



**PROFIL PENYEBARAN LOGAM BERAT DI SEKITAR
TPA PAKUSARI JEMBER**

SKRIPSI

Oleh:

**Lisa Nourma Junita
NIM 071810301090**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**PROFIL PENYEBARAN LOGAM BERAT DI SEKITAR
TPA PAKUSARI JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh:

Lisa Nourma Junita
NIM 071810301090

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamdulillah atas rahmat dan hidayah ALLAH SWT, serta Shalawat dan salam tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, skripsi ini dapat terselesaikan dan saya persembahkan kepada:

1. Ibunda R.Titin Mulyatini, S. H dan Ayahanda Drs. Daliyanto tercinta yang telah mendo'akan, memberi kasih sayang, dan pengorbanan selama ini;
2. Kakakku Mbak Maya Nourma Wijayanti, dr dan Mas Midia Eko Nofantoro, S. T, Adikku Angga Bayu Aji Wibowo dan Ivo Nourma Miralda yang telah mendo'akan, memberi dukungan, dan semangat selama ini;
3. Keponakan kecilku tersayang Muhammad Raffa Al Fareezy atas semangat yang diberikan selama ini;
4. dosen-dosenku selama berada di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, guru-guruku mulai dari TK, SD, SLTP sampai SLTA yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh kesabaran;
5. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

ALLAH akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan dengan beberapa derajat.

(terjemahan Surat *Al Mujaadilah* ayat 11)¹

Cukuplah ALLAH menjadi penolong kami dan ALLAH adalah sebaik-baiknya pelindung.

(terjemahan Surat *Ali Imran* ayat 173)²

Sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan.

(terjemahan Surat *Alam Nasyrah* ayat 6)³

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 1989. *Al Qur'an dan Terjemahnya*. Surabaya: Mahkota.

² Departemen Agama Republik Indonesia. 1989. *Al Qur'an dan Terjemahnya*. Surabaya: Mahkota.

³ Departemen Agama Republik Indonesia. 1989. *Al Qur'an dan Terjemahnya*. Surabaya: Mahkota.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lisa Nourma Junita
NIM : 071810301090

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : *Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari Jember* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan tidak benar.

Jember, Maret 2013

Yang menyatakan,

Lisa Nourma Junita
NIM 071810301090

SKRIPSI

**PROFIL PENYEBARAN LOGAM BERAT DI SEKITAR
TPA PAKUSARI JEMBER**

Oleh :

Lisa Nourma Junita
NIM 071810301090

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Tanti Haryati, S.Si, M. Si

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Mukh. Mintadi

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari Jember* telah diuji dan disahkan pada :

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua (DPU)

Sekretaris (DPA)

Tanti Haryati, S. Si, M. Si
NIP 198010292005012002

Drs. Mukh. Mintadi
NIP 196410261991031001

Anggota Tim Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Novita Andarini, S. Si, M. Si
NIP 197211122000032001

Dwi Indarti, S. Si, M. Si
NIP 197409012000032004

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.
NIP 196101081986021001

RINGKASAN

Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari Jember; Lisa Nourma Junita, 071810301090; 2013: 54 halaman; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Sampah menjadi permasalahan serius di Indonesia, terutama kota dengan tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Peningkatan jumlah penduduk sebanding dengan peningkatan jumlah sampah. Pola konsumsi masyarakat yang terus meningkat akan menghasilkan sampah. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, akan menimbulkan permasalahan lingkungan, sosial, maupun, budaya.

Pengelolaan sampah di Kota Jember dilakukan oleh Institusi Pengelola Persampahan Kota bidang kebersihan bersama Dinas PU, Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Jember. Lokasi tempat pembuangan akhir di Kota Jember dilakukan di TPA Pakusari yang terletak di Desa Kertosari Kecamatan Pakusari.

Penimbunan sampah secara terus-menerus di daerah TPA menghasilkan pencemar berupa air lindi. Air lindi mengandung bahan-bahan organik dan logam berat (Himmah *et al*, 2009). Logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi yaitu timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) (Langmore, 1998 *dalam* Maramis *et al*, 2006). Air lindi dapat meresap ke dalam tanah sehingga dapat menyebabkan pencemaran air sumur yang letaknya dekat dengan TPA.

Penelitian ini berisi tentang profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember. Tujuan dari penelitian ini yaitu: mengetahui kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember ditinjau dari kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dan mengetahui profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Secara umum, penelitian ini dibagi menjadi empat tahap. Tahap pertama yaitu membuat kurva kalibrasi timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe). Tahap kedua yaitu menentukan konsentrasi timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam sampel. Tahap ketiga yaitu menentukan kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember ditinjau dari kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe). Tahap keempat yaitu membuat profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember mengandung logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang nilainya lebih tinggi dari standar WHO dan mengandung logam berat tembaga (Cu) dan besi (Fe) yang nilainya kurang dari standar WHO. Konsentrasi maksimum logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) untuk kepentingan air minum menurut WHO berturut-turut sebesar 0,05 ppm; 0,005 ppm; 1,0 ppm; dan 0,3 ppm. Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember menunjukkan bahwa penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dari jarak 30 m sampai jarak 400 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari standar WHO. Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember menunjukkan bahwa penyebaran logam berat tembaga (Cu) pada jarak 30 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari standar WHO, pada jarak 50 m memiliki nilai konsentrasi yang sama dengan standar WHO, dan pada jarak 75 m sampai 400 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih rendah dari standar WHO. Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember menunjukkan bahwa penyebaran logam berat besi (Fe) pada jarak 30 m sampai 75 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari standar WHO dan pada jarak 100 m sampai 400 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih rendah dari standar WHO.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Profil Penyebaran Logam Berat di Sekitar TPA Pakusari Jember*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada :

1. Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Bapak Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Ibu Tanti Haryati, S. Si, M. Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik serta Bapak Drs. Mukh. Mintadi selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
4. Ibu Novita Andarini, S. Si, M. Si selaku Dosen Penguji I dan Ibu Dwi Indarti, S. Si, M. Si selaku Dosen Penguji II, yang telah memberikan masukan dan bimbingan dalam terselesainya penulisan skripsi ini;
5. Mbak Sari, Mas Maryono, Mas Darma, Mas Dulkholim yang atas bantuan serta kerja sama dalam pelaksanaan penelitian;
6. seluruh dosen pengajar dan karyawan/karyawati khususnya Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember atas bantuan dan nasehatnya;

7. Bapak Setyo dan seluruh staf di TPA Pakusari Jember, yang menyediakan tempat, bantuan tenaga, kerja sama, dan dukungan yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian;
8. teman-teman angkatan 2007, Nurul, Sovi, Vina, Veni, Mbak Rizka, dan Yola atas do'a, perhatian, dan semangatnya;
9. sahabat-sahabatku yang telah memberikan do'a dan semangatnya.
10. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jember, Maret 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sampah	4
2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari Jember	5
2.3 Air Lindi	7
2.4 Logam Berat	7
2.5 Timbal (Pb)	9

2.5.1 Bentuk Keracunan Logam Timbal (Pb).....	10
2.5.2 Tingkat Timbal (Pb) Normal dalam Tubuh.....	12
2.6 Kadmium (Cd).....	13
2.6.1 Kadmium (Cd) dalam Lingkungan.....	15
2.6.2 Keracunan oleh Kadmium (Cd).....	15
2.7 Tembaga (Cu).....	18
2.7.1 Tembaga (Cu) bagi Organisme.....	19
2.7.2 Bentuk Keracunan Tembaga (Cu).....	19
2.8 Besi (Fe).....	20
2.8.1 Tingkat Pencemaran Besi (Fe).....	21
2.8.2 Efek Toksik Besi (Fe).....	21
2.9 Spektrometri Serapan Atom (SSA).....	21
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.2.1 Alat Penelitian.....	25
3.2.2 Bahan Penelitian.....	25
3.3 Pengambilan Sampel.....	25
3.3.1 Waktu Pengambilan Sampel.....	25
3.3.2 Daerah Pengambilan Sampel.....	26
3.3.3 Cara Pengambilan Sampel.....	27
3.4 Prosedur Kerja.....	28
3.4.1 Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb).....	28
3.4.2 Pembuatan Larutan Standar Kadmium (Cd).....	28
3.4.3 Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu).....	28
3.4.4 Pembuatan Larutan Standar Besi (Fe).....	29
3.4.5 Pengolahan Sampel.....	29
3.5 Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Timbal (Pb),	

Tembaga (Cu), Kadmium (Cd), dan Besi (Fe) dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA).....	29
3.6 Analisis Data.....	30
3.7 Pembuatan Profil Penyebaran Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe).....	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Pengambilan Sampel.....	32
4.2 Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe).....	33
4.2.1 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Timbal (Pb).....	33
4.2.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kadmium (Cd).....	34
4.2.3 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Tembaga (Cu).....	35
4.2.4 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Besi (Fe).....	36
4.3 Penentuan Konsentrasi Logam Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe).....	37
4.4 Kualitas Air Sumur di Sekitar TPA Pakusari Jember.	40
4.5 Profil Penyebaran Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe) di Sekitar TPA Pakusari Jember.....	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Volume sampah Kota Jember per minggu pada tahun 2012.....	5
2.2 Komponen sampah yang terdapat di Kabupaten Jember.....	6
2.3 Sifat-sifat logam Pb.....	9
2.4 Empat kategori Pb dalam darah orang dewasa.....	12
2.5 Sifat-sifat logam Cd.....	14
2.6 Kandungan Cd dalam beberapa jenis air buangan.....	15
2.7 Sifat-sifat logam Cu.....	18
2.8 Sifat-sifat logam Fe.....	20
3.1 Konsentrasi maksimum beberapa parameter kualitas air yang diperkenankan untuk kepentingan air minum dan untuk menopang kehidupan organisme akuatik (UNESCO/WHO/UNEP, 1992).....	31
4.1 Hasil perhitungan konsentrasi logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam sampel.....	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Logam timbal (Pb).....	9
2.2 Logam kadmium (Cd).....	13
2.3 Logam tembaga (Cu).....	18
2.4 Logam besi (Fe).....	20
2.5 Komponen Spektrometri Serapan Atom (SSA).....	22
3.1 Sketsa daerah pengambilan sampel.....	27
4.1 Kurva kalibrasi larutan standar timbal (Pb).....	34
4.2 Kurva kalibrasi larutan standar kadmium (Cd).....	35
4.3 Kurva kalibrasi larutan standar tembaga (Cu).....	36
4.4 Kurva kalibrasi larutan standar besi (Fe).....	37
4.5 Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Pb.....	41
4.6 Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Cd.....	42
4.7 Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Cu.....	43
4.8 Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Fe.....	44
4.9 Peta sebaran logam berat Pb, Cd, Cu, dan Fe.....	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman	
A	Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe).....	55
B	Pengukuran Larutan Standar.....	60
C	Perhitungan Konsentrasi Logam Berat pada Sampel.....	62
D	Foto Penelitian.....	70

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah telah menjadi permasalahan serius di Indonesia, terutama kota dengan tingkat kepadatan penduduk yang cukup tinggi. Pertambahan penduduk yang semakin pesat dengan segala aktivitasnya berbanding lurus dengan peningkatan jumlah sampah. (Himmah *et al*, 2009). Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2011, Indonesia memproduksi sampah mencapai lebih dari 80.000 ton per hari. Sampah ini dihasilkan dari 380 kota di Indonesia (Nabhani, 2012).

Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember tahun 2012 menunjukkan bahwa Kota Jember memiliki luas wilayah 3.293.339 km² dengan 31 kecamatan, 247 kelurahan, dan total jumlah penduduk sebanyak 2.800.000 jiwa (Anonim, 2012). Pola konsumsi masyarakat Kota Jember cenderung meningkat, dapat dilihat dari naiknya kebutuhan hidup untuk memenuhi kebutuhan makanan, pakaian, dan perumahan. Pola konsumsi masyarakat yang terus meningkat tersebut akan menghasilkan sampah. Sampah yang tidak dikelola dengan baik, akan menimbulkan permasalahan, baik permasalahan lingkungan, sosial, maupun budaya (Rizki *et al*, 2011).

Pengelolaan sampah di Kota Jember dilakukan oleh Institusi Pengelola Persampahan Kota bidang kebersihan bersama Dinas PU, Cipta Karya dan Tata Ruang Kabupaten Jember. Lokasi tempat pembuangan akhir di Kabupaten Jember dilakukan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang terletak di Desa Kertosari Kecamatan Pakusari Jember (TPA Pakusari). TPA Pakusari memiliki luas ± 6,8 Ha dan dioperasikan mulai bulan Februari 1992 (Rizky *et al*, 2011).

Proses penimbunan sampah secara terus-menerus di daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menghasilkan pencemar berupa air lindi (*leachate*) sebagai hasil infiltrasi air hujan yang masuk ke dalam timbunan sampah. Air lindi mengandung bahan-bahan organik yang membusuk dan bahan-bahan logam berat (Himmah *et al*, 2009). Logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi yaitu

timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) (Langmore, 1998 *dalam* Maramis *et al*, 2006). Logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yang terkandung dalam air lindi berasal dari sampah yang telah dibuang. Sampah yang menghasilkan limbah timbal (Pb) yaitu cat, kaleng, dan baterai. Sampah yang menghasilkan limbah kadmium (Cd) yaitu baterai. Sampah yang menghasilkan limbah tembaga (Cu) yaitu alat-alat listrik, dan sampah yang menghasilkan limbah besi (Fe) yaitu alat-alat yang berbahan dasar besi. Air lindi merupakan suatu jenis bahan pencemar yang memiliki potensi tinggi untuk mencemari lingkungan, seperti tercemarnya air permukaan (Himmah *et al*, 2009). Air lindi dapat meresap ke dalam tanah. Peresapan cairan lindi ke dalam tanah akan menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah secara langsung (Tchobanoglous, 1993).

