaitu sebesar 5mg/L. Dua sampel tersebut adalah sampel L5 dengan konsentrasi Fe 8,4025mg/L dan sampel L10

12,925 mg/L. Dua sampel ini lokasi pengambilannya tidak jauh satu sama lain. Sedangkan delapan sisanya, konsentrasi Fe yang tercatat berada di rentang antara 0,522 – 3,8575 mg/L yang mana masih memenuhi standar yang berlaku.

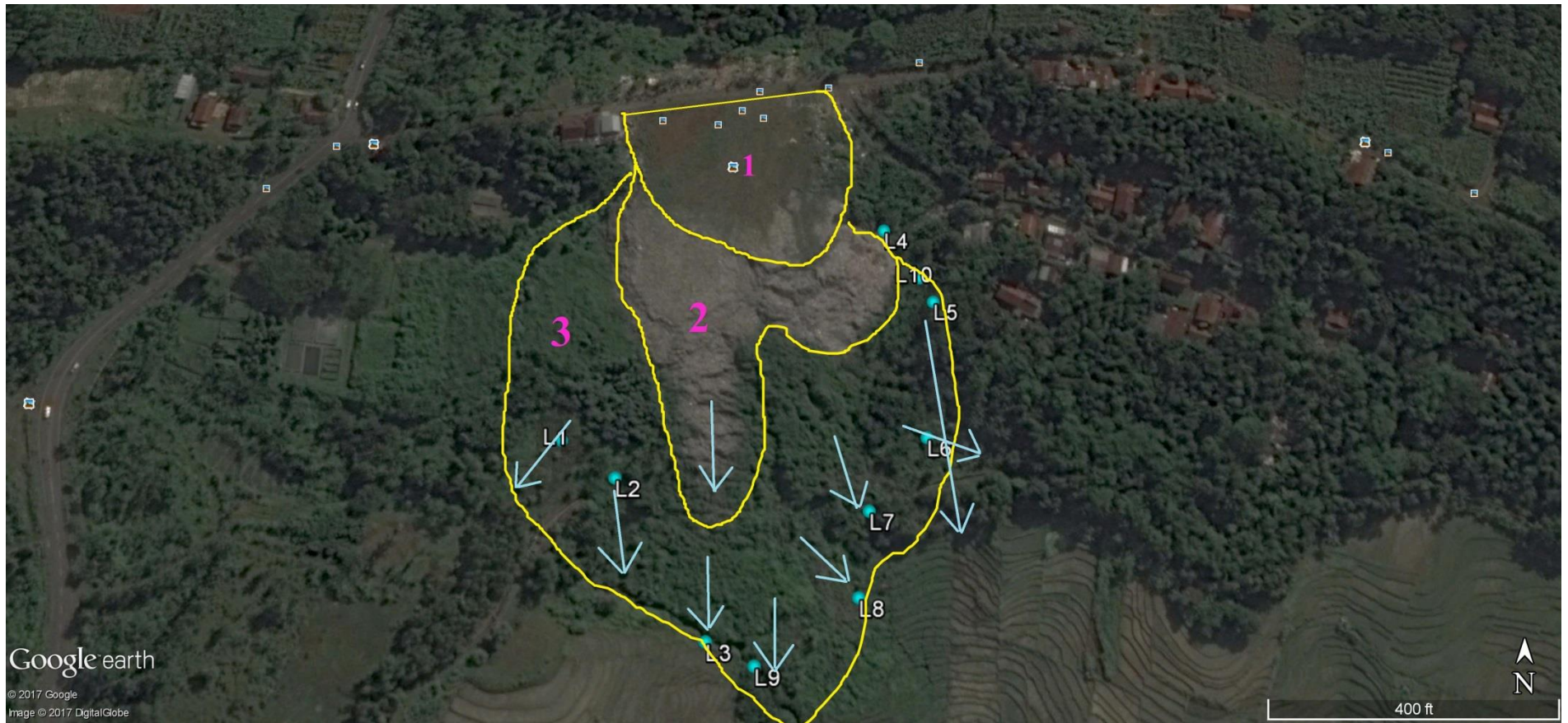
4.4 Pemetaan Potensi Penyebaran Air Lindi

Pemetaan arah potensial air lindi dimaksudkan untuk mengetahui kemana arah aliran air lindi yang keluar dari beberapa titik di area TPA akan menuju. Seperti diketahui, TPA Gunung Tugel berada di area perbukitan dengan ketinggian antara 60 – 100 mdpl, dimana dibawah TPA terdapat persawahan serta pemukiman warga, yang pada tahun 2016 lalu terdampak longsoran sampah dari TPA dan mengakibatkan salah satunya saluran irigasi yang mengalir ke persawahan menjadi rusak.

Seperti yang terlihat pada gambar 4.13, area TPA dibagi menjadi tiga bagian. Bagian pertama merupakan bagian paling atas yaitu tanah penutup, bagian kedua merupakan longsoran sampah yang masih terbuka, dan bagian ketiga adalah bagian longsoran sampah yang sudah tertutupi tanaman-tanaman liar.

Pada dasarnya, karena area TPA ini berada di daerah perbukitan maka arah aliran lindi akan mengikuti topografi wilayah. Pada titik sampel L1 aliran air lindi mengarah ke arah barat daya kemudian masuk ke saluran irigasi yang mengarah selatan. Pada titik sampel L2, L3 dan L9, arah aliran lindi menuju ke selatan dan berakhir masuk ke saluran irigasi yang sama dengan L1. Sehingga pada saluran irigasi ini terakumulasi pencemar dari titik L1, L2, L3 dan L9.

Aliran lindi pada titik L8 menuju ke arah tenggara ke areal persawahan. Titik L7 juga mengalir ke arah selatan dan masuk ke areal persawahan, tetapi berbeda aliran dan tidak saling bertemu dengan lindi dari L8. Titik L5 akan bergabung dengan titik L10 menuju ke selatan ke areal persawahan yang berbeda aliran pula dengan L7 dan L8. Sedangkan titik L6 mengarah ke arah timur masuk ke saluran irigasi yang tertutup.



Gambar 4.13 Potensi penyebaran air lindi TPA Gunung Tugel

4.5 Kaitan Kualitas Air Lindi dengan Kualitas Tanah, Air Permukaan dan Tanaman Padi di Sekitar TPA Gunung Tugel

Air lindi yang dihasilkan oleh TPA Gunung Tugel dipastikan akan berdampak pada lingkungan di sekitarnya seperti pada tanah, air permukaan serta tanaman. Berikut merupakan tabel perbandingan konsentrasi rata-rata setiap parameter logam berat dari beberapa sampel yang berbeda:

Tabel 4.11 Konsentrasi logam berat pada sampel air lindi, air permukaan (irigasi) tanah dan tanaman padi (beras)

Sampel	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Mn (mg/L)	Cr (mg/L)	Zn (mg/L)	Fe (mg/L)
Air lindi	0,126*	0,003	0,034	0,903	0,012	0,789	3,77
Air permukaan (irigasi) ¹	0,139	0,004	0,026*	0,066	0,008	0,099	0,992
Tanah ²	0,126*	0,323	36,359	617,543	16,706	189,971	23523,923
Tanaman padi (beras) ³	0,126*	0,085	3,039	37,490	0,87	133,501	27,053

* Konsentrasi Pb dan Cu diasumsikan setengah dari nilai limit deteksi AAS yaitu 0,251 mg/L dan 0,051 mg/L.

¹ TA Wisnu Agung Prabowo (2017), komunikasi pribadi.

