

**ANALISIS SUHU, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD
DAN KADAR TIMBAL PADA AIR DAN SEDIMEN SUNGAI LESTI
KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
NUR AINI DEWI KARELIASARI
NIM. 14630024**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**ANALISIS SUHU, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD
DAN KADAR TIMBAL PADA AIR DAN SEDIMEN SUNGAI LESTI
KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
NUR AINI DEWI KARELIASARI
NIM. 14630024**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**ANALISIS SUHU, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD
DAN KADAR TIMBAL PADA AIR DAN SEDIMEN SUNGAI LESTI
KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
NUR AINI DEWI KARELIASARI
NIM. 14630024**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 25 Juni 2021**

Pembimbing I:



**Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821104 200901 2 007**

Pembimbing II:



**Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004**

**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002**

**ANALISIS SUHU, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD
DAN KADAR TIMBAL PADA AIR DAN SEDIMEN SUNGAI LESTI
KABUPATEN MALANG**

SKRIPSI

**Oleh:
NUR AINI DEWI KARELIASARI
NIM. 14630024**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 25 Juni 2021**

**Penguji Utama : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616200604 1 002**

**Ketua Penguji : Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821104 200901 2 007**

**Sekretaris Penguji : Rif'atul Mahmudah, M.Si
NIP. 19830125 20160812 068**

**Anggota Penguji : Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004**






**Mengetahui,
Ketua Program Studi**



**Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Aini Dewi Kareliasari
NIM : 14630024
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Suhu, ph, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD Dan Kadar Timbal Pada Air Dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini adaah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi perbuatan tersebut.

Yang membuat pernyataan

Malang, 25 Juni 2021



Nur Aini Dewi Kareliasari
NIM. 14630024

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk:

1. **Kedua orang tua tercinta**, yaitu ayah sebagai penyemangat, pendidik, memberikan doa dan contoh kepada penulis karena kesuksesan beliau sebagai seorang ayah yang sangat patut dibanggakan. Ayah yang seorang TNI AD telah bertugas di beberapa Negara bagian Eropa, Amerika dan serta Asia. Beliau sebagai anggota PBB bertugas untuk menciptakan perdamaian dunia yang mewakili Indonesia. Tepatnya pada tahun 1996 saat beliau bertugas di Bosnia sebagai Negara jajahan Rusia, adalah alah satu tugas Negara yang paling berpengaruh bagi hidup penulis.ibu, adalah seorang guru sekaligus orang yang bergerak pada bidang seni dan kreativitas di luar profesi pokoknya.
2. **Suami penulis**, beliau adalah seorang yang bergerak di bidang perekonomian dan bisnis. Beliau sangat berpengaruh pada penulisan skripsi penulis karena selalu memberi doa, semangat, dukungan, serta fasilitas seperti kedua orang tua penulis.
3. **Kakak dan adik kembar penulis**, kakak adalah seorang yang bergerak pada bidang kesehatan dan si kembar adalah saudara kandung sekaligus sahabat yang dimiliki penulis, mereka selalu mendukung, memberi dukungan, doa, dan menghibur penulis di saat senggang.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah, puji syukur penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Yang Maha Penyayang, atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya penyusun dapat menyusun skripsi ini dengan maksimal, walaupun masih jauh dari kesempurnaan. Semoga dari apa yang penyusun upayakan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Sholawat serta salam akan selalu tercurahlimpahkan kepada junjungan kita Nabi yang Agung, yang merupakan presiden seluruh penjuru dunia, penuntun umatnya hingga akhir zaman yang senantiasa berlandaskan Al Qur'an dan Al Sunnah, dan suri tauladan terbaik yaitu Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillah, penyusun juga bersyukur atas terselesaikannya skripsi penelitian “**Analisis Suhu, pH, DHL, DO, TDS, TSS, BOD, COD dan Kadar Timbal pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang**”. Penyusunan laporan hasil penelitian ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi kewajiban dalam melakukan penelitian tugas akhir berupa skripsi. Selama proses penyusunan skripsi ini penyusun mendapat banyak bimbingan, nasihat, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan suami tercinta yang telah banyak memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan juga keluarga besar penyusun.
2. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si, selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Suci Amalia, M.Sc selaku dosen pembimbing proposal penelitian yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si selaku dosen konsultan yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat.

6. Seluruh dosen, laboran dan staff admin Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya, sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun.
7. Semua teman-teman yang telah memberikan motivasi dan masukannya bagi penulis dalam penyusunan naskah skripsi.

Teriring do'a dan harapan semoga apa yang telah mereka berikan kepada penyusun, mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT. Aamiin. Dengan menyadari atas tebatasnya ilmu yang penyusun miliki, skripsi ini tentu jauh dari sempurna. Untuk itu penyusun dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Terlepas dari segala kekurangan, semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi positif serta bermanfaat bagi kita semua. Amiin.

Malang, 25 Juni 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
المخلص	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Masalah.....	8
1.5 Manfaat Penelitian	8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Umum Sungai Lesti	10
2.2 Sumber Utama Media Transportasi Efek Ekologis Timbal di Lingkungan	11
2.3 Sumber Pencemaran Logam Timbal (Pb) pada Perairan Sungai Lesti	13
2.4 Sedimen	15
2.5 Perbedaan Kandungan Logam Timbal (Pb) pada Musim Hujan dan Musim Kemarau	17
2.6 Karakteristik dan Toksisitas Timbal (Pb).....	19
2.7 Parameter Pendukung Kualitas Air	22
2.7.1 Suhu.....	22
2.7.2 pH (Potensial Hidrogen).....	23
2.7.3 BOD.....	24
2.7.4 COD.....	25
2.7.5 DO	26
2.7.6 Pengukuran Konduktivitas Listrik.....	27
2.7.7 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	27

2.7.8 TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	28
2.8 Destruksi Basah Tertutup	29
2.9 Jenis Penelitian dan Pengambilan Sampel Sungai Lesti	31
2.10 Prinsip Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	33
2.11 Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	36
2.12 Uji One Way Anova	38
2.13 Kajian tentang Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam.....	39

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat	41
3.2 Alat dan Bahan	41
3.2.1 Alat.....	41
3.2.2 Bahan	41
3.3 Tahapan Penelitian	42
3.4 Metode Penelitian.....	42
3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel Air	42
3.4.2 Pengambilan Sampel.....	43
3.4.2.1 Pengambilan Sampel Air.....	43
3.4.2.2 Pengambilan Sampel Sedimen.....	43
3.5 Parameter Kualitas Air.....	44
3.6 Penentuan Kadar Pb pada Sampel Air dan Sedimen Menggunakan SSA.....	47
3.6.1 Sampel Air Sungai Lesti	47
3.6.2 Sampel Sedimen Sungai Lesti.....	48
3.7 Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA).....	49
3.8 Analisis Data	49

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel	51
4.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom.....	52
4.3 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)	53
4.4 Proses Destruksi Basah pada Air dan Sedimen.....	54
4.5 Hasil Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Air dan Sedimen	56
4.6 Parameter Kimia-Fisika Perairan	63
4.6.1 Suhu	64
4.6.2 pH.....	65
4.6.3 Daya Hantar Listrik (DHL).....	66
4.6.4 BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>).....	68
4.6.5 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	70
4.6.6 DO (<i>Dissolved Oxygen</i>)	72
4.6.7 TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	74

4.6.8 TSS (<i>Total SUsuspended Solid</i>).....	75
4.7 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam.....	77

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sumber utama media transportasi efek ekologis timbal di lingkungan	11
Gambar 2.2	Metabolisme Pb dalam tubuh.....	21
Gambar 2.3	Skema umum atomisasi logam timbal (Pb) dalam spektroskopi ..	34
Gambar 2.4	Diagram SSA	37
Gambar 4.1	Grafik Kurva Standar Timbal (Pb).....	54
Gambar 4.2	Grafik kerbandingan kadar logam Pb pada air dan sedimen.....	57
Gambar 4.3	Grafik pengukuran suhu	64
Gambar 4.4	Grafik pengukuran pH.....	66
Gambar 4.5	Grafik pengukuran DHL	67
Gambar 4.6	Grafik pengukuran BOD	68
Gambar 4.7	Grafik pengukuran COD	71
Gambar 4.8	Grafik pengukuran DO.....	73
Gambar 4.9	Grafik pengukuran TDS	74
Gambar 4.10	Grafik pengukuran TSS.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi padatan di dalam perairan berdasarkan ukuran diameter partikelnya.....	28
Tabel 2.2 Ion-ion yang banyak ditemukan di perairan	29
Tabel 2.3 Temperatur nyala	36
Tabel 2.4 Kondisi SSA untuk analisis Pb	38
Tabel 2.5 Kondisi SSA untuk analisis Pb	38
Tabel 3.1 Titik pengambilan sampel air dan sedimen pengulangan destruksi...	49
Tabel 4.1 Perbandingan kadar timbal pada air dan sedimen dengan baku mutu	61
Tabel 4.2 Pengaruh titik pengambilan sampel air terhadap konsentrasi logam berat timbal.....	62
Tabel 4.3 Pengaruh titik pengambilan sampel sedimen terhadap konsentrasi logam berat timbal.....	63
Tabel 4.4 Nilai parameter kimia fisika titik pengambilan sampel	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian.....	90
Lampiran 2 Diagram Alir.....	91
Lampiran 3 Perhitungan.....	99
Lampiran 4 Gambar.....	107

ABSTRAK

Sari. Nur Aini D. K. 2019. **Analisis Suhu, pH, DHL, BOD, COD, DO, TSS, TDS dan Kadar Timbal pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Suci Amalia, M.Si; Pembimbing II: Ahmad Abtokhi, M.Pd ; Konsultan: Rif'atul Mahmudah, M.Si.

Kata Kunci: timbal, Sungai Lesti, perairan dan sedimen, SSA

Penelitian yang dilakukan pada sampel air dan sedimen dari Sungai Lesti di Kabupaten Malang ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perairan sungai tersebut. Hal itu dapat diketahui dengan pengujian beberapa parameter fisika dan kimia yang kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai baku mutu yang telah ditentukan. Metode analisis yang digunakan yaitu destruksi basah refluks menggunakan reagen HNO_3 p.a dan HCl p.a (1:3). Selain itu digunakan juga analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA) yang bertujuan untuk mengetahui kesesuaian kadar logam dengan baku mutu kualitas air.

Hasil yang diperoleh dari penelitian, secara berturut-turut nilai rata-rata logam berat timbal perairan Sungai Lesti pada ketujuh titik ialah: 0,091; 0,147; 0,801; 0,186; 0,099; 0,068; dan 0,061 mg/L. Sedangkan pada sedimen berturut-turut ialah: 4,158; 3,683; 3,233; 3,8; 5,567; 10,458; dan 6,408 mg/kg. Hasil analisa pada sampel air melebihi ambang batas, sedangkan hasil analisa sedimen berada di bawah ambang batas yang ditentukan oleh pemerintah. Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 mengenai baku mutu perairan kelas 1, 2, maupun 3 dengan kadar Pb maksimum untuk air sebesar 0,03 mg/L sedangkan untuk sedimen sebesar 20 mg/L. Maka kriteria perairan pada Sungai Lesti tergolong kelas 4 dengan batas kadar Pb sebesar 1 mg/L yang diperuntukan sebagai sumber pengairan pertanian dan pemanfaatan lainnya yang sama dengan peruntukan tersebut.

ABSTRACT

Sari. Nur Aini D. K. 2017. **Analysis Of Temperature, pH, Conductivity, BOD, COD, DO, TSS, TDS and Value of Lead Metal In Water And Cediment of Lesti River at Distric Malang** Thesis. Departement of Chemistry Faculty of Science and Technology State Islamic Universiy Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Suci Amalia, M.Si; Supervisor II: Nur Aini, M.Si.; Consultant: Rif'atul Mahmudah, M.Si.

Keywords: Lead, Lesti River, Waters and Sediments, Dry Season, SSA

The Lesti River is one of the water sources in Malang Regency which passes 12 regional coverage in Malang Regency. Residents around use the Lesti river as a suggestion for culturing freshwater fish, live stock, irrigating agricultural, and daily necessities. The waters and sediments of the Lesti River can be contaminated with heavy metal lead from the activities of the paper industry, transportation, traditional markets, sand mining, and domestic waste. This study aims to determine the levels of lead heavy metals in waters and sediments of the Lesti River in the dry season by wet destruction process and sample analyzing with the Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) method to knowing the determine the suitability of the quality standards of water based on the use of the Lesti River by the surrounding population. Based on the results obtained from the study, the average value of lead heavy metals in the waters of the Lesti River at the seven points was: 0.091mg / L; 0.147 mg / L; 0.801 mg / L; 0.186 mg / L; 0.099 mg / L; 0.068 mg / L; and 0.061 mg / L. While in successive sediments are: 4.158 mg / kg; 3,683 mg / kg; 3,233 mg / kg; 3.8 mg / kg; 5.567 mg / kg; 10.458 mg / kg; and 6.408 mg / kg. This value exceeds the threshold set by the government on PP Numb. 82 year 2001 about class 3 water quality standards, for the water as 0,03 mg/L while for the cediment as 20 mg/L.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu sumber kehidupan bagi alam dan isinya. Namun, air juga tak lepas dari polutan yang dapat mencemari dan menurunkan kualitas air. Polutan tersebut salah satunya berupa logam berat. Logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi dalam air laut (Philips, 1980 dan Effendi, 2000). Pencemaran logam timbal (Pb) terhadap perairan dan sedimen dapat disebabkan oleh aktivitas manusia maupun melalui proses alam. Menurut Palar (1994), adanya bahan bakar yang menggunakan timbal menyebabkan pencemaran pada atmosfer dan daratan yang kemudian masuk ke perairan alami seperti sungai melalui proses pengkristalan Pb hasil pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor di udara dengan bantuan hujan.