Air sumur penduduk di sekitar TPA merupakan sumber air utama bagi masyarakat karena seluruh kebutuhan air dipenuhi dari air sumur baik untuk minum, memasak, mandi, mencuci, memberi minum ternak dan kebutuhan lain. Adanya perubahan kualitas air karena pengaruh air lindi dari TPA akan mempengaruhi pengguna air sumur khususnya bagi kesehatannya (Suhartini, 2008).

Berdasarkan pada beberapa hal di atas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember ditinjau dari kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe)?
- b. Bagaimana profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember?

1.3 Batasan Masalah

- a. Sampel yang digunakan yaitu air lindi dan air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember.
- b. Logam berat yang dianalisis yaitu timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe).
- c. Analisis logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) menggunakan Spektrometri Serapan Atom (SSA).
- d. Tolak ukur kualitas air sumur mengacu pada data kualitas air dari WHO.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Mengetahui kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember ditinjau dari kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe).
- b. Mengetahui profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

- a. Memberikan informasi tentang penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember.
- b. Sebagai bahan masukan bagi Pemerintah Daerah Kota Jember dalam mengelola TPA Pakusari secara tepat sehingga dapat mengurangi terjadinya pencemaran lingkungan.
- c. Dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah adalah bahan-bahan hasil dari kegiatan masyarakat umum yang tidak digunakan lagi, yang pada umumnya berupa benda padat, baik yang mudah membusuk maupun yang tidak mudah membusuk (Suhartini, 2008). Aktivitas manusia dalam memanfaatkan alam selalu meninggalkan sisa yang dianggapnya sudah tidak berguna lagi sehingga diperlakukannya sebagai barang buangan, yaitu sampah dan limbah. Jenis dan sumber sampah yaitu:

a. Sampah Rumah Tangga

Sampah yang berasal dari kegiatan rumah tangga ini dapat terdiri dari bermacam-macam jenis sampah yaitu:

- Sampah basah atau sampah yang terdiri dari bahan-bahan organik yang mudah membusuk yang sebagian besar adalah sisa makanan, potongan hewan, sayuran, dan lain-lain.
- Sampah kering yaitu sampah yang terdiri dari logam seperti besi tua, kaleng bekas, dan sampah kering nonlogam misalnya kertas, kayu, dan kaca.
- Sampah lembut misalnya sampah debu yang berasal dari penyapuan lantai rumah, penggergajian kayu, dan abu yang berasal dari sisa pembakaran kayu.
- Sampah besar atau sampah yang terdiri dari buangan rumah tangga yang besar-besar seperti meja, kursi, kulkas, televisi, radio, dan peralatan dapur.

b. Sampah Komersial

Sampah yang berasal dari kegiatan komersial seperti pasar, pertokoan, rumah makan, bengkel, kios, dan lain-lain.

c. Sampah Bangunan

Sampah yang berasal dari kegiatan pembangunan termasuk pemugaran dan pembongkaran suatu bangunan seperti semen, kayu, batu bata, genting, dan lain-lain.

d. Sampah Fasilitas Umum

Sampah ini berasal dari pembersihan dan penyapuan jalan, trotoar, taman, dan fasilitas umum lainnya. Contoh jenis sampah ini yaitu daun, ranting, kertas pembungkus, plastik, rokok, debu, dan lain-lain (Widyatmoko dan Sintorini, 2002).

2.2 Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari Jember

Di Kota Jember, sampah dikumpulkan dan dibuang ke TPA Pakusari. TPA Pakusari terletak di Desa Kertosari Kecamatan Pakusari. Tumpukan sampah saat ini sudah mencapai tinggi ± 11 meter di TPA Pakusari. Volume sampah Kota Jember per minggu pada tahun 2012 tercantum pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Volume sampah Kota Jember per minggu pada tahun 2012

Bulan	Minggu Ke				Jumlah Total (m ³)
	1 (m ³)	2 (m ³)	3 (m ³)	4 (m ³)	
Januari	3733,9	3730,3	3741,3	3769,7	14.966,2
Febuari	3767,2	3691,6	3733,5	4284,9	15.477,2
Maret	3775,4	3688,1	3737,5	5339,6	16.520,6

Sumber: Pemerintah Kabupaten Jember Dinas PU. Cipta Karya dan Tata Ruang (2012)

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari Jember terletak di Desa Kertosari, Kecamatan Pakusari, Kabupaten Jember dan beroperasi menerima buangan sampah sejak tahun 1992. Keseluruhan luas TPA Pakusari seluas 6,8 Ha. Volume kenaikan jumlah sampah di TPA Pakusari sebesar 500-1000 m³/bulan. Sistem pengelolaan sampah di TPA Pakusari Jember menerapkan sistem *controll landfill*, yaitu pengolahan sampah dengan cara sistem berlapis secara bergantian antara tanah dengan sampah.

Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Jember memiliki lahan TPA Pakusari seluas 6,8 Ha sejak tahun 1992. Dinas Kebersihan dan Pertamanan berubah nama menjadi Dinas Kebersihan dan Lingkungan Hidup Kabupaten Jember berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Jember No. 24 Tahun 2003 tentang susunan organisasi dan Tata Kerja pada tahun 2003. DKLH berubah nama menjadi Dinas PU Cipta Karya dan Tata Ruang yang diatur dalam perda No. 15 tahun 2008 pada tahun 2008 (Pemerintah Kabupaten Jember Dinas PU. Cipta Karya dan Tata Ruang, 2012). Komponen sampah yang terdapat di Kabupaten Jember tercantum dalam tabel 2.2

Tabel 2.2 Komponen sampah yang terdapat di Kabupaten Jember

Jenis Sampah	Jumlah (%)
A. Sampah Organik	
1. Tanah	5,3
2. Pasir	3,8
3. Sisa makanan	1,8
4. Daun	67,5
5. Kayu	3,5
B. Sampah Non Organik	
1. Plastik	5,5
2. Karet	4,1
3. Besi	1,3
4. Kaca	1,2
5. Kain	1,5
C. Sampah Beracun	
1. Baterai	0,5
2. Sampah medis	3
3. Sisa kemasan pestisida	1

Sumber: Pemerintah Kabupaten Jember Dinas PU. Cipta Karya dan Tata Ruang (2012)

2.3 Air Lindi

Air lindi dapat didefinisikan sebagai cairan yang timbul dari dekomposisi biologis sampah yang telah membusuk yang mengalami pelarutan akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah. Air lindi disebabkan oleh terjadinya presipitasi cairan ke TPA, baik dari resapan air hujan maupun kandungan air pada sampah itu sendiri. Lindi bersifat toksik karena adanya zat pengotor dalam timbunan yang mungkin berasal dari buangan limbah industri, debu, lumpur hasil pengolahan limbah, limbah rumah tangga yang berbahaya, atau dari dekomposisi yang normal terjadi pada sampah. Apabila tidak segera diatasi, *landfill* yang dipenuhi air lindi dapat mencemari lingkungan, terutama air tanah dan air permukaan (Tchobanoglous, 1993).

Air lindi pada umumnya mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik. Konsentrasi dari komponen-komponen tersebut dalam air lindi lebih tinggi daripada konsentrasi dalam air tanah. Selayaknya benda cair, air lindi ini akan mengalir ke tempat yang lebih rendah dan dapat merembes ke dalam tanah serta bercampur dengan air tanah, ataupun mengalir di permukaan tanah, dan bermuara pada aliran air sungai. Sehingga dapat dibayangkan potensi air lindi yang mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon) dan anorganik (logam berat) dengan konsentrasi sekitar lebih tinggi daripada dalam air tanah, masuk dan mencemari air tanah atau air sungai. Secara langsung, air tanah atau air sungai tersebut akan tercemar. Sehingga manfaat kedua jenis air tersebut mengalami pergeseran. Air yang awalnya bisa digunakan untuk keperluan rumah tangga, akhirnya hanya bisa digunakan untuk pertanian bahkan hanya sebagai penggerak tenaga listrik (Maramis, 2008 *dalam* Himmah *et al*, 2009).

2.4 Logam Berat

Logam berat merupakan logam yang mempunyai massa jenis lebih dari 5 g/cm³. Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup.

Semua logam berat dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup. Namun demikian, meski semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, sebagian dari logam-logam tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut berada dalam jumlah yang sangat sedikit. Tetapi bila kebutuhan dalam jumlah yang sangat kecil itu tidak terpenuhi, maka dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan hidup dari setiap makhluk hidup. Karena logam-logam tersebut ada yang dibutuhkan tubuh, maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam atau mineral-mineral esensial tubuh. Akan tetapi, bila jumlah dari logam-logam esensial ini masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan maka akan berubah fungsi menjadi zat racun bagi tubuh (Palar, 1994).

Pencemaran logam berat di Indonesia cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, dan tanaman, maupun lingkungan. Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain.
- b. Logam berat tidak esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat racun. Contohnya yaitu: Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

Logam berat yang mencemari lingkungan, baik dalam udara, air, dan tanah berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Proses alami dapat berasal dari bebatuan gunung berapi yang memberikan kontribusi ke lingkungan udara, air, dan tanah. Kegiatan manusia yang bisa menambah pencemaran lingkungan berupa kegiatan industri, pertambangan, pembakaran bahan bakar, serta kegiatan domestik lain yang mampu meningkatkan kandungan logam di lingkungan udara, air, dan tanah (Widowati, 2008).

2.5 Timbal (Pb)

Penyebaran Pb di bumi sangat sedikit. Jumlah Pb yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi (Palar, 1994). Bentuk fisik dari logam timbal (Pb) ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Logam timbal (Pb)

(Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Timbal>)

Seperti halnya unsur-unsur kimia lainnya terutama golongan logam, logam Pb mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Sifat-sifat logam Pb dapat ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat-sifat logam Pb

Sifat	Keterangan
Warna	Putih kebiruan
Nama, lambang, nomor atom	Timbal, Pb, 82
Massa atom	207,2 g/mol
Konfigurasi elektron	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²
Fase	Padat
Massa jenis (sekitar suhu kamar)	11,34 g/cm ³
Titik lebur	600,61 K
Titik didih	2022 K
Bilangan oksidasi	2, 4
Elektronegativitas	2,33
Jari-jari atom	180 pm

Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Timbal>

Logam Pb digunakan sebagai kabel telepon, bahan peledak, dan aditif untuk bahan bakar kendaraan bermotor.

2.5.1 Bentuk Keracunan Logam Timbal (Pb)

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan, minuman, udara, dan perembesan pada lapisan kulit. Senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman akan diikutkan dalam proses metabolisme tubuh (Palar, 1994).

Gejala khas dari keracunan Pb ini pada anak berbeda dengan orang dewasa. Kerusakan saraf tepi lebih mengalami kerusakan pada orang dewasa daripada kerusakan saraf pusat yang dialami oleh anak-anak. Gejala yang terlihat pada anak-anak tersebut yaitu nafsu makan berkurang, sakit perut dan muntah-muntah, bergerak terasa kaku, kelemahan, tidak ingin bermain, hasil tes psikologis terlihat sangat rendah, gangguan pertumbuhan otak, dan koma.

Keracunan Pb, dalam 4-6 minggu mungkin tidak memperlihatkan gejala sama sekali. Kemudian berlanjut dengan kelemahan, sakit kepala, nafsu makan menurun yang diikuti dengan sakit perut dan muntah-muntah. Gejala tersebut merupakan gejala umum yang kadang-kadang tidak dicurigai sebagai keracunan Pb. Jika keracunan terus berlanjut maka gejala khas berikutnya akan menyusul yang akhirnya menyebabkan kematian. Gejala dari toksisitas Pb pada anak ini tidak begitu spesifik, karena gejala ini mirip dengan tumor pada otak yang disebabkan oleh infeksi virus atau bakteri (Darmono, 1995).

Keracunan Pb pada orang dewasa biasanya terjadi di tempat mereka bekerja. Keracunan Pb di tempat kerja telah banyak dilaporkan dan hasilnya bervariasi tergantung pada jenis industrinya. Diperkirakan sekitar 1,5% pekerja di Amerika terkontaminasi oleh logam ini. Gejala yang khas keracunan Pb pada orang dewasa

ialah keputihan, sakit perut, muntah-muntah, kurang darah, dan yang paling sering ialah terlihatnya warna biru pada gusi. Gejala yang sering ditemukan yaitu sakit perut, gangguan saluran pencernaan yaitu rasa mual, diare, lesu, lemah, sakit kepala, nafsu makan hilang dan berat badan menurun, anemia, hiperiritasi, gangguan tidur (Darmono, 1995).

Keracunan yang disebabkan oleh keberadaan logam Pb dalam tubuh mempengaruhi banyak jaringan dan organ tubuh. Organ-organ tubuh yang banyak menjadi sasaran dari peristiwa keracunan logam Pb yaitu:

a. Efek Pb terhadap sintesis sel darah merah

Keracunan yang terjadi sebagai akibat kontaminasi dari logam Pb dapat menimbulkan hal-hal sebagai berikut:

- Memperpendek umur sel darah merah.
- Menurunkan jumlah sel darah merah.

b. Efek Pb terhadap sistem saraf

Pengamatan yang dilakukan pada pekerja tambang dan pengolahan logam Pb menunjukkan bahwa pengaruh dari keracunan Pb dapat menimbulkan kerusakan pada otak. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan otak akibat keracunan Pb yaitu: epilepsi, halusinasi, dan kerusakan pada otak besar.

c. Efek Pb terhadap sistem urinaria

Senyawa-senyawa Pb yang terlarut dalam darah akan dibawa oleh darah ke seluruh sistem tubuh. Pada peredarannya, darah akan terus masuk ke ginjal. Senyawa Pb yang masuk ke ginjal dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada saluran ginjal.

d. Efek Pb terhadap sistem reproduksi

Percobaan yang dilakukan pada tikus putih jantan dan betina yang diberi perlakuan dengan 1% Pb-asetat ke dalam makanannya menunjukkan hasil berkurangnya kemampuan sistem reproduksi dari hewan tersebut.

e. Efek Pb terhadap sistem endokrin

Pengukuran terhadap steroid dalam urine pada kondisi paparan Pb yang berbeda dapat digunakan untuk melihat hubungan penyerapan Pb oleh sistem endokrin.

f. Efek Pb terhadap jantung

Organ lain yang dapat diserang oleh racun yang dibawa oleh logam Pb adalah jantung.