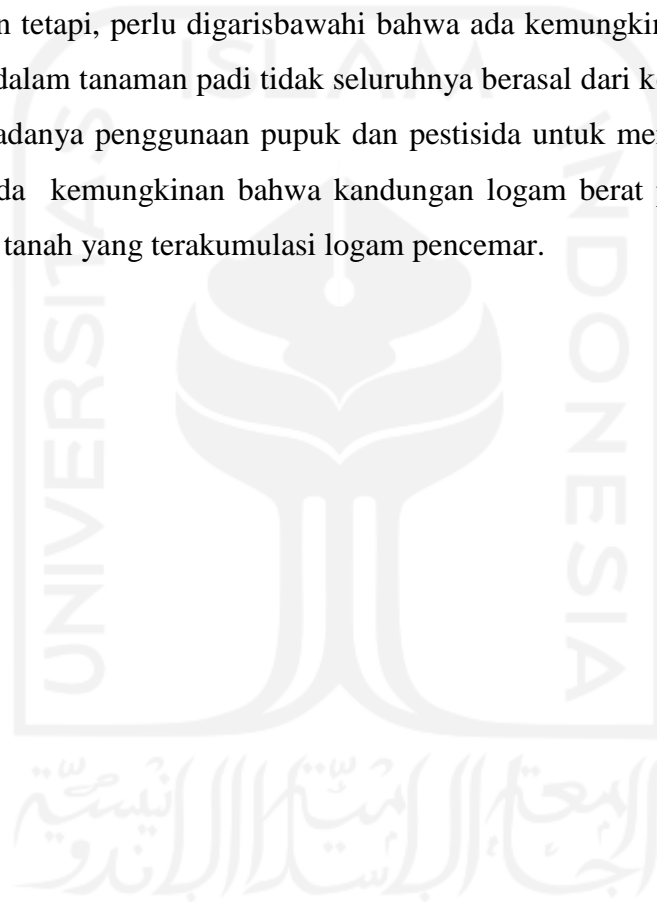
² TA M. Afif Amrullah (2017), komunikasi pribadi.

³ TA Ida Farida Fauziah (2017), komunikasi pribadi.

Dari tabel 4.11 di atas, dapat dilihat bahwa pada parameter Pb konsentrasi setiap sampel hampir semuanya tidak terdeteksi atau dibawah angka 0,251 mg/L. Terdeteksinya Pb di saluran irigasi diduga akibat dari beberapa sumber seperti akumulasi dari air lindi, adanya pencemar dari penggunaan pupuk dan pestisida, atau karena adanya limbah lain selain yang disebut dari bagian hulu yang sifatnya sementara.

Dari semua sampel yang diuji, sampel tanah menunjukkan hasil uji kandungan logam berat yang paling besar dari semuanya. Hal ini terjadi karena menurut Wardhayani dkk (2006), dalam penelitiannya disebutkan bahwa tanah di kawasan TPA komponennya didistribusi oleh degradasi berbagai jenis sampah yang terakumulasi di lokasi tersebut. Degradasi sampah oleh mikroba menyebabkan terurainya unsur-unsur anorganik sehingga terakumulasi dalam tanah. Jenis tanah di TPA Gunung Tugel adalah ultiosol, sehingga sangat mungkin *leachate* dapat merembes dan mencemari air tanah penduduk di sekitarnya.

Berdasarkan data konsentrasi logam berat pada tabel 4.11, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa air lindi dari TPA Gunung Tugel sedikit banyak mencemari lingkungan di sekitarnya. Sebagian dari air lindi yang muncul dari tumpukan sampah akan merembes masuk dan terakumulasi di dalam tanah. Sebagian lagi akan mengalir ke topografi yang lebih rendah dan bergabung dengan saluran irigasi yang selanjutnya digunakan untuk mengairi sawah. Dari situ kandungan pencemar logam berat dari air lindi akan di *up-take* oleh tanaman padi kemudian disebar dan disimpan di seluruh bagian tanaman, terutama di bagian gabah. Akan tetapi, perlu digarisbawahi bahwa ada kemungkinan pencemar yang terdapat di dalam tanaman padi tidak seluruhnya berasal dari kontaminasi air lindi mengingat adanya penggunaan pupuk dan pestisida untuk menyemprot tanaman. Dan juga ada kemungkinan bahwa kandungan logam berat pada tanaman padi berasal dari tanah yang terakumulasi logam pencemar.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dari penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Konsentrasi rata-rata kandungan bahan organik dalam air lindi TPA Gunung Tugel untuk parameter BOD = 2004,15 mg/L; COD = 4356,61 mg/L dan TSS = 609 mg/L. Sedangkan konsentrasi rata-rata kandungan logam berat Pb = 0,126 mg/L; Cd = 0,003 mg/L; Cu = 0,034 mg/L; Mn = 0,903 mg/L; Cr = 0,012 mg/L; Zn = 0,789 mg/L dan Fe = 3,77 mg/L.
2. Pola penyebaran air lindi dari TPA Gunung Tugel mengikuti elevasi tanah yaitu menyebar hampir ke semua arah. Dari sepuluh (10) titik sampel, empat diantaranya yaitu pada titik L1, L2, L3 dan L9 air lindi yang muncul mengarah ke saluran irigasi sebelah selatan. Sedangkan pada titik L8, L7, L5 dan L10 air lindi langsung mengarah ke areal persawahan. Dan titik L6 masuk ke saluran irigasi yang tertutup di sebelah timur.
3. Dari data penelitian, parameter logam berat ditemukan juga pada tanah di sekitar TPA, air irigasi, serta pada tanaman padi. Meskipun ada faktor lain yang mempengaruhi, air lindi sedikit banyak juga turut berperan dalam pencemaran tersebut.

5.2 Saran

Dari pembahasan dan kesimpulan di atas, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dibutuhkan penelitian yang lebih lanjut dan lebih akurat untuk mengetahui seberapa besar air lindi mencemari air permukaan, air tanah, dan tanaman-tanaman di sekitarnya serta pola penyebaran air lindi.
2. Diharapkan adanya tindak lanjut dari Pemerintah Daerah Kabupaten Banyumas terhadap TPA Gunung Tugel yang telah ditutup, baik itu dengan dilakukannya remediasi area landfill, pengelolaan air lindi, maupun perbaikan saluran irigasi yang terdampak longsornya TPA. Diharapkan juga pemerintah memberikan perhatian lebih untuk

masyarakat dan lingkungan di sekitar TPA Gunung Tugel terutama mengenai kondisi kesehatan masyarakat serta kondisi lingkungannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Agung, G. A., Sumarman, A. Firmanto. 2013. *Perencanaan Sistem Pengelolaan Sampah di Kabupaten Kuningan*. Jurnal Konstruksi, Vol. I, No. 2. ISSN : 2085-8744.
- Ali, M. 2011. *Monograf Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak pada Tanaman Pangan dan Kesehatan*. Surabaya: UPN Press.
- Anam, M. M., K. Evi, S. Bambang. 2013. *Penurunan Kadar Logam Berat Pb dan Cr Leachate Melalui Fitoremediasi Bambu Air (Equisetum Hyemale) dan Zeolit*. Jurnal Keteknikan Pertanian Trois dan Biosistem. Vol.1 No.2 :4359.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 19-2454-2002 Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. Jakarta: Sekretariat Standardisasi Badan Litbang Kimpraswil.
- Cahyadi, T. 2010. *Pemodelan Penyebaran Air Lindi untuk Pengelolaan Tempat Penimbunan Sampah Sementara di Tambakboyo, Sleman, D.I. Yogyakarta*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode II, ISSN : 1979-911X.
- Christensen, T. H., P. Kjeldsen, P. L. Bjerg, D. Jensen, J. B. Christensen, A. Baun, H. Albrechsten, G. Heron. 2001. *Review Biogeochemistry of landfill leachate plumes*. Journal Applied Geochemistry 16: 659-718.
- Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyumas. 2006. *Perencanaan Teknis Pengembangan TPA Gunung Tugel Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas*. Dinas Lingkungan Hidup, Banyumas.
- Fachrudin, A. 1989. *Pengaruh Sampah di Tempat Pembuangan Akhir Dago Kotamadya Bandung Terhadap Kualitas Air Tanah Bebas di Sekitarnya*. Tesis, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardyanti, N., H. S. Huboyo. 2009. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Lindi Tempat Pembuangan Akhir Putri Cempo Kota Surakarta*. Jurnal Presipitasi Vol. 6 No.1 Maret 2009, ISSN 1907-187X.
- Keman, S. 2003. *Pengaruh Pembuangan Sampah Terbuka (Open Dumping) Terhadap Kualitas Kimia Air Sumur Gali Penduduk di Sekitarnya*. Jurnal Penelitian Medika Eksakta 4 (2): 147 –156.