Aktivitas manusia yang dapat menyebabkan pencemaran logam Pb terhadap lingkungan yakni adanya limbah buangan industri pertambangan bijih timah hitam, buangan sisa industri baterai, kegiatan pertanian, peternakan, serta limbah domestik manusia. Menurut Nordberg, dkk., (1986) secara alami, sumber timbal dalam perairan alami merupakan timbal yang berasal dari batuan kapur, serta proses korosifikasi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, kegiatan gunung berapi, kebakaran hutan, minyak bumi dan pertambangan. Semakin meningkatnya kadar logam berat dalam suatu perairan dapat merubah fungsi logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme menjadi toksis bagi biota akuatik (Yudo, 2006).

Beberapa faktor kimia dan fisika juga mendukung peningkatan kadar logam berat Pb di perairan, meliputi suhu, pH, DO (*Dissolved Oxygen*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), daya hantar listrik, TSS (*Total Suspended Solid*) dan TDS (*Total Dissolved Solid*) menurut Effendi (2003), Happy, dkk., (2012), dan Suwandi, dkk., (2014). Suhu tinggi menyebabkan kadar toksisitas logam berat dalam perairan meningkat. Hal ini dapat diketahui karena adanya efek terhadap biota laut, semakin tinggi suhu di suatu perairan menyebabkan proses pemasukan logam berat dalam tubuh biota juga akan naik dan reaksi pembentukan ikatan antara logam berat dengan protein dalam tubuh pun semakin cepat (Syakti, dkk., 2012). Selain itu, suhu yang meningkat dapat menyebabkan penurunan daya larut oksigen terlarut sehingga akan menaikkan kadar toksisitas bahan-bahan tertentu, seperti logam berat dalam air (Apriadi, 2005). Maka dapat dikatakan bahwa besar atau kecilnya nilai parameter pendukung tersebut mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap konsentrasi logam berat pencemar seperti Pb dalam perairan sungai.

Sungai Lesti adalah salah satu sungai di Kabupaten Malang yang alirannya melewati hingga 12 cakupan wilayah di kabupaten Malang, antara lain Kecamatan Turen, Gondanglegi, Tirtoyudo, Pagelaran, Sumbermanjing bagian utara, Ponokusumo, Dampit, Wajak, Bululawang, Gedangan, Bantur, hingga Pagak. Sungai Lesti mempunyai luas daerah keseluruhan sebesar 58,384 Ha, dengan bagian hulu sebesar 28,790 Ha, bagian tengah sebesar 11, 551 Ha, dan bagian hilir sebesar 18,043 Ha (Irfanto, 2010). Sub DAS Sungai Lesti bagian hilir meliputi 9 kecamatan yang terdiri dari Sumbermanjing bagian utara, Turen, Wajak,

Bululawang, Gondanglegi, Pagelaran, Gedangan, Bantur serta Pagak. Sungai Lesti termasuk ke dalam bagian Sub DAS Sungai Brantas karena sumber air yang mengalir di Sungai Lesti ini berasal dari Gunung Semeru yang bermuara di Waduk Sengguruh, yang mana Waduk Sengguruh merupakan titik temu antara Sungai Lesti dan Sungai Brantas.

Sungai Lesti dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk keperluan sehari-hari, seperti mandi, menyiram tanaman, fasilitas pariwisata, perikanan, peternakan, serta irigasi. Tumbuhan yang berada di perairan sungai Lesti seperti kangkung juga dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk dikonsumsi. Seiring berjalannya waktu, masyarakat juga memanfaatkan lahan sekitar Sungai Lesti yang digunakan untuk pertanian dan holtikultura di sempadan kanan maupun sempadan kiri daerah aliran sungai seperti jagung, cabe, padi, hingga kacang-kacangan (PriLianda, dkk., 2013). Salah satu ayat Al-Qur'an menjelaskan tentang besarnya peranan air dalam kehidupan, yakni pada Q.S Ibrahim. Q.S Ibrahim ayat 32:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمُ الْفُلُوكَ لِيَجْرِيَ فِي الْبَحْرِ بِأَمْرِهِ ۗ وَسَخَّرَ لَكُمُ الْأَنْهَارَ (٣٢)

Artinya:

“Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit, kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu berbagai buah-buahan menjadi rezeki untukmu, dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu berlayar di lautan dengan kehendak-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu sungai-sungai” (Q.S Ibrahim: 32).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa, Allah yang telah menciptakan langit, bumi, dan seisinya. Dia-lah yang telah menurunkan air hujan dari langit,

dikeluarkan dari air hujan itu berbagai macam buah-buahan yang kemudian menjadi rezeki untuk manusia. Selain itu dijelaskan juga bahwa Allah telah menundukkan bahtera (perahu) bagi kalian supaya bahtera itu bisa berlayar di lautan, sehingga kalian dapat menaikinya dan memuat barang-barang di atasnya (dengan kehendak-Nya) dengan seizin-Nya (dan Dia telah menundukkan bagi kalian sungai-sungai) (Tafsir Ibnu Katsir, 2003). Hal tersebut sesuai dengan kegunaan Sungai Lesti yang salah satunya berfungsi sebagai sarana mata pencaharian penduduk sekitar. Namun, pemanfaatan tersebut tak luput dari pencemaran yang dihasilkan dari limbah buangan kegiatan penduduk yang mengandung logam berat di air maupun sedimen sungai.

Penelitian yang dilakukan oleh Suwarsito, dkk. (2014) bahwa besarnya kadar logam dalam sedimen dipengaruhi proses pengendapan bahan organik dan logam pencemar dalam perairan akan menyebabkan penumpukan logam berat seperti Cd, Pb dan Fe dalam sedimen. Sedimen terbentuk dari pengangkutan kerak bumi melalui proses hidrologi dari satu tempat ke tempat lain secara vertikal dan horizontal (Friedman dan Sanders, 1978). Menurut Forstner dan Wittman (1983) sedimen terdiri dari beberapa komponen campuran tergantung dari lokasi, kedalaman dan geologi dasar. Komponen organik maupun anorganik penyusun sedimen memiliki pengaruh negatif terhadap kualitas air. Umumnya bahan anorganik tersebut berasal dari pelapukan batuan seperti kerikil, pasir, lumpur dan liat. Sedangkan bahan organik berasal dari biota akuatik yang telah membusuk dan tenggelam ke dasar perairan dan bercampur dengan lumpur. Menurut Connell & Miller (1995) bahwa tingginya kandungan logam berat pada sedimen dapat

disebabkan oleh sifat logam berat yang mudah terikat oleh bahan organik yang ada dalam sedimen.

Menurut Irfanto (2010) adanya limbah buangan pabrik kertas PT. Ekamas Fortuna yang diperkirakan mencemari perairan Sungai Lesti mengandung timbal pada limbah cair tinta. Pengolahan bahan baku kertas meliputi proses *deinking* di mana proses ini merupakan proses penghilangan tinta dan bahan non serat kertas dengan adanya pelarutan tinta secara kimia dan pemisahan *pulp* kertas secara mekanis yang menghasilkan limbah timbal. Buangan limbah tersebut akan menuju perairan sungai dan mencemari lingkungan serta menimbulkan bahaya terhadap tubuh manusia yang dapat menyebabkan gangguan otak dan ginjal, hingga kemunduran mental pada pertumbuhan anak apabila air dan biota akuatik di perairan dan sedimen tersebut dikonsumsi.

Penelitian yang dilakukan oleh Cahyani (2017) pada musim hujan di tujuh titik sampel, secara berurutan yakni dimulai dari Ngadas, Sananrejo, Dampit, Tawangrejeni, Pagak (sebelum dan sesudah PT Ekamas Fortuna), dan Waduk Sengguruh. Kadar timbal yang diperoleh dari titik 1 sampai 7 pada perairan Sungai Lesti sebesar 0,312 mg/L sampai dengan 0,603 mg/L, sedangkan baku mutu kadar timbal dalam air sebesar 0,03 mg/L. Untuk kadar timbal dalam sedimen dari titik 1 sampai 7 sebesar 1,560 mg/Kg sampai dengan 3,016 mg/kg, sedangkan baku mutu kadar timbal dalam sedimen sebesar 20 mg/Kg. Berdasarkan hasil yang didapat, kadar timbal pada air Sungai Lesti Kabupaten Malang berada di atas ambang batas, meskipun kadar logam berat pada sedimen masih di bawah ambang batas. Namun kadar logam berat yang diperoleh pada

musim hujan tersebut akan berbeda dengan kadar logam berat yang terkandung dalam perairan dan sedimen pada sungai saat musim kemarau. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Priyanto, dkk. (2008) dikatakan bahwa musim kemarau menyebabkan debit perairan menurun dan menyebabkan logam berat di dalamnya cenderung terkonsentrasi. Sementara pada musim penghujan menyebabkan debit air naik dan kandungan logam berat di perairan pun mengalami pengenceran. Suhu pada musim kemarau akan lebih tinggi dari pada musim penghujan. Maka dapat dikatakan bahwa adanya perbedaan musim kemarau dan penghujan dapat mempengaruhi kadar logam berat dalam kondisi perairan sungai.

Salah satu metode analisis logam berat Pb pada air yaitu menggunakan SSA. Spektroskopi Serapan Atom (SSA) merupakan metode analisa kualitatif suatu unsur dengan adanya proses penyerapan radiasi sumber oleh atom di tingkat energi dasar (Boybul dan Haryati, 2009). Menurut Khopkar (1990), Spektroskopi Serapan Atom (SSA) mempunyai kelebihan yakni mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), interferensinya yang sedikit serta relatif mudah dalam pengerjaannya.

Sebelum melakukan proses analisa menggunakan SSA, sampel terlebih dahulu didestruksi menggunakan asam kuat untuk memutus ikatan antara unsur logam dengan unsur lain sehingga unsur logam akan berada pada keadaan bebas (Mulyani, 2007). Destruksi yang digunakan adalah destruksi basah tertutup karena dapat memecah sampel menjadi senyawa yang lebih terurai dan larutan asam kuat yang digunakan tidak mudah menguap (Christian, 1994). Proses destruksi basah

ini dilakukan menggunakan refluks, hal ini karena penggunaannya yang mudah dan waktu analisa yang relatif singkat. Selain itu kelebihan refluks yakni dapat meminimalisir hilangnya analit berupa logam yang mudah menguap (volatil) serta waktu analisa yang relatif singkat (Rodiana, dkk., 2013). Berdasarkan Jumbe dan Nandini (2009) dan Jepkoech, dkk (2013) digunakan HNO_3 p.a untuk mendestruksi sampel air sungai. Reagen yang digunakan dalam analisa sampel sedimen menggunakan zat pengoksidasi HNO_3 p.a dan HCl p.a (1:3) (Al Obaidy, dkk, 2014, Begum, dkk, 2009, dan Taberna, dkk, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Apakah nilai parameter fisika dan kimia yaitu suhu, pH, daya hantar listrik DO, TDS, TSS, BOD dan COD di perairan Sungai Lesti pada musim kemarau sesuai dengan baku mutu kualitas air kelas 4 yang ditentukan oleh PP No. 82 tahun 2001?
2. Apakah kadar logam berat timbal (Pb) yang berada di perairan dan sedimen Sungai Lesti pada musim kemarau sesuai dengan baku mutu kualitas air kelas 3 yang ditentukan oleh PP No. 82 tahun 2001?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini ialah:

1. Untuk mengetahui apakah nilai parameter fisika dan kimia yaitu suhu, pH, daya hantar listrik DO, TDS, TSS, BOD dan COD di perairan Sungai Lesti

pada musim kemarau sesuai dengan pemanfaatan baku mutu kualitas air dibandingkan dengan PP No. 82 tahun 2001.