2.5.2 Tingkat Timbal (Pb) Normal dalam Tubuh

Evaluasi terhadap keterpaparan logam Pb, dapat dilakukan dengan mengetahui batas normal konsentrasi Pb dalam jaringan-jaringan dan cairan tubuh. Pada manusia dewasa jumlah kandungan atau konsentrasi Pb dalam darah tidak sama. Berdasarkan pada perbedaan-perbedaan tersebut, maka konsentrasi Pb dalam darah dapat digolongkan ke dalam 4 kategori yang disajikan pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Empat kategori Pb dalam darah orang dewasa

Kategori	Mg Pb/100 mL Darah	Deskripsi
A (normal)	< 40	Normal
B (dapat ditoleransi)	40-80	Masih dapat ditoleransi
C (berlebih)	80-120	Mulai memperlihatkan tanda-tanda keracunan ringan
D (tingkat bahaya)	> 120	Mulai memperlihatkan tanda-tanda keracunan berat

Sumber: Palar (1994)

Tabel 2.4 menunjukkan bahwa bila manusia terpapar oleh Pb dalam batasan normal atau dalam batasan toleransi, maka daya racun yang dimiliki oleh Pb tidak akan bekerja dan tidak menimbulkan pengaruh apa-apa. Tetapi bila jumlah yang diserap telah mencapai batas ambang dan atau bahkan melebihi ambang batas, maka individu yang terpapar akan memperlihatkan gejala keracunan Pb (Palar, 1994).

2.6 Kadmium (Cd)

Penyebaran logam Cd sangat luas di alam. Hanya ada satu jenis mineral Cd di alam yaitu *greenockite* (CdS) yang selalu ditemukan bersamaan dengan mineral *spalerite* (ZnS). Mineral CdS ini sangat jarang ditemukan di alam, sehingga dalam eksploitasi logam Cd biasanya merupakan produksi sampingan dari peristiwa peleburan bijih-bijih seng (Zn) Cd juga diproduksi dari peleburan bijih-bijih logam (timbal) Pb dan tembaga (Cu). Namun demikian, Zn merupakan sumber utama dari logam Cd, sehingga produksi dari logam tersebut sangat dipengaruhi oleh Zn (Palar, 1994). Bentuk fisik dari logam kadmium (Cd) ditunjukkan pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Logam kadmium (Cd)

(Sumber: http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/kadmium/)

Seperti halnya unsur-unsur kimia lainnya terutama golongan logam, logam Cd mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Logam Cd akan kehilangan kilapnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta akan cepat mengalami kerusakan bila dikenai oleh uap amonia (NH_3) dan sulfur hidroksida (SO_2). Cd yang dimasukkan ke dalam larutan mengandung ion OH^- akan menyebabkan ion Cd^{2+} mengendap. Endapan yang terbentuk dari ion-ion Cd^{2+} dalam larutan berion OH^- biasanya dalam

bentuk senyawa terhidratasi berwarna putih. Sifat-sifat logam Cd dapat ditunjukkan pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Sifat-sifat logam Cd

Sifat	Keterangan
Warna	Putih keperakan
Nama, lambang, nomor atom	Kadmium, Cd, 48
Massa atom	112,41 g/mol
Konfigurasi elektron	[Kr] 4d ¹⁰ 5s ²
Fase	Padat
Massa jenis (sekitar suhu kamar)	8,65 g/cm ³
Titik lebur	594,26 K
Titik didih	1040 K
Bilangan oksidasi	2
Elektronegativitas	1,69
Jari-jari atom	0,92 Å

Sumber: http://www.chem-is-try.org/tabel_periodik/kadmium/

Logam Cd sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Logam ini telah digunakan semenjak tahun 1950 dan total produksi dunia sekitar 15.000-18.000 per tahun. Logam Cd digunakan sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan elektroplating. Pemanfaatan Cd dan persenyawaannya dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Senyawa Cd-sulfat (CdSO₄) digunakan dalam industri baterai.
- b. Senyawa dietil kadmium {(C₂H₅)₂Cd} digunakan dalam proses pembuatan tetraetil-Pb.

Selain itu banyak digunakan dalam industri-industri ringan, seperti pada proses pengolahan roti, ikan, minuman, industri tekstil, dan lain-lain (Palar, 1994).

2.6.1 Kadmium (Cd) dalam Lingkungan

Logam kadmium (Cd) dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, yang merupakan efek samping dari aktivitas manusia. Semua bidang industri yang melibatkan Cd dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran Cd. Penelitian yang pernah dilakukan oleh Klein pada tahun 1974 menyebutkan bahwa kandungan rata-rata Cd dalam air buangan rumah tangga dan buangan industri ringan, seperti terlihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kandungan Cd dalam beberapa jenis air buangan

Jenis Industri	Konsentrasi Cd ($\mu\text{g/l}$)
Pengolahan roti	11
Pengolahan ikan	14
Minuman ringan	3
Pencelupan tekstil	30
Bahan kimia	27
Pengolahan lemak	6
<i>Bakery</i>	2
Minuman	5
Es krim	31
<i>Laundry</i>	134

Sumber: Palar (1994)

2.6.2 Keracunan oleh Kadmium (Cd)

Seperti halnya logam berat lainnya seperti merkuri (Hg) dan timbal (Pb), keracunan yang disebabkan oleh Cd dapat bersifat keracunan akut dan kronis. Keracunan akut yang disebabkan oleh Cd sering terjadi pada pekerja di industri-industri yang berkaitan dengan logam ini. Peristiwa keracunan akut ini dapat terjadi

karena para pekerja tersebut terkena paparan uap logam Cd atau CdO. Gejala-gejala keracunan akut yang disebabkan oleh logam Cd adalah timbulnya rasa sakit dan panas pada bagian dada. Akan tetapi, gejala keracunan itu tidak langsung muncul begitu penderita terpapar oleh uap Cd ataupun CdO. Gejala keracunan akut ini muncul setelah 4-10 jam sejak penderita terpapar oleh uap logam Cd. Akibat dari keracunan logam Cd dapat menimbulkan penyakit paru-paru akut. Penyakit paru-paru akut dapat terjadi bila penderita terpapar oleh uap Cd dalam waktu 24 jam. Keracunan akut yang disebabkan oleh uap Cd atau CdO dapat menimbulkan kematian bila konsentrasi yang mengakibatkan keracunan tersebut berkisar dari 2500 sampai 2900 mg/m³ (Palar, 1994).

Keracunan bersifat kronis disebabkan oleh daya racun yang dibawa oleh logam Cd, terjadi dalam selang waktu yang sangat panjang. Peristiwa ini terjadi karena logam Cd yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah kecil, sehingga dapat ditoleransi oleh tubuh pada saat tersebut. Akan tetapi, karena proses pemasukan tersebut terus-menerus, maka tubuh tidak mampu memberikan toleransi terhadap daya racun yang dibawa Cd. Keracunan yang bersifat kronis membawa akibat yang lebih buruk bila dibandingkan dengan keracunan akut. Keracunan kronis akibat Cd menyebabkan kerusakan-kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam Cd adalah pada sistem urinaria (ginjal), respirasi, (paru-paru), sirkulasi (darah), dan jantung. Selain itu, keracunan kronis juga merusak beberapa organ sebagai berikut:

a. Efek Cd terhadap Ginjal

Logam Cd dapat menimbulkan kerusakan pada sistem yang bekerja di ginjal. Kerusakan yang terjadi pada sistem ginjal dapat dideteksi dari tingkat atau jumlah kandungan protein yang terdapat dalam urine. Gejala-gejala lain yang ditunjukkan dari kerusakan pada sistem ginjal ini yaitu:

- Ketidaknormalan kandungan asam urat, kalsium (Ca), dan fosfor (P) dalam urine.

b. Efek Cd terhadap Paru-paru

Keracunan yang disebabkan oleh peristiwa terhirupnya uap atau debu Cd juga mengakibatkan kerusakan terhadap organ respirasi paru-paru. Kerusakan paru-paru tersebut dapat terjadi sebagai akibat dari keracunan kronis yang disebabkan oleh Cd. Pada peristiwa terhirupnya debu Cd selama 20 tahun oleh para pekerja industri yang melibatkan Cd, telah menyebabkan pembengkakan paru-paru.

c. Efek Cd terhadap Darah

Keracunan kronis yang disebabkan oleh kadmium oksida (CdO) dapat mengakibatkan penyakit kekurangan darah. Penyakit ini dapat ditemukan pada para pekerja yang telah bekerja selama 5-30 tahun pada industri-industri yang melibatkan kadmium oksida (CdO).

d. Efek Cd terhadap Tulang

Serangan yang paling hebat dari keracunan yang disebabkan oleh logam Cd adalah kerapuhan pada tulang.

e. Efek Cd terhadap Sistem Reproduksi

Daya racun yang dimiliki oleh Cd juga mempengaruhi sistem reproduksi dan organ-organnya. Pada konsentrasi tertentu, Cd dapat mematikan sel-sel sperma pada laki-laki.

f. Cd sebagai Bahan Karsinogen

Logam Cd diduga merupakan salah satu penyebab dari timbulnya kanker pada manusia. Karena itu, logam ini diduga sebagai bahan karsinogen yang berarti dapat menimbulkan penyakit kanker. Pada tahun 1973, IARC (*International Agency for Research on Cancer*) telah menetapkan bahwa logam Cd adalah karsinogen terhadap hewan dan manusia (Palar, 1994).

2.7 Tembaga (Cu)

Unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas (Palar, 1994). Bentuk fisik dari logam tembaga (Cu) ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Logam tembaga (Cu)
(Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga>)

Logam Cu mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Sifat-sifat logam Cu dapat ditunjukkan pada tabel 2.7

Tabel 2.7 Sifat-sifat logam Cu

Sifat	Keterangan
Warna	Jingga kemerahan
Nama, lambang, nomor atom	Tembaga, Cu, 29
Massa atom	63,546 g/mol
Konfigurasi elektron	[Ar] 3d ¹⁰ 4s ¹
Fase	Padat
Massa jenis (sekitar suhu kamar)	8,94 g/cm ³
Titik lebur	1357,77 K
Titik didih	2835 K
Bilangan oksidasi	1, 2, 3, 4
Elektronegativitas	1,90
Jari-jari atom	128 pm

Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga>

Logam ini banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain (Darmono, 1995).

2.7.1 Tembaga (Cu) bagi Organisme

Sebagai logam berat, Cu berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat dipentingkan atau logam berat esensial artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam berat ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit. Karena itu, Cu juga termasuk ke dalam logam-logam esensial bagi manusia seperti Fe dan lain-lain. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 1994).

2.7.2 Bentuk Keracunan Tembaga (Cu)

Sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, Cu dapat mengakibatkan keracunan secara akut dan kronis. Keracunan akut dan kronis ini terjadinya ditentukan oleh besarnya dosis yang masuk dan kemampuan organisme untuk menetralkan dosis tersebut. Gejala-gejala yang dapat dideteksi sebagai akibat keracunan akut tersebut yaitu:

- a. Adanya rasa logam pada pernafasan penderita (Palar, 1994).
- b. Kejang (Darmono, 1995).

Pada keracunan kronis, Cu tertimbun dalam hati dan dapat menyebabkan hemolisis. Kejadian hemolisis ini disebabkan oleh tertimbunnya H_2O_2 dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel dan akibatnya sel menjadi pecah (Darmono, 1995). Keracunan Cu secara kronis juga dapat dilihat dengan timbulnya penyakit *Wilson* dan *Kinsky*. Gejala dari penyakit *Wilson* yaitu terjadi *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Penyakit *Kinsky* dapat diketahui dengan

terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita (Palar, 1994).

2.8 Besi (Fe)

Fe menempati urutan sepuluh besar sebagai unsur di bumi (Widowati *et al*, 2008). Bentuk fisik dari logam besi (Fe) ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Logam besi (Fe)

(Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Besi>)

Logam Fe mempunyai sifat fisika dan kimia tersendiri. Sifat-sifat logam Fe dapat ditunjukkan pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Sifat-sifat logam Fe

Sifat	Keterangan
Nama, lambang, nomor atom	Besi, Fe, 26
Massa atom	55,845 g/mol
Konfigurasi elektron	[Ar] 3d ⁶ 4s ²
Fase	Padat
Massa jenis (sekitar suhu kamar)	7,86 g/cm ³
Titik lebur	1811 K
Titik didih	3134 K
Bilangan oksidasi	2, 3, 4, 6
Elektronegativitas	1,83
Jari-jari atom	140 pm

Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Besi>

Besi banyak digunakan dalam kegiatan pertambangan, industri kimia, tekstil, penyulingan minyak, dan sebagainya (Eckenfelder, 1989 *dalam* Effendi, 2003).

2.8.1 Tingkat Pencemaran Besi (Fe)

Mineral yang sering berada dalam air dengan jumlah besar yaitu kandungan Fe. Apabila Fe tersebut berada dalam jumlah yang banyak akan muncul berbagai gangguan lingkungan. PDAM Kota Tangerang menggunakan bahan baku dari sungai Cisadene yang tercemar oleh golongan bahan beracun berbahaya (B3), antara lain kandungan Fe yang lebih tinggi dari baku mutu (Widowati *et al*, 2008).

