

**KANDUNGAN LOGAM DAN POLA SEBARANNYA DALAM SITU  
TLAJUNG HILIR KECAMATAN GUNUNG PUTRI  
KABUPATEN BOGOR**

**SKRIPSI**

**Disusun oleh:  
Anes Rizki Putra  
0621 14 054**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PAKUAN  
BOGOR  
2020**

**KANDUNGAN LOGAM DAN POLA SEBARANNYA DALAM SITU  
TLAJUNG HILIR KECAMATAN GUNUNG PUTRI  
KABUPATEN BOGOR**

**SKRIPSI**

**Skrisi Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
(S.Si) pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, Universitas Pakuan**

**Disusun oleh:**

**Anes Rizki Putra**

**0621 14 054**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PAKUAN  
BOGOR  
2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Kandungan Logam dan Pola Sebarannya dalam Situ  
Tlanjung Hilir Kecamatan Gunung Putri Kabupaten Bogor  
Nama : Anes Rizki Putra  
NIM : 062114054  
Program Studi : Kimia

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui,  
Bogor, Mei 2020

**Pembimbing II**

(Siti Warnasih, M.Si.)

**Pembimbing I**

(Dr. Sutanto, M.Si.)

Mengetahui,

**Ketua Prodi Kimia**

(Dr. Ade Heri Mulyati, M.Si.)

**Dekan FMIPA Unpak**

(Dr. Prasetyorini, M.S.)

## RIWAYAT HIDUP



**ANES RIZKI PUTRA** yang kerap disapa dengan nama Anes adalah nama dari penulis skripsi ini. Penulis lahir dari pasangan Bapak Ayip Saripudin dan Ibu Cik Erdawati sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis dilahirkan di Lampung pada tanggal 08 Juli 1995. Adapun jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar Negeri (SDN) Nanggwer 04 pada tahun 2001 – 2007.
2. Melanjutkan pendidikan di Sekolah Madrasah Tsanawiyah (MTs) Al-Asiyah Cibinong pada tahun 2007 – 2010.
3. Untuk jenjang menengah kejuruan, pendidikan ditempuh pada SMK Analis Kimia YKPI Bogor pada tahun 2010 – 2014.
4. Untuk meraih gelar Sarjana Penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi pada Universitas Pakuan Bogor, Fakultas MIPA, Program Studi Kimia pada tahun 2014 – 2020.

Penulis melakukan penelitian di Laboratorium PT SMART Tbk Div PPB yang berlokasi di Desa Cijayanti Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor pada bulan Juni hingga Agustus 2019. Dengan ketekunan, motivasi yang tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir skripsi ini. Pada tanggal 08 Mei 2020 penulis dinyatakan LULUS melalui sidang tertutup pada Program Studi Kimia dan berhak menyandang gelar Sarjana Sains (S.Si).

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anes Rizki Putra  
NPM : 062114054  
Judul Skripsi : Kandungan Logam dan Pola Sebarannya dalam Situ  
Tlanjung Hilir Kecamatan Gunung Putri Kabupaten  
Bogor

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Pakuan atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Pakuan.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Bogor, 08 Mei 2020  
Yang membuat pernyataan,

Anes Rizki Putra

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, dan hanya kepada-Nya kami memohon perlindungan, kekuatan, kemudahan dan kelancaran. Solawat beserta salam tidak lupa senantiasa tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, dan juga semoga salam tercurah kepada keluarga-Nya, sahabat-Nya dan kita semua sebagai umatnya sampai akhir zaman.

Penulisan karya tulis ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan sarjana program studi kimia FMIPA Universitas Pakuan. Adapun judul karya tulis ini adalah *“Kandungan Logam dan Pola Sebarannya Dalam Situ Tlanjung Hilir Kecamatan Gunung Putri Kabupaten Bogor”*

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak dan untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Prasetyorini, M.S., selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Pakuan Bogor.
2. Ibu Dr. Ade Heri Mulyati, M.Si., selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas MIPA Universitas Pakuan Bogor.
3. Bapak Dr. Sutanto, M.Si., selaku pembimbing I yang telah memberikan dan bantuan selama penulis melaksanakan Penelitian dan menyelesaikan penulisan.
4. Ibu Siti Warnasih M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan dan bantuan selama penulis melaksanakan Penelitian dan menyelesaikan penulisan.
5. Keluargaku tercinta dan pasangan yang telah memberikan dorongan moril dan materil serta do'a selama pelaksanaan penelitian.
6. Rekan-rekan kerja dikantor dan ekstensi kimia angkatan 2014 yang telah mendukung dan memberikan semangat satu sama lain.
7. Dan kepada seluruh pihak yang secara langsung dan tidak langsung telah membantu dalam kelancaran penelitian ini.

Disadari sepenuhnya bahwa dalam pembuatan skripsi ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritikan dan saran agar lebih baik di masa mendatang. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan khususnya bagi penulis.

Bogor, Mei 2020

Anes Rizki Putra

**ANES RIZKI PUTRA. 062114054. 2020. “KANDUNGAN LOGAM DAN POLA SEBARANNYA DALAM SITU TLAJUNG HILIR KECAMATAN GUNUNG PUTRI KABUPATEN BOGOR”. Di bawah bimbingan Dr. Sutanto M.Si. dan Siti Warnasih M.Si.**

---

## **RINGKASAN**

Logam terlarut masuk ke perairan secara alami sehingga menjadi bagian dari sistem suspensi air dan sedimen melalui proses absorpsi, presipitasi dan pertukaran ion. Keberadaan logam berat dapat meningkat akibat masuknya limbah cair berbagai industri, limbah domestik dan limbah dari pertanian atau perikanan. Situ Tlajung Hilir merupakan salah satu Situ di Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor digunakan untuk menampung air limbah dari berbagai industri, limbah domestik dan lahan pertanian di sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk menetapkan kadar logam dan sebarannya dalam sedimen dan air di Situ Tlajung Hilir.

Penelitian ini diawali dengan penetapan titik sampling secara proporsif, kegiatan sampling air dan sampling sedimen, kemudian penetapan kadar logam dalam air dan sedimen, selanjutnya pemetaan sebaran kadar logam baik dalam sedimen maupun dalam air. Unsur logam yang dianalisis sesuai baku mutu air meliputi arsen (As), kobalt (Co), barium (Ba), boron (B), selenium (Se), kadmium (Cd), khrom (VI) [Cr (VI)], tembaga (Cu), besi (Fe), timbal (Pb), mangan (Mn), dan seng (Zn) metode ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*). Jumlah titik sampling air dan sedimen masing-masing 6 titik pada koordinat yang ditentukan. Penetapan kadar logam menggunakan ICP-OES, dan pemetaan pola sebaran logam pada air dan sedimen pada Situ Tlajung Hilir menggunakan program *surfer*.

Hasil kandungan logam berat dalam air Situ Tlajung Hilir yang terdeteksi oleh ICP-OES seperti B, Fe, Pb, dan As masih dibawah ambang batas maksimal dari baku mutu yang telah ditetapkan. Logam berat Cu dan Mn melebihi baku mutu air pada salah satu titik Situ Tlajung Hilir. Pada Kandungan logam berat yang ada di sedimen, Fe merupakan konsentrasi tertinggi yaitu 35,665 – 47,298 gr/Kg. Penyebaran logam terbanyak yaitu pada titik 5 dalam air dan titik 6 memiliki penyebaran logam terbanyak serta tertinggi dalam sedimen di Situ Tlajung Hilir.

**Kata Kunci: ICP-OES, Kadar logam, Pola sebaran logam, Situ Tlajung Hilir.**

**ANES RIZKI PUTRA. 062114054. 2020. "METAL CONTENT AND DISTRIBUTION PATTERN IN SITU TLAJUNG HILIR GUNUNG PUTRI SUB-DISTRICT, BOGOR REGENCY". Under the guidance of Dr. Sutanto M.Si. and Siti Warnasih M.Si.**

---

## **SUMMARY**

Dissolved metals enter the waters naturally so that they become part of the air and sediment suspension system through the processes of absorption, precipitation, and ion exchange. The presence of heavy metals can increase as a result of various industrial wastewater, domestic waste and waste from agriculture or fisheries. Tlajung Hilir Situ is one of the Situ in Wanaherang Village, Gunung Putri District, Bogor Regency which is used to accommodate wastewater from various industries, domestic waste and surrounding agricultural land. This study aims to determine the metal content and distribution in sediment and water in Situ Tlajung Hilir.

This research begins with the determination of proportional sampling points, water sampling and sediment sampling, then determination of metal content in water and sediment, then mapping the distribution of metal content in both sediment and water. Metal elements analyzed according to water quality standards include arsenic (As), cobalt (Co), barium (Ba), boron (B), selenium (Se), cadmium (Cd), chromium (VI) [Cr (VI)], copper (Cu), iron (Fe), lead (Pb), manganese (Mn), and zinc (Zn) using the ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry) method. The number of water and sediment sampling points is 6 points each at the specified coordinates. Determination of metal content using ICP-OES, and mapping of metal distribution patterns in water and sediment at Situ Tlajung Hilir using the surfer program.

The results of heavy metal content in Situ Tlajung Hilir water detected by ICP-OES such as B, Fe, Pb, and As were still below the maximum threshold of the established quality standard. Heavy metals Cu and Mn exceed the water quality standard at one point of Situ Tlajung Hilir. In the content of heavy metals in the sediment, Fe is the highest concentration, namely 35.665 – 47.298 gr/Kg. The highest distribution of metals is at point 5 in water and point 6 has the highest distribution of metals and the highest is in sediments at Situ Tlajung Hilir.

**Keywords: ICP-OES, Metal content, Metal distribution pattern, Situ Tlajung Hilir.**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	i
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Hipotesis.....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Pencemaran Air .....	4
2.2 Sumber Pencemaran Air .....	5
2.3 Dampak dan Klasifikasi Logam.....	6
2.4 Teknik Pola Sebaran .....	9
2.5 Sedimen.....	10
2.6 ICP OES ( <i>Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer</i> ).....	11
2.6.1 Instrumentasi .....	12
2.6.2 Kelebihan dan Kekurangan ICP OES .....	15
<b>BAB III BAHAN DAN METODE</b> .....	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.3.1 Pengambilan Sampel.....	17
3.3.2 Preparasi Sampel .....	19

3.4 Pembuatan Deret Standar Logam.....	19
3.5 Penggunaan Alat ICP ( <i>Inductively Couple Plasma</i> ) .....	20
3.6 Analisis Data .....	21
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>22</b>
4.1 Kondisi Situ Tlajung Hilir.....	22
4.2 Suhu dan pH Air Situ Tlajung Hilir .....	23
4.3 Kadar Logam dalam Air dan Sedimen Situ Tlajung Hilir .....	26
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan Teknik-Teknik Analisis Unsur .....	16
Tabel 2. Data Koordinat Titik Sampling dan Kedalaman Sedimen.....	18
Tabel 3. Deret Standar Multi-elemen IV dan XVI 100 ppm.....	20
Tabel 4. Tabel Suhu dan pH Air Situ Tlajung Hilir .....	24
Tabel 5. Kadar Logam Air Situ Tlajung Hilir.....	26
Tabel 6. Kadar Logam Sedimen Situ Tlajung Hilir .....	27

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Komponen Utama dan Susunan Instrumen ICP-OES.....	12
Gambar 2. Beberapa Contoh Nebulizer yang Digunakan untuk ICP-OES.....	13
Gambar 3. Pompa Peristaltik yang Digunakan untuk ICP-OES .....	13
Gambar 4. Lokasi penelitian Situ Tlajung Hilir.....	18
Gambar 5. Air Situ Tlajung Hilir .....	22
Gambar 6. Peta Kontur pH Situ Tlajung Hilir .....	25
Gambar 7. Peta Kontur Kandungan (Ba) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir....	29
Gambar 8. Peta Kontur Kandungan (B) dalam Air di Situ Tlajung Hilir .....	31
Gambar 9. Peta Kontur Kandungan (B) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir .....	31
Gambar 10. Peta Kontur Kandungan (Cr) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir ..	33
Gambar 11. Peta Kontur Kandungan (Cu) dalam Air di Situ Tlajung Hilir .....	35
Gambar 12. Peta Kontur Kandungan (Cu) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir ..	35
Gambar 13. Peta Kontur Kandungan (Fe) dalam Air di Situ Tlajung Hilir.....	37
Gambar 14. Peta Kontur Kandungan (Fe) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir ..	38
Gambar 15. Peta Kontur Kandungan (Pb) dalam Air di Situ Tlajung Hilir.....	40
Gambar 16. Peta Kontur Kandungan (Pb) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir ..	41
Gambar 17. Peta Kontur Kandungan (Mn) dalam Air di Situ Tlajung Hilir .....	43
Gambar 18. Peta Kontur Kandungan (Mn) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir..	43
Gambar 19. Peta Kontur Kandungan (Zn) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir..	45
Gambar 20. Peta Kontur Kandungan (As) dalam Air di Situ Tlajung Hilir .....	47
Gambar 21. Peta Kontur Kandungan (As) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir..	48
Gambar 22. Peta Kontur Kandungan (Se) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir ..	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	55
Lampiran 2. Bagan Kerja Analisa Sampel Air.....	56
Lampiran 3. Bagan Kerja Analisa Sampel Sedimen.....	57
Lampiran 4. Kriteria mutu air berdasarkan kelas.....	58
Lampiran 5. Pembuatan Deret Standar .....	61
Lampiran 6. Data Penimbangan Sampel Sedimen.....	62
Lampiran 7. Kurva Kalibrasi Standar dengan Data Sedimen dan Air. ....	63
Lampiran 8. Contoh Perhitungan Sedimen sebagai mg/Kg.....	75

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dalam kehidupan. Pada dasarnya air merupakan kebutuhan utama dari setiap manusia (Scalon *et al.*, 2004). Peranan air dalam kehidupan masyarakat sangatlah besar. Air tawar diperlukan manusia untuk keperluan masak dan minum, mencuci, mengairi tanaman, untuk keperluan industri dan lain sebagainya, sehingga tidak terpungkiri terkadang keterbatasan persediaan air untuk pemenuhan kebutuhan menjadi pemicu timbulnya konflik sosial di masyarakat (Wiryono, 2013). Ketersediaan air semakin lama semakin tidak seimbang dikarenakan kebutuhan penggunaan air yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk bertambah namun, dalam proses pengalirannya air tersebut akan menerima berbagai macam bahan pencemar (Sofia *et al.*, 2010).

Kepadatan penduduk yang semakin meningkat pada luas lahan yang tetap mengakibatkan tekanan terhadap lingkungan semakin berat. Berbagai aktivitas manusia yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga dan pertanian akan menghasilkan limbah cemaran logam yang memberi sumbangan pada penurunan kualitas air sungai (Suriawiria, 2003). Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air (Effendi, 2003).

Logam dalam sistem perairan menjadi bagian dari sistem air sedimen dan distribusinya dikendalikan oleh kesetimbangan dinamik dan interaksi fisika-kimia, yang umumnya dipengaruhi oleh parameter pH, konsentrasi dan tipe senyawa, kondisi reduksi- oksidasi dan bilangan oksidasi dari logam tersebut (Singh *et al.*, 2005). Logam berat memasuki air alami dan menjadi bagian dari sistem suspensi air dan sedimen melalui proses absorpsi, presipitasi dan pertukaran ion (Liu *et al.*, 2006). Keberadaan logam berat di perairan telah banyak diketahui merupakan hal alamiah dengan jumlah tertentu pada kolom air, sedimen, dan lemak biota, tetapi keberadaan logam berat ini akan meningkat akibat masuknya limbah yang

dihasilkan oleh industri- industri serta limbah yang berasal dari aktivitas lainnya (Liu *et al.*, 2006).

Situ Tlajung Hilir merupakan salah satu situ yang sudah bersertifikat dari pemerintah. Situ ini memiliki luas sekitar 7,2 hektar dan berada di Desa Wanaherang, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor. Situ ini dimanfaatkan untuk menampung aliran air permukaan, apabila kondisi situ baik maka akan berkontribusi mengurangi resiko banjir. Air pada Situ Tlajung Hilir ini mulanya jernih dan bersih namun seiring berjalannya waktu air situ menjadi berwarna. Kondisi ini terjadi karena ada beberapa pabrik minuman, bahan material alat berat, onderdil yang terbuat dari logam, farmasi, vaksin dan granit yang kemungkinan membuang limbahnya ke situ dan membuat situ tersebut tercemar. Hasil *survey* pendahuluan pada tahun 2018 bahwa Situ Tlajung Hilir dimanfaatkan oleh masyarakat untuk tujuan perikanan. Kondisi fisik dari Situ Tlajung Hilir nampak berbusa dan sedikit kehijauan. Hal ini mengindikasikan bahwa air situ sudah mulai tercemar.

Komponen penyebab pencemaran air pada Situ Tlajung Hilir ini adalah logam berat. Unsur logam yang dianalisa sesuai baku mutu air adalah arsen (As), kobalt (Co), barium (Ba), boron (B), selenium (Se), kadmium (Cd), khrom (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), timbal (Pb), mangan (Mn), dan seng (Zn). Berdasarkan penelitian sebelumnya pada air sungai menuju Situ Tlajung Hilir terdapat kandungan logam yang melebihi standar seperti kandungan logam besi (Fe) sebesar 0,590 mg/L dan mangan (Mn) sebesar 0,408 mg/L dan kandungan logam lainnya masih dibawah standar. Hasil data tersebut dilakukan hanya pengecekan untuk air saja menggunakan instrumen AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*).

Sifat logam berat yang tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup dan mengendap di dasar perairan menjadi penyebab utama logam berat tergolong sebagai bahan pencemar berbahaya (Ridhowati, 2013). Logam berat bersifat racun, walaupun beberapa diantaranya dibutuhkan dalam jumlah kecil. Logam ditemukan dan menetap di alam, tetapi bentuk dan struktur kimianya akan berubah akibat pengaruh fisika- kimia, biologis dan aktivitas manusia (Lu, 2006).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui logam berat dalam air dan sedimen pada Situ Tlanjung Hilir, dikarenakan air berguna

bagi kebutuhan manusia sehingga diperlukan suatu data profil titik-titik pencemaran logam berat di air dan sedimen, sehingga dapat diketahui seberapa besar peningkatan konsentrasi logam berat yang berada di Situ Tlajung Hilir tersebut menggunakan ICP (*Inductively Coupled Plasma*) yaitu alat untuk menganalisis unsur-unsur logam dalam suatu bahan.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

1. Mengidentifikasi dan mengukur kadar logam yang terkandung pada air dan sedimen di Situ Tlajung Hilir.
2. Menetapkan sebaran logam pada air dan sedimen di Situ Tlajung Hilir.

## **1.3 Hipotesis**

1. Adanya kandungan logam dalam air dan sedimen Situ Tlajung Hilir dengan konsentrasi berbeda- beda.
2. Kandungan logam dalam sedimen dan air Situ Tlajung Hilir menyebar secara tidak merata.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat digunakan untuk menginformasikan kepada masyarakat dan kepada industri/ sumber pencemar, tentang tercemarnya perairan di Situ Tlajung Hilir dari industri-industri sekitar melalui pemerintah daerah kawasan tersebut dan kandungan logam yang terdapat pada air dan sedimen tanah di Situ Tlajung Hilir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pencemaran Air**

Pencemaran air dapat disebabkan oleh masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air sehingga menyebabkan penurunan kualitas air. Masuknya zat pencemar tersebut sering disebut dengan istilah unsur pencemar yang pada prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair. Aspek pelaku dapat disebabkan oleh alam atau oleh manusia. Pencemaran yang disebabkan oleh alam tidak dapat berimplikasi hukum, tetapi pemerintah tetap harus menanggulangi pencemaran tersebut dan mengukur tingkat penurunan kualitas air. Pengertian tingkat penurunan kualitas air dalam definisi tersebut adalah tingkat kualitas air yang menjadi batas antara tingkat tak-cemar (tingkat kualitas air belum sampai batas) dan tingkat cemar (kualitas air yang telah sampai ke batas atau melewati batas). Ada standar baku mutu tertentu untuk peruntukan air.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air yang diberlakukan Tahun 1990-2001 yang kemudian digantikan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Peraturan ini terbagi dalam empat golongan yang berbasis pemanfaatan air yaitu sebagai berikut:

1. Golongan I yaitu, air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan II yaitu, air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
3. Golongan III yaitu, air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
4. Golongan IV yaitu, air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.

Menurut Wardhana (2004), indikator bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui:

1. Adanya perubahan suhu air.
2. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion Hidrogen.

3. Adanya perubahan warna, bau dan rasa air.
4. Timbulnya endapan, koloidal dan bahan pelarut.
5. Adanya mikroorganisme dan meningkatnya radioaktivitas air lingkungan.

## 2.2 Sumber Pencemaran Air

Sumber pencemaran air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi sumber limbah domestik dan sumber limbah non-domestik. Menurut Mudarisin (2004), berdasarkan sumbernya jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu sebagai berikut:

1. Limbah cair domestik, yaitu limbah yang berasal dari pemukiman, tempat komersial (perdagangan, perkantoran, institusi) dan tempat rekreasi. Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri atas tinja, air kemih, dan buangan limbah cair (kamar mandi, dapur, cucian yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% padatan). Zat padat yang ada tersebut terbagi atas  $\pm 70\%$  zat organik (terutama protein, karbohidrat dan lemak) serta sisanya 30% zat anorganik terutama pasir, air limbah, garam-garam dan logam.
2. Limbah cair industri merupakan limbah yang dikeluarkan oleh industri akibat dari proses produksi. Limbah cair ini dapat berasal dari bekas pencuci, bahan pelarut ataupun air pendingin industri-industri tersebut. Umumnya limbah cair industri lebih sulit dalam pengolahannya, dikarenakan zat-zat yang terkandung di dalamnya yang berupa bahan atau zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak dan lain-lain yang bersifat toksik.
3. Limbah pertanian yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk kimia yang berlebihan.
4. *Infiltration/inflow* yaitu limbah cair yang berasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan air kotor.