2. Untuk mengetahui apakah kadar logam berat timbal (Pb) yang berada di perairan dan sedimen Sungai Lesti pada musim kemarau sesuai dengan pemanfaatan baku mutu kualitas air dibandingkan dengan PP No. 82 tahun 2001.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini ialah :

1. Sampel badan air dan sedimen Sungai Lesti yang berada di Kabupaten Malang, Jawa Timur
2. Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada musim kemarau pada akhir Bulan April di 7 Titik 1 berada di Ngadas, Poncokusumo. Titik 2 berada di Sananrejo, Turen. Titik 3 berada di Dampit. Titik 4 berada di Tawangrejeni, Turen. Titik 5 berada di Kecamatan Pagak sebelum PT. Ekamas Fortuna. Titik 6 berada sesudah PT Ekamas Fortuna. Titik 7 berada Waduk Sengguruh.
3. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 1 Maret – 31 Agustus 2018.
4. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi suhu, pH, DO, BOD, COD, daya hantar listrik, serta TDS dan TSS.
5. Destruksi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu destruksi basa tertutup yaitu metode refluks untuk sampel air dan sampel sedimen.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Sebagai sarana untuk mengembangkan pengetahuan dan pemahaman penulis dalam menganalisis kadar timbal.
2. Dapat memberi informasi tentang bahaya logam berat yang mencemari perairan dan sedimen Sungai Lesti pada musim kemarau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Umum Sungai Lesti

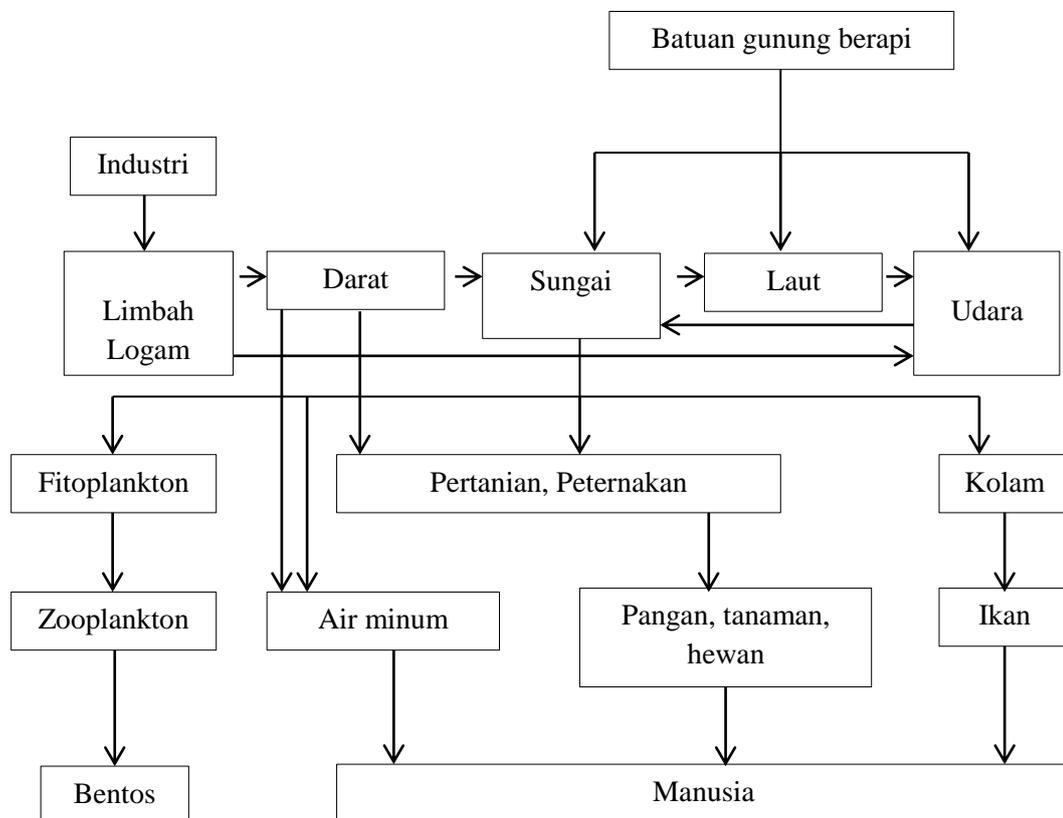
Sungai Lesti mengalir melewati Kecamatan Pagak Kabupaten Malang ini adalah sungai yang termasuk dalam daerah DAS (Daerah Aliran Sungai) dari Sungai Brantas. Sungai Lesti mempunyai 12 Sub DAS yang merupakan wilayah administratif, antara lain Kecamatan Turen, Gondanglegi, Tirtoyudo, Pagelaran, Sumbermanjing Wetan, Poncokusumo, Dampit, Wajak, Bululawang, Gedangan, Bantur, hingga Pagak. Perbatasan Sungai Lesti bagian timur yakni berbatasan dengan Kecamatan Bantur dan Kecamatan Pagelaran, untuk perbatasan bagian barat Sungai Lesti berbatasan dengan Kecamatan Kalipare dan Kecamatan Donomulyo, sedangkan bagian utara perbatasan Sungai Lesti adalah Kecamatan Kepanjen dan Kecamatan Sumber Pucung, dan untuk perbatasan bagian selatan yakni berbatasan dengan Pantai Ngliyep. Letak astronomis Sub DAS Lesti berada diantara $8^{\circ}02'50''$ – $8^{\circ}12'10''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}42'58''$ – $112^{\circ}56'21''$ Bujur Timur dengan bentuk geografis yang memanjang. Luas keseluruhan Sub DAS Sungai Lesti adalah sebesar 58,384 ha, dengan bagian hulu sebesar 28,790 ha, bagian tengah sebesar 11,551 ha, dan bagian hilir sebesar 18,043 ha (Irfanto, 2010).

Sungai Lesti sangat dimanfaatkan oleh warga sekitar, seperti kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik. Pemanfaatan secara domestik seperti kebutuhan mandi, hingga untuk penyiraman tanaman. Sedangkan pemanfaatan secara non domestik dilakukan sebagai kebutuhan fasilitas pariwisata, kebutuhan

air industri, kebutuhan air irigasi, serta kebutuhan peternakan seperti kuda, kambing, itik, dan kerbau (PriLianda, dkk., 2013). Pada bidang perikanan, budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dilakukan oleh masyarakat sekitar, sedangkan untuk bidang pertanian masyarakat menanam padi dan tebu. Bidang kehutanan pun dilakukan oleh masyarakat sekitar dengan menanam pohon jati, dan pada bidang industri meliputi industri kecil seperti pembuatan batu kapur dari batu gamping serta industri besar meliputi pabrik kertas yaitu PT. Ekamas Fortuna (Irfanto, 2010).

2.2 Sumber Utama Media Transportasi Efek Ekologis Timbal di

Lingkungan



Gambar 2.1 Sumber Utama Media Transportasi Efek Ekologis Timbal di Lingkungan

Pada awalnya secara alami logam timbal (Pb) berasal dari dalam kerak bumi. Lambat laun seiring kegiatan manusia pun juga dapat menghasilkan logam berat ini hingga mencapai 300 kali lebih banyak dibandingkan proses alami. Proses alami tersebut meliputi siklus alamiah yaitu bebatuan gunung berapi yang dapat memberikan kontribusi logam berat ke lingkungan, air, maupun tanah. Sedangkan kegiatan manusia yang menghasilkan polutan terhadap lingkungan seperti kegiatan industri, pertambangan, penggunaan bahan bakar, hingga kegiatan domestik yang dapat menghasilkan polutan logam berat di lingkungan sekitar seperti air, tanah, dan udara. Pencemaran logam berat timbal (Pb) di tanah dapat menjadi sumber pencemaran bagi bahan pangan, yaitu tanaman atau hewan yang kemudian dikonsumsi manusia. Sedangkan pencemaran logam berat timbal (Pb) di perairan seperti sungai hingga laut biasanya berasal dari kegiatan industri, kegiatan domestik, maupun sumber alami dari batuan. Polutan logam berat timbal ini dapat mencemari biota akuatik perairan, air minum, hingga air sumber irigasi pertanian yang kemudian biota dan tanaman tersebut dikonsumsi oleh manusia (Widowati, dkk., 2008).

Pencemaran bahan pangan oleh kontaminan Pb yang cukup tinggi ada di dalam sayuran yang ditanam di tepi jalan raya dengan kandungan rata-rata 29,78 ppm, kadar tersebut jauh di atas ambang batas yang telah ditentukan oleh Direktorat Jendral Pengawas Obat dan Makanan, yaitu batasnya hanya sebesar 2 ppm. Selain di dalam sayuran, polutan logam berat timbal (Pb) juga ditemukan di dalam bahan pangan lain seperti makanan kaleng, bahan pangan yang berasal dari peternakan yaitu susu sapi, jeroan hewan ternak seperti hati dan ginjal, sedangkan

dari pertanian yaitu buah dan sayuran. Pencemaran logam berat timbal (Pb) pada bahan pangan yang berasal dari perairan meliputi ikan (170 µg/kg), kelompok kerang-kerangan (*molusca*) dan udang udangan (*crustacea*) (250 µg/kg) (Winarno dan Rahayu, 1994). Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya kadar polutan logam berat timbal (Pb) di udara yaitu banyaknya emisi gas buangan dari asap kendaraan bermotor dan asap pabrik. Polutan logam berat timbal (Pb) di udara dapat berkontak langsung dengan manusia melalui proses inhalasi (Klaassen, dkk., 1986; Marganof, 2003).

2.3 Sumber Pencemaran Logam Timbal (Pb) pada Perairan Sungai Lesti

Pencemaran logam timbal dapat melalui udara, air dan tanah. Pencemaran melalui udara berasal dari kendaraan bermotor yang menghasilkan gas CO₂, hidrokarbon, SO₂, dan tetraethyl lead yang merupakan bahan logam timbal yang ditambahkan ke dalam bahan bakar berkualitas rendah untuk menurunkan nilai oktan. Timbal sebagai gas buangan dapat membahayakan manusia dan lingkungan, apabila dihirup oleh manusia maka timbal akan terserap dalam tubuh kemudian disimpan dan ditampung oleh darah (Anik, 2011). Karena menurut Mukono, dkk., (1991), diperkirakan 65% pencemaran udara disebabkan oleh emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor yang menggunakan logam timbal sebagai tambahan pada bensin. Palar (1994) mengatakan bahwa bahan aditif yang ditambahkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor umumnya mengandung 62% tetraetil-Pb, 18% etilenklorida, 18% etilenbromida, dan 2% campuran bahan lain. Besarnya kandungan senyawa Pb dalam bahan bakar tersebut menyebabkan jumlah Pb yang dibuang dari proses pembakaran ke udara sangat tinggi. Senyawa halogen

seperti Br dan Cl dapat mengikat residu Pb setelah pembakaran sehingga dalam gas buangan mengandung Pb-halogen. $PbBrCl$ dan $PbBrCl \cdot 2PbO$ adalah kandungan senyawa Pb yang utama saat proses pembakaran pada mesin. Selain dari emisi gas buangan kendaraan bermotor, pencemaran Pb dapat berasal pula dari buangan industri metalurgi, proses korosi *lead bearing alloys*, pembakaran batu bara, asap pabrik yang mengolah alkil -Pb, serta Pb-oksida (BPLHD Jabar, 2002).

Salah satu pencemaran logam timbal (Pb) ke dalam perairan disebabkan oleh pengkristalan logam Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, adanya proses korosifikasi batuan mineral juga dapat menjadi sumber masuknya logam timbal ke perairan (Palar, 1994). Logam timbal terdapat dalam perairan dengan bilangan oksidasi Pb^{2+} dikeluarkan oleh sejumlah industri dan pertambangan. Sumber utama timbal di atmosfer dan daratan berasal dari bahan bakar bertimbal yang kemudian masuk ke dalam perairan (Ahmad, 2004). Perusahaan Daerah Air Minum yang masih menggunakan pipa air mengandung Pb juga menjadi salah satu tingginya pencemaran logam timbal (Pb) ke dalam air minum (Soemarwoto, 2004). Kandungan logam timbal (Pb) dalam tanah sekitar 5-25 ppm, dalam air tanah sebesar 1-60 ppm, dan lebih rendah lagi pada permukaan air (Cahyadi, 2004)

Pencemaran logam timbal ke dalam tanah dapat berasal dari penggunaan pupuk buatan (pestisida dan insektisida) yang berlebihan pada tanaman. Tumbuhan yang ditanam di tepi jalan raya mempunyai resiko tercemar logam berat yang cukup tinggi karena terserap melalui akar, batang, daun dan buah tumbuhan (Widaningrum, dkk., 2007). Pencemaran logam timbal pada tanah

pertanian antara lain bahan agrokimia, limbah industri, dan pertambangan (Khatimah, 2006). Limbah yang mengandung logam berat timbal (Pb) berasal dari limbah penggunaan batu bara dan minyak bumi, pabrik peleburan besi dan baja, pengabuan sampah, pabrik semen, dan limbah dari penggunaan logam pada proses produksi (pabrik baterai/aki, kertas, warna, tekstil, dan lain sebagainya) (Darmono, 1995).

Industri kertas, limbah domestik, pertanian, serta kegiatan pasar yang ada di masyarakat merupakan salah satu sumber pencemaran air, terutama industri kertas yang menghasilkan limbah cair maupun padat yang berbahaya. Limbah dari hasil pengolahan kertas dan *pulp* mengandung logam berat seperti timbal yang dapat berdampak negatif terhadap perairan dengan kadar $\pm 0,0036$ mg/L (Cahyono, 2007). Menurut Hardian (2008), menyatakan bahwa limbah B3 hasil dari proses *deinking* pengolahan kertas dan *pulp* berkadar timbal sebesar 22 mg/kg. Selain itu menurut penelitian yang dilakukan oleh Hardani, dkk., (2011) bahwa limbah *sludge* dari industri kertas dan tanah telah tercemar timbal, dengan kandungan timbal pada limbah *sludge* sebesar 39,0 mg/kg dan pada tanah yang terkontaminasi *sludge* tersebut mengandung timbal sebesar 63,1 mg/kg.