2.8.2 Efek Toksik Besi (Fe)

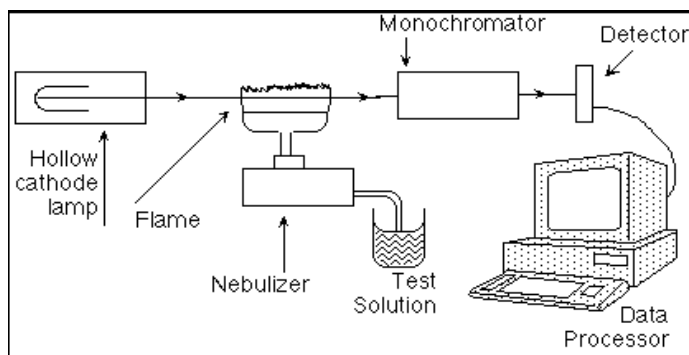
Kelebihan Fe dalam jumlah besar pada manusia bersifat toksik. Kerusakan-kerusakan jaringan karena akumulasi Fe disebut hemokromatosis. Penderita hemokromatosis menunjukkan akumulasi Fe di hati, limpa, jantung, dan jaringan lainnya. Penderita ini beresiko terserang kanker hati, jantung, dan berbagai penyakit lain. Konsumsi Fe dalam dosis besar akan merusak alat pencernaan secara langsung, lalu besi akan mengikuti peredaran darah. Kerusakan sel juga meluas pada hati, jantung, dan organ lain, bahkan bisa berakhir pada kematian (Widowati *et al*, 2008).

2.9 Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Metode Spektrometri Serapan Atom (SSA) berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tertentu pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Pada teknik SSA, diperlukan sumber radiasi yang mengemisikan sinar pada panjang gelombang yang tepat sama pada proses absorpsinya. Sumber radiasi tersebut dikenal sebagai lampu *Hollow Cathode* (Khopkar, 1990).

Apabila suatu atom berinteraksi dengan radiasi panjang gelombang elektromagnetik, maka sebagian energi elektromagnetik akan diserap oleh atom. Energi yang diserap atom merupakan energi dalam proses eksitasi dari elektron yang dimiliki atom tersebut. Transisi elektronik yang terjadi yaitu suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi (Khopkar, 1990).

Atomisasi terjadi melalui beberapa tahap yaitu mula-mula larutan disemprotkan dalam bentuk kabut ke dalam nyala api kemudian terjadi desolvasi pelarut menghasilkan sisa partikel padat yang halus pada nyala. Partikel ini berubah menjadi gas dan selanjutnya mengalami disosiasi menjadi atom-atom (Christian, 1994). Setelah itu atom-atom tersebut menyerap radiasi sinar yang dihasilkan *Hollow Cathode Lamp*. Kemudian menuju ke monokromator, detektor, dan data selanjutnya diubah menjadi data. Komponen Spektrometri Serapan Atom (SSA) ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Komponen Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Komponen-komponen Spektrometri Serapan Atom (SSA) yaitu:

1. Sumber sinar

Sumber radiasi SSA adalah *Hollow Cathode Lamp* (HCL). Setiap pengukuran dengan SSA kita harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus misalnya akan menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan. Maka kita harus menggunakan

Hollow Cathode Lamp khusus. *Hollow Cathode Lamp* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom (Khopkar, 1990).

2. Sumber atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk kabut. Kabut biasa dihasilkan oleh pengabut yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot. Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen.

Prinsip dari SSA, larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa diantara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala.

3. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp*.

4. Detektor

Detektor berfungsi mengukur radiasi yang ditransmisikan oleh sampel dan mengukur intensitas radiasi tersebut dalam bentuk energi listrik.

5. Sistem pengolah

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

6. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar (Azis, 2007).

Prinsip yang berlaku dalam pengukuran Spektrometri Serapan Atom yaitu Hukum Lambert-Beer:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c$$

Dimana:

A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar (L/mol cm)

b = Tebal medium (cm)

c = Konsentrasi larutan (mol/L) (Day dan Underwood, 1989).

Absorpsivitas molar (ϵ) adalah suatu konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal medium dalam prakteknya tetap. Sehingga absorbansi suatu larutan merupakan fungsi linier dari konsentrasi (Azis, 2007).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2012. Pengambilan sampel dilakukan di sekitar TPA Pakusari Jember. Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Spektrometri Serapan Atom (SSA) *Buck Scientific 205*, pipet mohr 5 mL; 10 mL; dan 20 mL, labu ukur 100 dan 250 mL, pipet tetes, corong gelas, *shaker*, kompas, botol semprot, botol sampel, botol plastik, gelas ukur 100 mL, corong plastik, *beaker glass* 500 mL, timba plastik, *erlenmeyer* 250 mL, dan kertas saring.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan yaitu: sampel air lindi dan air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember, aquades, asam nitrat (HNO_3) 65% p.a (Merck), larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm p.a (Merck), larutan standar kadmium (Cd) 1000 ppm p.a (Merck), larutan standar tembaga (Cu) 1000 ppm p.a (Merck), larutan standar besi (Fe) 1000 ppm p.a (Merck), *tissue* dan aluminium foil.

3.3 Pengambilan Sampel

3.3.1 Waktu Pengambilan Sampel

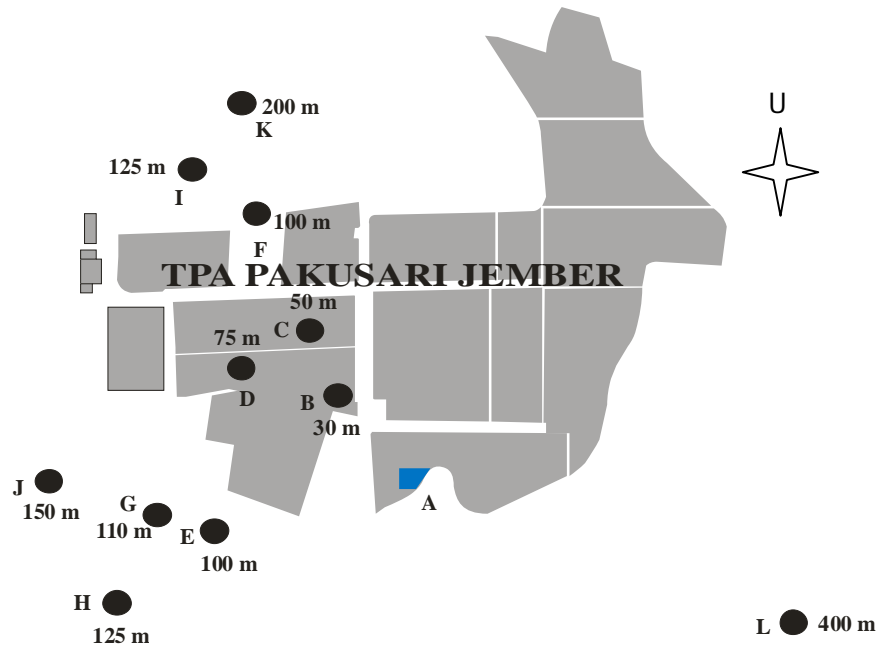
Pengambilan sampel air lindi dan air sumur di sekitar wilayah TPA Pakusari Jember dilakukan pada bulan Oktober 2012.

3.3.2 Daerah Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada air lindi dan air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember. Tempat dan jarak sumur dengan TPA Pakusari telah ditentukan dan masing-masing tempat pengambilan sampel ditentukan letaknya menggunakan kompas. Pengambilan sampel dilakukan dengan perincian sebagai berikut:

- a. Pada daerah 1 dilakukan pengambilan sampel air lindi di dalam TPA (sampel A).
- b. Pada daerah 2 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 30 meter (sampel B) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
- c. Pada daerah 3 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 50 meter (sampel C) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
- d. Pada daerah 4 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 75 meter (sampel D) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
- e. Pada daerah 5 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 100 meter (sampel E) dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya.
- f. Pada daerah 6 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 100 meter (sampel F) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
- g. Pada daerah 7 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 110 meter (sampel G) dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya.
- h. Pada daerah 8 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 125 meter (sampel H) dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya.
- i. Pada daerah 9 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 125 meter (sampel I) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
- j. Pada daerah 10 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 150 meter (sampel J) dari tempat penampungan lindi ke arah barat.
- k. Pada daerah 11 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 200 meter (sampel K) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
- l. Pada daerah 12 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 400 meter (sampel L) dari tempat penampungan lindi ke arah tenggara

Daerah pengambilan sampel dijelaskan pada gambar 3.1



Keterangan:

 : Tempat penampungan lindi

 : Sumur

Gambar 3.1 Sketsa daerah pengambilan sampel

3.3.3 Cara Pengambilan Sampel

Sampel sebanyak 1,5 L diambil dan dimasukkan ke dalam botol plastik menggunakan corong plastik. Setelah itu botol plastik ditutup rapat. Botol plastik yang berisi sampel diberi kode agar tidak tertukar antara satu dengan yang lain. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali. Kemudian dilanjutkan pengolahan sampel.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Larutan standar timbal (Pb) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar timbal (Pb) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian memipet 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL larutan standar timbal (Pb) 10 ppm ke dalam labu ukur 100 mL dan masing-masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Sehingga akan diperoleh larutan standar timbal (Pb) dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm.

3.4.2 Pembuatan Larutan Standar Kadmium (Cd)

Larutan standar kadmium (Cd) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar kadmium (Cd) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian memipet 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, dan 10 mL larutan standar kadmium (Cd) 10 ppm ke dalam labu ukur 100 mL dan masing-masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Sehingga akan diperoleh larutan standar kadmium (Cd) dengan konsentrasi 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; dan 1 ppm.

3.4.3 Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)

Larutan standar tembaga (Cu) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar tembaga (Cu) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian memipet 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL larutan standar tembaga (Cu) 10 ppm ke dalam labu ukur 100 mL dan masing-masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Sehingga akan diperoleh larutan standar tembaga (Cu) dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm.

3.4.4 Pembuatan Larutan Standar Besi (Fe)

Larutan standar besi (Fe) 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar besi (Fe) 1000 ppm p.a (Merck) ke dalam labu ukur 250 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Kemudian memipet 10 mL, 20 mL, 30 mL, 40 mL, dan 50 mL larutan standar besi (Fe) 10 ppm ke dalam labu ukur 100 mL dan masing-masing larutan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas. Sehingga akan diperoleh larutan standar besi (Fe) dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm.

3.4.5 Pengolahan Sampel

Sampel air lindi dan air sumur masing-masing sebanyak 150 mL dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* 250 mL. Kemudian ditambah 5 mL asam nitrat (HNO_3) 65% p.a (Merck) sambil diaduk dengan *shaker* agar tercampur sempurna. Setelah itu, larutan disaring dengan kertas saring dan sampel sebanyak 100 mL diambil dan dimasukkan ke dalam botol sampel. Botol sampel diberi kode agar tidak tertukar antara satu dengan yang lain. Sehingga didapatkan sampel yang siap dianalisis.

3.5 Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe) dengan Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Alat SSA dioperasikan sesuai petunjuk penggunaan alat. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi masing-masing larutan standar timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yang telah dibuat pada panjang gelombang masing-masing logam. Setelah itu dibuat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi. Kurva kalibrasi dibuat dengan menyalurkan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu x diplot terhadap absorbansinya sebagai sumbu y. Sehingga persamaan regresi linier diketahui dengan rumus:

$$y = bx + a$$

Setelah dilakukan pengukuran absorbansi larutan standar timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) maka selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi larutan sampel dengan SSA untuk masing-masing logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yang dikandung sampel. Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan mensubstitusikan nilai absorbansi sampel pada persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi yakni variabel y.

$$y = bx + a$$

Dimana:

y = nilai absorbansi

b = kemiringan lereng

x = konsentrasi larutan sampel

a = intersep

Untuk mencari nilai x, yaitu :

$$y = bx + a$$

$$bx = y - a$$

$$x = (y - a) / b$$

Sehingga akan diperoleh konsentrasi larutan sampel.

3.6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan yaitu membandingkan kualitas air sumur penduduk di sekitar TPA Pakusari Jember dengan bahan baku mutu air bersih berdasarkan standar WHO. Ketentuan tersebut mengacu pada konsentrasi maksimum beberapa parameter kualitas air yang diperkenankan untuk kepentingan air minum yang dijelaskan pada tabel 2.9

Tabel 3.1 Konsentrasi Maksimum Beberapa Parameter Kualitas Air yang Diperkenankan untuk Kepentingan Air Minum dan untuk Menopang Kehidupan Organisme Akuatik (UNESCO/WHO/UNEP, 1992)

Parameter	Konsentrasi Maksimum untuk				Konsentrasi Maksimum untuk	
	Kepentingan Air Minum				Kehidupan Organisme Akuatik	
	WHO	EC	Kanada	USA	EC	Kanada
Parameter Kimia						
1. Timbal (ppm)	0,05	0,05	0,05	0,05	-	0,001-0,007
2. Kadmium (ppm)	0,005	0,005	0,005	0,01	-	0,0002-0,0018
3. Tembaga (ppm)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,005-0,112	0,002-0,004
4. Besi (ppm)	0,3	0,3	0,3	0,	-	0,3

Keterangan:

EC = *European Community* (Masyarakat Eropa)

WHO = *World Health Organization* (Organisasi Kesehatan Dunia)

Sumber: Effendi (2003).