- Kjeldsen, P., M. Christophersen. 2001. *Composition of Leachate From Old Landfills in Denmark*. Waste Management. Res. 19 (3), 249–256. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242X0101900306>.
- Kusnoputranto, Haryoto. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Jakarta.
- Machdar, I. 2008. *Pengaruh Air Lindi Terhadap Pembuangan Akhir Sampah*. Repository USU.
- Mahardika. 2010. *Mendeteksi Dampak Polutan Sampah Terhadap Air Tanah Pemukiman Sekitar TPA Dengan Menggunakan Metode Geolistrik..* Jurnal Universitas Negeri Malang.
- Maramis. 2008. *Pengelolaan Sampah dan Turunannya di TPA. Alumni Program Pasca Sarjana Magister Biologi Terapan*. Salatiga: Universitas Satyawacana.
- Morrison, R.D., B. Murphy. 2006. *Environmental Forensics: Contaminant Specific Guide*. Elsevier Academic Press.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: P.T. Rineka Cipta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 59 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.
- Pudyawardhana, C. 2006. *Optimalisasi Ruang Pembuangan Sampah Akhir TPA Gunung Tugel*. Purwokerto.
- Robinson, T. 2016. *Removal of Toxic Metals During Biological Treatment of Landfill Leachates*. Waste Management xxx (2017), xxx-xxx. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.032>.
- Royadi. 2006. *Analisis Pemanfaatan TPA Sampah Pasca Operasi Berbasis Masyarakat (Studi Kasus TPA Bantar Gebang, Bekasi)*. Disertasi Proram Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Santoso, S., S. Lestari, D. S. Windyartini. 2010. *Biosorpsi Kadmium pada Leacheate TPA Gunung Tugel Menggunakan Biomassa Sargassum cinereum*. Biosfera 27 (3) September 2010: 126-132.
- Sastrawijaya, A.T. 1991. *Pencemaran Lingkungan Hidup*. Jakarta: Rineke Cipta.

Soemirat, J. 1999. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: UGM Press.

Tchobanoglous. 1993. *Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues*. New York: Mc Graw Hill Inc.

Zubair, A., M. R. Malamassam, A. T. Syafitri. 2013. *Analisis Kualitas Air Lindi TPA Tamangapa dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan*. Jurnal Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1 Lokasi titik pengambilan sampel di area TPA Gunung Tugel Banyumas, titik L9 (i) L1 (ii) L2(iii) L4(iv) L7(v) L8(vi)



(i)

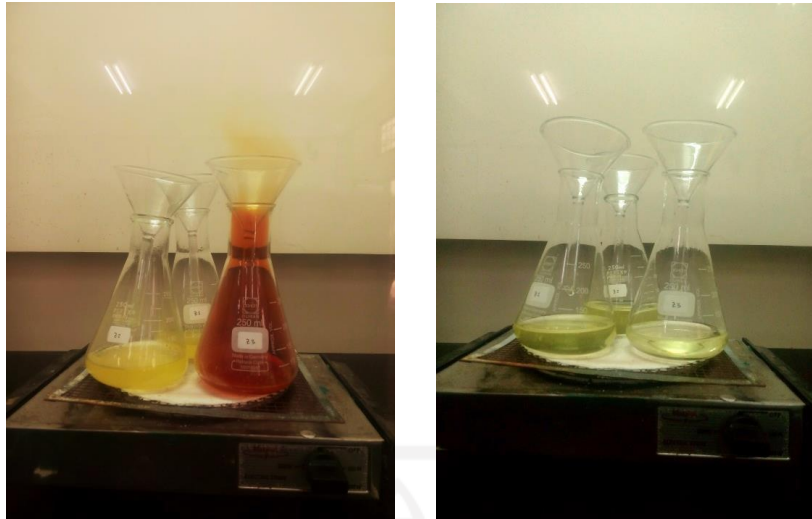


(ii)

Gambar 2 Air irigasi yang sudah tercemar air lindi (i) masuk ke areal persawahan yang digunakan untuk menanam tanaman padi (ii) saluran irigasi yang terletak di barat TPA, air lindi dari L1, L2, L3 dan L9 masuk dan bercampur di dalam air dalam saluran ini.



Gambar 3 Proses penyaringan air sampel menggunakan kertas saring. Kertas saring kemudian dikeringkan di dalam oven dan ditimbang beratnya. Kenaikan berat kertas saring sebelum dan sesudah digunakan, mewakili jumlah padatan tersuspensi di dalam sampel.



Gambar 4 Proses pendestruksian logam dalam sampel dengan menggunakan larutan HNO_3 pekat di dalam lemari asam. Proses destruksi ini bertujuan untuk memutus ikatan logam didalam sampel menjadi zat-zat anorganik bebas. HNO_3 merupakan oksidator yang kuat yang dapat melarutkan logam di dalam sampel dan mencegah pengendapan.



(i)

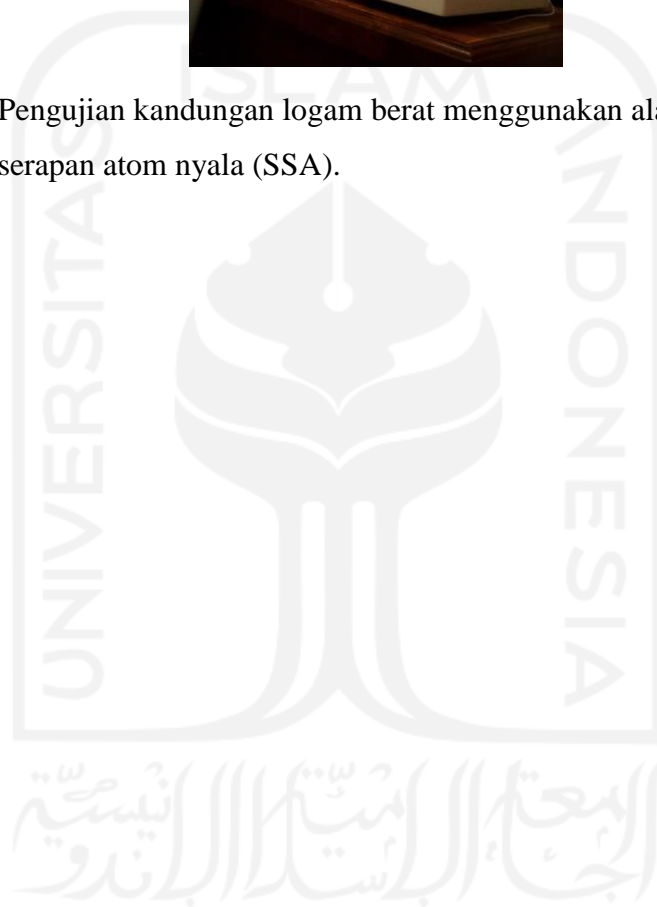


(ii)

Gambar 5 Sampel yang telah didestruksi (i) disaring dan ditambahkan aquades sampai tanda batas dan (ii) dimasukkan dan disimpan di dalam botol aluvial untuk diuji.