2.4 Sedimen

Sedimen terbentuk dari pengangkutan kerak bumi melalui proses hidrologi dari satu tempat ke tempat lain secara vertikal dan horizontal (Friedman dan Sanders, 1978). Menurut Forstner dan Wittman (1983) sedimen terdiri dari beberapa komponen campuran tergantung dari lokasi, kedalaman dan geologi dasar. Komponen organik maupun anorganik penyusun sedimen memiliki

pengaruh negatif terhadap kualitas air. Umumnya bahan anorganik tersebut berasal dari pelapukan batuan seperti kerikil, pasir, lumpur dan liat. Sedangkan bahan organik berasal dari biota akuatik yang telah membusuk dan tenggelam ke dasar perairan dan bercampur dengan lumpur. Menurut Connell & Miller (1995) bahwa tingginya kandungan logam berat pada sedimen dapat disebabkan oleh sifat logam berat yang mudah terikat oleh bahan organik yang ada dalam sedimen.

Berdasarkan ukuran dan diameter butirannya, sedimen dibagi menjadi batuan (*boulders*), kerikil (*gravel*), pasir sangat kasar (*very coarse sand*), pasir kasar (*coarse sand*), pasir halus (*fine sand*), pasir sangat halus (*very fine sand*), pasir (*medium sand*), lumpur (*silt*), liat (*clay*) dan bahan terlarut (*dissolved material*) (Hutabarat dan Evans, 1985). Ukuran partikel sedimen berhubungan dengan kandungan bahan organik dan perairan sungai yang tenang, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan sedimen lumpur yang diiringi oleh akumulasi bahan organik ke dasar perairan. Berbeda dengan sedimen kasar, kandungan bahan organik sedimen kasar lebih rendah karena partikel yang lebih halus tidak mengendap. Menurut Boehm (1987) sedimen halus biasanya mengandung bahan pencemar yang tinggi pula karena adanya daya tarik elektrokimia antara partikel sedimen dengan partikel mineral. Sehingga jenis sedimen dalam air juga mempengaruhi terakumulasinya logam berat di dalamnya (Sasongko, 2010).

Sedimen dalam air dapat meningkatkan kekeruhan dan menghalangi masuknya cahaya ke air sehingga menghambat daya lihat (*visibilitas*) biota akuatik dan mengurangi kemampuan biota akuatik untuk memperoleh makanan karena pakan tertimbun oleh lumpur. Kekeruhan yang tinggi juga dapat

mengganggu pernafasan biota laut dan akan mengakumulasi bahan beracun seperti pestisida dan logam berat dalam perairan. Sehingga berbahaya bagi biota akuatik maupun makhluk hidup yang mengonsumsi air tersebut (Boehm, 1987).

Sungai Lesti melewati berbagai daerah dengan kawasan tertentu, seperti kawasan tegal dan pekarangan. Menurut Febrianingrum, dkk. (2012), kawasan tegal dan pekarangan yang dilewati Sungai Lesti masih banyak dilakukan penanaman tanaman semusim pada wilayah yang mempunyai kelerengan tinggi tanpa adanya konservasi tanah yang sesuai. Hal ini menimbulkan ketidakseimbangan ekosistem dalam wilayah Sub DAS Lesti karena konservasi tanahnya belum cukup optimal, sedangkan lahan tegal dan pekarangan yang ada membutuhkan pengolahan lahan yang cukup intensif, sehingga akan memicu terjadinya Erosi. Terjadinya erosi pada sekitar perairan sungai dapat mengakibatkan laju sedimen di sungai semakin besar dan akan menyebabkan terjadinya pengendapan di daerah hilir sungai. Adanya sedimentasi di sungai juga menyebabkan dangkalnya dasar sungai atau pengendapan sedimen di waduk.

2.5 Perbedaan Kandungan Logam Timbal (Pb) pada Musim Hujan dan Musim Kemarau

Selain faktor lingkungan, kegiatan masyarakat sekitar, serta cemaran-cemaran yang dapat mempengaruhi kandungan logam berat dalam suatu perairan adalah faktor musim. Pada musim hujan debit perairan akan naik sehingga akan mempengaruhi aliran air untuk terus mengalir maka kandungan yang ada dalam perairan tersebut pun akan berpengaruh. Namun pada musim kemarau, debit perairan akan cenderung tetap bahkan berkurang sehingga kandungan yang ada

dalam perairan pun akan cenderung tetap bahkan bertambah karena tidak adanya aliran air yang mempengaruhi kadar kandungan dalam perairan. Darmono (1995) juga mengatakan bahwa di musim hujan kandungan logam akan lebih kecil dikarenakan adanya proses pelarutan oleh debit air yang meningkat, sedangkan di musim kemarau kandungan logam berat akan meningkat karena logam terkonsentrasi dengan adanya penurunan debit perairan.

Penelitian yang dilakukan oleh Priyanto, dkk. (2008) dikatakan bahwa musim kemarau menyebabkan debit perairan menurun dan menyebabkan logam berat di dalamnya cenderung terkonsentrasi. Sementara pada musim penghujan menyebabkan debit air naik dan kandungan logam berat di perairan pun mengalami pengenceran. Penelitian yang dilakukan oleh Yudo (2006) di musim kemarau juga mengatakan bahwa tingginya konsentrasi logam berat berat dalam perairan diperkirakan karena menurunnya debit aliran sungai karena musim kemarau yang menyebabkan kandungan logam berat tertumpuk dalam perairan. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Irghan (2015) bahwa adanya kandungan limbah organik seperti tanah, garam-garaman atau mineral, serta sisa makanan dan kulit buah-buahan yang merupakan sumber pencemaran logam berat dalam perairan akan meningkat dengan adanya pendangkalan debit air karena sedimentasi dan kekeringan di musim kemarau.

Selain adanya pengaruh penurunan dan kenaikan debit perairan terhadap konsentrasi logam berat, temperatur dalam suatu musim pun juga berpengaruh. Menurut Namminga dan Wilhm (1997) hal yang dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat seperti Pb dan Cu dalam perairan yaitu aktivitas manusia, banjir, kekeringan, serta temperatur. Namminga dan Wilhm (1997) juga menemukan

bahwa konsentrasi logam berat yang terkandung dalam sedimen lebih besar pada musim panas dibandingkan dengan musim dingin. Adanya temperatur yang tinggi di musim panas dapat meningkatkan aktivitas mikrobial dalam sedimen yang kemudian akan menghasilkan peningkatan akumulasi logam.

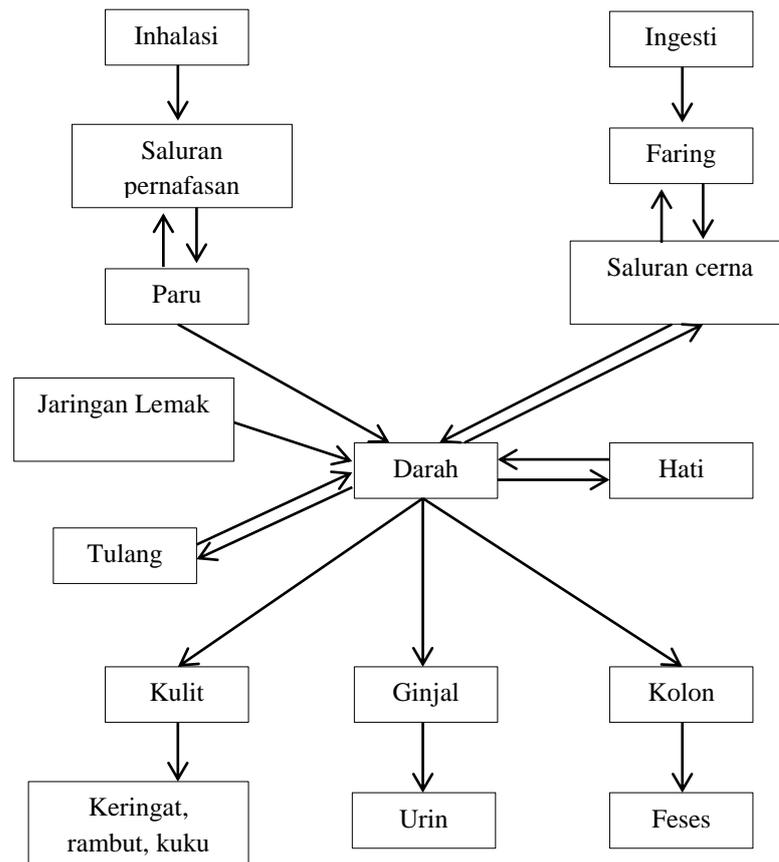
2.6 Karakteristik dan Toksisitas Timbal (Pb)

Timbal adalah logam berat yang berasal dari kerak bumi dan tersebar ke alam melalui proses alami dalam jumlah kecil. Menurut Fardiaz (1992), timbal yang tersebar tersebut dapat terserap ke dalam tubuh makhluk hidup khususnya manusia melalui perantara udara, debu, air, serta makanan yang dikonsumsi. Timbal di udara dapat berasal dari proses pembakaran bahan bakar timbal kendaraan bermotor yang melepaskan timbal oksida membentuk debu partikel yang kemudian masuk melalui sistem pernafasan manusia. Sebanyak 95% timbal yang dilepaskan dari proses pembakaran tersebut mencemari udara. Sedangkan dalam air, kadar timbal sebesar 15 mg/L dianggap dalam konsentrasi yang masih aman untuk dikonsumsi. Namun timbal yang ada di dalam perairan mampu mengontaminasi biota akuatik seperti hewan atau pun tumbuhan yang kemudian dikonsumsi oleh manusia.

Logam timbal yang berasal dari kerak bumi dan tersebar luas pada batuan mempunyai nomor atom 82 dan masuk ke dalam golongan IV-A dalam tabel periodik. Penyebaran logam ini sangat sedikit yaitu 0,0002% dari seluruh lapisan bumi. Selain dapat masuk ke perairan melalui proses pengkristalan di udara dengan adanya bantuan hujan, logam Pb juga dapat masuk ke perairan melalui proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan

angin (Palar, 2004). Sifat kimia timbal yaitu mempunyai densitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan logam lain kecuali dengan emas dan merkuri. Logam timbal juga mudah dibentuk karena mempunyai titik lebur yang rendah, yakni dapat melebur pada suhu 328°C (662°F), titik didih 1740°C (3164°F), dengan berat atom 207,20 g/mol (Widowati, dkk., 2008). Bentuk persenyawaan timbal meliputi senyawa-senyawa galena (PbS), anglesite (PbSO_4), minim (Pb_3O_4), dan cerrusite (PbCO_3), selain itu timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murni (Palar, 2004).

Timbal banyak digunakan dalam industri baterai yang berfungsi sebagai bahan aktif dalam pengaliran arus elektron, kabel listrik, konstruksi pabrik-pabrik kimia, container, dan mempunyai kemampuan yang tinggi untuk tidak korosif (Palar, 2004). Logam Pb juga dapat digunakan sebagai zat tambahan untuk bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat yang menjadi salah satu penyebab utama dalam pencemaran lingkungan (Darmono, 1995). Pemanfaatan timbal dalam pembuatan *tetra ethyl lead* (TEL) digunakan sebagai pendongkrak (*boosting*) nilai oktan bahan bakar sekaligus berfungsi sebagai *antiknocking* untuk mencegah ledakan saat pembakaran bahan bakar bensin dalam mesin berlangsung. Konsentrasi Pb yang tinggi yakni 188 mg/L dapat membunuh ikan, sedangkan krustase setelah 245 jam akan mengalami kematian apabila badan air konsentrasi Pb mencapai 2,75-49 mg/L (Palar, 2004).



Gambar 2.2 Metabolisme Pb dalam tubuh (Saryan dan Zenz, 1994)

Timbal bersifat toksik bagi kesehatan manusia karena dapat menyebabkan keracunan akut hingga kronis. Keracunan akut dapat mengakibatkan rasa terbakar pada mulut dan adanya rangsangan pada sistem gastrointestinal yang disertai dengan diare. Sedangkan keracunan kronis biasanya ditandai dengan mual, anemia, sakit di sekitar mulut, dan dapat menyebabkan kelumpuhan. Logam Pb dalam tubuh dapat mengakibatkan terhambatnya proses kerja enzim oleh ion-ion Pb^{2+} , sehingga mengganggu pembentukan hemoglobin darah dalam tubuh karena ikatan kovalen antara ion-ion Pb^{2+} dengan gugus sulphur di dalam asam-asam amino (Darmono, 2001).