3.7 Pembuatan Profil Penyebaran Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe)

Profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) disajikan gambar peta sebaran logam berat berdasarkan data hasil analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember. Profil ini dibuat dengan menggunakan simbol-simbol tertentu yang menjelaskan tentang besarnya konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) pada masing-masing daerah pengambilan sampel.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada air lindi dan air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember. Tempat dan jarak sumur dengan TPA Pakusari telah ditentukan dan masing-masing tempat pengambilan sampel ditentukan letaknya menggunakan kompas. Pengambilan sampel dilakukan dengan perincian sebagai berikut:

1. Pada daerah 1 dilakukan pengambilan sampel air lindi di tempat penampungan lindi (sampel A).
2. Pada daerah 2 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 30 meter (sampel B) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
3. Pada daerah 3 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 50 meter (sampel C) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
4. Pada daerah 4 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 75 meter (sampel D) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
5. Pada daerah 5 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 100 meter (sampel E) dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya.
6. Pada daerah 6 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 100 meter (sampel F) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
7. Pada daerah 7 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 110 meter (sampel G) dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya.
8. Pada daerah 8 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 125 meter (sampel H) dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya.
9. Pada daerah 9 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 125 meter (sampel I) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.
10. Pada daerah 10 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 150 meter (sampel J) dari tempat penampungan lindi ke arah barat.
11. Pada daerah 11 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 200 meter

(sampel K) dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut.

12. Pada daerah 12 dilakukan pengambilan sampel air sumur pada jarak 400 meter

(sampel L) dari tempat penampungan lindi ke arah tenggara.

Banyaknya jumlah sampel yang dianalisis sebesar 36 buah, yakni satu sampel air lindi dan sebelas sampel air sumur dengan masing-masing pengambilan dilakukan sebanyak tiga kali sehingga jumlah keseluruhan sampel sebanyak 36 buah.

4.2 Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe)

Pembuatan kurva kalibrasi larutan standar timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dibuat dengan menyalurkan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu x diplot terhadap absorbansinya sebagai sumbu y. Sehingga persamaan regresi linier diketahui dengan rumus:

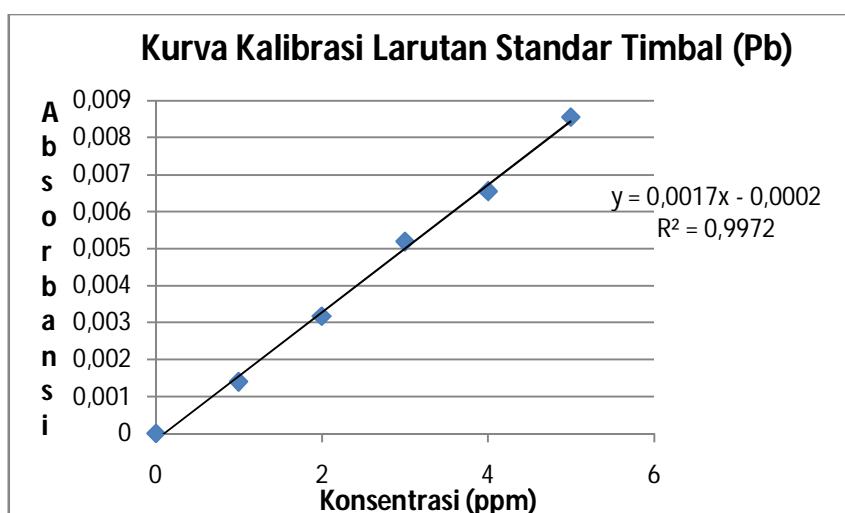
$$y = bx + a$$

Setelah dilakukan pengukuran absorbansi larutan standar timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) maka selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi larutan sampel dengan SSA untuk masing-masing logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yang terkandung sampel. Konsentrasi larutan sampel ditentukan dengan mensubstitusikan nilai absorbansi sampel pada persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi yakni variabel y.

4.2.1 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Timbal (Pb)

Kurva kalibrasi larutan standar timbal (Pb) dibuat dari variasi larutan standar dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang sebesar 283,2 nm. Data pengukuran

absorbansi larutan standar Pb terletak pada lampiran B. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Pb yang diplotkan dengan konsentrasi ditunjukkan pada gambar 4.1



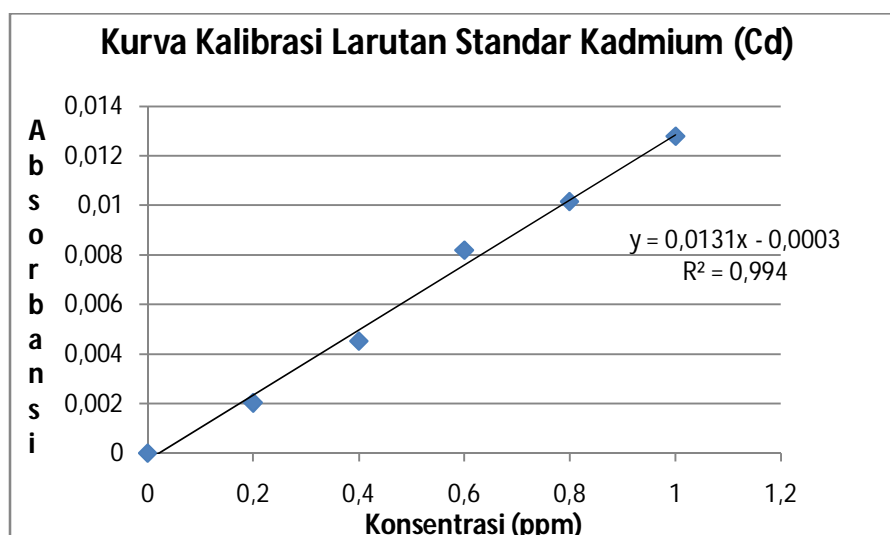
Gambar 4.1 Kurva kalibrasi larutan standar timbal (Pb)

Berdasarkan gambar 4.1 diperoleh persamaan regresi linear yang menunjukkan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) larutan standar yaitu: $y = 0,0017x - 0,0002$ dan nilai R^2 sebesar 99,72% artinya nilai variabel dependen (absorbansi) yang dapat dijelaskan oleh variabel independen (konsentrasi) sebesar 99,72%, sedangkan 0,28% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Konsentrasi timbal (Pb) dalam sampel ditentukan dengan mengukur absorbansi larutan sampel.

4.2.2 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kadmium (Cd)

Kurva kalibrasi larutan standar kadmium (Cd) dibuat dari variasi larutan standar dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ppm diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang sebesar 228,9 nm. Data pengukuran absorbansi larutan standar Cd terletak pada lampiran B. Hasil

pengukuran absorbansi larutan standar Cd yang diplotkan dengan konsentrasi ditunjukkan pada gambar 4.2



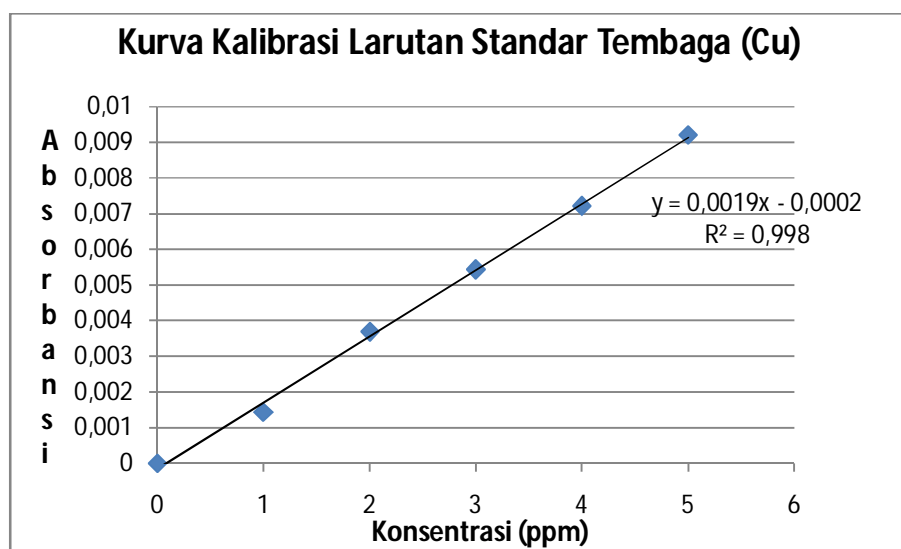
Gambar 4.2 Kurva kalibrasi larutan standar kadmium (Cd)

Berdasarkan gambar 4.2 diperoleh persamaan regresi linear yang menunjukkan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) larutan standar yaitu: $y = 0,0131x - 0,0003$ dan nilai R^2 sebesar 99,4% artinya nilai variabel dependen (absorbansi) yang dapat dijelaskan oleh variabel independen (konsentrasi) sebesar 99,4%, sedangkan 0,6% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Konsentrasi kadmium (Cd) dalam sampel ditentukan dengan mengukur absorbansi larutan sampel.

4.2.3 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Tembaga (Cu)

Kurva kalibrasi larutan standar tembaga (Cu) dibuat dari variasi larutan standar dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang sebesar 324,7 nm. Data pengukuran absorbansi larutan standar Cu terletak pada lampiran B. Hasil

pengukuran absorbansi larutan standar Cu yang diplotkan dengan konsentrasi ditunjukkan pada gambar 4.3

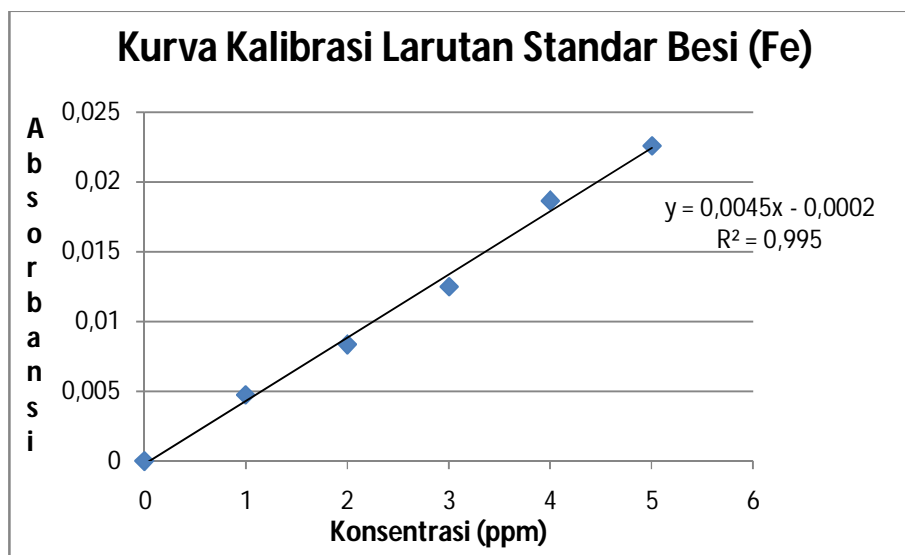


Gambar 4.3 Kurva kalibrasi larutan standar tembaga (Cu)

Berdasarkan gambar 4.3 diperoleh persamaan regresi linear yang menunjukkan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) larutan standar yaitu: $y = 0,0019x - 0,0002$ dan nilai R^2 sebesar 99,8% artinya nilai variabel dependen (absorbansi) yang dapat dijelaskan oleh variabel independen (konsentrasi) sebesar 99,8%, sedangkan 0,2% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain.

4.2.4 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Besi (Fe)

Kurva kalibrasi larutan standar besi (Fe) dibuat dari variasi larutan standar dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm diukur menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang sebesar 248,3 nm. Data pengukuran absorbansi larutan standar Fe terletak pada lampiran B. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar Fe yang diplotkan dengan konsentrasi ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Kurva kalibrasi larutan standar besi (Fe)

Berdasarkan gambar 4.4 diperoleh persamaan regresi linear yang menunjukkan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) larutan standar yaitu: $y = 0,0045x - 0,0002$ dan nilai R^2 sebesar 99,5% artinya nilai variabel dependen (absorbansi) yang dapat dijelaskan oleh variabel independen (konsentrasi) sebesar 99,5%, sedangkan 0,5% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain.

4.3 Penentuan Konsentrasi Logam Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe)

Penentuan konsentrasi logam berat dalam sampel ditentukan dengan mensubstitusikan nilai absorbansi sampel pada persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi yakni variabel y. Data pengukuran absorbansi sampel dan perhitungan konsentrasi logam berat dalam sampel terletak pada lampiran C.

Hasil perhitungan konsentrasi logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam sampel dituliskan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil perhitungan konsentrasi logam timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam sampel

No.	Sampel	Konsentrasi (ppm)								Keterangan
		Pb	WHO	Cd	WHO	Cu	WHO	Fe	WHO	
1.	A	1,88	0,05	0,17	0,005	2,74	1,0	0,93	0,3	0 m
2.	B	1,12	0,05	0,12	0,005	1,16	1,0	0,42	0,3	30 m ke arah barat laut
3.	C	0,88	0,05	0,01	0,005	1,00	1,0	0,33	0,3	50 m ke arah barat laut
4.	D	0,7	0,05	0,01	0,005	0,79	1,0	0,27	0,3	75 m ke arah barat laut
5.	E	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	100 m ke arah barat daya
6.	F	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	100 m ke arah barat laut
7.	G	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	110 m ke arah barat daya
8.	H	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	125 m ke arah barat daya
9.	I	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	125 m ke arah barat laut
10.	J	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	150 m ke arah barat
11.	K	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	200 m ke arah barat laut
12.	L	0,7	0,05	0,01	0,005	0,63	1,0	0,27	0,3	400 m ke arah tenggara

Konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, dan Fe terbesar terkandung dalam air lindi. Besar konsentrasi Pb, Cd, Cu, dan Fe dalam air lindi berturut-turut yaitu 1,88; 0,17; 2,74; dan 0,93 ppm. Konsentrasi logam berat yang terkandung dalam air sumur

berangsur-angsur mengecil berbanding lurus dengan semakin jauh jaraknya sumur dengan TPA.