Gambar 6 Pengujian kandungan logam berat menggunakan alat spektrofotometer serapan atom nyala (SSA).



Lampiran 2. Kurva Kalibrasi Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Kromium (Cr), Seng (Zn), dan Besi (Fe)

1. Menyiapkan 6 (enam) buah labu ukur 100 mL.
2. Masing-masing labu diisi dengan 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5 mL larutan induk Timbal 1000 ppm.
3. Menambahkan aquades ke dalam masing-masing labu ukur hingga setengah dari volume labu.
4. Larutan digojlok secara berulang, kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas.
5. Mengukur absorbansi masing-masing larutan standard dengan menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom Sistem Nyala pada panjang gelombang (λ) 283,3 nm.
6. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplot konsentrasi (sumbu X) terhadap Absorbansi (sumbu Y).
7. Prosedur 1 sampai dengan 6 diulangi untuk membuat kurva kalibrasi Kadmium, Tembaga, Mangan, Kromium, Seng dan Besi dengan menggunakan larutan induk Kadmium, Tembaga, Mangan, Kromium, Seng dan Besi 1000 ppm serta penggunaan panjang gelombang pada alat SSA berturut-turut adalah 228,8 nm; 324,7 nm; 279,5 nm; 357,9 nm; 213,9 nm; dan 248,3 nm.

Lampiran 3. Preparasi Sampel

1. Diambil 50 ml dari masing-masing sampel dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml.
2. Ditambahkan ± 10 ml campuran HNO_3 pekat
3. Didestruksi dengan menggunakan kompor listrik di dalam lemari asam hingga jernih dan tersisa 15 – 20 ml di dalam erlenmeyer.
4. Disaring dengan kertas penyaring berukuran $\text{Ø}200\text{mm}$, $\text{Ø}150$ mm, dan $\text{Ø}70$ mm.
5. Jika belum jernih, ditambahkan lagi dengan 5 ml HNO_3 pekat ke dalam larutan.
6. Didestruksi kembali dengan menggunakan kompor listrik di dalam lemari asam hingga jernih dan volume tersisa 15 – 20 ml.
7. Disaring dengan kertas saring berukuran $\text{Ø}70\text{mm}$, ditambahkan aquades hingga 50 ml.
8. Dikocok hingga homogen dan dibiarkan hingga mencapai suhu kamar.
9. Dianalisa menggunakan SSA pada panjang gelombang (λ) untuk Fe 248,3 nm; Mn 279,5 nm; Cu 324,7 nm; Zn 213,9; Pb 283,3 nm; Cd 228,8 nm dan Cr 357,9 nm.

Lampiran 4. Tabel *Limit of Detection*(LOD)

DATA LOD LOGAM Pb

No	Abs	C	Ci-Crt	(Ci-Crt) ²
1	0,0073	0,191	0,034	0,001
2	0,002	0,119	-0,039	0,001
3	0,0064	0,179	0,022	0,000
4	0,0021	0,120	-0,037	0,001
5	0,0048	0,157	0,000	0,000
6	0,0063	0,178	0,020	0,000
		0,157		0,005
	sd =	0,031		0,031
	LOD =	0,251		
	LOQ =	0,471		

Yogyakarta, 6 September 2017



Tasyono
Analis

DATA LOD LOGAM Cu

No	Abs	C	Ci-Crt	(Ci-Crt) ²
1	0,044	0,001	-2,410	5,807
2	0,045	0,009	-2,402	5,769
3	0,043	-0,007	-2,418	5,845
4	0,046	0,017	-2,394	5,731
5	0,044	0,001	-2,410	5,807
6	0,048	0,033	-2,378	5,656
7	0,05	0,049	-2,362	5,581
8	0,044	0,001	-2,410	5,807
9	0,047	0,025	-2,386	5,693
10	0,046	0,017	-2,394	5,731
		0,015		57,424
	sd =	0,017		2,526
	LOD	0,051		
	LOQ	0,171		

Yogyakarta, 6 September 2017



Tasyono
Analisis

DATA LOD LOGAM Cd

No	Abs	C	Ci-Crt	(Ci-Crt) ²
1	0,0066	0,011	0,002	0,000
2	0,005	0,008	-0,001	0,000
3	0,0041	0,006	-0,002	0,000
4	0,007	0,011	0,003	0,000
5	0,005	0,008	-0,001	0,000
6	0,005	0,008	-0,001	0,000
7	0,0053	0,008	0,000	0,000
8	0,007	0,011	0,003	0,000
9	0,004	0,006	-0,002	0,000
10	0,004	0,006	-0,002	0,000
		0,008		0,000
	sd =	0,002		0,002
	LOD	0,007		
	LOQ	0,022		

Yogyakarta, 6 September 2017



Tasyono
Analisis

DATA LOD LOGAM Cr

No	Abs	C	Ci-Crt	(Ci-Crt) ²
1	0,004	0,023	0,021	0,000
2	-0,001	0,016	0,014	0,000
3	0,004	0,023	0,021	0,000
4	0	0,018	0,015	0,000
5	0	0,018	0,015	0,000
6	0,002	0,020	0,018	0,000
7	0	0,018	0,015	0,000
8	0,004	0,023	0,021	0,000
9	0,003	0,022	0,019	0,000
10	0,005	0,024	0,022	0,000
		0,020		0,003
	sd =	0,003		0,019
	LJD =	0,009		
	LOQ =	0,030		

Yogyakarta, 6 September 2017



Tasyono
Analisis

Lampiran 5. Hasil Uji AAS

Results File

Analysis

Filename

Element

Date

Full Calibration

Calibration Mode

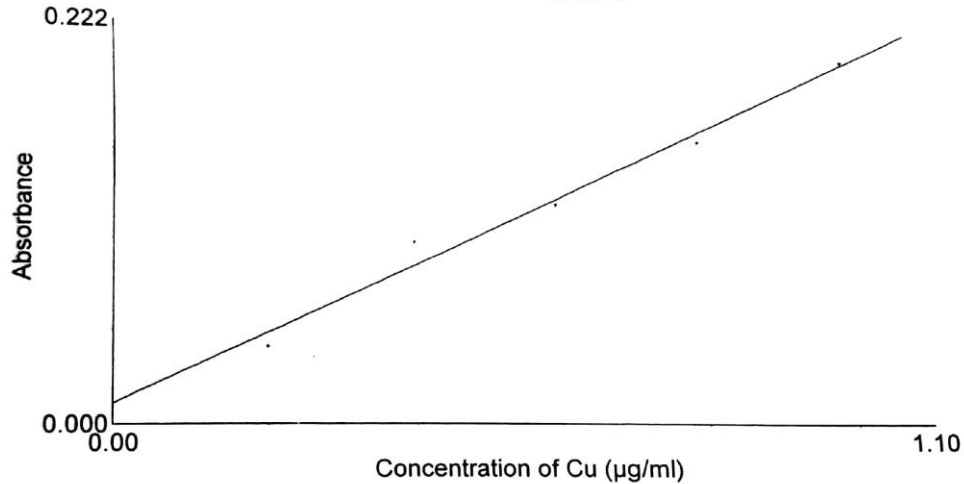
D:\GBC AAS\Flame AAS\2017\hasil\36 Cu.res

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl

Cu,
Tue Jun 06 12:26:01 2017

Linear Least Squares Max Error : 0.0703 R² : 0.9817 R : 0.99
Conc = -0.0564 + 5.2655 * Abs