Masuknya timbal ke dalam tubuh dapat melalui saluran pencernaan dan saluran pernafasan. Prosentase timbal yang masuk ke dalam pernafasan manusia sekitar 30%-40% (Saryan dan Zenz, 1994). Logam timbal (Pb) yang masuk ke paru-paru kemudian akan terserap dan berikatan dengan darah dan disebarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Prosentase timbal yang masuk melalui sistem pencernaan sekitar 5%-10% yang kemudian akan terdistribusikan ke dalam darah, sebanyak 95% akan terikat pada sel darah merah dan sisanya terikat pada plasma darah. Pada jaringan tubuh, logam timbal dapat membentuk ion Pb^{2+} yang dapat menggantikan ion Ca^{2+} pada tulang (Palar, 2008).

2.7 Parameter Pendukung Kualitas Air

Kualitas air merupakan suatu kondisi kualitatif air yang dapat diukur dan diuji menggunakan parameter-parameter tertentu serta metode tertentu pula. Kualitas air dapat ditentukan dengan menggunakan berbagai parameter kualitas air yang meliputi parameter fisik, kimia, serta mikrobiologis. Parameter fisika dan kimia yang biasa digunakan meliputi suhu, pH, DO, BOD, COD, dan daya hantar listrik (Masduqi dan Slamet, 2009).

2.7.1 Suhu

Secara langsung maupun tidak langsung suhu dalam air dipengaruhi oleh panas matahari. Suhu dalam air akan berubah secara perlahan ketika waktu siang dan di waktu malam hari serta adanya perubahan musim. Suhu air sangat mempengaruhi adanya jumlah oksigen di dalam air. Menurut Lesmana (2011), suhu dapat mempengaruhi kecepatan reaksi kimia pada air, baik dalam media luar

maupun pada tubuh ikan di perairan tersebut. Apabila semakin tinggi suhu, maka reaksi kimia yang terjadi akan semakin cepat, namun konsentrasi gas pada air seperti oksigen akan turun dan akan berdampak pada makhluk hidup di dalam air.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi suhu pada air antara lain musim, lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam satu hari, penutupan awan, serta aliran dan kedalaman air. Suhu air yang meningkat dapat berakibat pada reaksi kimia, evaporasi dan voltisasi, serta menurunnya kelarutan gas dalam air yakni O₂, CO₂, dan lain-lain. Suhu yang diperlukan untuk kelangsungan hidup makhluk air pada perairan tropis antara 25°C -32°C (Effendi, 2003).

Pengukuran suhu pada air dapat memperlihatkan kecenderungan aktivitas kimiawi, biologis, serta fisik seperti pengentalan, tekanan uap, dan ketegangan permukaan serta nilai-nilai penjujukan dari benda padat dan gas dalam air. Pengentalan tersebut dalam mengatur sedimentasi. Pada suhu tinggi, pengentalan menurun sedangkan kegunaan sedimentasi meningkat dengan perkiraan sedimentasi tak terganggu oleh konversi arus (Otto, 1986). Menurut Syakti (2012) suhu juga mempengaruhi toksisitas logam berat terhadap biota akuatik. Suhu yang meningkat menyebabkan proses pemasukan logam berat dalam tubuh biota juga akan meningkat dan reaksi pembentukan ikatan antara logam berat dengan protein dalam tubuh pun semakin cepat.

2.7.2 pH

pH (derajat keasaman) mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena pengaruhnya terhadap kehidupan jasad renik. pH dapat diukur berdasarkan jumlah

ion hidrogen dengan rumus $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$. Air murni dengan kandungan ion H^+ dan OH^- dalam jumlah seimbang akan menghasilkan pH 7 netral. Apabila jumlah kandungan OH^- dalam air makin banyak, maka nilai pH air tersebut juga akan tinggi (basa), begitu pula sebaliknya apabila kandungan ion H^+ dalam air makin tinggi maka pH air tersebut akan makin rendah (asam) (Andayani, 2005).

Tingkat toksisitas suatu senyawa kimia dalam air salah satunya juga dipengaruhi oleh pH. Apabila pada pH rendah maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan tinggi, begitu pula sebaliknya apabila nilai pH tinggi maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan turun. Selain itu rendahnya nilai pH suatu perairan juga akan meningkatkan konsentrasi logam berat (Sarjono, 2009).

2.7.3 BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah dimana banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam air untuk mendegradasi bahan buangan organik dalam air menjadi CO_2 dan air. Pada dasarnya proses oksidasi bahan buangan organik dalam air berlangsung cukup lama. Prinsip dari pengukuran BOD yakni adanya oksidasi zat organik oleh oksigen dalam air menggunakan bantuan bakteri. Reaksi oksidasi proses penguraian bahan organik oleh bakteri aerobik (Effendi 2003):



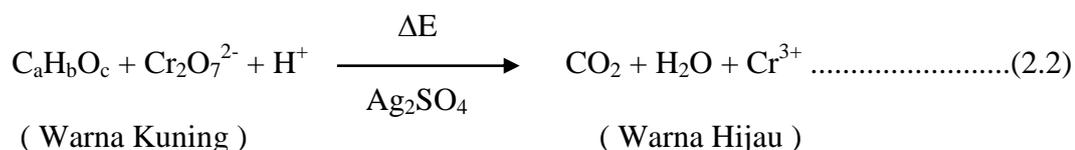
Keterangan : n, a, b, c = indeks

Semakin kecilnya nilai oksigen yang terlarut dalam air maka menunjukkan bahwa bahan organik dalam air membutuhkan oksigen yang tinggi karena adanya tingkat konsumsi oksigen yang tinggi pula (Togatorop, 2009). Bahan organik

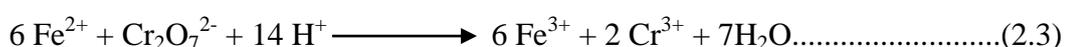
tersebut umumnya berasal dari tanaman dan hewan yang telah mati, selain itu limbah domestik dan limbah industri juga dapat mempengaruhi nilai BOD (Effendi, 2003). Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 menyatakan bahwa kualitas air kelas 1 mempunyai nilai BOD sebesar 2 mg/L, sedangkan kualitas air kelas 2 berasal dari mempunyai nilai BOD sebesar 3 mg/L, kualitas air kelas 3 mempunyai nilai BOD sebesar 6 mg/L, dan untuk kelas 4 ialah 12 mg/L.

2.7.4 COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan jumlah kandungan oksigen yang diperlukan air agar bahan buangan yang terkandung dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Prinsip dalam pengujian COD yaitu bahan buangan organik dalam air akan dioksidasi oleh kalium bikromat yang dipergunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi karbon dioksida dan air serta sejumlah ion krom. Berikut adalah reaksinya (Effendi, 2003):



Uap yang dihasilkan dari reaksi kemudian direfluks dengan kondensor agar zat organik yang bersifat volatil tidak keluar. Fungsi dari Ag_2SO_4 sebagai katalisator yang dapat mempercepat reaksi, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ berfungsi untuk menentukan oksigen yang terpakai yakni dengan cara titrasi menggunakan FAS (Fero Ammonium Sulfat). Berikut reaksinya (Effendi 2003):



Secara kimiawi kebutuhan oksigen dalam air digunakan untuk mengoksidasi bahan organik yang ada dalam air (Monoarfa, 2002). Effendi (2003)

menyatakan bahwa nilai COD pada perairan yang tidak tercemar yakni berkisar antara 20 mg/L, sedangkan nilai COD untuk perairan yang tercemar berkisar antara 200 mg/L. Penelitian yang dilakukan oleh Priyanto (2008) menyatakan bahwa tingginya kandungan COD dalam suatu perairan menunjukkan tingginya limbah anorganik yang terkandung dalam perairan tersebut. Limbah anorganik dapat berasal dari kegiatan pertanian, industri, dan kegiatan domestik warga sekitar. Semakin tinggi nilai COD maka semakin tinggi tingkat pencemarnya perairan tersebut karena banyaknya kandungan limbah termasuk logam berat yang dihasilkan oleh industri dan kegiatan lainnya di dalamnya. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 menyatakan bahwa kualitas air kelas 1 mempunyai nilai COD sebesar 10 mg/L, sedangkan kualitas air kelas 2 mempunyai nilai COD sebesar 25 mg/L, kualitas air kelas 3 mempunyai nilai COD sebesar 50 mg/L, dan untuk kelas 4 ialah 100 mg/L.

2.7.5 DO

DO (*Dissolved Oxygen*) merupakan oksigen terlarut dalam air. Oksigen terlarut banyak dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik dalam air. Menurut Warlina (1985), kelarutan oksigen dalam air bergantung pada suhu dan tekanan atmosfer. Berdasarkan data temperatur dan tekanan, didapatkan bahwa kelarutan oksigen dalam air terletak pada suhu 25° C dan tekanan 1 atmosfer adalah 8,32 mg/L. Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 menyatakan bahwa nilai DO untuk kualitas air kelas 1 ialah 6 mg/L.

Salah satu aktivitas manusia yang dapat meningkatkan pencemaran lingkungan adalah mencuci baju, piring, dan sejenisnya. Berdasarkan jurnal

penelitian Yuliani et al (2015) semakin tinggi konsentrasi detergen laundry maka tingkat oksigen terlarut dalam air (DO) semakin menurun. Hal ini dikarenakan akumulasi pada perairan menimbulkan terhambatnya transfer oksigen. Kandungan fosfat yang tinggi dari detergen akan merangsang tumbuhnya gulma air. Apabila gulma maupun tanaman air meningkat, maka menyebabkan peningkatan penguraian fosfat dan menghambat pertukaran oksigen dalam air, sehingga kadar oksigen terlarut dalam air akan sangat rendah (mikroaerofil) (H. Sitorus, 1997). Apabila kadar DO menurun, maka akan berpengaruh tingginya nilai COD dan BOD yang menandakan semakin tercemarnya suatu badan perairan tersebut.

Menurut Effendi (2003) bahwa secara biologis maupun kimiawi tinggi dan rendahnya nilai DO sangat berpengaruh dalam kualitas perairan. Apabila nilai DO rendah, maka tingkat pencemaran dalam suatu perairan tersebut secara biologis maupun kimiawi cukup tinggi. Kadar oksigen terlarut berpengaruh pada organisme akuatik untuk hidup. Adanya logam pencemar yang berlebihan dalam suatu perairan dapat mempengaruhi sistem pernafasan organisme air, maka dapat dikatakan bahwa rendahnya kadar oksigen terlarut dalam air berbanding terbalik dengan konsentrasi logam pencemar.

2.7.6 Pengukuran Konduktivitas Listrik

Nilai konduktivitas dapat terpengaruh oleh waktu pengambilan sampel dan musim. Nilai konduktivitas air pada musim kemarau akan lebih tinggi dari pada nilai konduktivitas air pada saat musim hujan. Hal ini karena ketika musim kemarau air pada perairan cenderung lebih tenang dan tidak mengalir apabila dibandingkan saat musim hujan, sehingga logam berat yang ada dalam air tidak

terbawa oleh aliran air. Prinsip dari pengukuran daya hantar listrik air yakni menggunakan konduktometri di mana elektroda yang berfungsi untuk melepaskan elektron dari suatu bahan yang dianalisa menangkap kembali elektron, kemudian dapat diketahui nilai daya hantar listrik dari sampel (Sahara dan Puryanti, 2015).

2.7.7 TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* atau TSS) merupakan zat yang tersuspensi berdiameter $> 1 \mu\text{m}$ yang tertahan dalam saringan *milli-pore* berdiameter $0.45 \mu\text{m}$ (Effendi, 2003). Zat padat tersuspensi tersebut adalah tempat terjadinya reaksi kimia heterogen dan berfungsi sebagai zat dasar pembentuk endapan serta menghalangi kemampuan produksi zat organik dalam perairan (Tarigan dan Edward, 2003). Analisa zat padat tersuspensi dapat dilakukan dengan cara yakni kertas saring 934-AHTM *circle* 90 mm yang telah dibilas dengan akuades dan dipanaskan dalam oven selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang dengan cepat. Sampel air yang telah dikocok merata, diambil sebanyak 100 mL lalu divakum dengan alat penyaring yang telah dilapisi menggunakan kertas saring 934-AHTM *circle* 90 mm tersebut. Kemudian kertas saring diambil dan dikeringkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam setelah itu di desikator selama 15 menit lalu ditimbang dengan cepat.

2.7.8 TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS (*Total Dissolved Solid*) yaitu terlarutnya zat padat berupa ion maupun koloid dalam air (Situmorang, 2007). Menurut Boyd (1988), residu merupakan

kandungan total dalam suatu bahan yang terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu, ion bikarbonat yang ada di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, hal ini menyebabkan karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak termasuk dalam nilai padatan total. Klasifikasi padatan yang berada di perairan berdasarkan ukuran diameter partikelnya, ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Klasifikasi padatan di dalam perairan berdasarkan ukuran diameter Partikelnya (Effendi, 2003)

No.	Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter (μm)	Ukuran Diameter (mm)
1	Padatan Terlarut	$<10^{-3}$	$<10^{-6}$
2	Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
3	Padatan Tersuspensi	>1	$>10^{-3}$

Total padatan terlarut adalah konsentrasi jumlah ion kation dan ion anion dalam air. Maka, analisa total padatan terlarut dapat digunakan sebagai pengukuran kualitatif terhadap jumlah ion terlarut, namun tidak dapat digunakan untuk menjelaskan sifat dan hubungan ion, serta tidak dapat digunakan sebagai pegujian kualitas air secara spesifik maka dari itu analisa TDS digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Semua kation dan anion dalam air termasuk padatan terlarut total (Sari, 2015). Menurut Slamet (1994), TDS biasanya terdiri dari zat organik, garam anorganik, serta gas terlarut. Apabila nilai TDS bertambah maka kesadahan air pun juga bertambah.