Konsentrasi logam Pb yang terkandung dalam air sumur terbesar pada sumur B (30 m ke arah barat laut) sebesar 1,12 ppm kemudian berangsur-angsur mengecil nilainya menjadi 0,88 ppm pada sumur C (50 m ke arah barat laut) dan 0,7 ppm pada sumur D (75 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Hal ini dapat dikatakan bahwa pengaruh air lindi dimungkinkan sampai pada sumur C (50 m ke arah barat laut). Karena nilai konsentrasi logam Pb pada sumur D (75 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara) sama yakni 0,7 ppm.

Konsentrasi logam Cd yang terkandung dalam air sumur terbesar pada sumur B (30 m ke arah barat laut) sebesar 0,12 ppm. Kemudian berangsur-angsur mengecil nilainya menjadi 0,01 ppm pada sumur C (50 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Hal ini dapat dikatakan bahwa pengaruh air lindi dimungkinkan sampai pada sumur B (30 m ke arah barat laut). Karena nilai konsentrasi logam Cd pada sumur C (50 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara) sama yakni 0,01 ppm.

Konsentrasi logam Cu yang terkandung dalam air sumur terbesar pada sumur B (30 m ke arah barat laut) sebesar 1,16 ppm. Kemudian berangsur-angsur mengecil nilainya menjadi 1,00 ppm pada sumur C (50 m ke arah barat laut), 0,79 ppm pada sumur D (75 m ke arah barat laut), dan 0,63 ppm pada sumur E (100 m ke arah barat daya) sampai L (400 m ke arah tenggara). Hal ini dapat dikatakan bahwa pengaruh air lindi dimungkinkan sampai pada sumur D (75 m ke arah barat laut). Karena nilai konsentrasi logam Cu pada sumur E (100 m ke arah barat daya) sampai L (400 m ke arah tenggara) sama yakni 0,63 ppm.

Konsentrasi logam Fe yang terkandung dalam air sumur terbesar pada sumur B (30 m ke arah barat laut) sebesar 0,42 ppm. Kemudian berangsur-angsur mengecil nilainya menjadi 0,33 ppm pada sumur C (50 m ke arah barat laut), dan 0,27 ppm pada sumur D (75 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Hal ini

dapat dikatakan bahwa pengaruh air lindi dimungkinkan sampai pada sumur C (50 m ke arah barat laut). Karena nilai konsentrasi logam Fe pada sumur D (75 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara) sama yakni 0,27 ppm. Data selengkapnya terdapat pada lampiran C.

4.4 Kualitas Air Sumur di Sekitar TPA Pakusari Jember

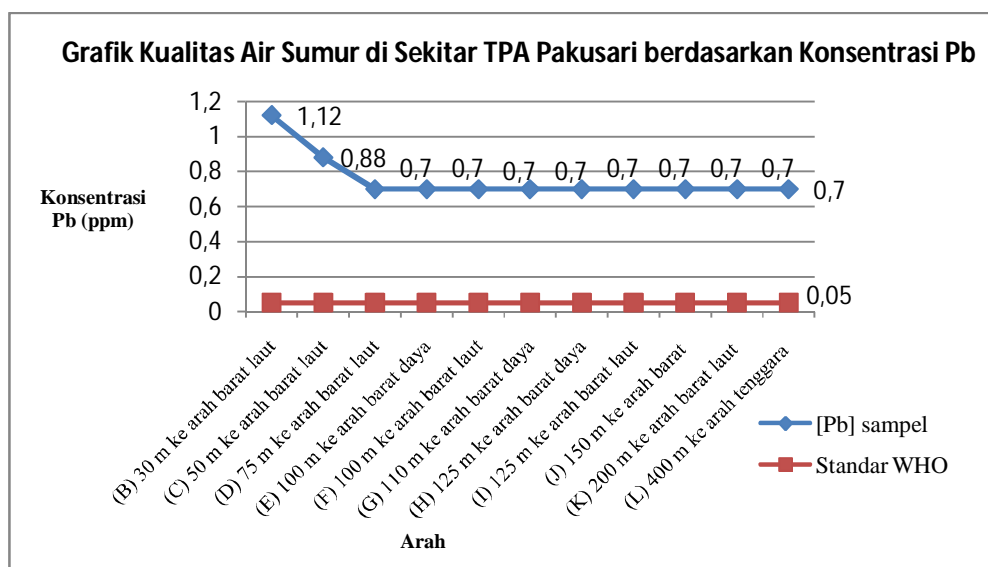
Penduduk yang bermukim di sekitar TPA Pakusari masih menggunakan air sumur untuk kebutuhan sehari-hari seperti untuk keperluan minum, memasak, mandi, cuci, memberi minum ternak, dan keperluan rumah tangga lainnya. Oleh karena itu, kualitas airnya ditetapkan berdasarkan Baku Mutu Air Minum yang ditetapkan oleh WHO. Kualitas air sumur yang digunakan untuk minum dan keperluan rumah tangga harus memenuhi standar yang telah ditetapkan. Salah satu contohnya yaitu konsentrasi logam berat yang terkandung dalam air sumur. Jika konsentrasi logam berat yang terkandung dalam air sumur melebihi ambang batas maksimum yang diperbolehkan berdasarkan WHO, maka dapat dikatakan bahwa air sumur tersebut telah tercemar.

Sumur yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini yaitu sumur penduduk yang letaknya mengelilingi TPA Pakusari Jember. Sumur penduduk yang diteliti terletak di luar rumah, terbuat dari campuran semen dan pasir yang dicetak melingkar.

Air hujan yang masuk ke dalam TPA Pakusari Jember dapat melarutkan zat organik dan anorganik yang terkandung dalam sampah sehingga menghasilkan air lindi. Air lindi akan mudah terangkut bersama-sama aliran air hujan dan dapat merembes masuk ke sumur-sumur penduduk yang terletak di sekitar TPA Pakusari Jember. Air lindi yang merembes ke sumur-sumur penduduk dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sumur. Hasil penelitian kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan besar konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yakni sebagai berikut:

- a. Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan logam berat timbal (Pb)

Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan logam berat timbal (Pb) ditunjukkan pada gambar 4.5

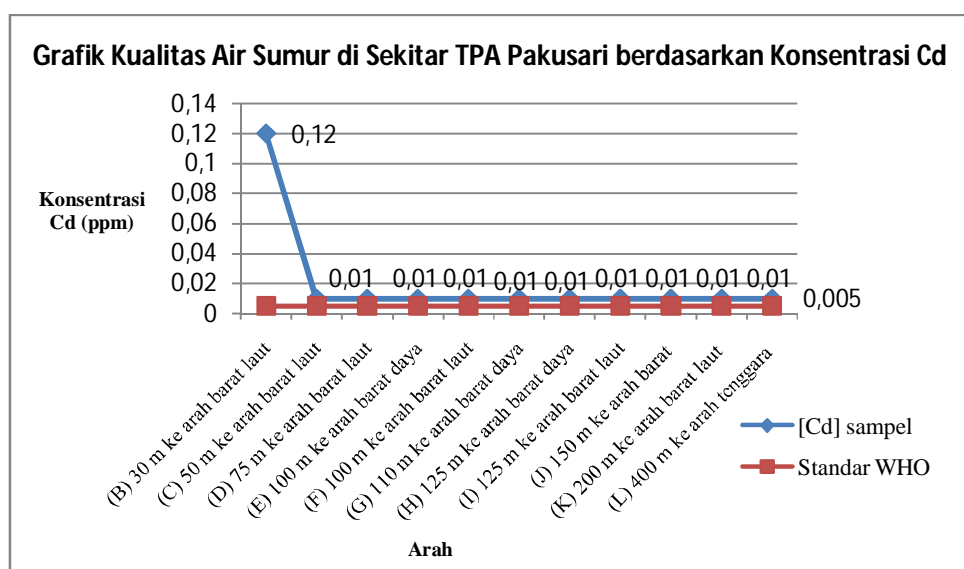


Gambar 4.5 Kualitas air Sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Pb

Kualitas air sumur secara umum yang diteliti berdasarkan konsentrasi Pb, memiliki nilai yang lebih besar dari baku mutu air minum yang ditetapkan WHO yakni sebesar 0,05 ppm. Hal yang dapat menjadi sebab pencemaran air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember akibat besarnya konsentrasi logam Pb yaitu jenis sampah. Jenis sampah yang banyak mengandung logam Pb yaitu baterai, cat, dan kaleng. Selain itu dapat disebabkan besarnya kadar timbal (Pb) yang dilepaskan ke udara oleh kendaraan bermotor kemudian terbawa oleh angin sehingga dapat mencemari air sumur.

- b. Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan logam berat kadmium (Cd)

Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan logam berat kadmium (Cd) ditunjukkan pada gambar 4.6

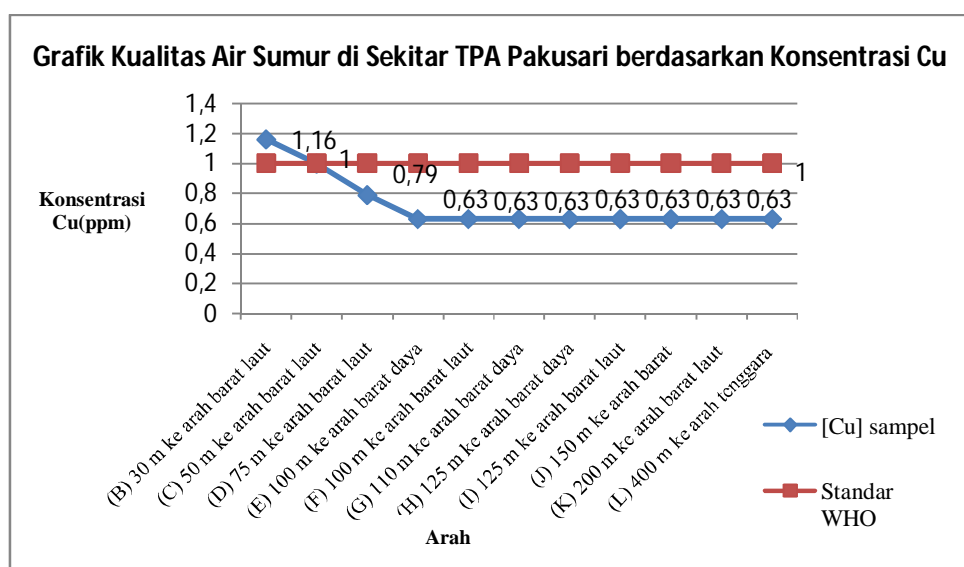


Gambar 4.6 Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Cd

Kualitas air sumur secara umum yang diteliti berdasarkan konsentrasi Cd, memiliki nilai yang lebih besar dari baku mutu air minum yang ditetapkan WHO yakni sebesar 0,005 ppm. Hal yang dapat menjadi sebab pencemaran air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember akibat besarnya konsentrasi logam Cd yaitu jenis sampah. Jenis sampah yang banyak mengandung logam Cd yaitu baterai, peralatan elektronik, keramik, tekstil, dan plastik. Logam Cd dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama merupakan efek samping dari aktivitas yang dilakukan manusia. Semua bidang industri yang melibatkan Cd dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran Cd.

c. Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdsarkan logam berat tembaga (Cu)

Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdsarkan logam berat tembaga (Cu) ditunjukkan pada gambar 4.7

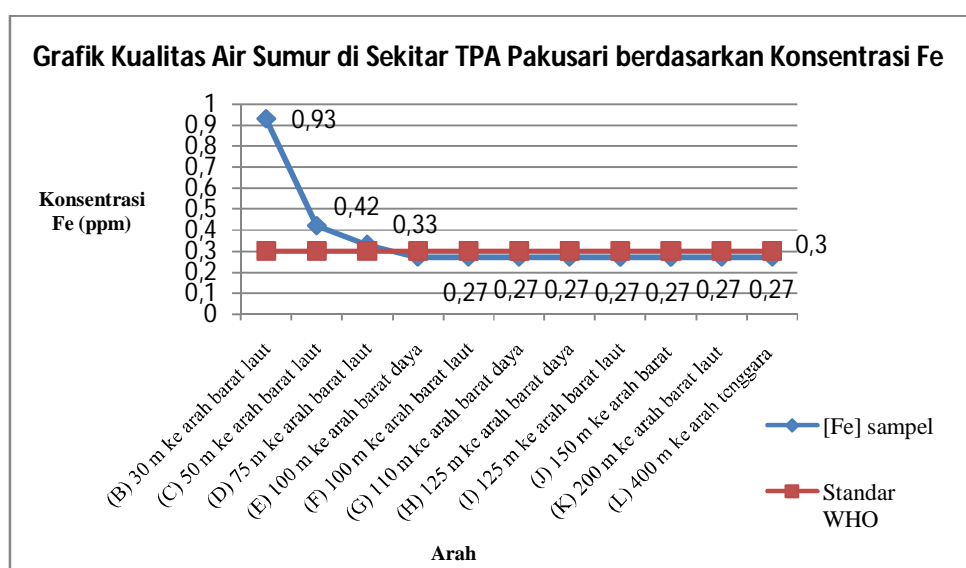


Gambar 4.7 Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Cu

Kualitas air sumur secara umum yang diteliti berdasarkan konsentrasi Cu, memiliki nilai yang lebih kecil dari baku mutu air minum yang ditetapkan WHO yakni sebesar 1,0 ppm. Hal ini disebabkan karena pengaruh konsentrasi logam berat Cu dalam air lindi tidak sampai pada jarak sumur yang memiliki konsentrasi Cu yang lebih kecil dari baku mutu air yang ditetapkan WHO. Akan tetapi ada sebagian kecil sumur yang memiliki nilai yang lebih besar dari baku mutu air minum yang ditetapkan WHO. Hal yang dapat menjadi sebab pencemaran air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember akibat besarnya konsentrasi logam Cu yaitu jenis sampah. Jenis sampah yang banyak mengandung logam Cu yaitu alat-alat listrik, pipa, dan kawat.

d. Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan logam berat besi (Fe)

Kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan logam berat besi (Fe) ditunjukkan pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Kualitas air sumur di Sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan konsentrasi logam Fe

Kualitas air sumur secara umum yang diteliti berdasarkan konsentrasi Fe, memiliki nilai yang lebih kecil dari baku mutu air minum yang ditetapkan WHO yakni sebesar 0,3 ppm. Akan tetapi ada sebagian kecil sumur yang memiliki nilai yang lebih besar dari baku mutu air minum yang ditetapkan WHO. Hal yang dapat menjadi sebab pencemaran air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember akibat besarnya konsentrasi logam Fe yaitu jenis sampah. Jenis sampah yang banyak mengandung logam Fe yaitu mesin, meja, dan komponen dari bangunan.