### 2.3 Dampak dan Klasifikasi Logam

Pencemaran air berdampak sangat luas untuk kehidupan, contohnya seperti dapat mencemari air minum, meracuni makanan hewan dan juga menjadi penyebab dari ketidak seimbangan ekosistem air serta rusaknya hutan akibat hujan asam. Di badan air sungai dan danau, nitrogen dan fosfat telah menyebabkan pertumbuhan tanaman yang ada di air menjadi tidak terkendali atau disebut eutrofikasi. Pertumbuhan tersebut menyebabkan oksigen yang seharusnya digunakan oleh seluruh hewan atau tumbuhan yang ada di air menjadi berkurang. Ketika tanaman air tersebut mati maka dekomposisinya menyedot lebih banyak oksigen. Akibatnya ikan dan biota air lainnya akan mati dan aktivitas bakteri akan menurun. Dampak dari pencemaran air terbagi menjadi 4 kategori yaitu dampak terhadap kehidupan biota air, terhadap kualitas air tanah, terhadap kesehatan, terhadap estetika lingkungan (KLH, 2004). Berikut beberapa contoh logam berat yang banyak digunakan berbagai industri dan dampak pencemarannya bagi kesehatan manusia:

#### a. Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) adalah salah satu jenis logam berat yang sangat berbahaya (Markus, 2009), sangat beracun dan sangat bioakumulatif (Chen, dkk., 2012). Menurut Effendi (2003), kadar merkuri yang diperbolehkan dalam perairan tidak boleh lebih dari 0,3 µg/liter Saat ini merkuri banyak digunakan oleh industri pembuatan perhiasan, instrumentasi, bakterisida dan lainnya. Merkuri merupakan racun sistemik dan dapat terakumulasi di dalam hati, tulang dan ginjal dan dikeluarkan oleh tubuh manusia melalui *urine*, *feces*, keringat dan air susu. Keracunan merkuri dapat menimbulkan gejala gangguan susunan saraf pusat.

Merkuri organik (RHg, R<sub>2</sub>Hg, ArHg) merupakan senyawa merkuri yang berbahaya, dikarenakan sebagian besar kasus keracunan di dunia berasal dari senyawa ini. Senyawa ini dapat terbentuk dari metabolisme merkuri metalik atau dari merkuri anorganik dengan bantuan mikroorganisme tertentu baik dalam lingkungan perairan ataupun dalam tubuh manusia. Salah satu zat pencemar, merkuri masuk dalam ekosistem ekuatik melalui dekomposisi atmosferik maupun bersumber dari eksternalisasi limbah industri dan secara biologis maupun kimiawi terkonversi dalam bentuk metil merkuri (Suseno dan Panggabean, 2007).

#### b. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan persenyawaan kimia yang bersifat toksik. Secara ilmiah timbal dinamakan plumbum dengan simbol Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia (Palar, 2008). Timbal digunakan untuk produk logam seperti pelapis kabel, bahan kimia, amunisi, pewarna, pipa, solder dan bahan campuran pelapis dalam pembuatan keramik (Sihite, 2015). Menurut Setyawan (2013), timbal dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas yang merupakan sesuatu hal yang merugikan dan berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan.

Menurut (Palar, 2008), keracunan yang ditimbulkan oleh timbal terjadi karena proses pernafasan, oral (melalui makanan dan juga minuman) dan penetrasi pada lapisan kulit. Proses penyerapan timbal melalui pernafasan diawali dari masuknya timbal ke pembuluh darah paru-paru, lalu timbal berikatan dengan darah di paru- paru yang akan diedarkan keseluruh jaringan dan organ tubuh. Penyerapan timbal lewat kulit diawali dari timbal yang dapat larut dalam minyak dan lemak, sedangkan penyerapan lewat oral diawali dari masuknya timbal ke saluran pencernaan lalu masuk ke darah (Naria, 2005).

#### c. Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) termasuk golongan II B dalam sistem periodik unsur kimia dengan nomor atom 48, merupakan logam berwarna putih keperakan yang dapat ditempa, liat, dan memiliki titik lebur 321°C. Kegunaan kadmium diantaranya sebagai pigmen pada keramik, penyepuhan listrik, pembuatan *alloy*, dan baterai alkali (Susilawati, 2009). Logam ini mudah bereaksi dengan ligan-ligan yang mengandung unsur oksigen, sulfur, dan nitrogen. Kadmium dalam tubuh bersifat toksik karena bereaksi dengan ligan- ligan yang penting untuk fungsi normal tubuh (Alfian, 2005).

Kadmium berbahaya bagi organisme air dan pabrik pengolahan air. Kadmium pada biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan air. Pencemaran perairan oleh logam berat kadmium (Cd) juga pernah diteliti di Jepang. Sumber pencemarannya adalah industri pengolahan timah dan limbahnya

masuk ke sungai Jintsu yang menyebabkan kerusakan pada ginjal yang bisa disebut penyakit Itai-itai (Manik, 2007).

#### d. Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan unsur yang sifatnya halus, lunak dan lentur dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Titik leleh tembaga adalah 1358 K dan titik didih 2840 K (Housecroft *and* Sharpe, 2005). Tembaga merupakan zat esensial bagi metabolisme hewan, tetapi kandungan yang berlebihan dapat menimbulkan gangguan dan penyakit pada otak, kulit, hati, pankreas, miokardium (Vijayaraghavan *et al.*, 2006). Logam tembaga merupakan logam berat esensial, meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Menurut Palar (2012) sumber alami logam berat Cu adalah dari pengkisan (erosi) dari batuan mineral dan debu- debu yang mengandung partikulat Cu di udara sedangkan sumber aktivitas manusia adalah industri, galangan kapal dan rumah tangga.

Logam berat berada dalam bentuk ion baik sebagai pasangan ion ataupun bentuk ion-ion tunggal. Kadar logam berat meningkat bila limbah diperkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian masuk ke lingkungan. Keberadaan logam di air dapat ditemukan dalam bentuk yang terlarut, butiran halus atau endapan. Logam berat yang terlarut lama kelamaan akan mengalami pengendapan tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama (Hutagalung & Manik, 2002; Rochyatun E., 1997). Menurut Palar (2012) secara umum logam berat memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik (konduktor).
2. Memiliki rapat masa yang tinggi.
3. Dapat membentuk *alloy* dengan logam yang lainnya.
4. Untuk logam yang padat dapat ditempa dan di bentuk.

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam

tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu:

- a. Bersifat toksik tinggi yang terdiri atas unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn.
- b. Bersifat toksik sedang terdiri atas unsur Cr, Ni, dan Co.
- c. Bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

## 2.4 Teknik Pola Sebaran

Pola sebaran adalah suatu rangkaian yang dapat menggambarkan atau mendeskripsikan mengenai proses sebaran. Cara pengambilan sampel tergantung jenis penelitian yang akan dilakukan. Metode pengambilan sampel terdiri dari dua kelas yaitu *probability sampling* (secara acak sampel) dan *non-probability sampling* (tidak secara acak sampel). Kedua jenis juga memiliki sub - sub lain yang diantaranya *purposive sampling*, *snowball sampling*, *cluster sampling* dll.

Pengambilan sampel pada Situ Tlajung Hilir ditentukan dengan metode *purposive sampling* adalah metode pengambilan sampel *non-probabilitas* dimana peneliti mengandalkan penilainnya sendiri ketika memilih anggota populasi untuk berpartisipasi dalam penelitian (Sugiyono, 2008). Adapun tujuan terpenting dari pengambilan sampel dengan cara ini ialah (Arikunto, Suharsimi, 2003).

- a. Berpusat pada ciri tersendiri dari sebuah populasi yang menarik, yang hendak membolehkan periset menanggapi persoalan riset.
- b. Sampel yang diteliti diharapkan tidak mewakili populasi, namun periset yang mengejar desain riset tata cara kualitatif ataupun kombinasi, perihal ini tidak dikira sebuah kelemahan.

Kelebihan dari *purposive sampling* adalah sebagai berikut:

- a. Sampel terpilih merupakan sampel yang sesuai dengan tujuan penelitian.
- b. Teknik ini ialah metode yang mudah untuk dilaksanakan.
- c. Sampel terpilih umumnya merupakan orang atau personal yang gampang ditemui ataupun didekati oleh periset.

Penggambaran pola sebaran logam dalam Situ Tlajung Hilir dilakukan pembuatan peta kontur untuk membantu melihat sebaran logam yang tercemar, untuk memenuhi kebutuhan tersebut perlu adanya pemahaman, pengertian dan

penguasaan terhadap perkembangan teknologi seperti *software*. dalam penelitian ini dapat di teruskan menggunakan aplikasi Surfer. Dasar program aplikasi surfer, yaitu berbasiskan kepada data yang berextensikan, diantaranya: \*.xsl, \*.dat, \*.wk, dll, di mana *input* utama yang diharapkan dalam mengaplikasikan program surfer dalam pembuatan peta minimalnya, yaitu Koordinat X dan Y serta Nilai Ketinggian. Apabila data tersebut telah di *input*, maka selanjutnya dapat diproses, sehingga terbentuknya peta. Data *input* tersebut didapat dari hasil pengukuran di lapangan dari T0, T1 atau lainnya. Data lapangan kemudian diolah dengan bantuan Program Ms-Excel dengan menggunakan rumus dalam perpetaan, sehingga didapat nilai X, Y dan Ketinggian.

Di samping penggunaan program terapan ini sangat mudah dan sederhana, juga multiguna dalam terapannya. Beberapa *type file* yang tersedia dalam program terapan ini adalah: Data *Spreadsheet*; \*.dat, \*.txt, \*.xls, \*.bna, \*.bln dan lain-lain; Data Topo Cotour Map; \*.srf, \*.wmf, \*.jpg, \*.bmp, \*.gif. Dengan demikian, dapat dilakukan transfer antar program terapan lainnya, yang menggunakan basis data dan format gambar yang sama, seperti AutoCad, CorelDraw, dan Adobe PhotoShop.

## 2.5 Sedimen

Pada umumnya sedimen merupakan lapisan bawah yang terdapat di dalam sungai, teluk, danau, muara, *reservoir*, dan lautan yang di dalamnya terdiri dari bahan organik dan anorganik. Sedimen merupakan padatan yang dapat mengendap jika air yang dididamkan tidak terganggu selama beberapa waktu. Padatan tersebut tersebut terdiri dari partikel padatan yang berat dan besar sehingga dapat mengendap dengan sendirinya kemudian membentuk dasar di perairan dimana hewan dan tumbuhan yang ada di perairan tinggal (Ferdiaz, 2005). Sedimen dalam jumlah tinggi di perairan dapat menyebabkan kerugian diantaranya sebagai berikut:

1. Pendangkalan dan penyumbatan sehingga mengurangi volume air yang ditampung dan juga populasi hewan dan tumbuhan di dalam di perairan.
2. Mengurangi populasi ikan dan hewan air lainnya karena telur dan sumber makanan terendam oleh sedimen.

3. Mengurangi penetrasi cahaya kedalam perairan sehingga memperlambat kecepatan fotosintesis dan menyebabkan air keruh.

Sedimen Menurut asalnya Garrison (2006), terbagi menjadi empat bagian yaitu *terrigenous*, *lithogenous*, *biogenous* dan *hydrogenous*. *Terrigenous* adalah sedimen yang berasal dari erosi yang ada di benua atau pulau, letusan gunung berapi dan segumpal debu. *Lithogenous* adalah sedimen yang berasal dari batuan-batuan didarat. *Biogenous* adalah sedimen yang berasal dari sisa-sisa rangka dari organisme hidup. Dan *hydrogenous* adalah sedimen yang berasal dari terbentuknya karena reaksi-reaksi kimia yang berada di laut.

Logam-logam berat tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup yang berada diperairan, tetapi karena adanya pengaruh perubahan kondisi perairan seperti perubahan pH yang menyebabkan logam yang mengendap dalam sedimen terionisasi ke perairan sehingga bahan tercemar yang berlebih akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup. Adapun jenis- jenis logam yang sering terdeteksi dalam sedimen yaitu besi (Fe), mangan (Mn), timbal (Pb), cadmium (Cd), seng (Zn) dan merkuri (Hg) (US-EPA, 2004).

## **2.6 ICP OES (*Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer*)**

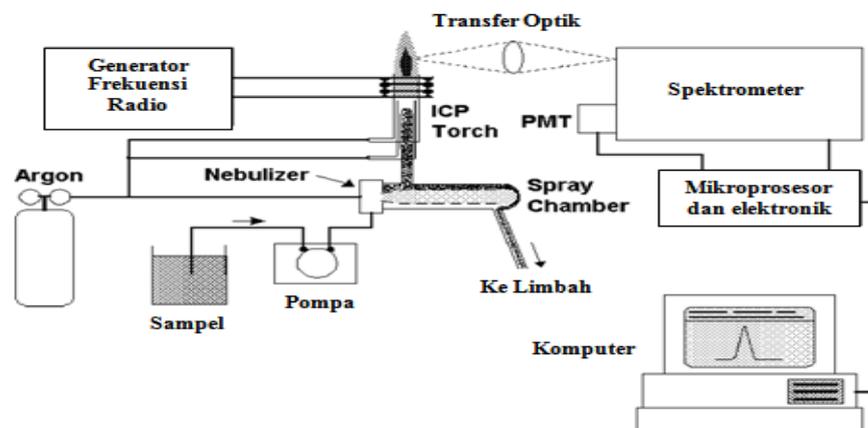
*Inductively Coupled Plasma Spectrometry* (ICP) adalah suatu metoda berdasarkan ion yang tereksitasi dan memancarkan sinar. Intensitas cahaya yang terpancar pada panjang gelombang tertentu dan memiliki karakteristik unsur tertentu yang terukur berhubungan dengan konsentrasi dari tiap unsur dari sampel. *Inductive couple plasma* (ICP) adalah induksi melalui kumparan dengan arus bolak-balik pada frekuensi radio. Berguna untuk mendeteksi kandungan logam dalam sampel dari lingkungan (Wibawa, 2008).

Berkembangnya suatu teknologi dan kemajuan dari spektroskopi emisi atom dengan ditemukannya teknik analisis secara ICP. Teknik analisis ini merupakan teknik dengan tingkat ketelitian dan sensitivitas yang tinggi, proses pengukuran yang cepat. Mudah dan persiapan yang dilakukan tidak terlalu rumit. Hasil yang diperoleh dengan selektifan yang tinggi dan limit deteksi yang rendah sampai rentang ppb, namun teknik ini masih terbatas penggunaannya hanya untuk analisis

logam berat yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi tetapi berada pada tingkat konsentrasi yang rendah (Arches, 2003 dalam Rinawati *et al.*).

### 2.5.1 Instrumentasi

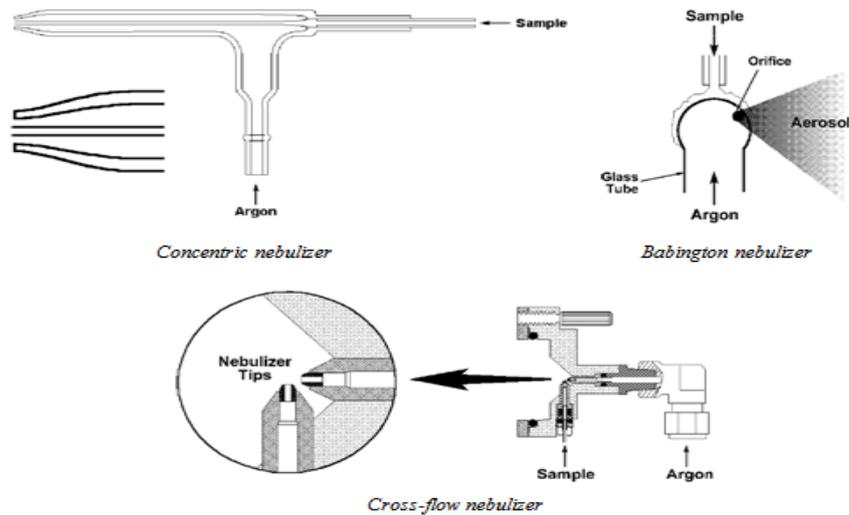
Komponen penyusun utama instrumen ICP-OES yaitu *nebulizer*, pompa, *spray chamber*, *torch*, *generator radio frequency*, transfer optik, pendispersi panjang gelombang dan detektor. Komponen-komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda dan dirangkai menjadi suatu susunan instrumentasi ICP-OES.



**Gambar 1.** Komponen utama dan susunan instrumen ICP-OES (Boss & Feeden, 2004)

#### a. *Nebulizer*

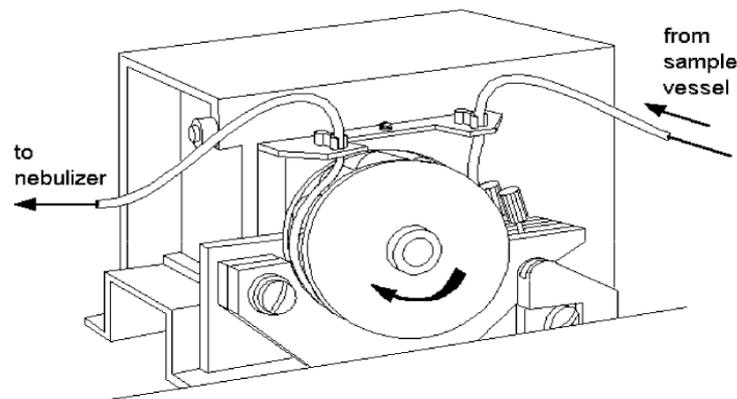
*Nebulizer* adalah alat untuk mengubah cairan menjadi aerosol. Gaya yang digunakan untuk mengubah cairan menjadi aerosol terbagi menjadi dua yaitu gaya pneumatik dan gaya mekanik ultrasonik. Kebanyakan *nebulizer* ICP komersial adalah dari jenis pneumatik. *Nebulizer* ini menggunakan aliran gas berkecepatan tinggi untuk membuat aerosol (Boss & Fredeen, 2004).



**Gambar 2.** Beberapa contoh nebulizer yang digunakan untuk ICP-OES (Boss & Fredeen, 2004)

#### b. Pompa

Pompa memanfaatkan serangkaian rol yang mendorong larutan sampel melalui selang menggunakan proses yang dikenal sebagai gerakan peristaltik. Pompa tersebut tidak kontak dengan larutan, hanya dengan selang yang membawa larutan dari bejana sampel ke *nebulizer* (Boss & Fredeen, 2004)



**Gambar 3.** Pompa peristaltik yang digunakan untuk ICP-OES (Boss & Fredeen, 2004)

#### c. Spray Chamber

*Spray chamber* ditempatkan diantara *nebulizer* dan *torch*. Fungsi *spray chamber* adalah menghilangkan tetesan besar dari aerosol dan melancarkan *pulse* yang terjadi selama nebulisasi yang disebabkan oleh pemompaan larutan. Secara umum, *spray chamber* ICP dirancang untuk memungkinkan tetesan dengan diameter sekitar 10 mm/lebih kecil lolos ke plasma (Boss & Fredeen, 2004).

#### d. *Torch*

*Torch* terdiri atas tiga tabung konsentris untuk aliran argon dan injeksi aerosol. Jarak antara dua tabung luar dipertahankan sempit sehingga gas yang dihantarkan diantaranya mengalir dengan kecepatan tinggi. Salah satu fungsi dari gas ini adalah untuk menjaga dinding kuarsa *torch* dingin, untuk ICP argon, aliran gas luar biasanya sekitar 7-15 L/menit.

Ruang antara aliran luar dan aliran dalam menghantarkan gas langsung di bawah toroid plasma. Operasi normal *torch*, aliran ini, sebelumnya disebut aliran tambahan tapi sekarang disebut aliran gas menengah, sekitar 1,0 L/menit. Aliran menengah biasanya digunakan untuk mengurangi pembentukan karbon pada ujung tabung injektor ketika sampel organik sedang dianalisis. Namun, hal tersebut juga dapat meningkatkan kinerja dengan sampel air. Aliran gas yang membawa aerosol sampel diinjeksikan ke plasma melalui tabung atau injektor pusat.

#### e. *Generator Radio Frequency*

*Generator Radio Frequency (RF)* adalah alat yang menyediakan daya untuk pembentukan dan pemeliharaan *plasma discharge*. Daya ini, biasanya berkisar antara 700-1500 watt, ditransfer ke gas plasma melalui *load coil* di sekitar bagian atas *torch*. *Load coil*, yang bertindak sebagai antena untuk mentransfer daya RF ke plasma, biasanya terbuat dari tabung tembaga dan didinginkan dengan air atau gas selama pengoperasian. Kebanyakan generator RF yang digunakan untuk ICP-OES beroperasi pada frekuensi antara 27 dan 56 MHz. (Boss & Fredeen, 2004).

#### f. Transfer Optik

Radiasi emisi dari daerah plasma yang dikenal sebagai zona analitis normal (NAZ) disampel untuk pengukuran spektrometri. Radiasi tersebut biasanya dikumpulkan oleh fokus optik seperti lensa cembung atau cermin cekung. Optik ini kemudian memfokuskan citra plasma ke celah masuk dari alat pendispersi panjang gelombang atau spektrometer (Boss & Fredeen, 2004).

#### g. Pendispersi Panjang Gelombang

Tahapan selanjutnya dalam ICP-OES adalah diferensiasi radiasi emisi suatu unsur dari radiasi yang dipancarkan oleh unsur dan molekul lainnya. Pemilihan emisi ini dapat dilakukan dengan beberapa cara. Dispersi panjang gelombang

yang berbeda secara fisik dengan *diffraction grating* (kekisi difraksi) adalah yang paling umum. Perangkat lain yang kurang umum digunakan yaitu prisma, *filter* dan interferometer (Boss & Fredeen, 2004). Kekisi difraksi refleksi adalah sebuah cermin dengan garis yang berjarak sangat dekat di permukaannya. Kebanyakan kekisi yang digunakan pada instrumen ICP-OES memiliki garis atau alur, kepadatan 600-4200 garis per milimeter. Ketika cahaya mengenai kekisi tersebut, cahaya terdifraksi dengan sudut yang tergantung pada panjang gelombang cahaya dan kepadatan garis kekisi (Boss & Fredeen, 2004).