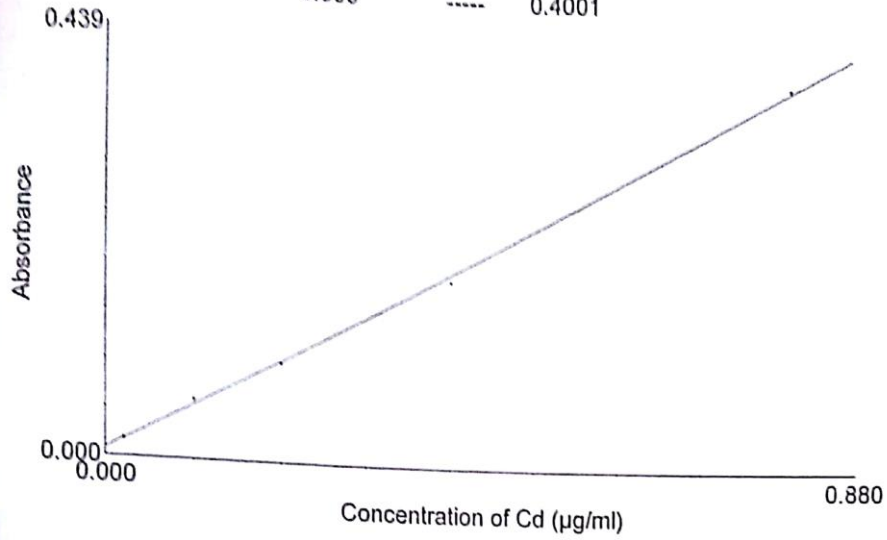
Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.200	-----	0.0413	
Standard 2	0.400	-----	0.1000	
Standard 3	0.600	-----	0.1220	
Standard 4	0.800	-----	0.1575	
Standard 5	1.000	-----	0.2025	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Afif 1	0.432	2.93	0.0928	0.0903 0.0957 0.0924
Afif 2	0.348	2.11	0.0769	0.0779 0.0750 0.0777
Afif 3	0.971	0.85	0.1952	0.1957 0.1965 0.1933
Afif 4	0.553	2.17	0.1157	0.1137 0.1148 0.1185
Afif 5	0.404	18.03	0.0875	0.0743 0.0833 0.1050
Afif 6	High	10.93	0.2748	0.3064 0.2714 0.2466
Afif 7	0.766	HIGH	0.1562	0.1928 0.1801 0.0957
Afif 8	0.109	3.82	0.0314	0.0314 0.0326 0.0302
Afif 9	0.563	1.30	0.1177	0.1174 0.1194 0.1164
Afif 10	0.262	1.91	0.0604	0.0593 0.0603 0.0616
Afif 11	0.169	2.92	0.0429	0.0442 0.0428 0.0417
Afif 12	0.357	0.83	0.0786	0.0779 0.0792 0.0787
Afif 13	0.163	4.60	0.0416	0.0434 0.0419 0.0396
Afif 14	0.159	3.54	0.0410	0.0411 0.0395 0.0424

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 15	0.196	1.74	0.0479	0.0486	0.0482	0.0470
Afif 16	0.114	3.75	0.0323	0.0330	0.0330	0.0309
Afif 17	0.097	HIGH	0.0291	0.0439	0.0428	0.0006
Afif 18	0.150	4.78	0.0392	0.0384	0.0413	0.0378
Afif 19	1.067	4.00	0.2133	0.2037	0.2200	0.2162
Afif 20	0.671	0.77	0.1382	0.1370	0.1386	0.1390
Afif 21	0.210	0.30	0.0506	0.0506	0.0508	0.0505
Afif 21	High	2.15	0.2224	0.2170	0.2241	0.2261
Ida 1	0.069	1.48	0.0238	0.0241	0.0238	0.0234
Ida 2	0.121	3.42	0.0336	0.0325	0.0336	0.0348
Ida 3	0.745	1.14	0.1521	0.1515	0.1541	0.1508
Ida 4	0.084	5.24	0.0268	0.0254	0.0282	0.0267
Ida 5	0.064	4.66	0.0230	0.0224	0.0242	0.0223
Ida 6	0.031	9.57	0.0167	0.0159	0.0185	0.0156
Ida 7	0.041	9.67	0.0186	0.0179	0.0172	0.0206
Ida 8	0.083	3.79	0.0265	0.0257	0.0261	0.0276
Ida 9	0.090	1.30	0.0278	0.0279	0.0274	0.0281
Ida 10	0.080	2.90	0.0260	0.0259	0.0253	0.0268
Ida 11	-0.004	HIGH	0.0099	0.0155	0.0143	0.0000
Ida 11	0.021	8.50	0.0147	0.0151	0.0133	0.0157
Ida 12	0.032	3.86	0.0169	0.0162	0.0175	0.0169
Fadlul 1	-0.020	HIGH	0.0070	0.0066	0.0057	0.0086
Fadlul 2	0.113	2.07	0.0322	0.0328	0.0315	0.0324
Fadlul 3	0.116	2.60	0.0327	0.0336	0.0327	0.0319
Fadlul 4	0.165	5.12	0.0421	0.0423	0.0442	0.0399
Fadlul 5	0.049	1.26	0.0200	0.0202	0.0197	0.0200
Fadlul 6	0.361	1.26	0.0794	0.0793	0.0804	0.0784
Fadlul 7	0.294	14.68	0.0665	0.0639	0.0773	0.0583
Fadlul 8	0.088	1.52	0.0275	0.0276	0.0270	0.0278
Fadlul 9	0.182	0.92	0.0453	0.0450	0.0452	0.0458
Fadlul 10	-0.022	HIGH	0.0066	0.0060	0.0054	0.0084
Fadlul 11	-0.016	15.60	0.0077	0.0076	0.0090	0.0066
Fadlul 12	0.483	0.99	0.1025	0.1036	0.1023	0.1016
Blanko	ND	HIGH	0.0003	0.0008	0.0000	0.0000

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.020	-----	0.0180	
Standard 2	0.100	-----	0.0612	
Standard 3	0.200	-----	0.1031	
Standard 4	0.400	-----	0.1949	
Standard 5	0.800	-----	0.4001	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Fadlul 1	0.011	5.42	0.0131	0.0137 0.0132 0.0123
Fadlul 2	0.025	9.66	0.0198	0.0219 0.0190 0.0183
Fadlul 3	0.015	12.95	0.0147	0.0135 0.0169 0.0137
Fadlul 4	0.013	17.66	0.0137	0.0151 0.0109 0.0151
Fadlul 5	0.010	13.46	0.0126	0.0109 0.0143 0.0126
Fadlul 6	0.016	3.23	0.0153	0.0150 0.0158 0.0149
Fadlul 7	0.010	12.11	0.0125	0.0118 0.0142 0.0114
Fadlul 8	0.003	9.16	0.0089	0.0082 0.0098 0.0087
Fadlul 9	0.011	13.38	0.0132	0.0117 0.0151 0.0126
Fadlul 10	0.004	4.25	0.0095	0.0094 0.0099 0.0091
Fadlul 11	0.004	HIGH	0.0094	0.0123 0.0078 0.0080
Fadlul 12	0.013	8.39	0.0140	0.0148 0.0144 0.0126
Ida 1	0.004	19.25	0.0095	0.0103 0.0108 0.0074
Ida 2	0.003	15.82	0.0090	0.0074 0.0102 0.0092
Ida 3	0.003	10.44	0.0089	0.0078 0.0095 0.0093
Ida 4	-0.003	18.38	0.0061	0.0056 0.0052 0.0073
Ida 5	0.003	15.35	0.0092	0.0081 0.0108 0.0087
Ida 6	-0.006	14.63	0.0047	0.0051 0.0039 0.0051
Ida 7	-0.004	7.91	0.0057	0.0057 0.0052 0.0061
Ida 8	0.007	13.60	0.0108	0.0091 0.0117 0.0116
Ida 9	-0.002	HIGH	0.0064	0.0074 0.0078 0.0040
Ida 10	-0.002	HIGH	0.0066	0.0094 0.0058 0.0046
Ida 11	-0.004	19.97	0.0059	0.0067 0.0045 0.0063
Ida 12	0.021	2.82	0.0177	0.0182 0.0172 0.0177
Afif 1	0.057	6.88	0.0352	0.0370 0.0360 0.0324
Afif 2	0.025	2.80	0.0197	0.0197 0.0202 0.0191