Data kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember menunjukkan bahwa konsentrasi logam timbal (Pb) tertinggi yaitu pada sumur B (30 m ke arah

barat laut) dan terendah pada sumur D (75 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Konsentrasi logam kadmium (Cd) tertinggi yaitu pada sumur B (30 m ke arah barat laut) dan terendah pada sumur C (50 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Konsentrasi logam tembaga (Cu) tertinggi yaitu pada sumur B (30 m ke arah barat laut) dan terendah pada sumur F (100 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Konsentrasi logam besi (Fe) tertinggi yaitu pada sumur B (30 m ke arah barat laut) dan terendah pada sumur D (75 m ke arah barat laut) sampai L (400 m ke arah tenggara). Hasil penelitian kualitas air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember berdasarkan besar konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yakni sebagai berikut:

- a) Sumur B (30 m ke arah barat laut) memiliki kualitas air yang tidak memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO, karena keseluruhan parameter yang diteliti (konsentrasi logam Pb, Cd, Cu, dan Fe) telah melebihi standar mutu air menurut WHO yang dipersyaratkan.
- b) Sumur C (50 m ke arah barat laut) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- c) Sumur D (75 m ke arah barat laut) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- d) Sumur E (100 m ke arah barat daya) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.

- e) Sumur F (100 m ke arah barat laut) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- f) Sumur G (110 m ke arah barat daya) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- g) Sumur H (125 m ke arah barat daya) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- h) Sumur I (125 m ke arah barat laut) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- i) Sumur J (150 m ke arah barat) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- j) Sumur K (200 m ke arah barat laut) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.
- k) Sumur L (400 m ke arah tenggara) memiliki kualitas air yang kurang memenuhi syarat standar mutu air menurut WHO sebesar 50% yakni konsentrasi logam Pb, dan Cd yang melebihi standar mutu air menurut WHO. Sedangkan konsentrasi logam Cu dan Fe yang sesuai dengan standar mutu air menurut WHO.

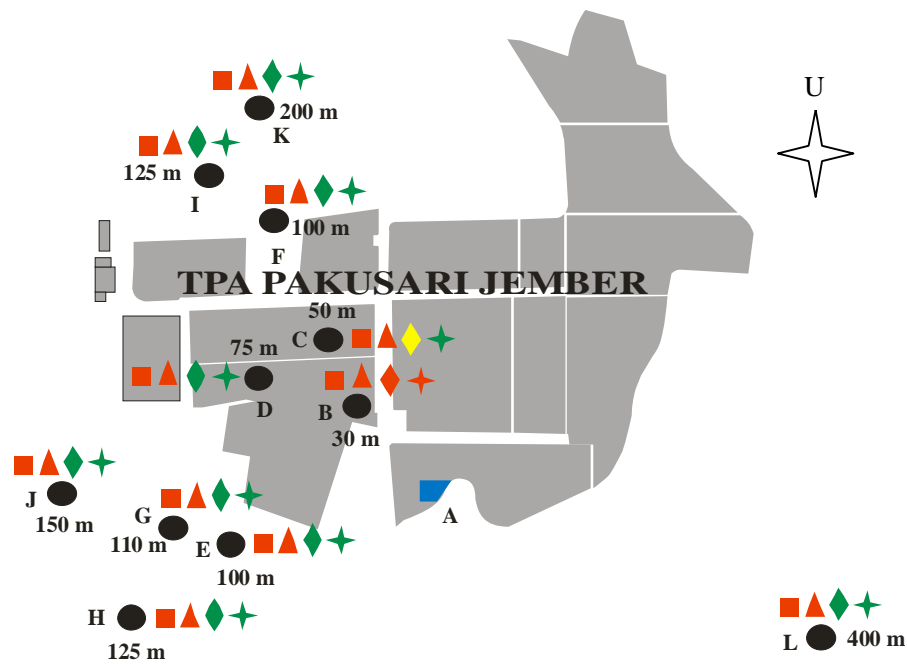
Parameter kimia air sumur yang diperiksa antara lain timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe). Berdasarkan hasil uji parameter kimia kualitas air sumur diketahui bahwa beberapa air sumur ada yang memiliki nilai konsentrasi logam berat lebih tinggi dari standar mutu menurut WHO tentang batas maksimal konsentrasi logam berat. Tingginya unsur-unsur logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur dapat disebabkan karena terjadi pencemaran logam berat oleh rembesan air lindi yang mengandung unsur-unsur logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe).

4.4 Profil Penyebaran Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe) di Sekitar TPA Pakusari Jember

Kawasan yang berbatasan langsung dengan TPA berpotensi terkena dampak dari kegiatan TPA, misalnya bahaya meresapnya air lindi ke dalam sumber air yang dipakai penduduk dan bahaya penyebaran penyakit melalui binatang vektor, misalnya lalat. Permasalahan ini membutuhkan penanganan khusus secara komprehensif dan terpadu sehingga dapat memberikan manfaat ekonomi, aman bagi lingkungan, serta mengubah perilaku dan paradigma masyarakat terhadap sampah. Hal ini yang menjadi alasan pemerintah menentukan jarak yang aman untuk mengurangi dampak dari kegiatan TPA. Pemerintah menetapkan jarak yang aman dari pengaruh kegiatan TPA yaitu sebesar 500 meter dihitung dari batas terluar TPA sampah.

Profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) disajikan dalam bentuk peta sebaran logam berat berdasarkan data hasil analisis konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur di sekitar TPA Pakusari Jember. Profil ini menunjukkan besarnya konsentrasi masing-masing logam berat yaitu timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember. Profil penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu),

dan besi (Fe) dalam gambar peta sebaran logam berat dapat dijelaskan pada gambar 4.9



Keterangan:

- : Tempat penampungan lindi
- : Sumur
- : Timbal (Pb)
- : Kadmium (Cd)
- : Tembaga (Cu)
- : Besi (Fe)
- : Konsentrasi logam berat > standar mutu air WHO
- : Konsentrasi logam berat = standar mutu air WHO
- : Konsentrasi logam berat < standar mutu air WHO

Gambar 4.9 Peta Sebaran Logam Berat Pb, Cd, Cu, dan Fe

Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari menunjukkan bahwa penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yang memiliki konsentrasi terbesar yaitu pada sumur yang letaknya dekat dengan

TPA. Sumur B yang berjarak 30 meter ke arah barat laut hingga sumur L yang berjarak 400 m ke arah tenggara mengandung logam Pb (timbal) dan kadmium (Cd) lebih tinggi dari standar WHO. Sumur B yang berjarak 30 meter ke arah barat laut mengandung logam tembaga (Cu) yang lebih tinggi dari standar WHO. Sumur C yang berjarak 50 m ke arah barat laut mengandung logam tembaga (Cu) yang sama nilainya dengan standar WHO dan sumur D yang berjarak 75 meter ke arah barat laut hingga sumur L yang berjarak 400 m ke arah tenggara mengandung logam tembaga (Cu) lebih rendah dari standar WHO. Sumur B yang berjarak 30 meter ke arah barat laut mengandung logam besi (Fe) yang lebih tinggi dari standar WHO. Sumur C yang berjarak 50 m ke arah barat laut hingga sumur L yang berjarak 400 m ke arah tenggara mengandung logam besi (Fe) yang lebih rendah dari standar WHO. Sebelah timur dan selatan TPA Pakusari berbatasan dengan sawah.

Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari menunjukkan bahwa sumur yang berjarak 30 m hingga jarak 400 m memiliki nilai konsentrasi timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang lebih tinggi dari standar WHO. Sedangkan sumur yang berjarak 75 m hingga jarak 400 m memiliki nilai konsentrasi tembaga (Cu) yang lebih rendah dari standar WHO dan sumur yang berjarak 50 m hingga jarak 400 m memiliki nilai konsentrasi besi (Fe) yang lebih rendah dari standar WHO. Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember secara umum memiliki konsentrasi yang sama ke segala arah, dikarenakan nilai konsentrasi logam berat hasil analisis memiliki nilai yang sama. Hal ini dapat menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam air sumur sampai jarak 400 meter memiliki nilai konsentrasi yang sama ke segala arah.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebagian besar air sumur yang berada di sekitar TPA Pakusari Jember mengandung logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang nilainya lebih tinggi dari standar WHO dan mengandung logam berat tembaga (Cu) dan besi (Fe) yang nilainya kurang dari standar WHO.
2. Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember menunjukkan bahwa penyebaran logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dari jarak 30 m sampai jarak 400 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari standar WHO.
3. Profil penyebaran logam berat di sekitar TPA Pakusari Jember menunjukkan bahwa penyebaran logam berat tembaga (Cu) pada jarak 30 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari standar WHO, pada jarak 50 m memiliki nilai konsentrasi yang sama dengan standar WHO, pada jarak 75 m sampai 400 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih rendah dari standar WHO dan penyebaran logam berat besi (Fe) pada jarak 30 m sampai 75 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi dari standar WHO, pada jarak 100 sampai 400 m memiliki nilai konsentrasi yang lebih rendah dari standar WHO.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Diharapkan agar dilakukan pengolahan air lindi secara tepat agar dapat mengurangi terjadinya pencemaran air lindi pada sumur-sumur yang terletak dekat dengan TPA Pakusari Jember.
2. Diharapkan agar dilakukan analisis kandungan logam berat selain dalam air di sekitar TPA Pakusari Jember.
3. Diharapkan agar dilakukan penelitian tentang penyebaran logam berat dengan jarak 500 meter dari TPA Pakusari Jember.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2012. *Besi*. [serial on line]. <http://id.wikipedia.org/wiki/Besi> [22 Juni 2012].
- Anonim. 2012. *Kadmium*. [serial on line]. http://www.chemistry.org/tabel_periodic/kadmium/ [12 Juli 2012].
- Anonim. 2012. *Penduduk Jember Tumbuh 500 Ribu Selama 2 Tahun*. [serial on line]. <http://jatim.tribunnews.com/2012/10/19/penduduk-jember-tumbuh-500-ribu-selama-2-tahun> [19 Oktober 2012].
- Anonim. 2012. *Tembaga*. [serial on line]. <http://id.wikipedia.org/wiki/Tembaga> [22 Juni 2012].
- Anonim. 2012. *Timbal*. [serial on line]. <http://id.wikipedia.org/wiki/Timbal> [22 Juni 2012].
- Azis, Vina. 2007. *Analisis Kandungan Sn, Zn, dan Pb dalam Susu Kental Manis Kemasan Kaleng secara Spektrometri Serapan Atom*. Tidak Dipublikasikan. Skripsi. Jogjakarta: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
- Bahar, Ir. Yul H. 1985. *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Sampah*. Jakarta: PT. Waca Utama Pramesti.
- Christian, G. D. 1994. *Analytical Chemistry*. New York: John Willey and Sonc, Inc.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press
- Diah, Nuke dan Mardiyanto, Mas Agus. *Penelitian Pengolahan Air Kolam Penampungan Lindi dengan Granular Filter Karbon Aktif pada Tipe Reaktor Vertikal*. Tidak dipublikasikan. Artikel. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTP ITS.

- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Himmah, Aminudi, dan Milala. 2009. *Potensi Limbah Air Lindi oleh Pseudomonas fluorescens sebagai Prebiotik Tanaman*. Tidak dipublikasikan. Program Kreativitas Mahasiswa. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press
- Maramis, Kristijanto, dan Notosoedarmo. 2006. *Sebaran Logam Berat dan Hubungannya dengan Faktor Fisiko-Kimiawi di Sungai Kreo, Dekat Buangan Air Lindi TPA Jatibarang, Kota Semarang*. *Jurnal Akta Kimindo*, 1 (2): 93-97.
- Miller J. C. dan Miller J. N. 1991. *Statistika untuk Kimia Analitik*. Terjemahan oleh drs. Suroso, M. Sc. Bandung: ITB.
- Nabhani, Ahmad. 2012. *Memburu Energi Terbarukan dari Sampah Kota*. [serial on line]. <http://www.neraca.co.id/2012/10/30/memburu-energi-terbarukan-dari-sampah-kota/> [30 Oktober 2012].
- Palar, Heryando Drs. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Pemerintah Kabupaten Jember Dinas PU. Cipta Karya dan Tata Ruang. 2012. *Profil Dinas Pekerjaan Umum Cipta Karya dan Tata Ruang*. Jember: Dinas PU. Cipta Karya dan Tata Ruang.
- Rizki, F.W., Nugraha, Y. A., dan Nugroho, A. Y. 2011. *Pemanfaatan Sampah Organik sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kompos untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Pemulung di Tempat Pengelolaan Akhir (TPA) Pakusari Jember*. Tidak Dipublikasikan. Program Kreativitas Mahasiswa. Jember: Universitas Negeri Jember.