#### h. Detektor

Detektor dan elektronik pada ICP digunakan untuk mengukur intensitas garis emisi. Detektor yang paling banyak digunakan untuk ICP-OES adalah tabung *photomultiplier* atau PMT. PMT adalah tabung vakum yang berisi bahan fotosensitif yang disebut *photocathode*, yang melepaskan elektron ketika terkena cahaya. Elektron yang dilepaskan dipercepat menuju *dynode* yang melepaskan 2-5 elektron sekunder untuk setiap satu elektron yang mengenai permukaannya. Elektron sekunder tersebut mengenai *dynode* yang lain, sehingga melepaskan lebih banyak lagi elektron yang mengenai *dynode* lainnya, menyebabkan efek penggandaan di sepanjang perjalanannya. PMT biasanya memiliki 9-16 tahap *dynode*. Tahap terakhir adalah pengumpulan elektron sekunder dari *dynode* terakhir menggunakan anoda. Sebanyak  $10^6$  elektron sekunder dapat dikumpulkan sebagai hasil dari foton tunggal yang mengenai *photocathode* PMT yang memiliki sembilan *dynode*. Arus listrik yang dihasilkan diukur pada anoda kemudian digunakan sebagai ukuran relatif dari intensitas radiasi yang mencapai PMT (Boss & Fredeen, 2004).

### 2.5.2 Kelebihan dan kekurangan ICP OES

ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*) memiliki suhu atomisasi yang lebih tinggi, lingkungan yang lebih *inert*, dan kemampuan alami untuk menentukan hingga 70 elemen secara bersamaan, membuat ICP ini tahan terhadap gangguan matriks dan mampu untuk mengoreksinya ketika terjadi gangguan matriks. ICP-OES menyediakan limit deteksi yang rendah atau lebih rendah dari pesaing terbaiknya yaitu GFAAS,

lebih mudah dalam perakitannya dan murah dibandingkan beberapa sumber lain, seperti LIP (*laser-induced plasma*, selain itu ICP tidak menggunakan elektroda, sehingga tidak mudah terkontaminasi dari pengotor yang berasal dari bahan elektroda.

ICP-OES dirancang menggunakan sepasang induksi medan listrik sebagai sumber energi untuk mengeksitasi elektron dari atom-atom yang terdapat dalam contoh. Elektron yang sudah tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, akan kembali ke keadaan dasar dengan melepas energi berupa sinar. Sinar yang dilepaskan akan masuk ke spektrometer dan *grating* lalu didispersikan menjadi spektrum garis yang spesifik pada masing-masing atom dan pada ion yang terdapat dalam sampel (Boss & Fredeen, 2004). Berikut ini beberapa sifat yang paling menguntungkan dari sumber ICP (Hou & Bradley, 2000) terlihat dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Kelebihan dan Kekurangan Teknik-Teknik Analisis Unsur

<b>Teknik</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
AAS ( <i>Atomic Absorption Spectrometry</i> )	Batas deteksi rendah	Beberapa unsur, butuh waktu lama, efek matriks
NAA ( <i>Neutron Activation Analysis</i> )	Batas deteksi rendah	Beberapa unsur, membutuhkan reaktor
SSMS ( <i>Spark Source Mass Spectrometry</i> )	Batas deteksi rendah, banyak unsur	Kuantifikasi sulit, sensitif-permukaan
WDXRF ( <i>Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence</i> )	Banyak unsur, sampel padat dan cair	Batas deteksi terlalu tinggi
ICP-MS ( <i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i> )	Batas deteksi rendah, banyak unsur, analisis isotop	Efek matriks
ICPOES ( <i>Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry</i> )	Batas deteksi rendah, banyak unsur, interferensi spektral terbatas, stabilitas baik, efek matriks rendah	Hanya sampel cairan

## **BAB III**

### **BAHAN DAN METODE**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga Agustus 2019 di Laboratorium PT SMART Tbk Div PPB yang berlokasi di Desa Cijayanti Kecamatan Babakan Madang, Kabupaten Bogor.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah botol semprot, corong, filter 0,45 mikrometer, gps garmin, *hot block*, ICP-OES (*Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer*) varian 730 ES, piala gelas 250 ml, kaca mata lab, komputer, labu ukur 100 ml, masker, neraca analitik, pendingin air, perahu, pipet volume 5 mL, rak tabung reaksi, ruang asam, sarung tangan, sepatu *boots*, spatula, SPS 3 *sampler* otomatis, *syringe*, tabung gas argon, tabung *hot block* 50 mL, tabung reaksi, pH meter, vakum filter, van veen grab samples, wadah sampel.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air demin, gas argon, HNO<sub>3</sub> 10%, HCL pekat, HNO<sub>3</sub> pekat, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pekat, kertas saring ukuran 41, larutan induk standar logam, sampel air dan sedimen Situ Tlajung Hilir.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Penelitian ini diawali dengan proses pengambilan sampel air dan sampel sedimen pada 6 titik yang berbeda, lalu diidentifikasi dan diukur kadar logam arsen (As), kobalt (Co), barium (Ba), boron (B), selenium (Se), kadmium (Cd), khrom (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), timbal (Pb), mangan (Mn), dan seng (Zn) serta membuat grafik pola perubahan sebaran logam-logam tersebut.

##### **3.3.1 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel air dilakukan sebanyak 6 titik di air sungai dan hilir Situ Tlajung Hilir pada kedalaman 0 - 0,5 meter untuk mewakili kondisi kualitas air Situ. Pengambilan sampel air dilakukan dengan sederhana menggunakan

gayung plastik yang bertangkai panjang (sesuai SNI 6989.57:2008) tentang metoda pengambilan contoh air limbah.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan alat *grab* sampel/ botol logam yang dimana alat tersebut memiliki berat dan digantung dengan tali/ rantai. karena beratnya alat ini dapat meluncur cepat kedalam cairan, tanpa sempat terisi sampai dihentikan pada ketinggian yang baru kemudian sampel akan masuk melalui mulut *grab*/ botol. (sesuai SNI 0429.19:1989) tentang petunjuk pengambilan contoh cairan dan semi padat.



**Gambar 4.** Lokasi Penelitian Situ Tlajung Hilir (Google Map)

**Tabel 2.** Data Koordinat Titik Sampling dan Kedalaman Sedimen

Titik Sampling	Letak Geografis		Kedalaman Sedimen (meter)
	Lintang Selatan	Bujur Timur	
1	06°24'49.4"	106°56'09.1"	1,0
2	06°24'46.9"	106°56'09.3"	1,0
3	06°24'44.7"	106°56'10.1"	1,2
4	06°24'43.4"	106°56'11.3"	2,0
5	06°24'41.9"	106°56'12.4"	2,0
6	06°24'40.1"	106°56'14.6"	3,5

### 3.3.2 Preparasi Sampel

Preparasi sampel air diawali dengan mengambil sampel air sebanyak 100 ml kemudian dimasukkan ke piala gelas 250 mL, lalu disaring menggunakan vakum dengan filter whatman 0,45 mikrometer. Setelah penyaringan selesai sampel ditambahkan HNO<sub>3</sub> 10% sampai pH ≤ 2. Selanjutnya sampel siap untuk diukur dengan ICP varian 730 ES.

Preparasi sedimen dilakukan sedikitnya 20 gram berat basah, contoh harus dihomogenkan dengan sempurna sebelum dilakukan penimbangan. Ditimbang sampel yang homogen ± 2,5 gram ke dalam tabung *hot block* 50 mL, lalu dikeringkan di oven. Sampel dalam tabung *hot block* ditambahkan secara perlahan 5 ml HNO<sub>3</sub> pekat dan 5 ml HCl pekat sampel sedimen yang telah kering. Dihomogenkan sampel yang telah diberi asam dengan cara digoyangkan. Ditutup tabung dengan penutupnya dan biarkan terjadi penghancuran dingin selama 1 jam, setelah proses penghancuran dingin, tabung dipanaskan suhu 90-95°C selama 2 jam pada *hot block*. Diturunkan tabung dan didinginkan pada suhu kamar, lalu ditambahkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pekat secara perlahan sebanyak 2 ml. Didiamkan sampai buihnya tidak ada atau sampel tidak reaksi lagi. Setelah itu tabung dipanaskan kembali suhu 90-95°C selama 1 jam pada *hot block*. Diturunkan tabung dan didinginkan pada suhu kamar, lalu sampel ditambahkan aquades hingga tanda tera. Setelah itu sampel didiamkan semalam, kemudian sampel disaring dengan ukuran pori 41 dan hasil filtrat yang diperoleh ini siap dibaca dengan alat ICP-OES varian 730 ES.

### 3.4 Pembuatan Deret Standar Logam

Pembuatan larutan induk multi-elemen IV khususnya harus diencerkan terlebih dahulu dari 1000 ppm menjadi 100 ppm yang diambil 10 mL dalam labu ukur 100 mL. Kemudian larutan standar multi-elemen IV & XVI 100 ppm diencerkan menjadi 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 dan 10,0 ppm yang diambil 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 dan 10,0 mL dalam labu ukur 100 mL terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Deret Standar Multi-elemen IV dan XVI 100 ppm

<b>100 ppm</b>	<b>0,5 ppm</b>	<b>1,0 ppm</b>	<b>2,0 ppm</b>	<b>5 ppm</b>	<b>10 ppm</b>
Barium (Ba)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Kobalt (Co)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Boron (B)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Kadmium (Cd)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Khrom (Cr)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Tembaga (Cu)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Besi (Fe)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Timbal (Pb)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Mangan (Mn)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Seng (Zn)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Arsen (As)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL
Selenium (Se)	0,5 mL	1 mL	2 mL	5 mL	10 mL

### 3.5 Penggunaan Alat ICP (*Inductively Couple Plasma*)

Blower dan AC dihidupkan pada suhu 21 °C. Pastikan listrik sudah dalam keadaan stabil (apabila menggunakan genset ditunggu minimal 30 menit baru ICP boleh dihidupkan). Pastikan *torch* bersih dan telah dipasang pada posisi yang benar dan jendela *torch* dalam kondisi tertutup. Periksa dan pasang *pump tube* untuk sampel dari *autosampler* ke *nebulizer*, *waste* dari *spray chamber* ke *container* penampung (apabila *pump tube* sudah kendur atau gepeng harus diganti dengan yang baru). Pastikan arah pemasangan *pump tube* sudah benar (tidak terbalik) dengan mengecek arah aliran sampel dari tabung *nebulizer*, *rinse* dari tabung ke *nebulizer*, *waste* dari *spray chamber* ke *container* penampung

Dimasukkan deret standar dan sampel ke dalam tabung reaksi lalu pasang di *autosampler*. Dibuka gas Argon 80 psi. *Handle switch* untuk ICP dan *water cooler* posisi 'on'. *Main switch* power ICP 'on', *switch* dibelakang alat ICP posisi 'on' ke atas. *Autosampler* dan komputer dihidupkan dan jalankan *software* ICP *expert*. Klik *instrument* di dalam *software* tersebut untuk masuk ke menu *instrument setup*, jika gas argon sudah dibuka, pada bagian bawah akan muncul "*argon purge delay*". Tunggu 20 menit sampai proses *purging* selesai. *Peristaltic pump* dihidupkan dengan cara klik gambar *pump on*. *Water cooler* dihidupkan (ingat *water cooler* tidak boleh dihidupkan sebelum *purging* dengan gas argon selesai supaya tidak terjadi kondensasi di detektor). Setelah itu tunggu sampai

temperatur peltier menunjukkan  $-34^{\circ}\text{C}$ . Plasma dihidupkan dengan cara klik gambar plasma on dan tunggu 10 menit untuk stabilisasi plasma. Perhitungan untuk sampel yang ditimbang dapat diketahui pada rumus berikut:

$$\text{Hasil Akhir (mg/Kg)} = \frac{C \times V \times F}{M}$$

Keterangan:

C = Konsentrasi hasil pembacaan alat (mg/L)

M = Bobot sampel (g)

V = Volume akhir larutan sampel

F = Faktor pengenceran

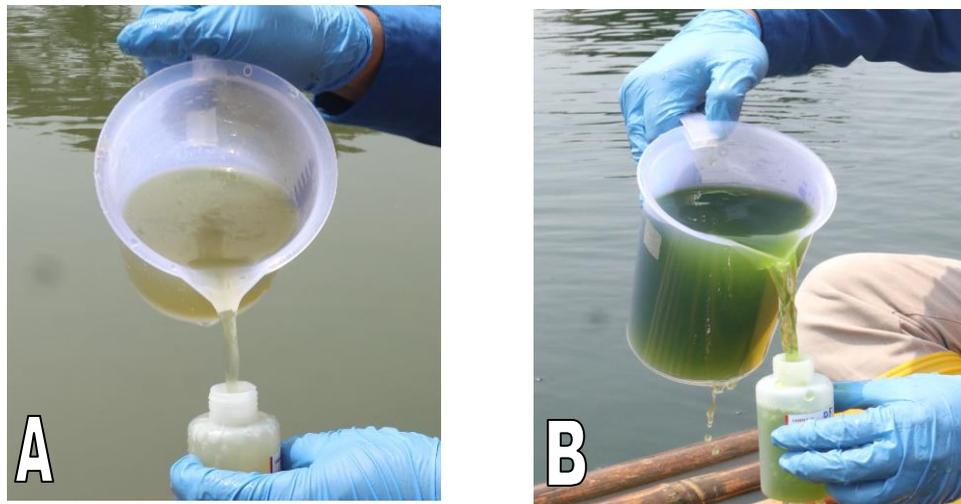
### 3.6 Analisis Data

Data kadar logam dalam air dan sedimen di petakan pola sebaran logam menggunakan program *surfer* 6. Hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik dan peta sebaran logam dalam Situ Tlajung Hilir.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Situ Tlajung Hilir

Pada penelitian ini dilakukan pengujian awal suhu dan pH sampel air Situ Tlajung Hilir, sedangkan untuk sampel sedimen diawali dengan proses pengeringan dan dilanjutkan dengan proses destruksi. Pengeringan bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dalam sedimen (Balai Penelitian Tanah 2005). Hasil destruksi disaring dan diukur kadar logam arsen (As), kobalt (Co), barium (Ba), boron (B), selenium (Se), kadmium (Cd), khrom (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), timbal (Pb), mangan (Mn), seng (Zn). Penyaringan dilakukan untuk mengambil larutan bening agar tidak mengganggu pengukuran ICP-OES (*Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer*). Kondisi dari perairan Situ Tlajung Hilir yang dilakukan selama penelitian dapat memberikan sedikit gambaran tentang kondisi pencemaran logam di air tersebut.



**Gambar 5.** Air Situ Tlajung Hilir  
A = Lokasi dekat “inlet”  
B = Lokasi jauh dari “inlet”

Warna yang ditimbulkan dari air Situ Tlajung Hilir pada gambar (A) terlihat air kecoklatan berada dititik (1) di sekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian, titik (2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian serta titik (3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga. Hal ini diduga tingginya

kepadatan kotoran, kedalaman air yang tidak terlalu dalam atau dekomposisi bahan-bahan organik yang berasal dari tumbuhan yang telah mati di sekitar titik (1-3). Pada gambar (B) terlihat air kehijauan serta dipenuhi dengan lumut berada di titik (4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga, dititik (5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil dan jalan raya serta titik (6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Warna air ini diduga adanya lumpur yang mengendap terlalu dalam 2 – 3,5 meter (Tabel 2) sehingga air yang di atasnya memantulkan warna hijau dan juga adanya plankton-plankton dalam jumlah yang besar.

Sampel dari semua titik di Situ Tlajung Hilir pada saat dilakukan penyaringan tidak dapat disaring secara langsung dengan *syringes*. Contoh air segera disaring, apabila pemeriksaan air tidak dilakukan segera setelah pengambilan contoh dan akan ditangguhkan maka cara yang terbaik adalah dengan mendinginkan contoh 4°C. Apabila hal ini tidak mungkin dilakukan, maka dapat digunakan zat pengawet tertentu dengan syarat zat tersebut tidak mengganggu atau mengubah kadar zat yang diperiksa. Salah satu tujuan pengawetan ialah untuk memperlambat perubahan komposisi kimia kualitas air. Pengawetan contoh dengan penambahan asam sampai  $\text{pH} \leq 2$ , biasanya dilakukan untuk pengawetan logam terlarut dan logam total sehingga pemeriksaannya dapat ditunda selama dua minggu. Pengasaman  $\text{pH} \leq 2$  juga dapat menghalangi aktifitas biologi, sehingga dapat digunakan untuk pemeriksaan unsur-unsur yang dapat mengalami perubahan secara biologi (sesuai SNI 7016.03:2004) tentang tata cara pengambilan contoh dalam rangka pemantauan kualitas air pada suatu daerah pengaliran sungai.

#### **4.2 Suhu dan pH Air Situ Tlajung Hilir**

Hasil awal dari pengamatan ini meliputi suhu dan pH pada air di Situ Tlajung Hilir sebelum dilakukan penyaringan. Data suhu dan pH selengkapnya tertera pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Tabel Suhu dan pH Air Situ Tlajung Hilir

<b>Kode Sampel</b>	<b>Suhu (°C)</b>	<b>pH</b>	<b>Waktu (WIB)</b>
Titik 1	29,00	7,24	10.50
Titik 2	31,60	8,09	11.00
Titik 3	30,50	8,49	11.15
Titik 4	30,60	8,62	11.22
Titik 5	30,50	8,84	11.30
Titik 6	31,50	8,98	11.40

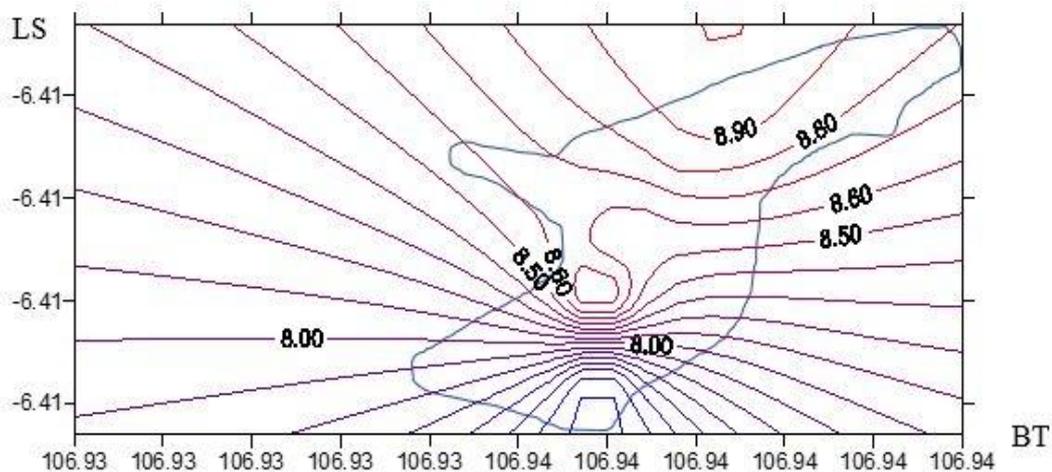
Selama pengamatan di Situ Tlajung Hilir suhu berkisar antara 29,00 °C (titik 1) - 31,60 °C (titik 2). Tinggi rendahnya nilai suhu selama pengukuran di perairan Situ Tlajung Hilir dapat juga disebabkan oleh cuaca (Effendi, 2003). Suhu mempunyai pengaruh dalam mengatur proses alami di perairan, karena mempengaruhi komponen biotik dan abiotik. Suhu juga berpengaruh toksisitas logam berat terhadap biota. Apabila terjadinya peningkatan pada suhu, proses pemasukan logam berat dalam tubuh akan meningkat dan reaksi pembentukan ikatan antar logam berat dengan protein dalam tubuh semakin cepat. Pengambilan sampel pada siang hari juga dapat mempengaruhi kenaikannya pH air, karena adanya aktivitas fotosintesis. Pada peristiwa fotosintesis, fitoplankton dan tanaman air lainnya akan mengambil CO<sub>2</sub> dari air sehingga mengakibatkan pH air meningkat pada siang hari dan menurun pada waktu malam hari.

Pengukuran pH pada tiap titik di Situ Tlajung Hilir, berkisar antara 7,24 (titik 1) - 8,98 (titik 6) hal ini berkaitan dengan massa air relatif basa. Adanya perbedaan hasil pengukuran pH yaitu dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti adanya perubahan cuaca dan proses dekomposisi bahan organik didasar perairan dan sekitar perairan. Fenomena cuaca yang terkait adalah curah hujan, jika curah hujan yang tinggi dapat mempengaruhi pH diperairan menjadi tinggi. Air hujan merupakan air yang sadah dan terkandung beberapa unsur dan molekul diantaranya CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan Fe (Ghufran dkk, 2007). Meningkatnya pH akan menurunkan kelarutan logam berat pada air karena tingginya pH mengubah

kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen (Palar, 2004).

Hasil pengukuran pH di Situ Tlajung Hilir masih tergolong normal sesuai dengan baku mutu Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu 5,0- 9,0. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH. Rentang pH 6,0- 9,0 masih cocok untuk kehidupan ikan dan biota akuatik lainnya. pH yang sangat rendah menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air semakin besar dan bersifat toksik bagi organisme air, sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak di dalam air dan juga bersifat toksik bagi organisme air (Tatangindatu dkk, 2013).

Hasil dari pengukuran pH di Situ Tlajung Hilir selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran berdasarkan koordinat yang telah diperoleh ketika *survey* di lokasi penelitian menggunakan GPS (*Global Position System*). Peta menunjukkan perhitungan setiap penyebaran pH di Situ Tlajung Hilir. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer 6*, sehingga dihasilkan peta kontur dan peta area penyebaran pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Peta Kontur pH Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa pH pada Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran titik terendah  $\leq 8,00$  yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan

pertanian. Hasil sebaran titik tertinggi  $\text{pH} \geq 8,00$  diberi warna garis merah yaitu mulai dari (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

#### 4.3 Kadar Logam dalam Air dan Sedimen Situ Tlajung Hilir

Hasil analisa laboratorium dengan menggunakan ICP-OES (*Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer*) varian 730 ES menunjukkan hasil kandungan dari masing-masing logam pada air dan juga sedimen yang bervariasi dari titik 1 (*inlet*) sampai titik 6 (*outlet*) di Situ Tlajung Hilir. Secara umum adanya perbedaan kadar antara setiap titik disebabkan oleh berbagai proses baik itu secara fisika, biologi maupun kimia. Konsentrasi Logam yang terukur dalam instrumen menunjukkan hasil minus atau tidak terdeteksi, maka sinyal yang ditangkap oleh alat berasal dari pengganggu (*noise*). Hasil kadar logam pada air selengkapnya tertera pada (Tabel 5) dan sedimen pada (Tabel 6) yang ada di Situ Tlajung Hilir.