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 3	0.048					
Afif 4	0.036	3.29	0.0308	0.0319	0.0301	0.0302
Afif 5	0.055	3.97	0.0252	0.0244	0.0248	0.0263
Afif 6	0.033	3.77	0.0346	0.0358	0.0332	0.0347
Afif 7	0.023	8.49	0.0235	0.0218	0.0257	0.0230
Afif 8	0.062	0.93	0.0186	0.0187	0.0187	0.0184
Afif 9	0.480	4.50	0.0379	0.0374	0.0365	0.0398
Afif 10	0.014	1.02	0.2411	0.2382	0.2426	0.2423
Afif 11	0.020	16.16	0.0146	0.0171	0.0124	0.0143
Afif 12	0.022	3.19	0.0174	0.0173	0.0169	0.0180
Afif 13	0.015	6.76	0.0185	0.0184	0.0173	0.0198
Afif 14	0.017	15.24	0.0150	0.0129	0.0174	0.0145
Afif 15	0.015	4.16	0.0160	0.0164	0.0163	0.0152
Afif 16	0.015	9.43	0.0149	0.0162	0.0134	0.0150
Afif 17	0.010	3.22	0.0124	0.0128	0.0124	0.0120
Afif 18	0.014	5.88	0.0145	0.0153	0.0136	0.0146
Afif 19	0.007	7.01	0.0111	0.0106	0.0107	0.0120
Afif 20	0.038	3.65	0.0261	0.0267	0.0250	0.0266
Afif 21	0.033	2.15	0.0239	0.0243	0.0240	0.0233
Nindi 1	0.021	14.91	0.0180	0.0163	0.0211	0.0166
Nindi 2	0.022	14.54	0.0182	0.0176	0.0159	0.0211
Nindi 3	0.007	6.52	0.0111	0.0119	0.0107	0.0106
Nindi 4	0.008	15.69	0.0116	0.0108	0.0136	0.0102
Nindi 5	0.002	HIGH	0.0088	0.0083	0.0150	0.0029
Nindi 6	-0.008	HIGH	0.0040	0.0063	0.0056	0.0000
Nindi 6	0.011	HIGH	0.0132	0.0167	0.0141	0.0086
Blanko	0.010	4.37	0.0126	0.0123	0.0132	0.0122
	-0.010	HIGH	0.0026	0.0039	0.0014	0.0023

Results File

D:\GBC AAS\Flame AAS\2017\hasil\37 Cr.res

Analysis

Filename

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl

Element

Cr,

Date

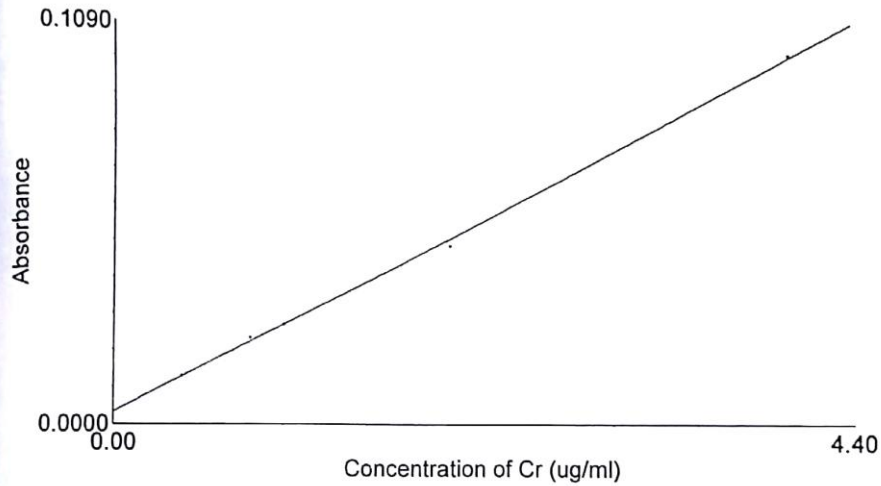
Tue Jun 06 13:25:55 2017

Full Calibration

Calibration Mode

Linear Least Squares Max Error : 0.0800 R² : 0.9989 R : 0.9994
Conc = -0.1339 + 41.9173 * Abs

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.4000	-----	0.0129	
Standard 2	0.8000	-----	0.0233	
Standard 3	1.0000	-----	0.0270	
Standard 4	2.0000	-----	0.0490	
Standard 5	4.0000	-----	0.0994	



Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Afif 1	0.4146	9.30	0.0131	0.0145 0.0125 0.0123
Afif 2	1.9991	1.94	0.0509	0.0506 0.0501 0.0520
Afif 3	2.0689	0.58	0.0526	0.0523 0.0525 0.0529
Afif 4	1.2921	4.78	0.0340	0.0326 0.0358 0.0337
Afif 5	1.3801	3.52	0.0361	0.0376 0.0354 0.0354
Afif 6	1.7113	1.39	0.0440	0.0435 0.0439 0.0447
Afif 7	1.0266	0.63	0.0277	0.0278 0.0275 0.0278
Afif 8	2.0578	1.01	0.0523	0.0517 0.0525 0.0527
Afif 9	0.8282	1.96	0.0230	0.0234 0.0230 0.0225
Afif 10	1.1244	2.12	0.0300	0.0304 0.0304 0.0293
Afif 11	1.1524	1.30	0.0307	0.0303 0.0311 0.0307
Afif 12	0.9637	3.64	0.0262	0.0268 0.0267 0.0251
Afif 13	1.3955	1.67	0.0365	0.0368 0.0358 0.0369
Afif 14	0.7597	3.64	0.0213	0.0222 0.0211 0.0207

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 15	0.6605	7.39	0.0190	0.0194	0.0174	0.0201
Afif 16	0.2525	8.70	0.0092	0.0093	0.0084	0.0100
Afif 17	0.5865	2.54	0.0172	0.0167	0.0174	0.0175
Afif 18	0.3923	4.01	0.0126	0.0121	0.0131	0.0125
Afif 19	0.9358	5.32	0.0255	0.0248	0.0247	0.0271
Afif 20	0.9120	3.93	0.0250	0.0244	0.0244	0.0261
Afif 21	0.7961	2.81	0.0222	0.0224	0.0227	0.0215
Ida 1	-0.1339	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

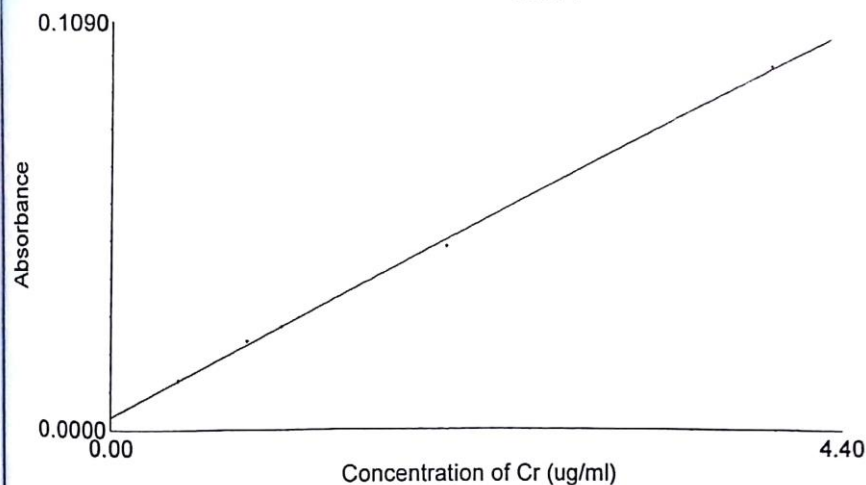
Analysis

Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
 Element Cr,
 Date Tue Jun 06 13:36:40 2017