Nilai TDS dipengaruhi adanya bahan anorganik yang berupa ion dalam perairan, seperti :

Tabel 2.2 Ion-ion yang banyak ditemukan di perairan

Major Ion (Ion Utama) (1,0-1.000 mg/liter)	Secondary Ion (Ion Sekunder) (0,01-10,0 mg/liter)
Sodium (Na)	Besi (Fe)
Kalsium (Ca)	Strontium (Sr)
Magnesium (Mg)	Kalium (K)
Bikarbonat (HCO ₃)	Karbonat (CO ₃)
Sulfat (SO ₄)	Nitrat (NO ₃)
Klorida (Cl)	Fluorida (F)
	Boron (Br)
	Silika (SiO ₂)

Sumber : Todd, 1970.

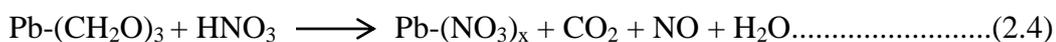
2.8 Destruksi Basah Tertutup

Destruksi merupakan perombakan suatu zat menjadi zat lain yang berfungsi untuk menunjukkan identifikasi pada salah satu unsur dalam suatu sampel dengan menggunakan zat pengoksidasi (Kristianingrum, 2012). Sehingga, sebelum melakukan proses analisa menggunakan AAS, dilakukan destruksi pada sampel terlebih dahulu menggunakan asam-asam kuat seperti (HNO₃), asam sulfat (H₂SO₄), asam perklorat (HClO₄), dan asam klorida (HCl) untuk memutus ikatan antara unsur logam dengan unsur lain sehingga unsur logam akan berada pada keadaan bebas (Mulyani, 2007). Apabila sampel dimasukkan dengan zat pengoksidasi kemudian dipanaskan dan diperoleh pelarut yang jernih pada larutan destruksi, maka dapat dikatakan proses destruksi tersebut berhasil sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa perombakan senyawa-senyawa organik telah berjalan dengan baik (Kristianingrum, 2012).

Nielsen dan Suzanne (2010) mengatakan bahwa keuntungan destruksi basah juga dapat mempertahankan mineral-mineral sampel larutan dan hanya menghilangkan sedikit mineral sampel karena penggunaan suhu rendah dan waktu oksidasi yang cepat pada prosesnya. Sumardi (1981) menambahkan yakni apabila

dibandingkan dengan destruksi kering, destruksi basah lebih efisien karena bahan atau senyawa yang hilang pada proses penguapan hanya sedikit. Kekurangan dari destruksi basah yakni membutuhkan reagen asam kuat yang bersifat korosif sehingga harus dilakukan dengan pengawasan penuh sehingga tidak dapat mengerjakan sampel dalam jumlah banyak sekaligus (Nielsen dan Suzanne, 2010).

Zat pengoksidasi yang sering digunakan adalah HNO_3 . Penelitian yang dilakukan oleh Jumbe dan Nandini (2009) dalam destruksi basah pada sampel air menggunakan HNO_3 sebagai zat pengoksidasi utama yang bereaksi dengan air. Mekanisme reaksinya adalah (Wulandari dan Sukei, 2013):



Sedangkan proses destruksi pada sampel sedimen adanya penambahan aqua regia, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Saha, dkk (2012), Obaidy, dkk (2014), taberna, dkk (2015). Aqua regia merupakan larutan yang terbuat dari campuran asam klorida (HCl) dan asam nitrat (HNO_3) pekat dengan perbandingan (3:1). Penambahan aqua regia ini berfungsi untuk melarutkan logam-logam mulia seperti emas dan platina yang tidak dapat larut oleh HNO_3 pekat dan HCl pekat. Mekanisme reaksi antara asam klorida (HCl) dan asam nitrat (HNO_3) pekat dengan perbandingan (3:1), yaitu (Kristianingrum, 2012):



2.9 Jenis Penelitian dan Pengambilan Sampel Sungai Lesti

Jenis penelitian yang dilakukan yakni *experimental laboratory* yang bertujuan untuk menganalisis kadar timbal dalam air dan sedimen di Sungai Lesti

menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dengan metode destruksi basah tertutup menggunakan refluks untuk sampel air dan sedimen. Digunakan metode *purpose sampling* dalam penentuan titik pengambilan sampel. Menurut Nasution (2003), *purpose sampling* dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu terhadap kondisi daerah titik sampling. Titik sampling yang telah ditentukan dilakukan dianggap telah mewakili kondisi perairan dan sedimen Sungai Lesti. 7 Lokasi titik sampling tersebut meliputi Ngadas, Dampit, Sananrejo, Tawangrejeni, sebelum dan sesudah PT Ekamas Fortuna, dan Waduk Sengguruh.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dari lapangan yaitu kadar logam berat pada air dan sedimen Sungai Lesti yang terdiri dari 12 kecamatan serta parameter pendukung kualitas air yaitu suhu, pH, DO, BOD, COD, dan pengukuran konduktivitas listrik. Data sekunder yang didapatkan berasal dari laporan-laporan orang luar atau instansi, data-data Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kabupaten Malang, jurnal, serta buku-buku.

Pengambilan sampel air dan sedimen yang dilakukan di 7 titik sebanyak tiga kali. Titik 1 berada di Ngadas, Poncokusumo untuk mengetahui kualitas awal perairan dan sedimen, Titik 2 di daerah Sananrejo, Turen, Titik 3 di daerah Dampit, Titik 4 di Tawangrejeni, Turen, Titik 5 berada di Kecamatan Pagak sebelum PT. Ekamas Fortuna, Titik 6 berada sesudah PT. Ekamas Fortuna, terakhir Titik 7 berada di Waduk Sengguruh yang merupakan titik akhir aliran Sungai Lesti dan titik temu antara Sungai Lesti dan Sungai Brantas.

Sebelum dilakukan pengambilan sampel, dilakukan terlebih dahulu preparasinya. Pertama yakni botol sampel air dicuci terlebih dahulu menggunakan

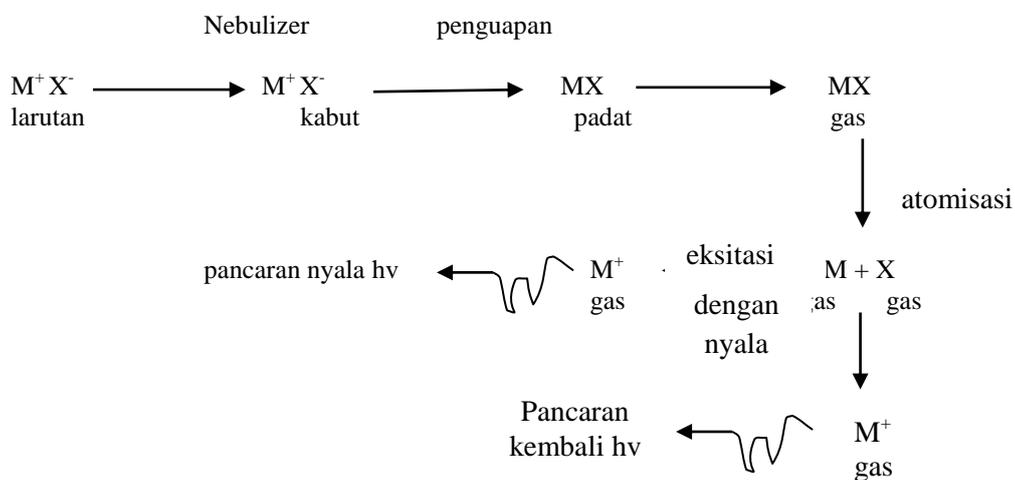
HNO₃ 10 % selama 4 jam yang berfungsi untuk untuk mencegah proses adsorpsi logam ke dinding botol serta meminimalisir terjadinya perubahan biologi dan kimia yang tidak terduga (Aghoghovwia, dkk., 2015), setelah itu dibilas menggunakan akuades. Ketika dilakukan pengambilan sampel, botol polyetilen dibilas terlebih dahulu beberapa kali menggunakan sampel air sungai yang diambil dari kedalaman 50 cm di bawah permukaan air (Obaidy, dkk., 2014). Selanjutnya diberi label pada botol-botol di setiap titik sampling agar tidak tertukar dan dilakukan proses pengambilan sampel.

Pengambilan sampel air dilakukan pada kedalaman 0,2 kali air sungai (1,2 meter dari permukaan sungai) di setiap titik yang telah ditentukan. Menurut Pemkab Malang (2016), Sungai Lesti Kabupaten Malang mempunyai kedalaman 6 m dengan debit air 24,6 m³/detiknya, berdasarkan hal tersebut Hadi (2015) beranggapan bahwa sungai Lesti tersebut termasuk kategori sungai sedang. Sedangkan pengambilan sampel sedimen dilakukan di titik yang sama dengan sampel air. Metode yang digunakan untuk mengambil sampel sedimen yakni metode “*eknam grab*” yakni pengambilan sampel sedimen bergantung pada tinggi dan dalamnya grab masuk ke dalam lapisan sedimen. Digunakannya *eknam grab*, karena penggunaannya yang mudah, ringan, serta dapat mengumpulkan sampel dengan ukuran 3 L (IAEA, 2003).

2.10 Prinsip Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi serapan atom merupakan metode analisis kualitatif yang digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu unsur yang ada di dalam cuplikan

dengan adanya proses penyerapan radiasi sumber oleh atom yang ada di tingkat energi dasar (*ground state*). Proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang tertentu untuk setiap unsur, sehingga atom mengalami eksitasi yakni elektron dari kulit atom berpindah dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Semakin banyak intensitas radiasi yang diserap, semakin banyak pula jumlah atom yang ada pada tingkat energi dasar yang menyerap radiasi tersebut (Boybul dan Haryati, 2009). Menurut Khopkar (1990) dan Khopkar (2010), Spektroskopi Serapan Atom (SSA) mempunyai kelebihan yakni mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), interferensinya yang sedikit, teliti, cepat, spesifik (analisis tertentu dengan panjang gelombang yang sesuai) serta relatif mudah dalam pengerjaannya.



Gambar 2.3 Skema umum atomisasi logam timbal (Pb) dalam spektroskopi (Baset, dkk., 1994)

Cara kerja dari Spektroskopi Serapan Atom (SSA) yakni berdasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam fasa gas (Gandjar dan Rohman, 2007). Tahapan-tahapan dari proses atomisasi pada Spektroskopi Serapan Atom (SSA) (Chasten, 2010) :

1. *Nebulizer* akan mencampur asetilena yang berfungsi sebagai bahan bakar dan oksidan yang terdiri dari udara dan dinitrogen oksida, yang kemudian akan menghasilkan tekanan
2. Tekanan tersebut menimbulkan sampel teradsorpsi ke dalam ruang *nebulizer*
3. *Glass bead* dan *mixing paddle* di dalam *chamber* menghasilkan campuran yang heterogen dari bahan bakar dan oksidan serta aerosol sampel
4. Kemudian campuran tersebut mengalir ke kepala burner
5. Sampel cair tidak mengalir menuju ke arah nyala, namun akan terkumpul di bagian bawah *nebulizer* dan mengalir menuju ke tempat pembuangan dengan bantuan gaya gravitasi
6. Nyala akan memecah analit dan mengubahnya dalam bentuk atom
7. Selanjutnya sinar dari analit akan diisolasi oleh monokromator dan dipisahkan dari sinar lain yang ditimbulkan oleh nyala
8. Kemudian sinar yang keluar dari monokromator akan ditentukan intensitasnya oleh detektor dan diubah dalam bentuk energi listrik

Prinsip dasar SSA yaitu adanya interaksi antara sampel dengan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu. Misalnya, timbal memiliki panjang gelombang 217 nm, dimana cahaya pada panjang gelombang tersebut mempunyai energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom serta memiliki transisi elektronik yang spesifik (Khopkar, 2010). Atom akan menyerap radiasi dari cahaya yang dihasilkan oleh katoda, kemudian jumlah radiasi yang diserap oleh atom diukur dengan panjang gelombang logam tersebut. Sehingga diperoleh

hubungan antara konsentrasi dan absorbansi berdasarkan Hukum Lambert-Beer (Day & Underwood, 2002):

1. Hukum Lambert : sinar monokromatik yang dilewatkan pada suatu medium transparan, akan meneruskan cahaya dengan intensitas yang berkurang. Semakin tebal medium yang mengabsorpsi sinar tersebut maka semakin berkurang intensitas cahaya yang diteruskan.
2. Hukum Beer : intensitas cahaya yang diteruskan akan semakin berkurang diiringi dengan besarnya konsentrasi dari spesi yang menyerap sinar tersebut.