**Tabel 5.** Kadar Logam Air Situ Tlajung Hilir

Titik Sampel	Boron (mg/L)	Tembaga (mg/L)	Besi (mg/L)	Timbal (mg/L)	Mangan (mg/L)	Arsen (mg/L)
1	0,0686	0,0289	0,2036	ttd	ttd	0,0465
2	0,0217	0,1185	0,1182	0,0053	ttd	ttd
3	0,0148	0,0316	0,0861	ttd	0,0034	ttd
4	0,0107	0,2035	0,2382	ttd	ttd	ttd
5	0,0065	0,0475	0,0944	0,0055	0,4684	0,0078
6	0,0225	0,0119	0,0860	ttd	ttd	ttd
Baku mutu* (mg/L)	1	0,02-0,2	0,3	0,03-1	0,1	0,05-1

\*) Baku Mutu Air mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

**Tabel 6.** Kadar Logam Sedimen Situ Tlajung Hilir

<b>Logam</b>	<b>Titik 1 (mg/Kg)</b>	<b>Titik 2 (mg/Kg)</b>	<b>Titik 3 (mg/Kg)</b>	<b>Titik 4 (mg/Kg)</b>	<b>Titik 5 (mg/Kg)</b>	<b>Titik 6 (mg/Kg)</b>
(Ba)	176,91	178,90	179,95	171,55	208,21	229,36
(B)	23,47	25,25	24,02	22,71	24,39	26,40
(Cr)	8,09	10,83	10,67	8,01	10,44	12,06
(Cu)	66,59	70,61	69,76	86,48	82,94	123,92
(Fe)	37.004,68	37.903,89	36.086,44	35.665,25	42.791,04	47.297,52
(Pb)	22,21	28,30	27,53	31,74	34,33	43,03
(Mn)	1.740,43	1.665,49	2.063,06	1.611,26	1.175,11	924,16
(Zn)	109,04	148,56	178,19	173,73	287,00	322,11
(As)	7,78	13,23	8,11	15,78	18,12	5,41
(Se)	ttd	Ttd	3,64	ttd	0,25	ttd

Logam berat secara alami memiliki kadar yang rendah pada perairan. Tinggi dan rendahnya kadar pada logam berat disebabkan oleh jumlah maksimum limbah logam berat ke perairan. Dengan membandingkan kandungan kontaminasi logam dalam air dan sedimen, maka dapat terlihat bahwa kandungan logam dalam sedimen jauh lebih tinggi dari logam di air. Hal ini seperti yang diungkapkan oleh penulis (Saeed dan Shaker, 2008). Hal ini membuktikan, banyaknya konsentrasi logam berat dalam sedimen dipengaruhi masuknya limbah baik dari industri dan warga yang terbawa oleh aliran sungai atau secara langsung yang sudah terakumulasi dalam jangka waktu yang lama dan sulit terurai. Pengendapan atau sedimentasi dipengaruhi ukuran sedimen yang terendapkan dalam waktu yang cukup lama sebelum pengambilan sampel.

Presipitasi logam berat yang ada di Situ Tlajung Hilir dapat disebabkan oleh pH basa, sehingga terbentuk hidroksida, oksida dan karbonat yang tidak larut. Logam berat dapat juga berinteraksi dengan materi organik dalam fasa larut dan kemudian mengendap, sehingga menimbulkan konsentrasi yang tinggi dalam sedimen (Begum *et al.*, 2009a). Sementara pada air, logam berat cenderung mengikuti aliran air dan pengenceran ketika ada air masuk, seperti air hujan mengakibatkan menurunnya konsentrasi logam berat pada air. Logam-logam yang

memiliki kadar tinggi tersebut mulai beresiko bagi kualitas lingkungan di sekitar sistem akuatik terutama pada logam berat, sehingga perlu terus diamati karena dapat menurunkan kualitas lingkungan di sekitarnya.

Situ Tlajung Hilir yang tercemar ini dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memancing ikan, pembuangan sampah domestik dari sungai sebelum masuknya ke Situ Tlajung Hilir. Selain itu dipakai pembuangan dari pencucian kendaraan, pemancingan ikan dan diduga dari limbah industri seperti bahan material alat berat, onderdil yang terbuat dari logam dan farmasi juga membuang ke aliran sungai yang menuju Situ Tlajung Hilir. Berikut pembahasan dari logam-logam yang terdeteksi oleh ICP-OES baik dalam air maupun dalam sedimen di Situ Tlajung Hilir;

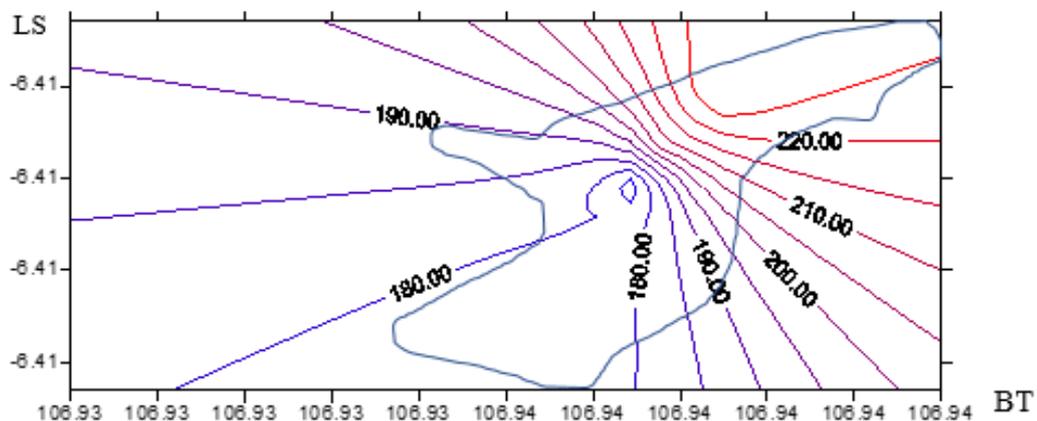
#### 1. Barium (Ba)

Logam barium (Ba) adalah logam putih berwarna perak yang ditemukan di alam. Barium antara lain barium sulfat ( $\text{BaSO}_4$ ) dan contoh basa yang mengandung barium antara lain barium hidroksida ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ). Keberadaan unsur logam barium di air Situ Tlajung Hilir tidak terdeteksi, tetapi terdeteksi dari dalam sedimen (Tabel 6). Hal ini karena logam tersebut sudah terakumulasi semua ke dalam sedimen. Beberapa senyawa barium mudah larut dalam air dan ditemukan di sungai. Adanya logam barium dalam sedimen di Situ Tlajung Hilir dari (titik 1) di sekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai berasal dari alami dan limbah industri, sebagai rendaman garam digunakan dalam suhu rendah untuk perlakuan panas logam dalam industri metalurgi dan digunakan juga dalam farmasi. Sumber-sumber unsur alamiah sudah ada sejak terbentuknya sedimen yang masuk ke dalam Situ Tlajung Hilir dari pengikisan batu mineral yang terbawa oleh arus yang mengalir melalui sungai sekitar. Tingginya kadar barium pada (titik 6) karena terbawa aliran air dan menumpuk dalam lumpur yang tebal karena pada titik tersebut cukup dalam.

Senyawa barium dapat diproduksi oleh industri minyak dan gas untuk membuat lumpur pengeboran. Barium juga digunakan untuk membuat cat, oksidan dalam produksi kimia, keramik untuk membuat obat glasir, kaca sebagai pewarna kaca, karet dari barium sulfat dan industri elektronik. Barium masuk ke

dalam udara selama proses pertambangan, permunian, produksi senyawa barium dan dari pembakaran batu bara serta minyak. Senyawa barium yang larut baik menelan atau menghirup akan menjadi racun. Gejala keracunan menimbulkan kerusakan pada otak, system saraf, ginjal, paru-paru dan kanker (Kiddee dkk., 2013).

Hasil kadar barium selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer 6*. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari logam barium yang berada di sedimen Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 7.** Peta Kontur Kandungan (Ba) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

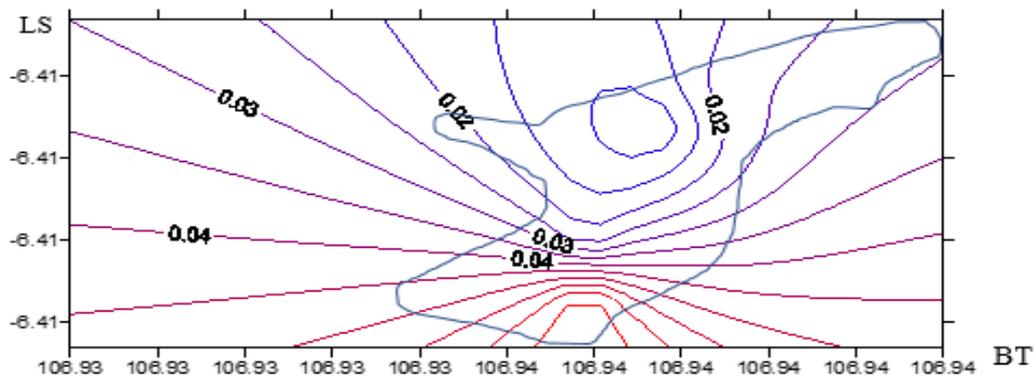
Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam barium pada sedimen di Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 190,00$  mg/Kg diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian, (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian, (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga serta (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 190,00$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitaran (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil dan jalan raya dan (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

## 2. Boron (B)

Kadar boron (B) di alam tidak pernah ditemukan sebagai unsur tetapi selalu sebagai bentuk senyawa kompleks yang bergabung dengan oksigen dan unsur-unsur lainnya. Bentuk senyawa-senyawa yang sering ditemukan adalah  $B(OH)_3$  dan  $B(OH)_4$  pada konsentrasi rendah. Boron dapat ditemukan dalam batuan, tanah dan air. Konsentrasi boron dalam air tawar biasanya  $\leq 0,01$  mg/L – 1,5 mg/L. Adanya kandungan logam boron di Situ Tlajung Hilir, diduga secara alami dan dari buangan limbah industri. Logam boron dalam air Situ Tlajung Hilir masih tergolong dibawah ambang batas maksimal baku mutu PP No 82 tahun 2001  $\leq 1$  mg/L (Tabel 5). Kadar boron di air Situ Tlajung Hilir pada (titik 1) disekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian dengan (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian lebih besar dari titik-titik yang lainnya. Pada tanaman boron berperan dalam metabolisme karbohidrat, untuk hewan dan manusia boron berhubungan dengan sistem kekebalan tubuh organisme dan memiliki efek pada tulang serta pusat, fungsi sistem saraf. Hal ini karena banyak ikan dan tumbuhan yang hidup disekitar (titik 1) dan (titik 2). Hasil dari logam boron yang ada di Situ Tlajung sudah terakumulasi dalam sedimen dan hasil perbedaan yang tidak terlalu signifikan dari (titik 1) sekitar dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai antara 22,71 - 26,40 mg/Kg (Tabel 6).

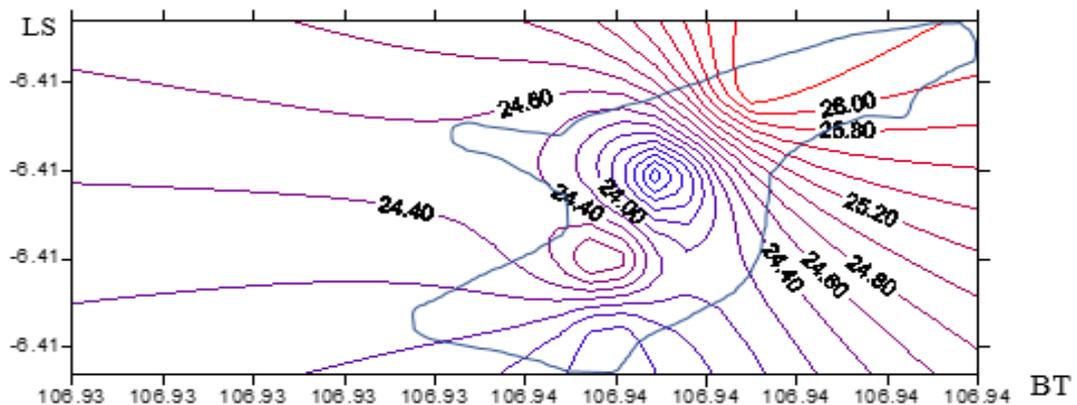
Logam boron dalam sedimen, diduga dari limbah industri farmasi. Senyawa boron secara luas digunakan oleh banyak industri, seperti kaca, elektronik, keramik, kosmetik, farmasi dan produk pembersih. Secara umum, jumlah boron bergantung pada faktor-faktor sifat geokimia dari daerah drainase, jarak dengan daerah pesisir laut dan mempertimbangkan buangan dari limbah industri serta kota. Boron juga merupakan elemen penting bagi tanaman, hewan dan manusia. Dalam jumlah sedikit boron dapat merugikan tanaman, hewan dan manusia, namun dalam jumlah banyak dapat meracuni. Untuk manusia dan hewan efek samping boron yang berlebihan dapat menimbulkan masalah pada jantung, koroner, saraf dan sistem reproduksi, perubahan komposisi darah dan keterbelakangan anak-anak dapat terjadi.

Hasil kadar boron selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer* 6. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari masing-masing logam boron yang berada di air dan juga sedimen pada Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 8.** Peta Kontur Kandungan (B) dalam Air di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam boron pada air Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,04$  mg/L yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian sampai (titik 6) dekat dengan sekitar keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,04$  mg/L diberi warna garis merah sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian.



**Gambar 9.** Peta Kontur Kandungan (B) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

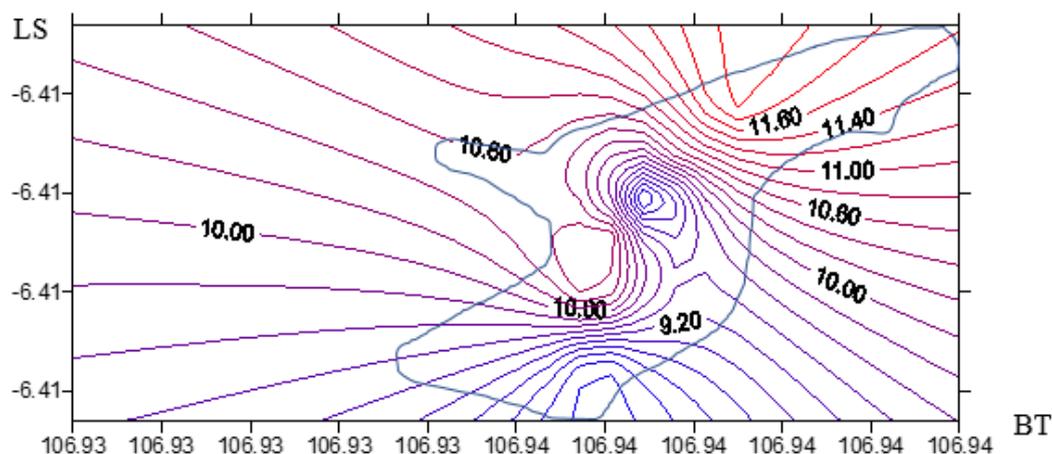
Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam boron pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 24,40$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan sekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan di antara (titik 3) dekat dengan sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga sampai ke (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 24,40$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitaran (titik 2) dekat pemancingan ikan dan pertanian serta (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil dan jalan raya sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan raya dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

### 3. Khrom (Cr)

Logam khrom dapat ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai bahan mineral logam Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk *chromite* ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ). Logam Cr tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab dan proses pemanasan cairan. Hasil dari penelitian pada logam Cr di air Situ Tlajung Hilir tidak ada yang terdeteksi, karena dari semua titik sudah terakumulasi dalam sedimen (Tabel 6). Hal ini disebabkan karena logam berat Cr mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan cenderung mengendap pada dasar perairan kemudian menyatu dalam sedimen. Adanya logam Cr dalam sedimen di Situ Tlajung Hilir, diduga dari limbah industri sekitar. Limbah industri yang sering menggunakan khrom seperti Limbah industri cat, farmasi, kayu/ kulit, *electroplating* (Totok, 1998). Hasil dalam sedimen di Situ Tlajung Hilir tidak ada peningkatan maupun penurunan yang signifikan dari (titik 1) di sekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sekitar 8,09 mg/Kg sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai sekitar 12,06 mg/Kg. Adanya akumulasi sedimen logam Cr dapat menyebabkan kerusakan organ respirasi seperti asma dan dan kanker paru-paru karena logam Cr bersifat karsinogenik (Fernanda, 2012).

Hasil kadar khrom selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program

surfer 6. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari logam khrom yang berada di sedimen Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 10.** Peta Kontur Kandungan (Cr) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam khrom pada sedimen di Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 9,20$  mg/Kg diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 9,20$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitaran (titik 2) dekat pemancingan ikan dan pertanian serta (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil dan jalan raya sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan raya dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

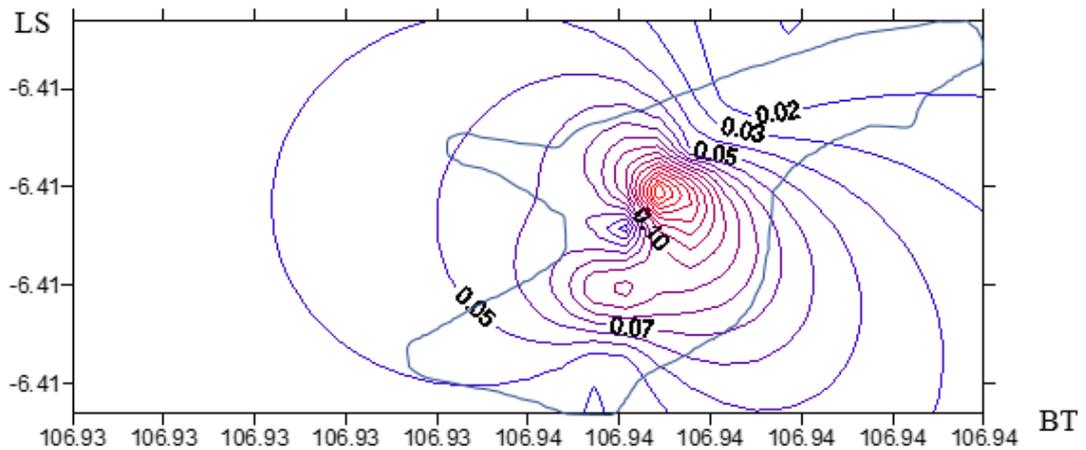
#### 4. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang dapat ditemukan pada lingkungan perairan maupun dalam sedimen. Keberadaan unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan. Cu dominan pada sistem perairan (*solid*) yaitu  $\text{CuS(s)}$ ,  $\text{CuFeS}_2\text{(s)}$ ,  $\text{Cu}_2\text{CO}_3\text{(OH)}_2\text{(s)}$ ,  $\text{Cu}_3\text{(CO}_3)_2\text{(OH)}_2\text{(s)}$ ,  $\text{Cu(OH)}_2\text{(s)}$ ,  $\text{CuO(s)}$ . Kadar Cu dalam Situ Tlajung Hilir diduga berasal secara alami, limbah industri dan limbah domestik, karena sisanya sudah terakumulasi dalam sedimen (Tabel 6). Logam Cu pada perairan dibanyak titik masih dibawah ambang batas maksimal  $\leq 0,2$  mg/L PP No 82 Tahun 2001 (Tabel 5). Secara alami Cu dapat

masuk kedalam tatanan lingkungan akibat dari berbagai peristiwa alam seperti pengikisan (erosi) dari batuan mineral dan dari debu atau partikulat Cu yang terdampar dalam lapisan udara dan dibawa turun oleh hujan (Palar, 2012).

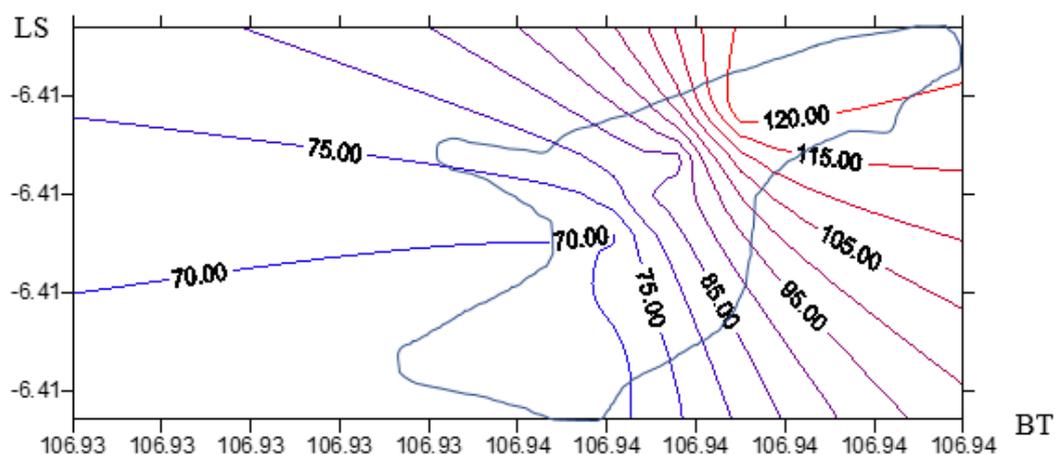
Meningkatnya logam Cu pada (titik 4) yaitu 0,2035 mg/L (Tabel 5) dalam air. Logam dalam sedimen yaitu 86,48 mg/Kg (Tabel 6), karena masuknya air sungai pada (titik 3) yang berada di sekitar pemukiman warga. Sehingga logam Cu terbawa aliran sungai dari limbah domestik dan menyebar ke dalam sedimen melalui aliran sungai sampai ke (titik 6) yaitu 123,92 mg/Kg dekat dengan sekitar jalan raya dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Kelebihan Cu di sedimen dapat menyebabkan kematian ikan, keracunan pada manusia dan akumulasi dalam daging ikan. Adanya logam Cu dari buangan limbah pabrik industri di bidang *electroplating* di sekitar lokasi. Logam Cu biasa digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik, gelas dan zat warna yang biasa tercampur dengan logam yang lain sebagai aloi dengan Ag, Cd, Sn dan Zn. Tembaga termasuk ke dalam kelompok logam esensial, dimana dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh, sifat racunnya baru muncul dalam kadar yang tinggi (Rochayatun, dkk. 2003). Pada konsentrasi 0,01 ppm fitoplankton akan mati karena Cu menghambat aktivitas enzim dalam pembelahan sel fitoplankton. Dalam tubuh manusia Cu dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk pembentukan sel darah merah, sedangkan dalam jumlah besar dapat menyebabkan rasa yang tidak enak pada lidah dan kerusakan pada hati (Palar, 2004).