Full Calibration

Calibration Mode Linear Least Squares Max Error : 0.0800 R² : 0.9989 R : 0.9994
 Conc = -0.1339 + 41.9173 * Abs

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Table Blank	----	----	0.0000			
Standard 1	0.4000	----	0.0129			
Standard 2	0.8000	----	0.0233			
Standard 3	1.0000	----	0.0270			
Standard 4	2.0000	----	0.0490			
Standard 5	4.0000	----	0.0994			



Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Ida 2	0.0539	2.23	0.0045	0.0044	0.0046	0.0045
Ida 3	0.0567	17.08	0.0045	0.0037	0.0052	0.0048
Ida 4	0.0106	HIGH	0.0034	0.0039	0.0026	0.0039

Results File

D:\GBC AAS\Flame AAS\2017\hasil\38 Fe Afif.res

Analysis

Filename

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl

Element

Fe,

Date

Wed Jun 07 11:06:30 2017

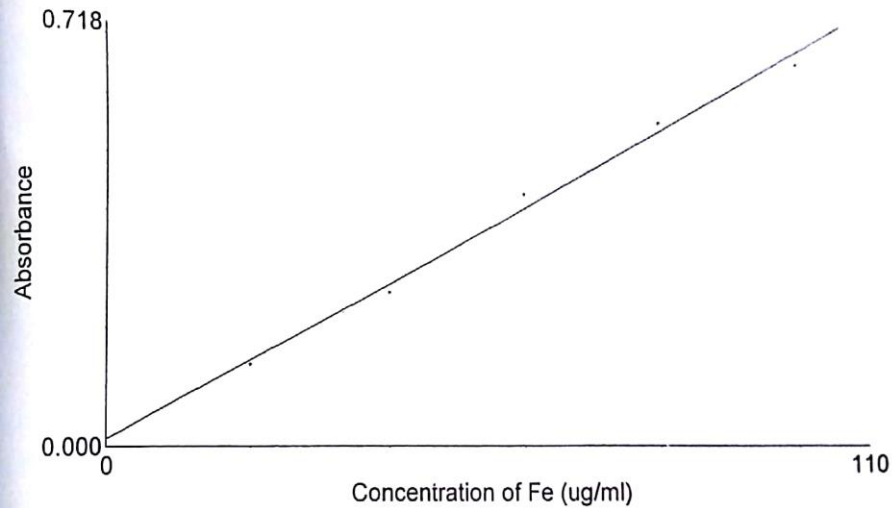
Full Calibration

Calibration Mode

Linear Least Squares Max Error : 3.8420 R² : 0.9913 R : 0.9956

Conc = -1.7728 + 150.7462 * Abs

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Cal Blank	-----	HIGH	0.0242	0.0022	0.0008	0.0695
Standard 1	20.000	2.41	0.1373	0.1357	0.1411	0.1351
Standard 2	40.000	1.00	0.2644	0.2667	0.2615	0.2649
Standard 3	60.000	0.86	0.4353	0.4374	0.4374	0.4309
Standard 4	80.000	1.47	0.5580	0.5548	0.5673	0.5518
Standard 5	100.000	1.00	0.6539	0.6465	0.6561	0.6590



Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 1	30.085	0.36	0.2113	0.2121	0.2106	0.2112
Afif 2	71.696	2.01	0.4874	0.4834	0.4801	0.4985
Afif 3	53.978	0.73	0.3698	0.3729	0.3681	0.3684
Afif 4	87.097	1.07	0.5895	0.5824	0.5917	0.5944
Afif 5	73.269	0.52	0.4978	0.4971	0.4956	0.5006
Afif 6	78.615	0.27	0.5333	0.5346	0.5317	0.5334
Afif 7	98.217	0.97	0.6633	0.6662	0.6677	0.6559
Afif 8	96.403	4.84	0.6513	0.6818	0.6531	0.6188
Afif 9	47.667	0.27	0.3280	0.3289	0.3277	0.3272
Afif 10	78.555	1.36	0.5329	0.5251	0.5395	0.5339
Afif 11	81.183	1.40	0.5503	0.5591	0.5449	0.5468
Afif 12	High	0.52	0.7547	0.7570	0.7501	0.7569
Afif 12 (20x)	59.335	1.48	0.4054	0.4027	0.4122	0.4011
Afif 13	76.369	1.30	0.5184	0.5165	0.5127	0.5258

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 14	77.409	0.37	0.5253	0.5266	0.5230	0.5261
Afif 15	High	0.24	0.8169	0.8164	0.8152	0.8191
Afif 15	65.555	0.46	0.4466	0.4486	0.4467	0.4445
Afif 16	62.696	5.45	0.4277	0.4519	0.4256	0.4054
Afif 17	39.376	1.25	0.2730	0.2692	0.2737	0.2759
Afif 18	39.527	1.18	0.2740	0.2731	0.2775	0.2712
Afif 19	33.643	1.66	0.2349	0.2374	0.2304	0.2369
Afif 20	27.723	0.77	0.1957	0.1963	0.1939	0.1967
Afif 21	44.295	2.47	0.3056	0.3138	0.3039	0.2990
Blanko	ND	2.90	-0.0235	-0.0242	-0.0234	-0.0229

20x

Results File

D:\GBC AAS\Flame AAS\2017\hasil\40 Zn.res

Analysis

Filename

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl

Element

Zn,

Date

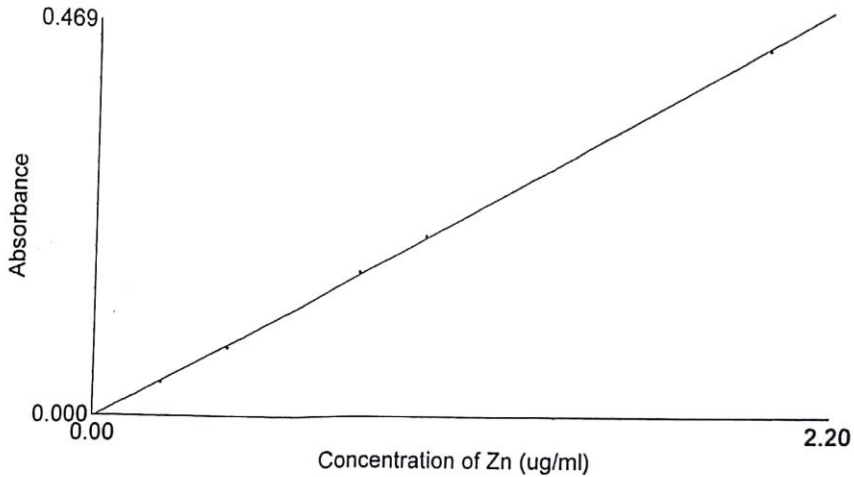
Wed Jun 07 12:16:55 2017

Full Calibration

Calibration Mode

Linear Least Squares Max Error : 0.0183 R² : 0.9995 R : 0.9995
 Conc = 0.0109 + 4.6424 * Abs

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 2	0.2000	-----	0.0390	
Standard 3	0.4000	-----	0.0810	
Standard 4	0.8000	-----	0.1730	
Standard 5	1.0000	-----	0.2170	
Standard 5	2.0000	-----	0.4260	



Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Afif 1	1.1181	0.93	0.2385	0.2408 0.2382 0.2364
Afif 2	1.8361	0.27	0.3932	0.3936 0.3939 0.3919
Afif 3	0.2077	1.66	0.0424	0.0417 0.0431 0.0423
Afif 4	0.6070	1.25	0.1284	0.1302 0.1277 0.1272
Afif 5	0.3765	1.73	0.0788	0.0803 0.0781 0.0778
Afif 6	0.3891	0.87	0.0815	0.0813 0.0822 0.0808
Afif 7	0.6090	0.79	0.1288	0.1286 0.1279 0.1299
Afif 8	2.0467	0.36	0.4385	0.4396 0.4392 0.4367
Afif 9	1.2046	2.10	0.2571	0.2511 0.2586 0.2616
Afif 10	0.1956	0.95	0.0398	0.0396 0.0395 0.0402
Afif 11	0.5961	0.91	0.1261	0.1260 0.1249 0.1272
Afif 12	0.7340	2.14	0.1558	0.1519 0.1573 0.1580
Afif 13	0.6583	1.19	0.1395	0.1413 0.1389 0.1381
Afif 14	0.5482	3.08	0.1157	0.1133 0.1140 0.1198

Sample Label	Conc. (ug/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 15	0.3436	3.60	0.0717	0.0695	0.0745	0.0709
Afif 16	0.3832	1.46	0.0802	0.0804	0.0789	0.0812
Afif 17	0.3813	1.26	0.0798	0.0807	0.0799	0.0787
Afif 18	0.5862	1.28	0.1239	0.1251	0.1245	0.1221
Afif 19	1.6257	0.43	0.3478	0.3494	0.3476	0.3464
Afif 20	1.1045	0.84	0.2356	0.2342	0.2378	0.2346
Afif 21	0.5215	1.77	0.1100	0.1086	0.1091	0.1122
Ida 1	1.8028	12.65	0.3860	0.4355	0.3845	0.3379
Ida 2	0.5290	0.85	0.1116	0.1125	0.1116	0.1106
Ida 3	0.7544	0.50	0.1602	0.1593	0.1609	0.1602
Ida 4	0.3368	0.67	0.0702	0.0698	0.0707	0.0700
Ida 5	0.3967	2.46	0.0831	0.0853	0.0826	0.0813
Ida 6	0.3570	3.09	0.0746	0.0719	0.0762	0.0755
Ida 7	0.3861	1.52	0.0808	0.0822	0.0803	0.0799
Ida 8	0.3940	1.47	0.0825	0.0823	0.0838	0.0814
Ida 9	0.4457	2.70	0.0937	0.0959	0.0941	0.0909
Ida 10	0.3690	1.50	0.0771	0.0770	0.0783	0.0760
Ida 11	0.3032	2.30	0.0630	0.0629	0.0644	0.0615
Ida 12	0.3440	6.16	0.0718	0.0759	0.0722	0.0671
Fadlul 1	0.4109	1.44	0.0862	0.0868	0.0847	0.0869
Fadlul 2	0.3024	1.22	0.0628	0.0621	0.0626	0.0636
Fadlul 3	0.2811	1.55	0.0582	0.0573	0.0581	0.0591
Fadlul 4	0.3273	0.59	0.0682	0.0682	0.0677	0.0685
Fadlul 5	0.1938	3.22	0.0394	0.0380	0.0405	0.0396
Fadlul 6	0.2551	1.34	0.0526	0.0533	0.0525	0.0519
Fadlul 7	0.2546	3.81	0.0525	0.0545	0.0505	0.0524
Fadlul 8	0.9370	1.29	0.1995	0.1965	0.2009	0.2010
Fadlul 9	0.1751	0.86	0.0354	0.0356	0.0354	0.0350
Fadlul 9	0.7447	1.11	0.1581	0.1599	0.1564	0.1578
Fadlul 10	1.2143	0.74	0.2592	0.2612	0.2590	0.2574
Fadlul 11	0.2620	4.36	0.0541	0.0563	0.0543	0.0516
Fadlul 12	1.8728	0.47	0.4011	0.3990	0.4027	0.4014

Results File

D:\GBC AAS\Flame AAS\2017\hasil\41 Pb 2 AFIF.res

Analysis

Filename

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl

Element

Pb,

Date

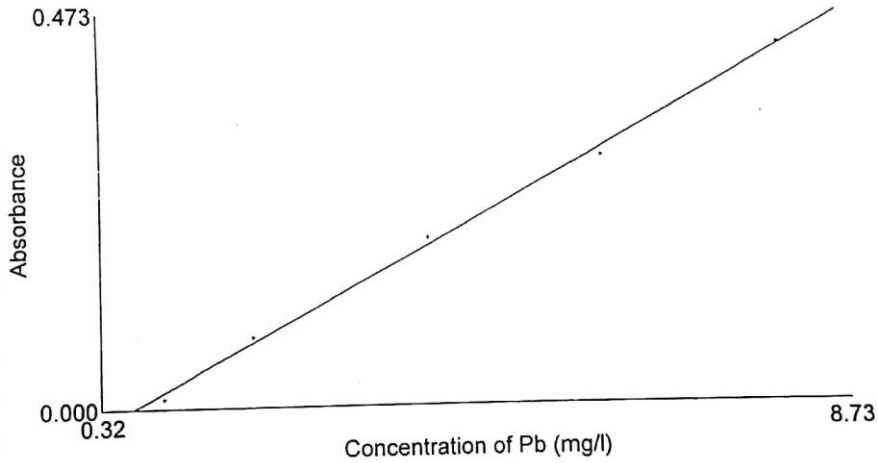
Wed Jun 07 13:59:41 2017

Full Calibration

Calibration Mode

Linear Least Squares Max Error : 0.1821 R² : 0.9972 R : 0.9986
 Conc = 0.6849 + 17.1368 * Abs

Sample Label	Conc. (mg/l)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Cal Blank	----	15.21	0.0701	0.0781	0.0580	0.0742
Standard 1	1.000	HIGH	0.0105	0.0077	0.0284	-0.0047
Standard 2	2.000	2.08	0.0834	0.0845	0.0814	0.0843
Standard 3	4.000	1.78	0.2026	0.2062	0.2027	0.1990
Standard 4	6.000	4.33	0.2995	0.3015	0.2857	0.3114
Standard 5	8.000	3.46	0.4296	0.4402	0.4126	0.4359



Sample Label	Conc. (mg/l)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 1	ND	8.54	-0.0668	-0.0602	-0.0701	-0.0701
Afif 2	2.196	14.47	0.0882	0.0757	0.0876	0.1012
Afif 3	1.312	HIGH	0.0366	0.0354	0.0480	0.0263
Afif 4	3.787	3.84	0.1810	0.1870	0.1827	0.1734
Afif 5	3.170	12.62	0.1450	0.1245	0.1597	0.1508
Afif 6	4.356	3.97	0.2142	0.2239	0.2080	0.2107
Afif 7	ND	9.64	-0.0664	-0.0701	-0.0701	-0.0590
Afif 8	7.513	2.31	0.3984	0.4049	0.3879	0.4025
Afif 9	2.203	HIGH	0.0886	0.1090	0.0822	0.0745
Afif 10	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Afif 11	ND	19.72	-0.0624	-0.0689	-0.0482	-0.0701
Afif 12	1.611	8.58	0.0540	0.0571	0.0487	0.0563
Afif 13	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Afif 14	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701

Sample Label	Conc. (mg/l)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Afif 15	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Afif 16	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Afif 17	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Afif 18	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Afif 19	ND	10.95	-0.0317	-0.0339	-0.0335	-0.0277
Afif 20	4.414	3.28	0.2176	0.2205	0.2095	0.2229
Afif 21	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 1	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 2	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 3	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 4	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 5	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 6	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 7	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 8	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 9	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 10	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 11	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Ida 12	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 1	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 2	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 3	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 4	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 5	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 6	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 7	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 8	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 9	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 10	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 11	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Fadlul 12	ND	0.00	-0.0701	-0.0701	-0.0701	-0.0701
Blanko	ND	8.18	-0.0669	-0.0701	-0.0606	-0.0701