Sehingga diperoleh persamaan Hukum Lambert-Beer (Day & Underwood, 2002):

$$A = a.b.c \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

A = absorbansi

a = absortivitas molar

b = panjang medium

c = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

Analisa dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) menggunakan Temperatur yang relatif sangat tinggi. Adanya temperatur yang sesuai akan mempengaruhi keberhasilan proses eksitasi dan hasil garis resonansi, sehingga proses analisa pun akan optimal. Macam-macam temperatur nyala yang digunakan tertera pada tabel berikut ini (Khopkar, 2008):

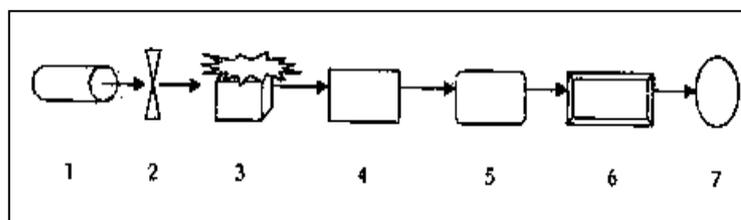
Tabel 2.3 Temperatur nyala

Bahan Bakar	Oksida Udara	Oksida Oksigen	N ₃ O
Hidrogen	2100	2770	-
Asetilen	2200	3050	N ₂ O
Propana	1950	2500	-

2.11 Instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Berikut ini merupakan rangkaian dan komponen instrumentasi

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) (Syahputra, 2004) :



Gambar 2.5 Diagram SSA

1. Sumber sinar

Hallow Cathode Lamp (HCL) sebagai sumber radiasi alat ini. Setiap cuplikan menggunakan *Hallow Cathode Lamp* tertentu berdasarkan sampel yang digunakan. *Hallow Cathode Lamp* sebagai sumber radiasi akan memancarkan energi radiasi dengan energi tertentu yang diperlukan oleh suatu atom untuk melakukan transisi.

2. Sumber atomisasi

Sumber radiasi atau sistem nyala memperkenalkan sampel dalam bentuk larutan. Sampel yang masuk ke dalam nyala berbentuk aerosol. Umumnya, jenis nyala udara asetilen dan nitrous oksida-asetilen digunakan untuk pengukuran analitik, sehingga dapat ditentukan kondisi analisis yang sesuai dengan metode tertentu yakni metode emisi, absorpsi, maupun fluoresensi.

3. Monokromator

Digunakan untuk memisahkan radiasi spektrum lain yang dihasilkan dari *Hallow Cathode Lamp* yang tidak diperlukan.

4. Detektor

Berfungsi untuk mengubah bentuk energi yakni dari energi cahaya ke energi listrik yang kemudian memberikan tanda listrik yang berhubungan dengan penyerapan daya radiasi oleh permukaan yang peka.

5. Sistem pengolah

Digunakan untuk mengolah kuat arus dari detektor ke besaran daya serap atom transmisi yang kemudian menjadi data di sistem pembacaan.

6. Sistem pembacaan (*Readout*)

Menampilkan data atau gambar dari hasil analisis.

Sensitifitas dalam SSA didefinisikan sebagai suatu unsur dalam larutan air ($\mu\text{g/mL}$) yang mengabsorpsi 1% dari intensitas radiasi yang datang. 1% absorbansi umumnya setara dengan 99% transmudansi dengan nilai absorbansinya sebesar 0,0004. Batas deteksi suatu unsur dalam larutan memberikan sinyal dua kali deviasi standar dari suatu seri pengukuran standar yang konsentrasinya mendekati blanko. Baik sensitivitas maupun batas deteksi dapat bervariasi seiring dengan berubahnya temperatur nyala dan lebar pita spektra (Khopkar, 2010). Range konsentrasi untuk logam timbal (Pb) pada sampel menggunakan SSA yakni (Skoog, 2004):

Tabel 2.4 Range konsentrasi sampel untuk analisis Pb menggunakan SSA

Element	Flame AA	Electrothermal AA ⁺	Flame Emission	ICP Emission	ICP-MS
Pb	5	0,2	200	1	0,007

*berdasarkan 10 μL sampel

Kondisi SSA untuk analisis logam Pb yakni (Khopkar, 2010 dan Rohman, 2007) :

Tabel 2.5 Kondisi SSA untuk Analisis Pb

Logam	Panjang gelombang (nm)	Tipe nyala	Kisaran kerja ($\mu\text{g/mL}$)	Batas deteksi ($\mu\text{g/mL}$)	Sensitivitas ($\mu\text{g/mL}$)
Pb	217	UA	5-20	0,015	0,11

Keterangan : UA = Udara-asetilen

2.12 Uji *One Way Annova*

Uji Annova (*Analysis of variance*) merupakan suatu metode analisis statistika yang digunakan untuk menganalisis komparasi multivariable. Uji Annova satu arah (*One Way Annova*) digunakan untuk menganalisis suatu variable yang terdiri dari satu variable terikat dan satu variable bebas. Analisis tersebut akan menghasilkan kesimpulan sebagai berikut (Kartikasari, 2006):

1. Jika H_0 ditolak dan F hitung $>$ F tabel, maka faktor tersebut berpengaruh terhadap suatu variabel.
2. Jika H_0 diterima dan F hitung $<$ F tabel, maka faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap suatu variabel.

2.13 Kajian tentang Pencemaran Lingkungan dalam Perspektif Islam

Salah satu kerusakan yang terjadi di muka bumi ini adalah pencemaran yang terjadi di muka bumi ini sebagian besar terjadi akibat dari perbuatan manusia. Pencemaran tersebut berasal dari limbah sisa buangan dari pemukiman penduduk, kegiatan pertanian, kegiatan peternakan, hingga limbah industri yang ada. Limbah tersebut mencemari lingkungan meliputi udara, tanah, hingga perairan. Berbagai pemanfaatan air tersebut menggambarkan bahwa, air sangatlah penting bagi kehidupan. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan mengenai

kualitas air yang ada, akan sangat membantu manusia untuk dapat memanfaatkannya dengan bijak dan mengurangi pencemarannya.

Salah satu ayat suci Al-Qur'an yang menjelaskan tentang air yaitu QS. al-Anbiya' ayat 30 yaitu:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا^ط وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ
٣٠)

“Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?” (Q.S al-Anbiya:30).

Ayat di atas menggambarkan fungsi air sebagai sumber kehidupan utama di muka bumi. Air sangat penting bagi kelangsungan hidup makhluk hidup seperti manusia, tumbuhan, dan hewan. Berbagai macam pemanfaatan air di dalam kehidupan manusia antara lain sebagai air minum, mencuci baju, dan berbagai kebutuhan sehari-hari lainnya hingga sebagai sumber tenaga pembangkit listrik (Al-Qur'an dan tafsirnya, 1995).

Berdasarkan Tafsir Yusuf Ali (2008), sekitar 72% bagian bumi ialah tertutup oleh air, serta kehidupan yang ada di muka bumi pun berasal dari air. Dasar permulaan benda hidup, baik yang cair atau pun setengah cair selalu dalam keadaan mengalir dan tidak stabil, serta hewan darat bertulang belakang, organ-organ ikan, dan makhluk hidup lainnya dengan adanya 80-85% adanya protoplasma ialah berasal dari air. Berdasarkan Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar (2007), segala sesuatu yang ada di muka bumi ini baik benda mati maupun benda hidup mereka berasal dari air, juga bumi yang terbelah dan mengeluarkan bermacam-macam ragam tumbuhan yang berwarna-warni, beraneka ragam bau, rasa, dan manfaatnya.

Tafsir Ibnu Katsir (2003) menuliskan bahwa ‘Athiyyah al-‘Aufi berkata “Dahulu, alam ini ialah bersatu, dan tidak menurunkan hujan. Kemudian hujan turun. Dahulupun alam ini bersatu, dan tidak menumbuhkan tanam-tanaman, kemudian tumbuh tanam-tanaman. Penjelasan surah al-Anbiya ayat 30 dalam tafsir Qurthubi (2008), bahwa pendapat ketiga yang telah dikemukakan oleh Ikrimah, Athiyah, Ibnu Zaid, dan Ibnu Abbas yang juga disebutkan oleh Al Mahduwi : sesungguhnya dulu langit merupakan satu kesatuan yang utuh yang tidak menurunkan hujan, begitu juga dengan bumi yang merupakan suatu kesatuan yang utuh yang tidak menumbuhkan tumbuhan. Kemudian langit dipisah dengan hujan dan bumi dengan tumbuhan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April – September 2018. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika dan Laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini ialah seperangkat alat gelas laboratorium, seperangkat instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), neraca analitik, pH meter, *hot plate*, stirer, tali berskala, peralatan titrasi, GPS, termometer air raksa, oven, *cool box*, botol polyetilen, *washing bottle*, sarung tangan, tissue, pipet tetes, *glassware*, kertas label, *ekman grap*, DO meter, seperangkat refluks, kertas saring Whatman No.42.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini ialah larutan standar Pb, HNO₃ p.a, HCl p.a akuades, sampel air Sungai Lesti, sampel sedimen Sungai Lesti, K₂Cr₂O₇-HgSO₄, H₂SO₄-Ag₂SO₄, H₂SO₄ p.a, HNO₃ 0,5 M.

3.3 Tahapan Penelitian

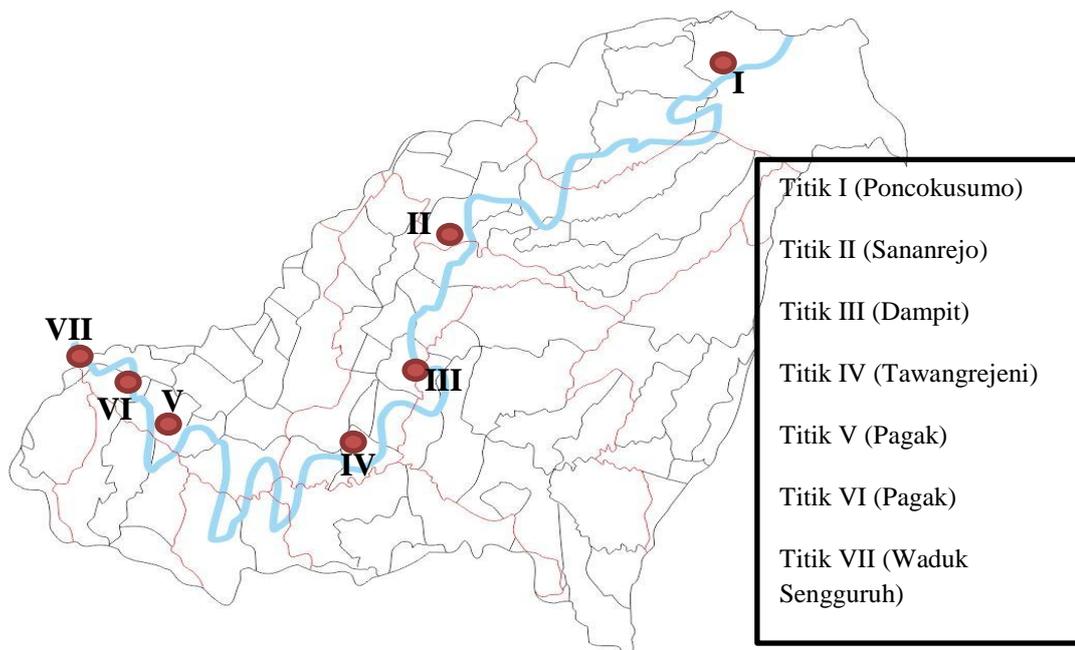
Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini antara lain :

1. Penentuan lokasi pengambilan sampel
2. Pengambilan sampel
3. Pengukuran parameter pendukung kualitas air
4. Penentuan kadar Pb dalam sampel air dan sedimen menggunakan SSA
5. Analisa data

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada 7 titik sampling yaitu sebagai berikut (Montarcih, L., dkk., 2009):



3.4.2 Pengambilan Sampel

3.4.2.1 Pengambilan Sampel Air

Proses pengambilan sampel air dilakukan pada permukaan lalu dimasukkan botol polyetilen sedalam 50 cm di bawah permukaan air (Obaidy, dkk., 2014). Setiap titik pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dan dicampur. Pengujian parameter fisika pada sampel dilakukan secara langsung di masing-masing lokasi pengambilan sampel (*insitu*). Sedangkan untuk pengujian parameter kimia dilakukan secara *eksitu*, yaitu sampel air dimasukan kedalam botol polyetilen dan diawetkan terlebih dahulu menggunakan asam nitrat pekat dengan proporsi 1 liter air = 1,5 mL HNO₃ pekat untuk mencegah pengendapan logam sampai pH < 2 yang berfungsi untuk menjaga kandungan logam berat pada sampel tidak berubah (Tefamariam, dkk., 2016).