Hasil kadar tembaga selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer* 6. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari masing-masing logam tembaga yang berada di air dan juga sedimen pada Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 11.** Peta Kontur Kandungan (Cu) dalam Air di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam tembaga pada air Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,05$  mg/L yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian dan (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil dan jalan raya sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan raya dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,05$  mg/L diberi warna garis merah sekitaran (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian, (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga serta (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga.



**Gambar 12.** Peta Kontur Kandungan (Cu) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam tembaga pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 75,00$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*), (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian serta (titik 3) disekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga dan pertanian. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 75,00$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitaran (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga, (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil dan jalan raya sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan raya dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

#### 5. Besi (Fe)

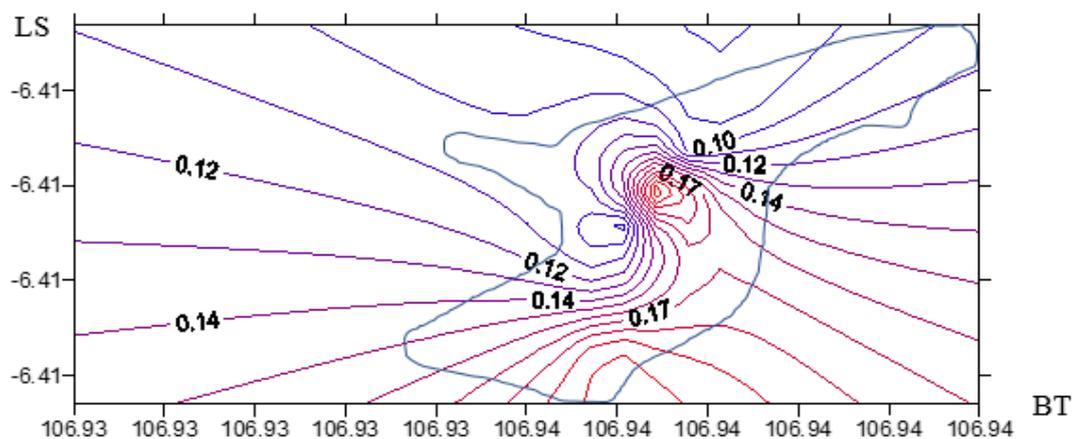
Kadar besi (Fe) dalam perairan alami berkisar antara 0,05-0,2 mg/L. Pada air tanah dalam kadar oksigen yang rendah, kadar besi dapat mencapai 10-100 mg/L, pada air hujan mengandung besi sekitar 0,05 mg/L, sedangkan pada air laut sekitar 0,01 mg/L (Effendi, 2003). Pada umumnya, besi dapat ditemukan dalam perairan dalam bentuk ion bervalensi dua ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ion bervalensi tiga ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Sedangkan dalam bentuk persenyawaan dapat berupa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , atau  $\text{FeSO}_4$  tergantung dari unsur lain yang mengikatnya. Berdasarkan hasil analisis kadar logam Fe air yang berada di Situ Tlajung Hilir masih berada dibawah ambang batas maksimal baku mutu  $\leq 0,3$  mg/L. Kadar Fe yang ada di air Situ Tlajung Hilir dapat berasal dari larutan batu-batuan yang mengandung senyawa Fe Dalam air dan sisanya telah terakumulasi dalam sedimen (Tabel 6). Besi akan tersuspensi dan berwarna kecoklatan. Suspensi yang terbentuk akan segera menggumpal dan mengendap di dasar badan air (Suciastuti dan Sutrisno, 2002). Hal ini bisa disebabkan adanya limbah industri di sekitar kawasan Situ Tlajung hilir, karena adanya kandungan logam dalam sedimen memiliki nilai yang paling tinggi dari logam yang lainnya seperti (Ba, B, Cr, Cu, Pb, Mn, Zn, As dan Se) yaitu berkisar antara 35,665 – 47,298 gr/Kg.

Tingginya kadar besi (Fe) pada sedimen ini berbanding terbalik oleh kandungan pada kolom air yang masih dibawah ambang batas baku mutu. Adanya kandungan Fe dalam sedimen, diduga karena kandungan Fe yang berasal dari beberapa sumber, yaitu selain dari tanah juga dari aktivitas manusia yang terjadi

di daratan yakni adanya buangan industri yang mengandung besi. Limbah industri berasal dari bahan pembuatan alat berat dan onderdil yang terbuat dari logam, reservoir air dari besi dan korosi pipa-pipa air mineral logam sebagai hasil elektro kimia yang terjadi pada perubahan air yang mengandung padatan larut mempunyai sifat menghantarkan listrik dan ini mempercepat terjadinya korosi (Ginting, 2007).

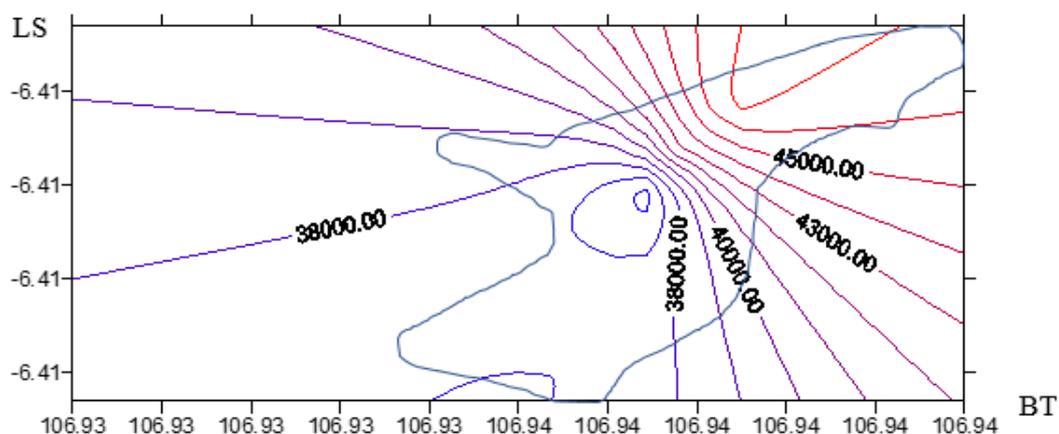
Tingginya kadar Fe dalam sedimen Situ Tlajung Hilir pada (titik 6) dekat dengan sekitar jalan raya dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai, karena adanya buangan limbah yang secara terus menerus pada jangka waktu yang lama sehingga mengendap dan kedalaman mempengaruhi banyaknya logam Fe pada sedimen. Logam besi merupakan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh untuk pembentukan hemoglobin, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun (Pratama dkk, 2012). Kelebihan zat besi dalam tubuh manusia bisa menyebabkan terjadinya muntah, kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak (Parulian, 2009).

Hasil kadar besi selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer* 6. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari masing-masing logam besi yang berada di air dan juga sedimen pada Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 13.** Peta Kontur Kandungan (Fe) dalam Air di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam besi pada air Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,12$  mg/L yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian, (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor dan (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,14$  mg/L diberi warna garis merah sekitaran (titik 1) di sekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian dan (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga.



**Gambar 14.** Peta Kontur Kandungan (Fe) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam besi pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 40.000$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) disekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian, (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian, (titik 3) disekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga serta (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 40.000$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitaran (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor dan (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

#### 6. Timbal (Pb)

Logam timbal (Pb) termasuk dalam kelompok logam yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Pb jarang ditemukan di alam dalam keadaan bebas melainkan dalam bentuk senyawa dengan molekul lain, misal

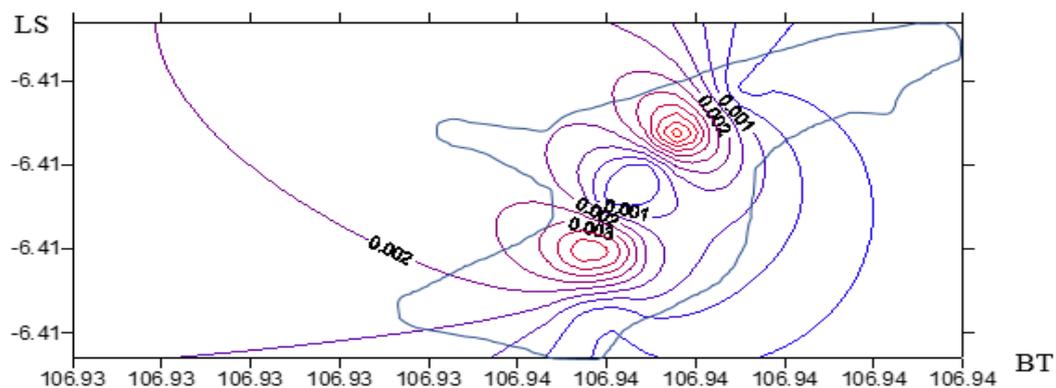
PbBr<sub>2</sub> dan PbCl<sub>2</sub>. Logam Pb di air Situ Tlajung Hilir diduga dapat masuk ke badan perairan secara alamiah dengan pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan, karena yang terdeteksi oleh ICP-OES hanya (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian dan (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor. Keduanya masih dibawah ambang batas maksimal  $\leq 1$  mg/L. Selain itu logam Pb dari proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin menjadi salah satu pencemaran Pb diperairan.

Logam Pb masuk ke perairan sebagai dampak dari aktifitas manusia dapat membentuk air buangan atau limbah dan selanjutnya akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen, Timbal dapat membentuk senyawa PbCO<sub>3</sub> yang akan mengendap pada  $\text{pH} \geq 6$  (Evanko & Dzomback, 1997). Logam Pb dalam sedimen di Situ Tlajung Hilir, diduga adanya limbah industri logam dan kendaraan sekitar. Sumber dari logam berat timbal baik yang berupa larutan maupun padatan sering ditemukan di balik batu. Ditemukan dalam bentuk sulfida yang berasal dari limbah/ buangan industri yang terkontaminasi dan kebocoran pada kolam penampungan limbah (Istarani & Pandebesie, 2014). Sumber pencemaran pb dalam limbah industri biasanya berasal dari industri agrokimia, cat, elektronika, keramik/ gelas, kayu/ kulit, kendaraan, percetakan, tekstil dan logam (Totok, 1998).

Naiknya logam Pb pada (titik 6) yang ada di sedimen Situ Tlajung Hilir, karena logam berat yang tidak larut terbawa dalam air dan mengalami proses pengenceran di kolom air akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen. Pada (titik 5) adanya pencucian mobil atau motor sehingga saat membersihkan kotoran pada kendaraan yang ada ikut terbawa oleh air dan masuk kedalam Situ Tlajung Hilir. Keduanya dekat dengan jalan raya, tingginya kadar Pb pada sedimen dititik tersebut, diduga hasil dari pembakaran yang kurang sempurna pada mesin kendaraan dapat berpengaruh karena adanya penggunaan Pb. Dalam skala yang besar dapat mengakibatkan polusi, baik di daratan maupun di perairan. Setiap Liter bensin dalam angka oktan 87 dan 98 mengandung 0,70 g senyawa Pb tetraetil dan 0,84 g tetrametil Pb. Setiap 1 liter bensin yang dibakar jika dikonversi akan mengemisikan 0,56 g Pb yang dibuang ke udara (Librawati, 2005). Timbal juga sering digunakan dalam berbagai keperluan baik dalam produk-produk

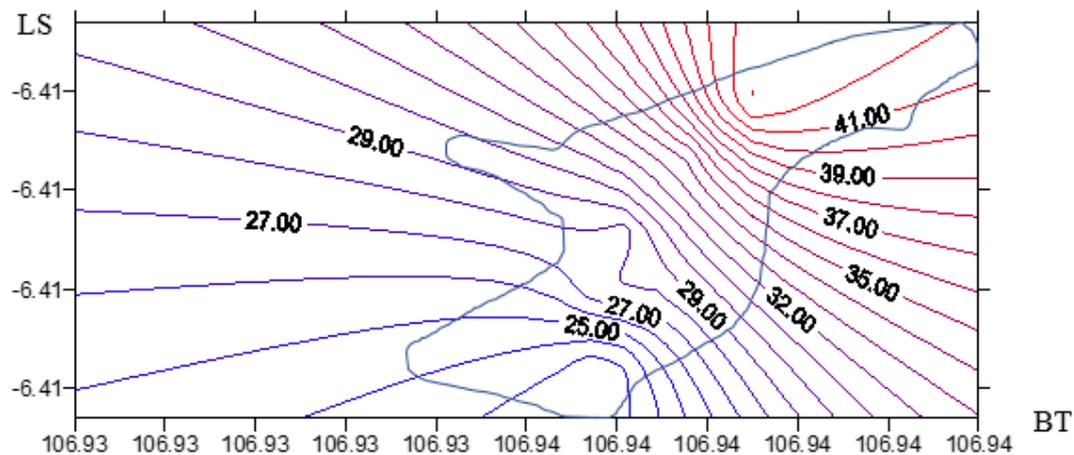
seperti pelapis kabel, pipa, solder, bahan cat serta bahan bakar kendaraan. Ciri-ciri orang yang keracunan timbal adalah pusing, kehilangan selera, sakit kepala, anemia dan keguguran kandungan. Proses penyerapan timbal melalui pernafasan diawali dari masuknya timbal ke pembuluh darah paru-paru, lalu timbal berikatan dengan darah di paru-paru yang akan diedarkan keseluruh jaringan dan organ tubuh (Palar, 2008).

Hasil kadar timbal selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer* 6. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari masing-masing logam timbal yang berada di air dan juga sedimen pada Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 15.** Peta Kontur Kandungan (Pb) dalam Air di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam timbal pada air Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,002$  mg/L yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) disekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian, (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga, (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga serta (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,002$  mg/L diberi warna garis merah sekitaran (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian serta (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor.



**Gambar 16.** Peta Kontur Kandungan (Pb) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam timbal pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 29,00$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) disekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian, (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian serta (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 29,00$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitar (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

#### 7. Mangan (Mn)

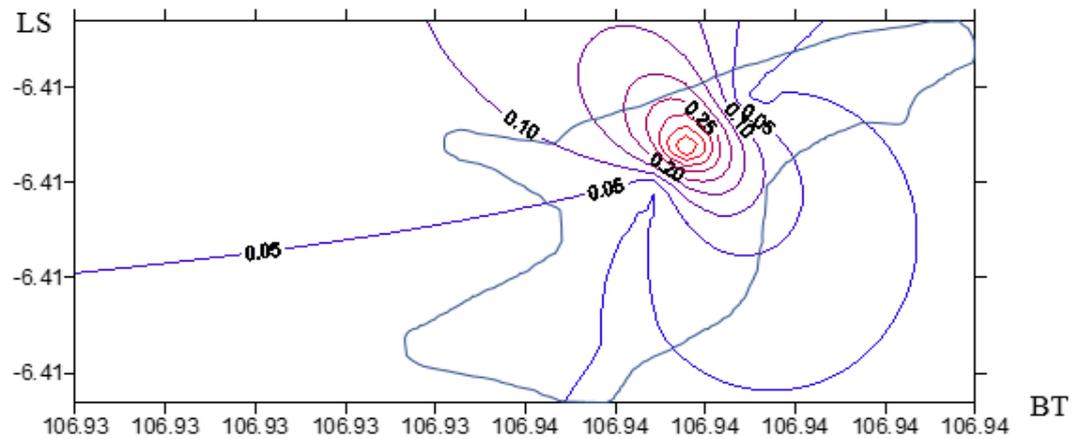
Logam mangan tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam bebas di alam, namun dapat ditemukan dalam sejumlah mineral kimia yang berbeda dengan sifat fisiknya (Andik, 2014). Mangan di dalam senyawa  $MnCO_3$ ,  $Mn(OH)_2$  mempunyai valensi dua, zat tersebut relatif sulit larut dalam air, tetapi untuk senyawa Mn seperti garam  $MnCl_2$ ,  $MnSO_4$ ,  $Mn(NO_3)_2$  mempunyai kelarutan yang besar di dalam air (Eaton, 2005). Kadar logam mangan (Mn) dalam air Situ Tlajung Hilir hanya (titik 3) disekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga dan (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor yang terdeteksi oleh ICP-OES. Beberapa titik diantaranya sudah terakumulasi yang terjadi secara terus menerus sehingga kandungan logam Mn dalam sedimen didapatkan lebih tinggi dibawah Fe (Tabel 6).

Kelebihan Mangan dalam air pada (titik 5) yaitu 0,4684 mg/L melebihi batas maksimal baku mutu air yaitu 0,1 mg/L (Tabel 5), diduga adanya buangan limbah dari sungai yang berada pada (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga, sehingga menyebar sampai (titik 5). Kelebihan mangan di air ini sebelumnya pernah terjadi pada penelitian sebelumnya pada tahun 2018 yang berada disungai hulu sebelum masuknya air kedalam Situ Tlajung Hilir dengan kadar mangan (Mn) sebesar 0,408 mg/L. Kadar mangan dalam perairan alami sekitar 0,2 mg/L. Mangan pada perairan tawar sangat bervariasi antara 0,002 mg/L hingga lebih dari 4,0 mg/L. Dalam sedimen kadar mangan pada (titik 1) dan (titik 3) mengalami kenaikan karena dekat dengan aliran sungai dari limbah industri dan domestik yang menyebar hingga (titik 2) dan (titik 4 - 6).

Pencemaran logam mangan dalam limbah domestik berasal dari bahan zat aktif didalam batu baterai yang telah habis digunakan dan dibuang ke sungai sedangkan dari industri buangan dari berbagai limbah yang berasal dari industri bahan logam, karena Mn digunakan sebagai campuran logam dan bisa menghasilkan logam yang mudah dibentuk, meningkatkan kualitas kekuatan logam, kekerasan dan ketahanan. 90% Mn digunakan dengan tujuan metalurgi untuk produksi besi baja sedangkan untuk nonmetalurgi digunakan untuk membuat keramik dan gelas serta bahan kimia (Widowati, 2008). Mangan juga digunakan dalam industri pigmen, las, pupuk, pestisida, elektronik, baterai, cat dan zat tambahan pada makanan. Kelebihan Mn dapat menimbulkan warna atau noda, bau dan pembentukan karat. Mangan termasuk logam yang sangat rapuh dan mudah teroksidasi serta memiliki sifat yang paramagnetik. Mangan dapat bersifat racun terhadap alat pernapasan dan otak. Paparan mangan dalam dosis tinggi menyebabkan kegemukan, penggumpalan darah, gangguan kulit, gangguan system saraf dan perubahan warna rambut (Widowati, dkk 2008).

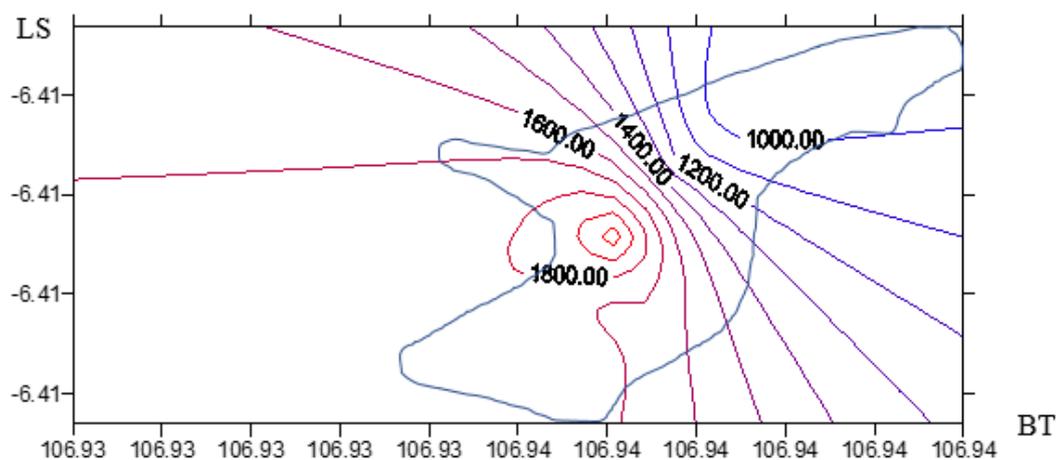
Hasil kadar mangan selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer* 6. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta

kontur dari masing-masing logam mangan yang berada di air dan juga sedimen pada Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 17.** Peta Kontur Kandungan (Mn) dalam Air di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam mangan pada air Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,20$  mg/L yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sampai (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga serta (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,20$  mg/L diberi warna garis merah sekitaran (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor.



**Gambar 18.** Peta Kontur Kandungan (Mn) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam mangan pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 1.400$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 1.400$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sampai (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga.