- Suhartini. 2008. *Pengaruh Keberadaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Piyungan terhadap Kualitas Air Sumur Penduduk di Sekitarnya*. Tidak Dipublikasikan. Naskah Jurnal Saintek. Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Pendidikan Biologi Universitas Negeri Yogyakarta.
- Tchobanoglous, G. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hili, Inc.
- Universitas Jember. 2012. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Jember University Press.
- Widowati, Sastiono, dan R, Jusuf. 2008. *Efek Tosik Logam*. Yogyakarta: ANDI.
- Widyatmoko, H dan Sintorini. 2002. *Menghindari, Mengolah, dan Menyingkirkan Sampah*. Jakarta: Abdi TANDUR.

LAMPIRAN

Lampiran A

Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan Besi (Fe)

1). Larutan standar Pb, Cu, dan Fe dibuat dengan variasi konsentrasi 1 ppm; 2 ppm; 3 ppm; 4 ppm; dan 5 ppm.

➤ Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 1000 ppm → 10 ppm dalam labu ukur 250 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ ppm} = 250 \text{ mL} \cdot 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{250 \text{ mL} \cdot 10 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$= 2,5 \text{ mL}$$

Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar Pb, Cu, dan Fe 1000 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 250 mL dengan akuades sampai tanda batas.

✓ Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 1 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 1 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \cdot 1 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 10 \text{ mL}$$

Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 1 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL larutan standar Pb, Cu, dan Fe 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 2 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 2 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 2 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 20 \text{ mL}$$

Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 2 ppm dibuat dengan cara memipet 20 mL larutan standar Pb, Cu, dan Fe 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 3 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 3 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 3 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 30 \text{ mL}$$

Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 3 ppm dibuat dengan cara memipet 30 mL larutan standar Pb, Cu, dan Fe 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 4 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 4 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 4 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 40 \text{ mL}$$

Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 4 ppm dibuat dengan cara memipet 40 mL larutan standar Pb, Cu, dan Fe 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 5 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 5 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 50 \text{ mL}$$

Larutan standar Pb, Cu, dan Fe 5 ppm dibuat dengan cara memipet 50 mL larutan standar Pb, Cu, dan Fe 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- 2). Larutan standar Cd dibuat dengan variasi konsentrasi 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; dan 1 ppm.

- Larutan standar Cd 1000 ppm → 10 ppm dalam labu ukur 250 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ ppm} = 250 \text{ mL} \cdot 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{250 \text{ mL} \cdot 10 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$= 2,5 \text{ mL}$$

Larutan standar Cd 10 ppm dibuat dengan cara memipet 2,5 mL larutan standar Cd 1000 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 250 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Cd 0,2 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 2 \text{ mL}$$

Larutan standar Cd 0,2 ppm dibuat dengan cara memipet 2 mL larutan standar Cd 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Cd 0,4 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 0,4 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 0,4 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 4 \text{ mL}$$

Larutan standar Cd 0,4 ppm dibuat dengan cara memipet 4 mL larutan standar Cd 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Cd 0,6 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 0,6 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 0,6 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 6 \text{ mL}$$

Larutan standar Cd 0,6 ppm dibuat dengan cara memipet 6 mL larutan standar Cd 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

- ✓ Larutan standar Cd 0,8 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 8 \text{ mL}$$

Larutan standar Cd 0,8 ppm dibuat dengan cara memipet 8 mL larutan standar Cd 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

✓ Larutan standar Cd 1 ppm dalam labu ukur 100 mL

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 1 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \cdot 1 \text{ ppm}}{10 \text{ ppm}}$$

$$= 10 \text{ mL}$$

Larutan standar Cd 1 ppm dibuat dengan cara memipet 10 mL larutan standar Cd 10 ppm dan diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sampai tanda batas.

Lampiran B

Pengukuran Larutan Standar

1. Data Absorbansi dan Kurva Kalibrasi dari Pengukuran Larutan Standar Timbal (Pb)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000000
1	0,001400
2	0,003167
3	0,005194
4	0,006552
5	0,008557

Persamaan garis regresi larutan standar timbal (Pb): $y = 0,0017x - 0,0002$

r^2 (koefisien korelasi) = 0,9972

2. Pengukuran Kurva Kalibrasi Kadmium (Cd)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000000
0,2	0,002047
0,4	0,004532
0,6	0,008196
0,8	0,010160
1	0,012805

Persamaan garis regresi larutan standar kadmium (Cd): $y = 0,0131x - 0,0003$

r^2 (koefisien korelasi) = 0,994

3. Pengukuran Kurva Kalibrasi Tembaga (Cu)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000000
1	0,001437
2	0,003685
3	0,005430
4	0,007210
5	0,009205

Persamaan garis regresi larutan standar tembaga (Cu): $y = 0,0019x - 0,0002$

r^2 (koefisien korelasi) = 0,998

4. Pengukuran Kurva Kalibrasi Besi (Fe)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000000
1	0,004716
2	0,008326
3	0,012521
4	0,018648
5	0,022589

Persamaan garis regresi larutan standar besi (Fe): $y = 0,0045x - 0,0002$

r^2 (koefisien korelasi) = 0,9951

Lampiran C

Perhitungan Konsentrasi Logam Berat pada Sampel

1. Perhitungan Konsentrasi Logam Timbal (Pb) pada Sampel

	Absorbansi Sampel			Rata-rata
	1	2	3	Absorbansi
A	0,003	0,003	0,003	0,003
B	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
C	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
D	0,001	0,001	0,001	0,001
E	0,001	0,001	0,001	0,001
F	0,001	0,001	0,001	0,001
G	0,001	0,001	0,001	0,001
H	0,001	0,001	0,001	0,001
I	0,001	0,001	0,001	0,001
J	0,001	0,001	0,001	0,001
K	0,001	0,001	0,001	0,001
L	0,001	0,001	0,001	0,001

Keterangan:

A: Air lindi

B: Air sumur berjarak 30 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut

C: Air sumur berjarak 50 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut

- D: Air sumur berjarak 75 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut
 E: Air sumur berjarak 100 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya
 F: Air sumur berjarak 100 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut
 G: Air sumur berjarak 110 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya
 H: Air sumur berjarak 125 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat daya
 I: Air sumur berjarak 125 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut
 J: Air sumur berjarak 150 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat.
 K: Air sumur berjarak 200 m dari tempat penampungan lindi ke arah barat laut
 L: Air sumur berjarak 400 m dari tempat penampungan lindi ke tenggara

- ✓ Konsentrasi Logam Timbal (Pb) pada Sampel A

$$y = 0,0017x - 0,0002$$

$$x = \frac{y+0,0002}{0,0017}$$

$$= \frac{0,003+0,0002}{0,0017}$$

$$= 1,88 \text{ ppm}$$

Jadi, konsentrasi logam timbal (Pb) pada sampel A adalah 1,88 ppm

- ✓ Perhitungan konsentrasi logam timbal (Pb) pada sampel B sampai L sama dengan perhitungan konsentrasi logam timbal (Pb) pada sampel A. Sehingga dihasilkan nilai konsentrasi logam timbal (Pb) pada sampel yaitu:

No.	Sampel	Konsentrasi Pb (ppm)	Keterangan
1.	A	1,88	0 m
2.	B	1,12	30 m ke arah barat laut
3.	C	0,88	50 m ke arah barat laut
4.	D	0,7	75 m ke arah barat laut
5.	E	0,7	100 m ke arah barat daya

6.	F	0,7	100 m ke arah barat laut
7.	G	0,7	110 m ke arah barat daya
8.	H	0,7	125 m ke arah barat daya
9.	I	0,7	125 m ke arah barat laut
10.	J	0,7	150 m ke arah barat
11.	K	0,7	200 m ke arah barat laut
12.	L	0,7	400 m ke arah tenggara

2. Perhitungan Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) pada Sampel

	Absorbansi Sampel			Rata-rata
	1	2	3	Absorbansi
A	0,002	0,002	0,002	0,002
B	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
C	0,001	0,001	0,001	0,001
D	0,001	0,001	0,001	0,001
E	0,001	0,001	0,001	0,001
F	0,001	0,001	0,001	0,001
G	0,001	0,001	0,001	0,001
H	0,001	0,001	0,001	0,001
I	0,001	0,001	0,001	0,001
J	0,001	0,001	0,001	0,001
K	0,001	0,001	0,001	0,001
L	0,001	0,001	0,001	0,001

- ✓ Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) pada Sampel A

$$y = 0,0131x - 0,0003$$

$$x = \frac{y+0,0003}{0,0131}$$

$$= \frac{0,002 + 0,0003}{0,0131}$$

$$= 0,17 \text{ ppm}$$

Jadi, konsentrasi logam kadmium (Cd) pada sampel A adalah 0,17 ppm

- ✓ Perhitungan konsentrasi logam kadmium (Cd) pada sampel B sampai L sama dengan perhitungan konsentrasi logam kadmium (Cd) pada sampel A. Sehingga dihasilkan nilai konsentrasi logam kadmium (Cd) pada sampel yaitu:

No.	Sampel	Konsentrasi Cd (ppm)	Keterangan
1.	A	0,17	0 m
2.	B	0,12	30 m ke arah barat laut
3.	C	0,01	50 m ke arah barat laut
4.	D	0,01	75 m ke arah barat laut
5.	E	0,01	100 m ke arah barat daya
6.	F	0,01	100 m ke arah barat laut
7.	G	0,01	110 m ke arah barat daya
8.	H	0,01	125 m ke arah barat daya
9.	I	0,01	125 m ke arah barat laut
10.	J	0,01	150 m ke arah barat
11.	K	0,01	200 m ke arah barat laut
12.	L	0,01	400 m ke arah tenggara

3. Perhitungan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) pada Sampel

	Absorbansi Sampel			Rata-rata
	1	2	3	Absorbansi
A	0,005	0,005	0,005	0,005
B	0,002	0,002	0,002	0,002
C	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
D	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013
E	0,001	0,001	0,001	0,001
F	0,001	0,001	0,001	0,001
G	0,001	0,001	0,001	0,001
H	0,001	0,001	0,001	0,001
I	0,001	0,001	0,001	0,001
J	0,001	0,001	0,001	0,001
K	0,001	0,001	0,001	0,001
L	0,001	0,001	0,001	0,001

✓ Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) pada Sampel A

$$y = 0,0019x - 0,0002$$

$$x = \frac{y+0,0002}{0,0019}$$

$$= \frac{0,005 + 0,0002}{0,0019}$$

$$= 2,74 \text{ ppm}$$

Jadi, konsentrasi logam tembaga (Cu) pada sampel A adalah 2,74 ppm

- ✓ Perhitungan konsentrasi logam tembaga (Cu) pada sampel B sampai L sama dengan perhitungan konsentrasi logam tembaga (Cu) pada sampel A. Sehingga dihasilkan nilai konsentrasi logam tembaga (Cu) pada sampel yaitu:

No.	Sampel	Konsentrasi Cu (ppm)	Keterangan
1.	A	2,74	0 m
2.	B	1,16	30 m ke arah barat laut
3.	C	1,00	50 m ke arah barat laut
4.	D	0,79	75 m ke arah barat laut
5.	E	0,63	100 m ke arah barat daya
6.	F	0,63	100 m ke arah barat laut
7.	G	0,63	110 m ke arah barat daya
8.	H	0,63	125 m ke arah barat daya
9.	I	0,63	125 m ke arah barat laut
10.	J	0,63	150 m ke arah barat
11.	K	0,63	200 m ke arah barat laut
12.	L	0,63	400 m ke arah tenggara

4. Perhitungan Konsentrasi Logam Besi (Fe) pada Sampel

	Absorbansi Sampel			Rata-rata
	1	2	3	Absorbansi
A	0,004	0,004	0,004	0,004
B	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
C	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013

D	0,001	0,001	0,001	0,001
E	0,001	0,001	0,001	0,001
F	0,001	0,001	0,001	0,001
G	0,001	0,001	0,001	0,001
H	0,001	0,001	0,001	0,001
I	0,001	0,001	0,001	0,001
J	0,001	0,001	0,001	0,001
K	0,001	0,001	0,001	0,001
L	0,001	0,001	0,001	0,001

- ✓ Konsentrasi Logam Besi (Fe) pada Sampel A

$$y = 0,0045x - 0,0002$$

$$x = \frac{y+0,0002}{0,0045}$$

$$= \frac{0,004 + 0,0002}{0,0045}$$

$$= 0,93 \text{ ppm}$$

Jadi, konsentrasi logam besi (Fe) pada sampel A adalah 0,93 ppm

- ✓ Perhitungan konsentrasi logam besi (Fe) pada sampel B sampai L sama dengan perhitungan konsentrasi logam besi (Fe) pada sampel A. Sehingga dihasilkan nilai konsentrasi logam besi (Fe) pada sampel yaitu:

No.	Sampel	Konsentrasi Fe (ppm)	Keterangan
1.	A	0,93	0 m
2.	B	0,42	30 m ke arah barat laut
3.	C	0,33	50 m ke arah barat laut
4.	D	0,27	75 m ke arah barat laut
5.	E	0,27	100 m ke arah barat daya
6.	F	0,27	100 m ke arah barat laut
7.	G	0,27	110 m ke arah barat daya
8.	H	0,27	125 m ke arah barat daya
9.	I	0,27	125 m ke arah barat laut
10.	J	0,27	150 m ke arah barat
11.	K	0,27	200 m ke arah barat laut
12.	L	0,27	400 m ke arah tenggara

Lampiran D

Foto Penelitian

Alat dan Bahan

Keterangan

- 1: Labu ukur
- 2: Corong gelas
- 3: Pipet mohr
- 4: Pipet tetes
- 5: *Beaker glass*
- 6: Spektrofotometer
Serapan Atom
(SSA)
- 7: Erlenmeyer
- 8: *Shaker*
- 9: Kertas saring
- 10: Sampel
- 11: *Tissue*
- 12: Botol semprot
- 13: *Ball pipet*