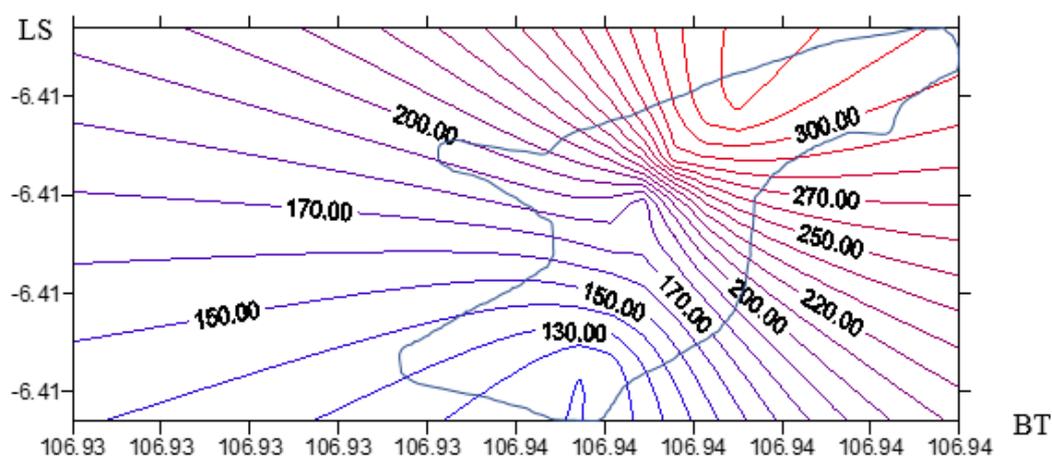
#### 8. Seng (Zn)

Logam seng (Zn) merupakan unsur essential bagi semua hewan, tumbuhan dan juga manusia. Logam Zn pada perairan Situ Tlajung Hilir tidak ditemukan dalam ICP-OES, tetapi ada dalam sedimen (Tabel 6). Adanya kandungan Zn dalam sedimen Situ Tlajung Hilir dapat terjadi dari limbah industri *electroplating* sekitar sebagai logam campuran, farmasi dan perkampungan memberikan kontribusi berbagai jenis polutan yang terbawa arus aliran sungai kedalam Situ Tlajung Hilir dan mengalami proses pengendapan bersama lumpur. Dampak negatif dari pabrik logam disekitar lokasi salah satunya adalah limbah hasil produksi, karena pabrik sering memanfaatkan sungai sebagai saran untuk membuang limbah yang dihasilkan. Zn dapat ditemukan dalam suatu pertambangan logam, sebagai bentuk sulfida. Seng dan beberapa bentuk senyawa digunakan dalam produksi logam campuran, seperti perunggu, loyang dan kuningan. Selain itu sering digunakan dalam industri agrokimia, cat, farmasi, karet, kayu/ kulit, kendaraan, tekstil, minyak, logam, *electroplating* (Ardianto 1998).

Meningkatnya logam Zn di Situ Tlajung Hilir pada (titik 3) akibat aktifitas masyarakat yang menyebabkan logam Zn meningkat yang dimana titik tersebut dekat sungai, tempat pembuangan limbah cair maupun limbah padat dari masyarakat pinggiran sungai, banyaknya bahan buangan organik dan anorganik baik yang mengandung unsur seng atau tidak. Hal ini sejalan dengan penelitian yang mengemukakan bahwa pencemaran air oleh sampah organik maupun anorganik serta limbah domestik yang mengandung senyawa terlarut dan tersuspensi berupa seng (Zn) dan besi (Fe) (Widowati 2008). Tingginya kadar Zn

dalam sedimen pada (titik 6), karena titik terjauh sehingga aliran sungai dari (titik 1 dan 3) yang memasuki Situ Tlajung Hilir secara terus menerus menyebar sampai (titik 6) dalam jangka waktu yang lama kemudian menumpuk di dasar dengan kedalaman 3,5 meter. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu sulit didegradasi sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai, dapat terakumulasi seperti ikan (Anggraini 2007). Pada akhirnya sampai kepada manusia melalui rantai makanan. Zn bersifat racun dalam kadar tinggi, tetapi dalam kadar rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai ko-enzim (Tarigan *et al.* 2003). Pada manusia adanya logam Zn dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap manusia yang mengkonsumsinya, walaupun seng merupakan logam yang dibutuhkan oleh tubuh namun berbahaya jika melebihi ambang batas dan dapat menimbulkan rasa kesat pada air, gejala muntaber dan hambatan pertumbuhan anak (Effendi, 2003).

Hasil kadar seng selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer 6*. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari logam seng yang berada di sedimen Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 19.** Peta Kontur Kandungan (Zn) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam seng pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik

terendah  $\leq 170,00$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sampai (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 170,00$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitar (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai.

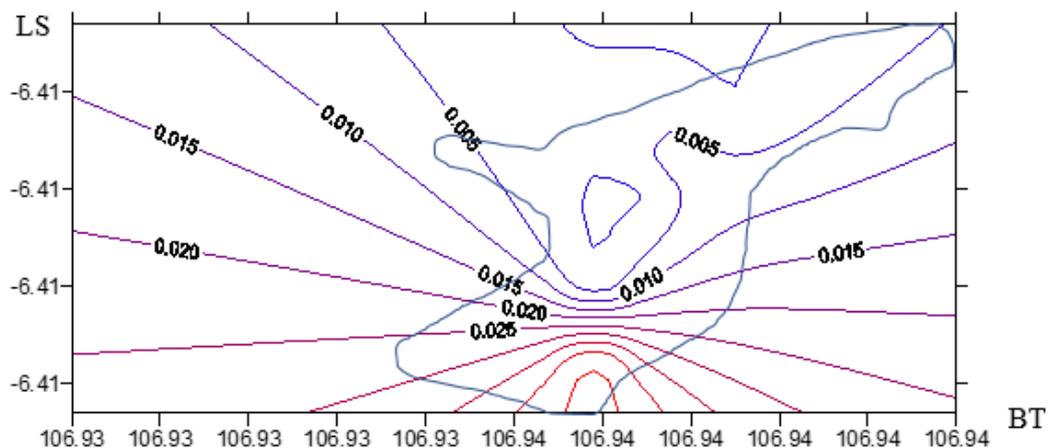
#### 9. Arsen (As)

Logam arsen (As) merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemar yang dapat merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Arsen elemental didapat dalam jumlah sangat terbatas dan arsen terdapat bersama-sama Cu, arsen diperbolehkan dalam air paling banyak sebesar 0,05 mg/L. Masuknya logam arsen kedalam (titik 1) di sekitar masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian serta (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor dapat disebabkan secara alami. Kondisi alami terlepasnya logam berat di lingkungan akibat adanya pelapukan sedimen akibat cuaca dan erosi. Hasil dari keduanya masih dibawah baku mutu air yaitu  $\leq 0,05$  mg/L kelas I PP no 82 tahun 2001 (Tabel 5). Sisa dari logam As di Situ Tlajung Hilir sudah terakumulasi dalam sedimen (Tabel 6).

Arsen dalam air terbagi dalam 2 bentuk, yaitu bentuk tereduksi dalam kondisi anaerobik, sering disebut arsenit. Bentuk lainnya adalah bentuk teroksidasi, terjadi pada kondisi aerobik, umum disebut sebagai arsenat (Istarani & pandebesie, 2014). As dalam sedimen Situ Tlajung Hilir, diduga berasal dari pertanian, peternakan dan industri. Pestisida atau fungisida yang berasal dari sisa kegiatan pertanian atau sisa dari pakan ternak yang mengandung bahan kimiawi. Hal ini berkaitan dengan kontaminasi arsen merupakan dari proses alami geologi dan merupakan buangan dari manusia yang merupakan hasil dari kegiatan pertambangan, peternakan, industri dan pertanian. Pada industri, logam As digunakan untuk campuran logam Pb dalam pembuatan partikel bundar berukuran pasir dan insektisida berbentuk arsenat Ca dan Pb. As putih ( $As_2O_3$ ) biasanya digunakan untuk membasmi rumput liar, sementara senyawa arsenik tertentu dimanfaatkan dalam peleburan gelas, pengawet kayu, bahan pencelup, obat-obatan dan bahan kimia. Arsenik dikenal karsinogen atau dapat menyebabkan

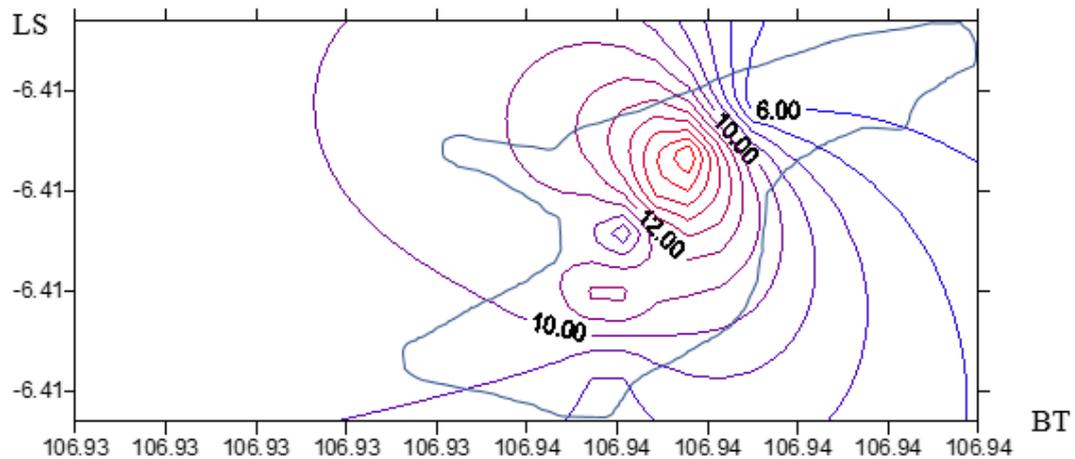
kanker. Berbagai dampak diantaranya pigmentasi kulit, ganggren dan keratosis, kanker paru, pembengkakan otak dan kerusakan jantung (Kiddee dkk., 2013).

Hasil kadar arsen selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer 6*. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari masing-masing logam arsen yang berada di air dan juga sedimen pada Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 20.** Peta Kontur Kandungan (As) dalam Air di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam arsen pada air Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,015$  mg/L yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian sampai (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,015$  mg/L diberi warna garis merah sekitar (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian.



**Gambar 21.** Peta Kontur Kandungan (As) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

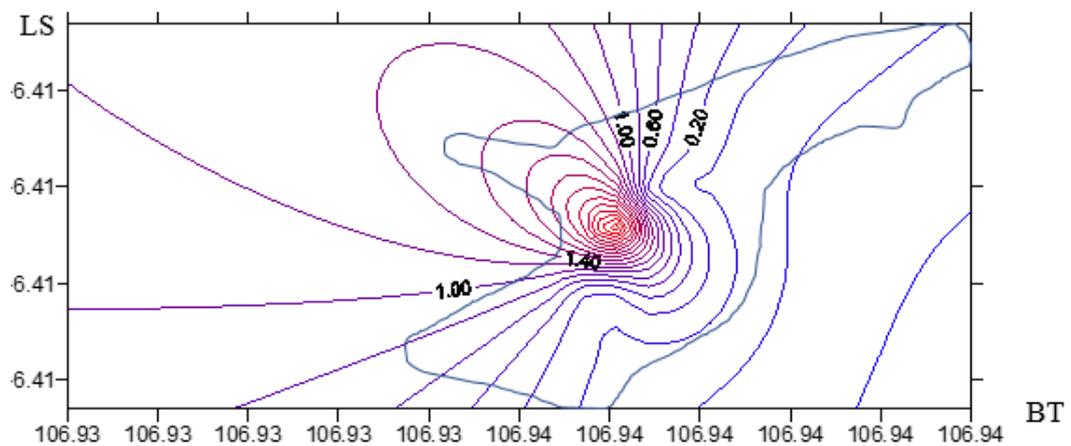
Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam arsen pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 10,00$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian dan (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 10,00$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitar (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian sampai (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor.

#### 10. Seleneium (Se)

Logam selenium (Se) adalah logam berat yang berbau bawang putih, keberadaannya didapat bersama- sama Cu. Keberadan logam Se pada air Situ Tlajung tidak ditemukan, tetapi dibeberapa titik ditemukan dalam sedimen (Tabel 6) yaitu pada (titik 3) di sekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga serta (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor. Adanya logam Se dalam sedimen karena adanya limbah domestik (titik 3) dan (titik 5). Hal ini berkaitan dengan Se dapat diperoleh dari jagung, ikan, bawang putih, bawang merah dan brokoli (Best, 2004). Selenium juga didapat pada industri seperti gelas, kimia, plastik, dan semikonduktor. Se unsur yang sangat penting mendukung kesehatan manusia. Mineral Se sangat dibutuhkan untuk pembentukan protein, berperan dalam proses metabolisme dan pertumbuhan dalam manusia. Mineral ini membantu meningkatkan efektivitas vitamin E dan

sebagai antioksidan yang mampu melindungi sel dari radikal bebas, yang mempercepat proses penuaan (Best, 2004). Dalam dosis besar Se dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal, hati dan kerontokan rambut. Bila pemaparan berlanjut, maka dapat terjadi gejala kerusakan pada sistem syaraf pusat dan kematian (Dietz *et al.*, 2000).

Hasil kadar selenium selanjutnya digambarkan pemetaan pola sebaran logam berdasarkan koordinat yang telah diperoleh dari ketika *survey* di lokasi penelitian dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) dan data hasil pengujian sampel di laboratorium. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan paket program *surfer 6*. Berikut bentuk pola sebaran logam yang digambarkan dalam bentuk peta kontur dari logam selenium yang berada di sedimen Situ Tlajung Hilir.



**Gambar 22.** Peta Kontur Kandungan (Se) dalam Sedimen di Situ Tlajung Hilir

Dari peta tersebut dapat digambarkan bahwa kadar logam selenium pada sedimen Situ Tlajung Hilir tertinggi atau terendah. Pada sebaran logam titik terendah  $\leq 0,20$  mg/Kg yang diberi warna garis biru yaitu sekitaran (titik 1) dekat dengan masuknya air sungai (*inlet*) dan pertanian sampai (titik 2) dekat sekitar pemancingan ikan dan pertanian serta (titik 6) dekat dengan sekitar jalan dan keluarnya (*outlet*) air Situ Tlajung Hilir ke sungai. Hasil sebaran logam titik tertinggi  $\geq 0,20$  mg/Kg diberi warna garis merah sekitar (titik 3) disekitar masuknya aliran sungai dan rumah warga, (titik 4) dekat dengan sekitar pemancingan ikan dan rumah warga serta (titik 5) dekat dengan sekitar pencucian kendaraan mobil atau motor.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Hasil uji kadar logam di Situ Tlajung Hilir yang teridentifikasi dalam air adalah B, Cu, Fe, Pb, Mn dan As (Tabel 5). Beberapa titik diantaranya melebihi baku mutu air kelas IV PP No 82 Tahun 2001 seperti Cu pada (titik 4) yaitu  $0,2035 \text{ mg/L} \geq 0,2 \text{ mg/L}$  dan Mn pada (titik 5) yaitu  $0,4684 \text{ mg/L} \geq 0,1 \text{ mg/L}$ . Dalam sedimen logam yang teridentifikasi adalah Ba, B, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, Zn, As dan Se (Tabel 6). Kadar logam dalam sedimen yang paling tinggi adalah Besi (Fe) berkisar antara  $35,665 - 47,298 \text{ gr/Kg}$ .
2. Penyebaran logam yang paling banyak ditemukan dalam air adalah titik (5) sekitaran pencucian kendaraan mobil / motor seperti B, Cu, Fe, Pb, Mn dan As. Hasil logam tersebut masih  $\leq$  baku mutu air kecuali Mn. Dalam sedimen yang paling tinggi dan banyak ditemukan adalah titik (6) sekitaran *outlet* air Situ Tlajung Hilir ke sungai seperti Ba, B, Cr, Cu, Fe, Pb, dan Zn.

#### **5.2. Saran**

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan parameter yang lainnya. Dalam menentukan kualitas air di Situ Tlajung Hilir menurut baku mutu air PP No 82 Tahun 2001, baik itu secara fisika, kimia dan mikrobiologi.
2. Diperlukan monitoring dan evaluasi terhadap kondisi perairan yang ada di sekitar masyarakat sebagai salah satu upaya untuk mencegah terjadinya pencemaran terhadap logam, terutama logam berat dan memaksimalkan pelestarian aliran sungai bagian hulu sehingga kontinuitas aliran tidak tercemar berat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Z. 2005. Analisis Kadar Logam Kadmium ( $Cd^{2+}$ ) Dari Kerang yang Diperoleh Dari Daerah Belawan Secara Spektrofotometer Serapan Atom. *Jurnal Sains Kimia*. 9(2): 73-76.
- Andik, S. 2014. Studi Kadar Mangan (Mn) pada Air Sumur Gali di Desa Karangnunggal Kecamatan Karangnunggal Kabupaten Tasikmalaya. *Jurnal Kesehatan Komunitas Indonesia*. 10(1): 974.
- Anggraini, D. 2007. Analisa Kadar Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn Pada Air Laut, Sedimen dan Loran (Geloina Coaxans) Di Perairan Pesisir Dumai, Provinsi Riau. (online). <http://heavymetals-contens-analysis> Pb, Cu, Cd, Zn an sea water.
- Arikunto, Suharsimi, (2003) *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*, Jakarta: Rineka Cipta.
- Badan Standar Nasional. 2008. *SNI 6989.57:2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. 1989. *SNI 0429.19:2008. Tentang Petunjuk Pengambilan Contoh Cairan dan Semi Padat*. Jakarta: BSN.
- Badan Standar Nasional. 2004. *SNI 7016.03:2004 Tentang Tata Cara Pengambilan Contoh Dalam Rangka Pemantauan Kualitas Air Pada Suatu Daerah Pengaliran Sungai*. Jakarta: BSN.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: BPT.
- Best, B. 2004. Selenium: AntiOxidant, Anti-Carcinogen, and Immune 2007.
- Begum, A., Krishna, H., Irfanulla, K., (2009a), Analysis of Heavy metals in Water, Sediments and Fish samples of Madivala Lakes of Bangalore, Karnataka. *International Journal of ChemTech Research*. 1(2): 245-249.
- Boss, Cand K, Fredeen. 2004. *Concept, Instrumentation and techniques in inductively coupled Plasma Opyimal Emission Spectrometry. Third Edition*. USA: Perkin Elmer.
- Chen, C. W., Chen, C. F., & Dong, C. D. 2012. Contamination and Potential Ecological of Mercury in Sediments of Kaohsiung River Mouth. *Taiwan International Journal of Envitonmental Science and Development*. 3(1): 66-71.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Serta Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Dietz R., F. Riget & E. W. Born. 200. An assessment of selenium to mercury in Greenland marine mammals. *The Science of the total environment*. 245: 15-24.

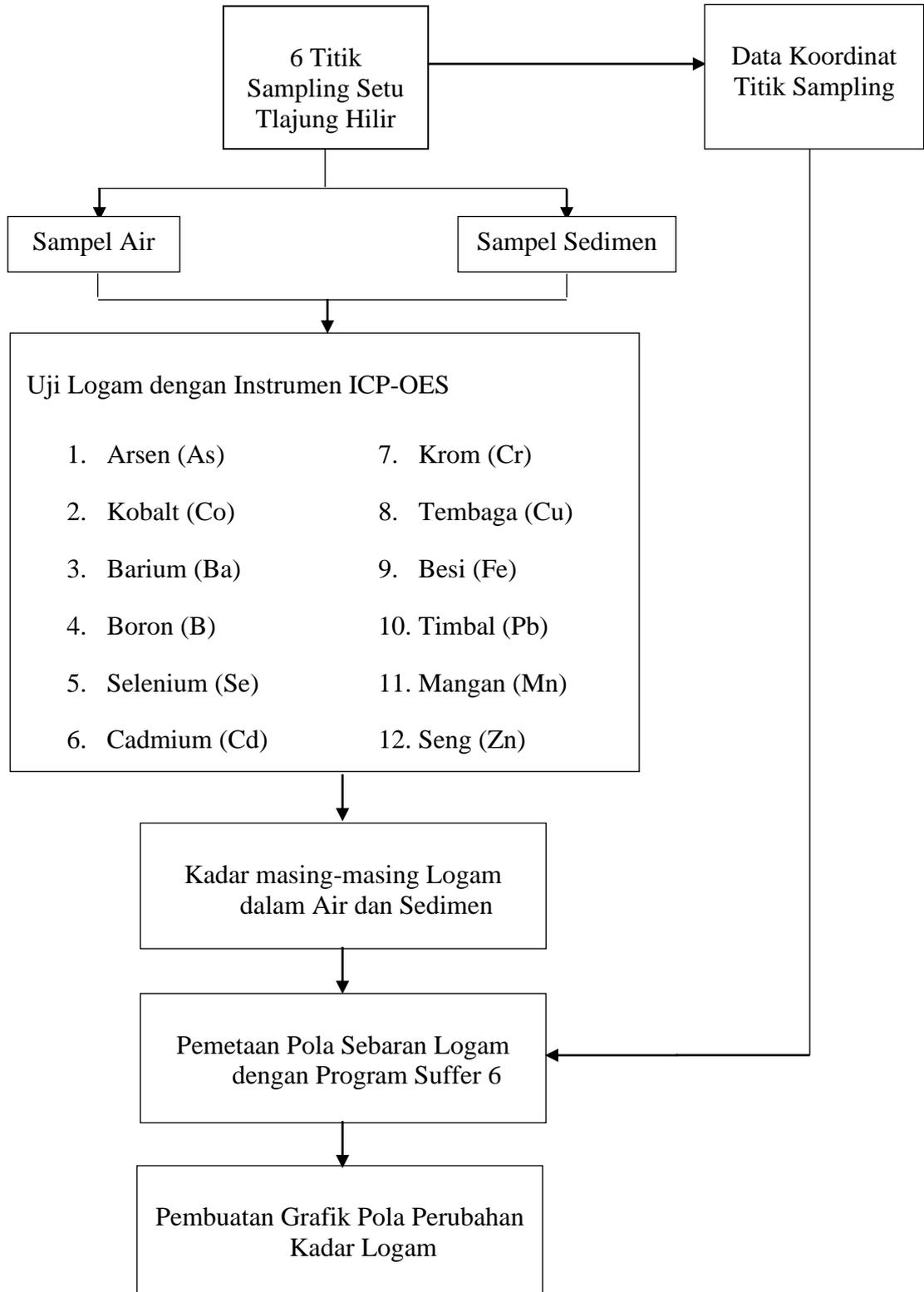
- Eaton, Andrew. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21st Edition*. Marryland – USA: American Public Health Association.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- EPA. 1996. *Method 3050B Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils Revision 2*. Washington DC: EPAgov.
- EPA. 1996. *Method 3050A for water SW-846*, Washington DC: EPAgov.
- EPA. 2012. *Standards Methods for water and waste water 22<sup>nd</sup> Edition APHA 2012 Method 3030E*. Washington DC: EPAgov.
- Evanko, C.R. dan Dzomback, (1997). *Remediation of Metals-Contaminated Soil and Groundwater, Ground-water Remediation Technologies Analysis Center. Departmen of Civil and Environmental Engineering*. Pittsburg: Carnegie Mellon University.
- Fardiaz S. 2005. *Polusi air dan udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fernanda, L. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut. *Skripsi*. Depok: FMIPA UI.
- Garrison, T. 2006. *Essentials of Oceanography*. 4ed. Thomson Learning,
- Ghufran, M., H. Kordi K., dan Andi Baso Tancung. 2007. *Pengelolaan Kualias Air*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Ginting, Ir. Perdana. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri, Cetakan pertama*. Bandung: Yrama Widya.
- Housecroft, E. Chaterine, sharpe and G. Alan. 2005. *Inorganic Chemistry 2nd Edition*. England: Ashford Colour Press Ltd.
- Hutagalung, H & Jack Manik. 2002. *Kandungan logam dalam air, dan sedimen diperairan muara Sungai Digu; dan Arafura. Jurnal Pesisir dan Pantai Indonesia VII. Pusat Penelitian Oseanologi*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Istarani, Festri dan Pandebesie, Ellina S. 2014. Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan. *Jurnal Teknik Pomits*. 3 (1): 2337-3539.
- Kabata-Pendias, A. dan Pendias, H. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants. Third Edition*. Florida: CRC Press LLC. Boca Raton.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2004. *Keputusan Menteri KLH No.51/2004 Tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biodata Laut*. KLH, Jakarta.
- Kiddee, P., Naidu, R., dan Wong, M.H, 2013. Electronic waste management approaches: An Overview. *Waste Management*. 33: 1237-1250.
- Librawati, T.P, 2005. Analisis Cemar Pb pada bawang daun (*allium fistulosum* L) di daerah Dieng Wonosobo. *Skripsi*. Purwokerto: Fakultas Biologi Unsoed

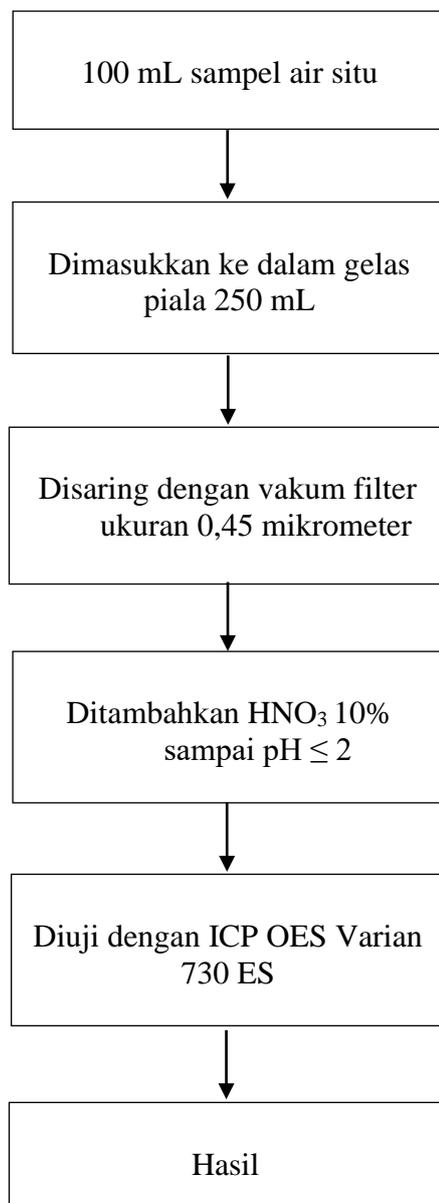
- Liu, CF., Ren, JL., Xu, F., Liu, JJ., Sun, JJ. & Sun, RC. 2006. Isolation and Characterization of Cellulose Obtained From Ultrasonic Irradiated Sugarcane Bagasse. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 54 (16): 5742- 5749.
- Lu, F. C. 2006. *Toksikologi Dasar: asas, organ sasaran, dan penilaian resiko*. Penerjemah; Edi Nugroho; Pendamping Zunilda S. Bustami, Iwan Darmansyah. Jakarta: UI-Press.
- Manik, K.E.S. 2007. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Penerbit Djambatan. Jakarta: UI-Press.
- Markus, T. L. 2009. Proses Bioakumulasi dan Biotransfer Merkuri (Hg) Pada Organisme Perairan di Dalam Wadah Terkontrol. *Jurnal Matematika dan Sains*, 14 (3): 89-95.
- Mudarisin, 2004. *Tesis Strategi Pengendalian Pencemaran Sungai (Studi Kasus Sungai Cipinang Jakarta Timur)*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Naria, E., 2005. Mewaspadaai Dampak Pencemar Timbal (Pb) Di Lingkungan Terhadap Kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian*. 17 (4): 69-70.
- Palar, H., 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Palar, H., 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Palar, H., 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Parulian, A., 2009. *Monitoring dan Analisis Kadar Aluminium (Al) dan Besi (Fe) pada Pengolahan Air Minum PDAM Tirtanadi Sunggal*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Putra JA. 2006. Bioremoval, Metode Alternative Untuk Mengangani Pencemaran Logam Berat. *Skripsi*. Depok: FMIPA UI.
- Pratama, G. A., Pribadi, R., & Maslukah. L., 2012. Kandungan logam berat Pb dan Fe pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di sungai Tapak kelurahan Tugurejo kecamatan Tugu Kota Semarang. *Jurnal of Marine Research*. 1 (1): 133-137.
- Ridhowati, S., 2003. *Mengenal Pencemaran Ragam Logam*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Rinawati, R, Supriyanto., Widya S. Dewi. 2008. Profil Logam Berat (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb dan Zn) Di Perairan Sungai Kuripan Menggunakan ICP OES. *Jurnal*. Lampung: Universitas Lampung.
- Saeed, S.M., I.M. Shakeer, 2008. *Assessment of Heavy Metals Pollution in Water and Sediments And Their Effect on Oreochromis Niloticus In The Northern Delta Lakes*. Egypt: International Symposium On Tilapia In Aquaculture.
- Scalon, J, Cassar, A, Nemes, N. 2004. *Water as Human Right*. USA: IUCN. Environmental Policy and Law Paper.
- Shrivasa, K. S., Patel, K., Brandt, R., Jakubowski, N., Corns, W., Hoffmann, P. Arsenic Contamination in Water, Soil, Sediment and Rice of Central India. *Environmental Geochemistry and Health*. 27 (5): 131-145.

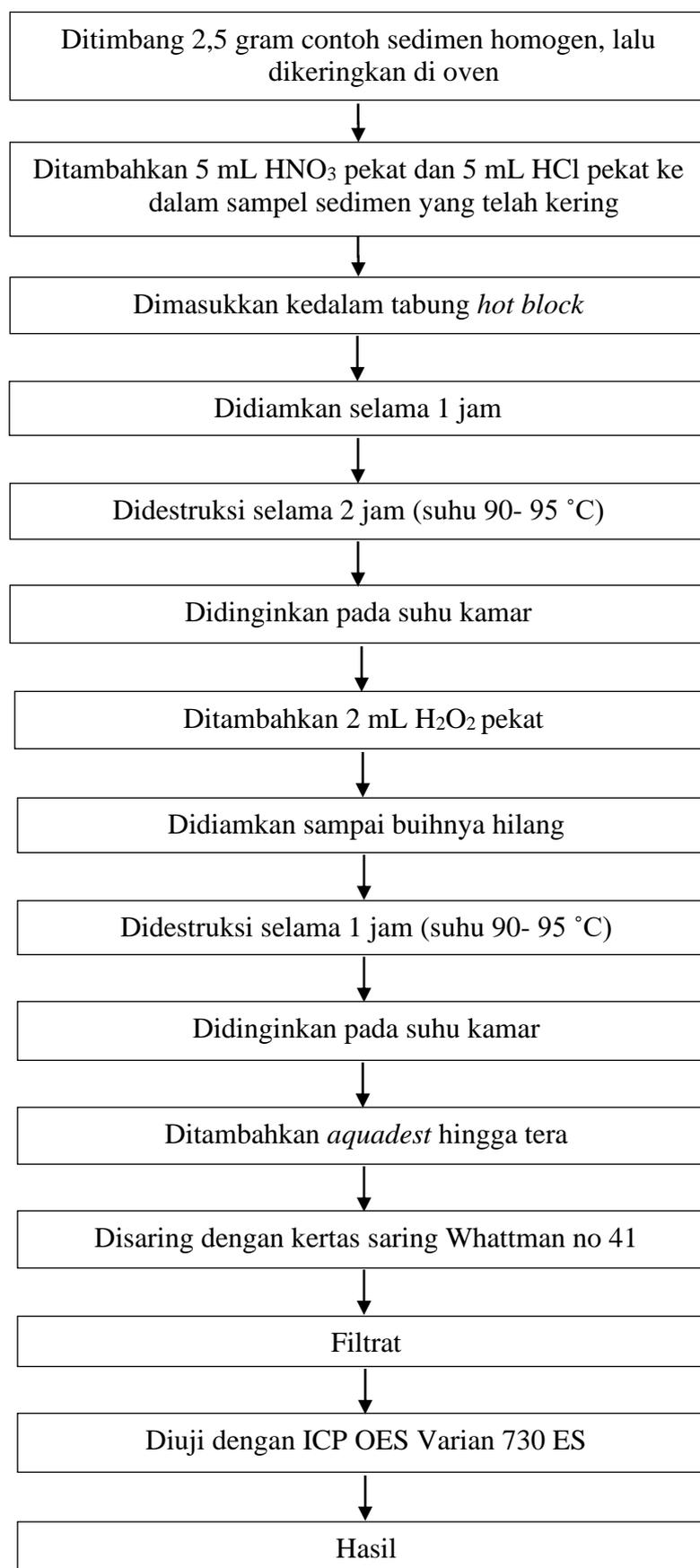
- Sihite, M.H. 2015. *Analisis Kandungan Timbal pada Lipstik Impor dan Dalam Negeri serta Tingkat Pengetahuan Konsumen Serta Tingkat Pengetahuan Konsumen dan Pedagang terhadap Lipstik yang Beredar di Pasar Petisah Kota Medan Tahun 2015*. Medan: USU Repository.
- Singh, S., C.S. Raina., A.S. Bawa and D.C. Saxena, 2005. Effect of heat-moisture treatment and acid modification on rheological, textural and differential scanning calorimetry characteristics of sweetpotato starch. *Journal of Food Science*. 70 (6): E373- E378.
- Sofia, Y., Tontowi, dan S. Rahayu. 2010. Penelitian Pengolahan Air Sungai Yang Tercemar Oleh Bahan Organik. *Jurnal Sumber Daya Air*. (6) 145- 160.
- Suciastuti, E., & Sutrisno, C. T. 2002. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Sugiyono, 2008. *Metode Penelitian Bisnis*. Alfabeta: Bandung.
- Suriawiria, U., 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. Bandung: PT. Alumnus.
- Suseno, H., & Panggabean, S. M. 2007. Merkuri: Spesiasi dan bioakumulasi pada biota laut. *Waste Management Technology*, 10 (1), 66-71.
- Susilawati. 2009. Studi biosorpsi ion logam Cd (II) oleh biomassa alga hijau yang diimobilisasi pada silika gel. *Skripsi*. Depok: FMIPA UI.
- Tarigan, M.S dan Edward. 2003. *Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) di Perairan Raha Sulawesi Tenggara*. Jakarta: Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia..
- Tatangindatu, F., O. Kalesaran dan R. Rompas. 2013. Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Budidaya Perairan* 1(2): 8-19.
- Totok Adiarso, Msi, 1998. *Teknik Penanganan logam Berat Secara Kimia*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- USEPA. 2004. *Major contaminants of sediments*. Washington DC: EPA.gov.
- Vijayaraghavan, K., K. Palanivelu, and M. Velan. 2006. Biosorption of copper (II) and cobalt (II) from aqueous solutions by crab shell particles. *Bioresource Technology*. 97 (12): 1411–1419.
- Wardhana, Wisnu, 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan (Edisi Revisi)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wibawa, A., 2008. Prinsip Kerja Inductively Coupled Plasma, *Makalah Ilmiah*. Jakarta: Departemen Kimia UI.
- Widowati, Astiana Sastiono dan Raymond Jusuf. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: C. V Andi Offset.
- Wiryo., 2013. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Bengkulu: Pertelon Media.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian



**Lampiran 2.** Bagan Kerja Analisis Sampel Air

**Lampiran 3.** Bagan Kerja Analisis Sampel Sedimen

#### Lampiran 4. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

### PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 82 TAHUN 2001 TANGGAL 14 DESEMBER 2001

#### TENTANG

#### PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

##### Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETEGORIAN
		I	II	III	IV	
<b>FISIKA</b>						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi Tempertur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L

<b>KIMIA ANORGANIK</b>						
ph		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO 3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	

NH3-N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu $\leq 1$ mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe $\leq 5$ mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn $\leq 5$ mg/L
Klorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	

Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO <sub>2</sub> -N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	
<b>MIKROBIOLOGI</b>						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
<b>RADIOAKTIVITAS</b>						
Gross - A	bg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/L	1	1	1	1	
<b>KIMIA ORGANIK</b>						
Minyak dan Lemak	ug/L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/L	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	ug/L					
BHC	ug/L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/L	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/L	18	(-)	(-)	(-)	
	ug/L					
Lindane	ug/L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyctor	ug/L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/L	5	(-)	(-)	(-)	

### Lampiran 5. Pembuatan Deret Standar

1. Pembuatan Larutan Standar multi-elemen IV (Co, Ba, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, dan Zn) 1000 ppm menjadi 100 ppm

Pipet larutan standar 1000 ppm sebanyak 10 ml ke dalam masing-masing labu takar 100 ml, kemudian tambahkan hingga tanda batas dengan HNO<sub>3</sub> 1%.

Contoh Perhitungan:

Pengenceran 1000 ppm menjadi 100 ppm.

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 = 100 \times 100$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

2. Pembuatan Larutan Standar multi-elemen XIV dan IV (As, Se, Co, Ba, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn, dan Zn) 100 ppm menjadi 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 dan 10,0 ppm.

Pipet larutan standar 100 ppm sebanyak 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 dan 10,0 mL ke dalam masing-masing labu takar 100 ml, kemudian tambahkan hingga tanda batas dengan HNO<sub>3</sub> 1%.

Contoh Perhitungan:

Pengenceran 100 ppm menjadi 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 dan 10,0 ppm.

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 = 100 \times 0,5$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

Keterangan:

$V_1$  = Volume larutan yang diambil

$M_1$  = Konsentrasi larutan yang diencerkan

$V_2$  = Volum larutan hasil pengenceran

$M_2$  = Konsentrasi larutan hasil pengenceran

**Lampiran 6.** Data Penimbangan Sampel Sedimen

Titik Sampel	Berat Sampel (g)	Berat Cawan (g)	Cawan + Sampel Basah (g)	Cawan + Sampel kering I (g)	Cawan + Sampel kering II (g)	Berat Sampel Kering (g)
1	2,5643	0,4893	3,0091	1,5779	1,5780	1,0887
2	2,5219	0,5195	3,0548	1,5538	1,5537	1,0342
3	2,5572	0,5249	3,0856	1,6128	1,6129	1,0880
4	2,5169	0,5165	3,1595	1,6030	1,6029	1,0864
5	2,5662	0,4851	3,0007	1,1785	1,1784	0,6933
6	2,5829	0,4945	3,0113	1,0683	1,0685	0,5740

Contoh Perhitungan Berat Sampel Kering:

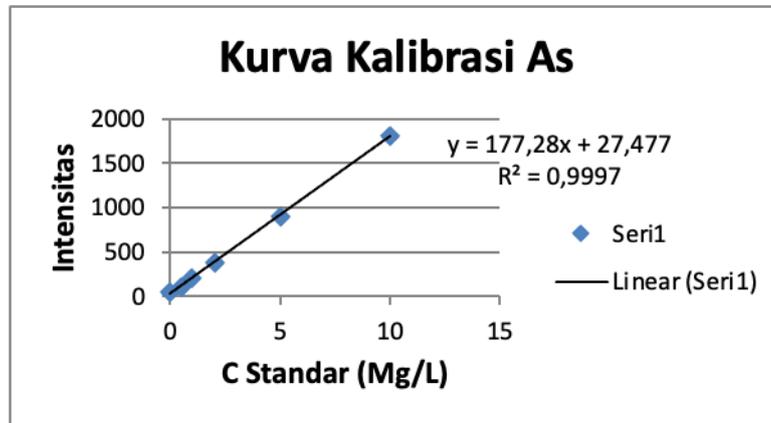
Berat Sampel Kering = Cawan + Sampel kering (g) - Berat Cawan (g)

Berat Sampel Kering = 1,5780 g - 0,4893 g

Berat Sampel Kering = 1,0887 g

## Lampiran 7. Kurva Kalibrasi Standar dengan Data Sedimen dan Air

### 1. Standar Logam Arsen (As)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	44,5
0,5	106,1
1	205,9
2	382,0
5	896,9
10	1809,2

Correlation Coefficient: 0,999835

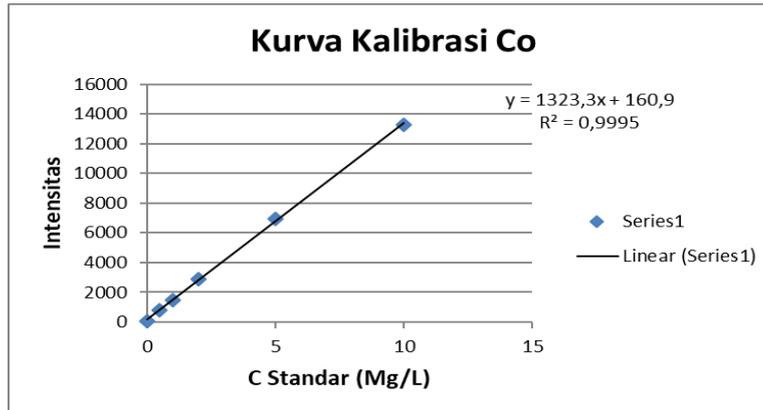
Curve Coefficient 1: 27,473

Curve Coefficient 2: 177,285

Blank Offset: 27,5

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Arsen (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	0,1868		0,1695	50	1	7,78
		2	0,1521					
		1		0,0434	0,0465			
		2		0,0496				
Titik 2	1,0342	1	0,2829		0,2736	50	1	13,23
		2	0,2643					
		1		-0,0799	-0,0776			
		2		-0,0752				
Titik 3	1,0880	1	0,1893		0,1764	50	1	8,11
		2	0,1635					
		1		-0,1480	-0,1211			
		2		-0,0941				
Titik 4	1,0342	1	0,3579		0,3429	50	1	15,78
		2	0,3279					
		1		-0,0937	-0,0976			
		2		-0,1016				
Titik 5	0,6933	1	0,2540		0,2512	50	1	18,12
		2	0,2483					
		1		0,0087	0,0078			
		2		0,0069				
Titik 6	0,5740	1	0,0679		0,0621	50	1	5,41
		2	0,0562					
		1		-0,1801	-0,1668			
		2		-0,1535				

## 2. Standar Logam Cobalt (Co)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	58,1
0,5	766,2
1	1496,2
2	2880,0
5	6952,8
10	13293,7

Correlation Coefficient: 0,999766

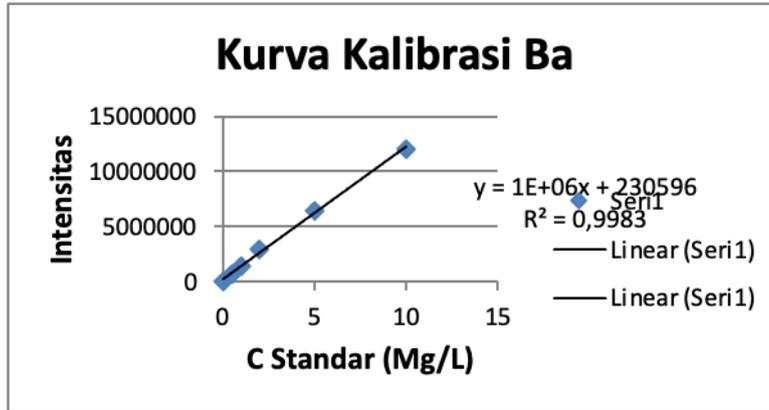
Curve Coefficient 1: 160,882

Curve Coefficient 2: 1323,334

Blank Offset: 160,9

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Cobalt (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	-0,2070		-0,2039	50	1	-9,36
		2	-0,2009					
		1		-0,0878	-0,0876			
		2		-0,0874				
Titik 2	1,0342	1	-0,1965		-0,1964	50	1	-9,49
		2	-0,1962					
		1		-0,1080	-0,1002			
		2		-0,0923				
Titik 3	1,0880	1	-0,1340		-0,1358	50	1	-6,24
		2	-0,1376					
		1		-0,0828	-0,0842			
		2		-0,0856				
Titik 4	1,0342	1	-0,1111		-0,1037	50	1	-4,77
		2	-0,0963					
		1		-0,0961	-0,0941			
		2		-0,0920				
Titik 5	0,6933	1	-0,1151		-0,1156	50	1	-8,34
		2	-0,1162					
		1		-0,0818	-0,0838			
		2		-0,0858				
Titik 6	0,5740	1	-0,1127		-0,1113	50	1	-9,69
		2	-0,1099					
		1		-0,0784	-0,0796			
		2		-0,0808				

## 3. Standar Logam Barium (Ba)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	1102,0
0,5	736345,2
1	1461322,5
2	2882851,8
5	6411672,0
10	12093544,0

Correlation Coefficient: 0,999159

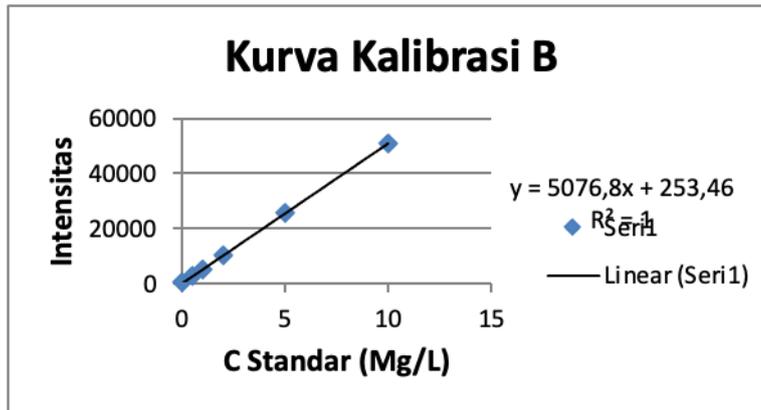
Curve Coefficient 1: 230595,578

Curve Coefficient 2: 1200176,375

Blank Offset: 230595,6

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Barium (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	3,7856		3,8522	50	1	176,91
		2	3,9188					
		1		-0,0914	-0,0963			
		2		-0,1012				
Titik 2	1,0342	1	3,7412		3,7004	50	1	178,90
		2	3,6596					
		1		-0,1058	-0,1049			
		2		-0,1041				
Titik 3	1,0880	1	3,9127		3,9157	50	1	179,95
		2	3,9187					
		1		-0,1103	-0,1143			
		2		-0,1184				
Titik 4	1,0342	1	3,7637		3,7275	50	1	171,55
		2	3,6913					
		1		-0,1234	-0,1270			
		2		-0,1305				
Titik 5	0,6933	1	2,9153		2,8870	50	1	208,21
		2	2,8588					
		1		-0,0803	-0,0832			
		2		-0,0862				
Titik 6	0,5740	1	2,6660		2,6331	50	1	229,36
		2	2,6002					
		1		-0,1070	-0,1057			
		2		-0,1043				

## 4. Standar Logam Boron (B)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	361,8
0,5	2684,7
1	5199,3
2	10538,7
5	25649,2
10	51007,4

Correlation Coefficient: 0,999985

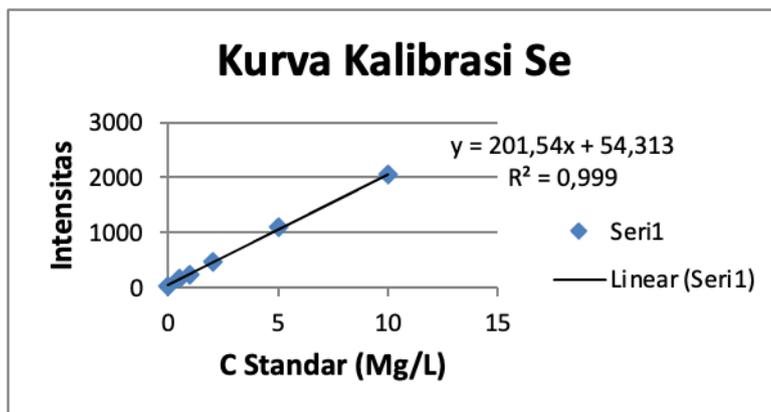
Curve Coefficient 1: 253,466

Curve Coefficient 2: 5076,780

Blank Offset: 253,5

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Boron (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	0,5063		0,5111	50	1	23,47
		2	0,5158					
		1		0,0611	0,0686			
		2		0,0761				
Titik 2	1,0342	1	0,5097		0,5223	50	1	25,25
		2	0,5348					
		1		0,0263	0,0217			
		2		0,0171				
Titik 3	1,0880	1	0,5226		0,5226	50	1	24,02
		2	0,5225					
		1		0,0140	0,0148			
		2		0,0156				
Titik 4	1,0342	1	0,4905		0,4935	50	1	22,71
		2	0,4965					
		1		0,0110	0,0107			
		2		0,0105				
Titik 5	0,6933	1	0,3388		0,3382	50	1	24,39
		2	0,3376					
		1		0,0066	0,0065			
		2		0,0063				
Titik 6	0,5740	1	0,2906		0,3031	50	1	26,40
		2	0,3157					
		1		0,0255	0,0225			
		2		0,0196				

## 5. Standar Logam Selenium (Se)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	29,1
0,5	162,6
1	244,0
2	467,8
5	1102,8
10	2048,0

Correlation Coefficient: 0,999483

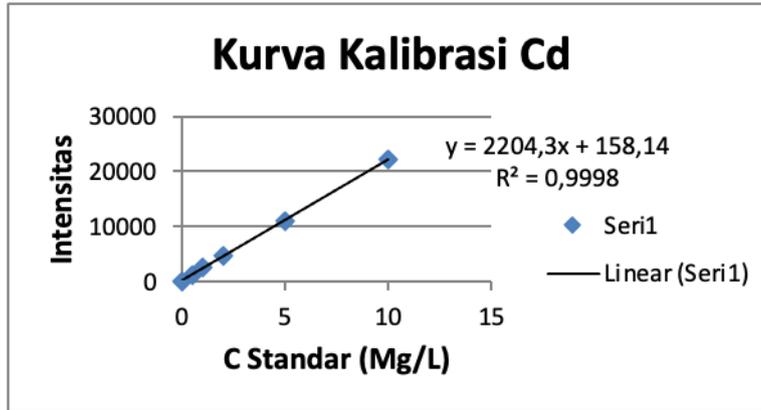
Curve Coefficient 1: 54,313

Curve Coefficient 2: 201,539

Blank Offset: 54,3

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Selenium (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	-0,0940		-0,1001	50	1	-4,59
		2	-0,1062					
		1		-0,0271	-0,0349			
		2		-0,0427				
Titik 2	1,0342	1	-0,2099		-0,2054	50	1	-9,93
		2	-0,2010					
		1		-0,1691	-0,1474			
		2		-0,1257				
Titik 3	1,0880	1	0,0692		0,0791	50	1	3,64
		2	0,0891					
		1		-0,1570	-0,1465			
		2		-0,1360				
Titik 4	1,0342	1	-0,0232		-0,0273	50	1	-1,26
		2	-0,0313					
		1		-0,1888	-0,1769			
		2		-0,1651				
Titik 5	0,6933	1	0,0031		0,0036	50	1	0,25
		2	0,0042					
		1		-0,1214	-0,1071			
		2		-0,0928				
Titik 6	0,5740	1	-0,2631		-0,2758	50	1	-24,02
		2	-0,2886					
		1		-0,0760	-0,0566			
		2		-0,0372				

## 6. Standar Logam Cadmium (Cd)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	84,3
0,5	1167,3
1	2508,0
2	4687,3
5	11049,1
10	22232,4

Correlation Coefficient: 0,999905

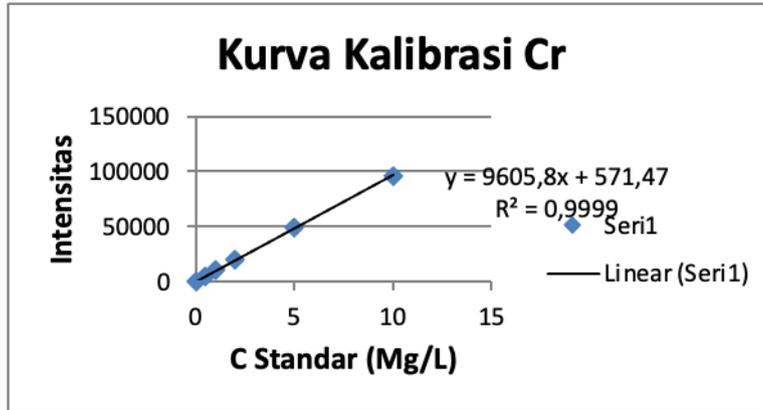
Curve Coefficient 1: 158,130

Curve Coefficient 2: 2204,307

Blank Offset: 158,1

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Cadmium (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	-0,0398		-0,0380	50	1	-1,75
		2	-0,0362					
		1		-0,0396	-0,0423			
		2		-0,0450				
Titik 2	1,0342	1	-0,0421		-0,0436	50	1	-2,11
		2	-0,0452					
		1		-0,0409	-0,0457			
		2		-0,0505				
Titik 3	1,0880	1	-0,0452		-0,0443	50	1	-2,04
		2	-0,0433					
		1		-0,0448	-0,0467			
		2		-0,0487				
Titik 4	1,0342	1	-0,0456		-0,0430	50	1	-1,98
		2	-0,0405					
		1		-0,0446	-0,0462			
		2		-0,0478				
Titik 5	0,6933	1	-0,0201		-0,0189	50	1	-1,36
		2	-0,0176					
		1		-0,0438	-0,0448			
		2		-0,0458				
Titik 6	0,5740	1	-0,0489		-0,0458	50	1	-3,99
		2	-0,0427					
		1		-0,0364	-0,0380			
		2		-0,0397				

## 7. Standar Logam Krom (Cr)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	48,8
0,5	5168,9
1	10201,8
2	20354,7
5	49076,9
10	96284,1

Correlation Coefficient: 0,999927

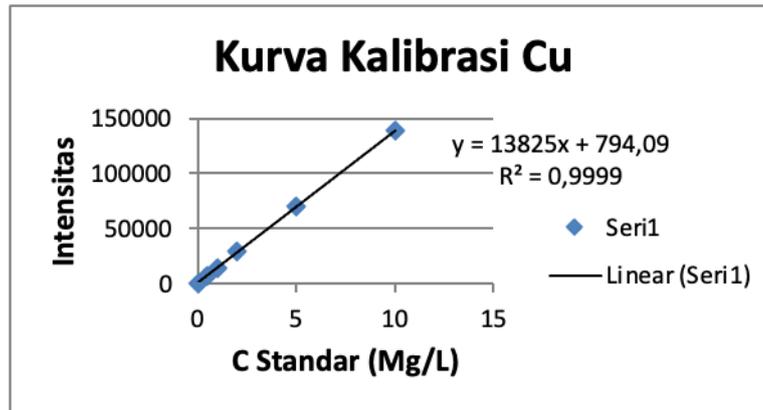
Curve Coefficient 1: 571,481

Curve Coefficient 2: 9605,748

Blank Offset: 571,5

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Krom (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	0,1702		0,1761	50	1	8,09
		2	0,1820					
		1		-0,0493	-0,0505			
		2		-0,0518				
Titik 2	1,0342	1	0,2215		0,2240	50	1	10,83
		2	0,2266					
		1		-0,0531	-0,0539			
		2		-0,0547				
Titik 3	1,0880	1	0,2064		0,2321	50	1	10,67
		2	0,2577					
		1		-0,0571	-0,0562			
		2		-0,0553				
Titik 4	1,0342	1	0,1792		0,1741	50	1	8,01
		2	0,1690					
		1		-0,0528	-0,0541			
		2		-0,0554				
Titik 5	0,6933	1	0,1405		0,1447	50	1	10,44
		2	0,1490					
		1		-0,0528	-0,0555			
		2		-0,0554				
Titik 6	0,5740	1	0,1332		0,1385	50	1	12,06
		2	0,1439					
		1		-0,0545	-0,0540			
		2		-0,0565				

## 8. Standar Logam Tembaga (Cu)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	242,7
0,5	7461,6
1	14599,0
2	29241,0
5	70244,7
10	138731,7

Correlation Coefficient: 0,999957

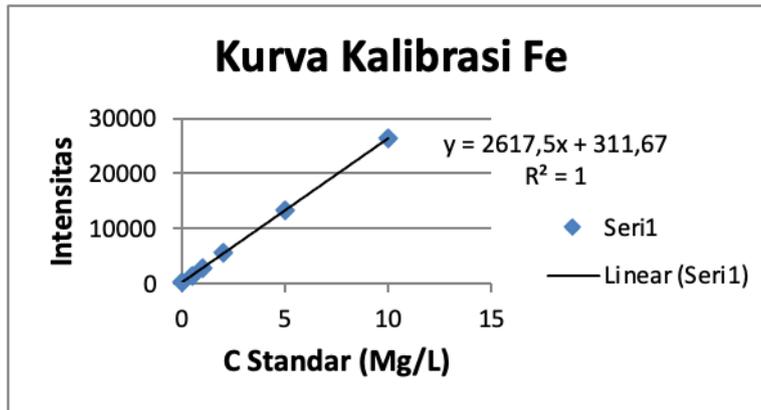
Curve Coefficient 1: 794,084

Curve Coefficient 2: 13824,654

Blank Offset: 794,1

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Tembaga (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	1,4691		1,4499	50	1	66,59
		2	1,4378					
		1		0,0309	0,0289			
		2		0,0268				
Titik 2	1,0342	1	1,4544		1,4606	50	1	70,61
		2	1,4669					
		1		0,1264	0,1185			
		2		0,1106				
Titik 3	1,0880	1	1,5177		1,5179	50	1	69,76
		2	1,5180					
		1		0,0385	0,0316			
		2		0,0248				
Titik 4	1,0342	1	1,9140		1,8790	50	1	86,48
		2	1,8439					
		1		0,2142	0,2035			
		2		0,1929				
Titik 5	0,6933	1	1,1891		1,1500	50	1	82,94
		2	1,1109					
		1		0,0557	0,0475			
		2		0,0393				
Titik 6	0,5740	1	1,4789		1,4226	50	1	123,92
		2	1,3664					
		1		0,0101	0,0119			
		2		0,0136				

## 9. Standar Logam Besi (Fe)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	341,3
0,5	1529,8
1	2919,1
2	5634,9
5	13389,3
10	26479,8

Correlation Coefficient: 0,999983

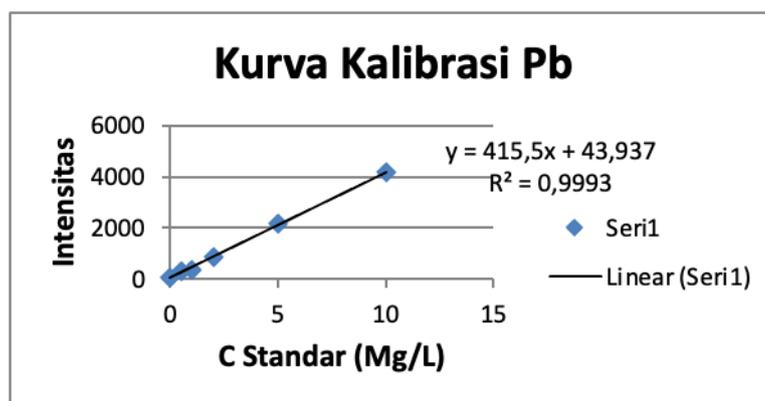
Curve Coefficient 1: 311,688

Curve Coefficient 2: 2617,517

Blank Offset: 311,7

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Besi	
			Sedimen	Air				mg/Kg	g/Kg
Titik 1	1,0887	1	801,6630		805,7400	50	1	37004,68	37,004
		2	809,8170						
		1		0,2118	0,2036				
		2		0,1954					
Titik 2	1,0342	1	782,3150		784,0040	50	1	37903,89	37,904
		2	785,6930						
		1		0,1329	0,1182				
		2		0,1035					
Titik 3	1,0880	1	788,3900		785,2410	50	1	36086,44	36,086
		2	782,0920						
		1		0,0764	0,0861				
		2		0,0959					
Titik 4	1,0342	1	771,7060		774,9345	50	1	35665,25	35,665
		2	778,1630						
		1		0,2569	0,2382				
		2		0,2194					
Titik 5	0,6933	1	592,5890		593,3405	50	1	42791,04	42,791
		2	594,0920						
		1		0,1012	0,0944				
		2		0,0877					
Titik 6	0,5740	1	544,8420		542,9755	50	1	47297,52	47,298
		2	541,1090						
		1		0,0889	0,0860				
		2		0,0831					

## 10. Standar Logam Timbal (Pb)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	54,7
0,5	296,8
1	383,1
2	877,6
5	2147,3
10	4190,8

Correlation Coefficient: 0,999655

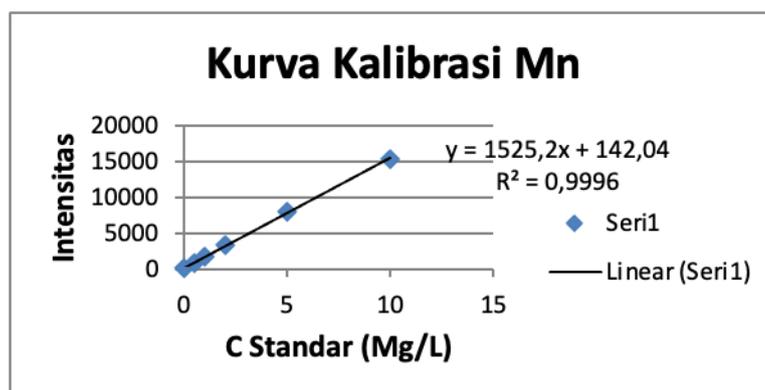
Curve Coefficient 1: 43,914

Curve Coefficient 2: 415,498

Blank Offset: 43,9

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Timbal (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	0,4655		0,4837	50	1	22,21
		2	0,5019					
		1		-0,0370	-0,0426			
		2		-0,0483				
Titik 2	1,0342	1	0,5663		0,5854	50	1	28,30
		2	0,6045					
		1		0,0053	0,0053			
		2		0,0052				
Titik 3	1,0880	1	0,5896		0,5990	50	1	27,53
		2	0,6084					
		1		-0,0002	-0,0016			
		2		-0,0030				
Titik 4	1,0342	1	0,6971		0,6897	50	1	31,74
		2	0,6822					
		1		-0,0760	-0,0928			
		2		-0,1097				
Titik 5	0,6933	1	0,4876		0,4760	50	1	34,33
		2	0,4644					
		1		0,0052	0,0055			
		2		0,0058				
Titik 6	0,5740	1	0,4885		0,4940	50	1	43,03
		2	0,4996					
		1		-0,0117	-0,0111			
		2		-0,0105				

## 11. Standar Logam Mangan (Mn)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	37,8
0,5	826,4
1	1677,1
2	3307,3
5	7924,0
10	15296,4

Correlation Coefficient: 0,999812

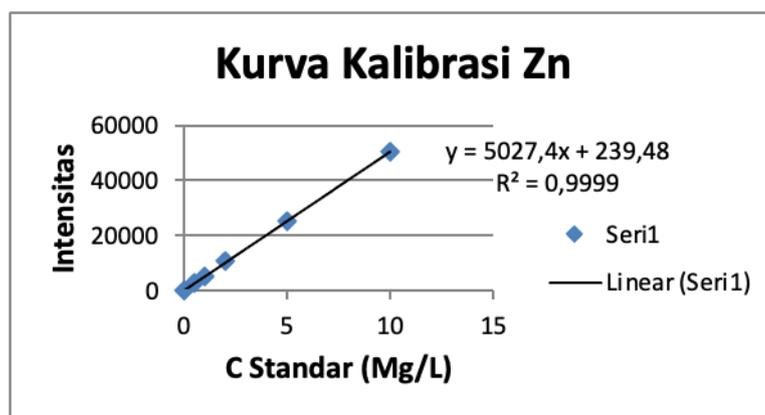
Curve Coefficient 1: 142,045

Curve Coefficient 2: 1525,224

Blank Offset: 142,0

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Mangan	
			Sedimen	Air				mg/Kg	g/Kg
Titik 1	1,0887	1	37,8643		37,8962	50	1	1740,43	1,740
		2	37,9280						
		1		-0,0537	-0,0506				
		2		-0,0475					
Titik 2	1,0342	1	34,5010		34,4492	50	1	1665,49	1,665
		2	34,3973						
		1		-0,0667	-0,0648				
		2		-0,0630					
Titik 3	1,0880	1	44,7509		44,8921	50	1	2063,06	2,063
		2	45,0332						
		1		0,0032	0,0034				
		2		0,0036					
Titik 4	1,0342	1	34,9931		35,0094	50	1	1611,26	1,611
		2	35,0256						
		1		-0,0418	-0,0414				
		2		-0,0410					
Titik 5	0,6933	1	16,3022		16,2941	50	1	1175,11	1,175
		2	16,2860						
		1		0,4617	0,4684				
		2		0,4750					
Titik 6	0,5740	1	10,6251		10,6094	50	1	924,16	0,924
		2	10,5936						
		1		-0,0148	-0,0100				
		2		-0,0052					

## 12. Standar Logam Seng (Zn)



C Standar (Mg/L)	Intensitas
0	0,0
0,5	2781,3
1	5330,3
2	10604,5
5	25191,3
10	50536,0

Correlation Coefficient: 0,999948

Curve Coefficient 1: 239,475

Curve Coefficient 2: 5027,381

Blank Offset: 239,5

Sampel (Titik)	Bobot Sampel (g)	Ulangan Sampel	C.Instrumen (mg/L)		Rata-rata (mg/L)	Volume (mL)	Fp	C. Seng (mg/Kg)
			Sedimen	Air				
Titik 1	1,0887	1	2,4685		2,3743	50	1	109,04
		2	2,2801					
		1		-0,4327	-0,4377			
		2		-0,4426				
Titik 2	1,0342	1	3,1782		3,0728	50	1	148,56
		2	2,9675					
		1		-0,4376	-0,4423			
		2		-0,4470				
Titik 3	1,0880	1	3,8757		3,8776	50	1	178,19
		2	3,8795					
		1		-0,4470	-0,4514			
		2		-0,4548				
Titik 4	1,0342	1	3,9659		3,7749	50	1	173,73
		2	3,5840					
		1		-0,4356	-0,4329			
		2		-0,4301				
Titik 5	0,6933	1	4,0124		3,9796	50	1	287,00
		2	3,9468					
		1		-0,4467	-0,4573			
		2		-0,4678				
Titik 6	0,5740	1	3,7888		3,6978	50	1	322,11
		2	3,6067					
		1		-0,4341	-0,4325			
		2		-0,4309				

**Lampiran 8.** Contoh Perhitungan Sedimen sebagai mg/Kg

Berikut salah satu contoh Logam Arsen (As) pada titik 1 untuk Perhitungan konsentrasi dalam sedimen sebagai mg/Kg:

Keterangan:

C = Konsentrasi hasil pembacaan alat (mg/L)

M = Bobot sampel (g)

V = Volume akhir larutan sampel

Fp = Faktor pengenceran

$$\begin{aligned}\text{Hasil Akhir (mg/Kg)} &= \frac{C \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times V \text{ (mL)} \times Fp}{M \text{ (g)}} \\ &= \frac{0,1695 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 50 \text{ mL} \times 1}{1,0887 \text{ g}} \\ &= 7,78 \text{ mg/Kg}\end{aligned}$$