3.4.2.2 Pengambilan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada kedalaman antara 2 cm. Pengujian pada sampel sedimen ini dilakukan secara *eksitu*, sampel sedimen dimasukan kedalam botol polyetilen hingga penuh dan disimpan dalam *ice box* dengan suhu 4 °C yang bertujuan untuk menurunkan reaksi kimia dan biologi pada sampel (pegawetan) (Sany, dkk., 2013). Metode yang digunakan untuk mengambil sampel sedimen yakni metode "*eknam grab*" yakni pengambilan sampel sedimen bergantung pada tinggi dan dalamnya grab masuk ke dalam lapisan sedimen. Tahap yang dilakukan pertama yakni disiapkan tali *messangger*-nya lalu katup *ekman grab* bagian bawah dibuka sehingga kawat katub dapat dikaitkan pada tuas yang ada di bagian atas grab. Barulah *ekman grab* dimasukkan

ke dalam lapisan sedimen sehingga katub grapesnya akan tertutup. Setelah itu diangkat grab secara perlahan dan sedimen yang didapatkan dikeluarkan melalui katub bagian atas lalu dipindahkan ke botol sampel yang telah disediakan. Hasil pengambilan sampel sedimen tiap pengulangan dalam satu lokasi dicampur (IAEA, 2003).

3.5 Parameter Pendukung Kualitas Air

1. Suhu

Pengukuran suhu yang dilakukan dengan menggunakan termometer air raksa yaitu pertama dengan bagian ujung bawah termometer dimasukkan secara perlahan pada bagian permukaan perairan sekitar 10 cm dan dibiarkan 2 hingga 5 menit sampai air raksa yang berada pada termometer menunjukkan nilai yang stabil. Kemudian dibaca skala pada termometer dengan keadaan masih tercelupkan pada bagian permukaan perairan (SNI 06-6989.23-2005).

2. pH (Derajat Keasaman)

Pengukuran pH yang dilakukan menggunakan pH meter, pertama yakni ujung pH meter dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan akuades dan bersihkan dengan tisu secara perlahan. Kemudian pH meter dimasukkan kedalam sampel air dan tunggu beberapa menit sampai nilainya stabil, kemudian dicatat hasilnya (Eviati, 2005).

3. Pengukuran konduktivitas listrik

Pengukuran daya hantar listrik dilakukan dengan alat konduktivimeter. Pertama yakni dikalibrasi konduktivimeter menggunakan akuades dengan cara dicelupkan elektrodanya kedalam akuades, kemudian dibiarkan hingga

menunjukkan angka nol pada konduktivimeter dengan suhu 27° C lalu elektrodanya dicuci menggunakan akuades. Pengukuran pada sampel, elektroda dicelupkan ke dalam sampel dengan kedalaman kira-kira 50 mL hingga angka yang muncul pada konduktivimeter konstan (tetap). Untuk pengukuran pada sampel yang berbeda dilakukan pencucian lebih dahulu menggunakan akuades (SNI ISO 8894-2:210 dan Eviati, 2005).

4. DO

Pengukuran DO menggunakan alat DO meter yaitu pertama-tama dikalibrasi terlebih dahulu alat tersebut menggunakan akuades, kemudian dicelupkan sensor DO meter ke dalam sampel air lalu ditekan tombol power, kemudian ditunggu selama 2-5 menit hingga nilainya stabil dan dicatat hasilnya (SNI 06-6989.14-2004).

5. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Pengukuran TDS (*Total Dissolved Suspended*) pada perairan sungai dilakukan dengan menggunakan alat TDS meter. Tahap penggunaannya yaitu dengan menekan tombol power untuk menyalakan alat, kemudian dibilas alat menggunakan akuades dan dikeringkan menggunakan tisu. Selanjutnya alat dimasukkan ke dalam sampel sampai batas elektroda lalu ditekan tombol CAL/MEAS untuk pengukuran TDS terhadap sampel. Dibiarkan beberapa saat hingga nilai pengukuran TDS yang didapat stabil, kemudian dicatat hasilnya. Dilakukan pengulangan 3 kali pada setiap sampel. Untuk pengukuran TDS sampel berikutnya, adanya perlakuan alat yang sama (Nicola, 2015).

6. TSS (*Total Suspended Solid*)

Analisa zat padat tersuspensi dapat dilakukan dengan cara yakni kertas saring 934-AHTM *circle* 90 mm yang telah dibilas dengan akuades dan dipanaskan dalam oven selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang dengan cepat. Sampel air yang telah dikocok merata, diambil sebanyak 100 mL lalu divakum dengan alat penyaring yang telah dilapisi menggunakan kertas saring 934-AHTM *circle* 90 mm tersebut. Kemudian kertas saring diambil dan dikeringkan kedalam oven dengan suhu 105° C selama 1 jam setelah itu didesikator selama 15 menit lalu ditimbang dengan cepat. Kemudian nilai TSS dapat dihitung menggunakan rumus (Standar Nasional Indonesia, No. 06-6989-26 Tahun 2005) :

$$\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ zat padat terlarut} = \frac{(a-b) \times 10^6}{c} \dots\dots\dots(3.1)$$

Di mana :

a = berat filter dan residu sesudah pemanasan 105° C (g)

b = berat filter kering (sudah dipanaskan 105° C) (g)

c = mL sampel

7. BOD

Sampel air yang didapat dikocok terlebih dahulu secara perlahan lalu dimasukkan ke dalam botol. Kemudian dianalisis konsentrasi DO 0 hari pada sampel menggunakan DO meter. Kemudian, sampel air dimasukkan ke dalam botol inkubasi sampai penuh. Botol tersebut dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 20° C selama 5 hari. Setelah diinkubasi selama 5 hari, botol tersebut dibiarkan pada suhu kamar lalu dianalisis konsentrasi DO 5 hari menggunakan DO meter dan dicatat hasil pembacaannya serta dihitung nilai BODnya (Eaton, 1992). Perhitungan kadar BODnya ialah:

$$\text{BOD} = \frac{(\text{DO}_0 - \text{DO}_5) - (\text{DO}_{\text{B-0}} - \text{DO}_{\text{B-5}})F}{P} \dots\dots\dots(3.2)$$

DO₀ = jumlah DO tes hari ke 0 DO_{B-5} = jumlah DO tes blanko hari ke 5
 DO₅ = jumlah DO tes hari ke 5 DO_{B-0} = jumlah DO tes blanko hari ke 0
 F = perbedaan seed dalam sample dan seed dalam blanko
 P = desimal faktor pengenceran

8. COD

Sampel air dikocok terlebih dahulu sambil dicek apabila contoh uji berwarna pekat atau berbau tajam maka perlu dilakukan pengenceran. Kemudian disiapkan tabung reaksi dengan tutup dan diisi dengan 1,5 mL K₂Cr₂O₇ – HgSO₄. Kemudian ditambah 2,5 mL contoh uji air. Lalu juga ditambah 3,5 mL H₂SO₄ – Ag₂SO₄ yang dilakukan di lemari asam, kemudian ditutup rapat tabung dan dikocok hingga homogen. Larutan homogen tersebut dipanaskan pada suhu ± 150° C pada pemanas reaktor COD selama 2 jam, kemudian didinginkan di suhu ruang dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *UV-Vis* pada panjang gelombang 444 nm. Hasil yang diterima adalah konsentrasi sampel karena telah dibuat kurva baku standarnya terlebih dahulu (SNI 06-6989.2-2004 dan Eaton, 1992).

Bila konsentrasi tinggi maka dilakukan pengenceran:

$$C = A \times F \dots\dots\dots(3.3)$$

Di mana:

C= konsentrasi COD (mg/L)

A= konsentrasi hasil pengukuran pada spektrofotometer (mg/L)

F= faktor pengenceran

3.6 Penentuan Kadar Pb pada Sampel Air dan Sedimen Menggunakan

SSA

3.6.1 Sampel Air Sungai Lesti

1. Pembuatan Kurva Standar Pb

Pembuatan larutan standar $(\text{PbNO}_3)_2$ 10 mg/L yaitu pertama-tama dipipet larutan stok Pb sebanyak 1 mL lalu dimasukkan ke labu ukur dan ditanda bataskan menggunakan HNO_3 0,5 M. Dibuat larutan standar timbal (Pb) 0,1 mg/L; 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,8 mg/L; 1,4 mg/L dengan cara memipet 0,5 mL; 1,0 mL; 2,0 mL; 4,0 mL; dan 7,0 mL larutan baku standar 10 mg/L ke dalam labu ukur dan ditanda bataskan menggunakan HNO_3 0,5 M. Kemudian dianalisis menggunakan AAS pada kondisi optimum dengan panjang gelombang 217 nm sehingga dapat diperoleh nilai absorbansi larutan standar.

2. Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb)

Sampel air diambil sebanyak 50 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu alas bulat dan ditambahkan dengan HNO_3 p.a sebanyak 5 mL, hal ini berfungsi untuk berbagai mineral lain seperti kandungan minyak sehingga kadar logam berat timbal (Pb) dapat terbaca. Setelah itu sampel dipanaskan pada suhu $60-70^\circ\text{C}$ dalam waktu 2 hingga 3 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL sambil di saring menggunakan kertas saring lalu ditanda bataskan menggunakan HNO_3 0,5 M dan dianalisis menggunakan SSA (Sahara dan Puryanti, 2015).

3.6.2 Sampel Sedimen Sungai Lesti

Pengujian sampel sedimen Sungai Lesti pertama yakni dengan mengeringkan sedimen menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam supaya beratnya konstan. Setelah itu sampel sedimen tersebut dihaluskan hingga membentuk bubuk sehingga kotoran dan sampah yang terkandung hilang (Jepkoech, 2013). Setelah membentuk bubuk, sebanyak 2 gram sampel sedimen diambil dan ditambahkan dengan reagen HNO_3 p.a 5 mL dan HCl p.a 15 mL

menggunakan perbandingan (1:3) (Taberna, dkk., 2015). Kemudian dipanaskan pada suhu 110° dalam waktu 3 jam. Setelah pemanasan, sampel disaring menggunakan kertas whatman No. 42 kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditanda bataskan menggunakan HNO_3 0,5 M. Kemudian diuji menggunakan AAS pada setiap titik sampel dengan tiga kali pengulangan (Tefamarian, dkk., 2016).

Tabel 3.1 Titik pengambilan sampel air dan sedimen pengulangan destruksi

Lokasi pengambilan sampel air	Pengulangan destruksi sampel		
Lokasi A	AA1 / AS1	AA2 / AS2	AA3 / AS3
Lokasi B	BA1 / BS1	BA2 / BS2	BA3 / BS3
Lokasi C	CA1 / CS1	CA2 / CS2	CA3 / CS3
Lokasi D	DA1 / DS1	DA2 / DS2	DA3 / DS3
Lokasi E	EA1 / ES1	EA2 / ES2	EA3 / ES3
Lokasi F	FA1 / FS1	FA2 / FS2	FA3 / FS3
Lokasi G	GA1 / GS1	GA2 / GS2	GA3 / GS3

Keterangan :

A : Air

S : Sedimen

3.7 Pengaturan Alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Pegaturan pada alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA) yaitu diatur pada dengan panjang gelombang 217 nm, dengan laju alir asetilen 2,0 L/menit, laju alir udara 10,0 L/menit, lebar celah 1,0 nm, tinggi burner 2,0 mm, dan kuat arus HCl sebesar 10,0 μA (Varian, 1989).

3.8 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis data One Way Annova yang dapat mengetahui pengaruh perbedaan pengambilan tempat sampling terhadap

konsentrasi logam berat timbal (Pb). Hasil absorbansi penentuan timbal menggunakan AAS kemudian diinterpolasikan dalam persamaan :

$$y = bx + a \dots\dots\dots(3.4)$$

Di mana :

y = Absorbansi Sampel

b = *Slope*

x = Konsentrasi Sampel

a = *Intersep*

Persamaan 3.4 didapatkan dari kurva standar kemudian disubstitusikan variable Y sebagai hasil absorbansi maka dapat diperoleh nilai X yaitu nilai konsentrasinya.

Selanjutnya dapat dicari kadar logam berat timbal (Pb) yang sebenarnya dengan rumus:

$$\text{Kadar Pb (mg/Kg)} = \frac{bxF}{m} \dots\dots\dots(3.5)$$

Di mana :

b = Kadar yang terbaca instrumen (mg/L)

F = faktor pengenceran

m = Berat sampel

Adanya pengaruh perbedaan titik pengambilan sampel terhadap kadar logam berat timbal (Pb) dalam air maupun sedimen di Sungai Lesti dilakukan dengan metode pengujian One Way Anova.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan pada sampel air dan sedimen Sungai di Kabupaten Malang ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan pengaruh kadar logam berat timbal yang ada di dalamnya. Secara garis besar, tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu penentuan lokasi pengambilan sampel, pengambilan sampel, pengaturan alat spektrofotometer serapan atom, pembuatan kurva standar timbal, destruksi sampel, penentuan kadar Pb dalam sampel air dan sedimen menggunakan SSA, dan analisis data menggunakan Anova.

4.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yakni sampel air dan sedimen dari Sungai Lesti di Kabupaten Malang. Masing-masing sampel dilakukan pada 7 titik yang berbeda, meliputi Poncokusumo; Sananrejo; Dampit; Tawangrejeni; Pagak (sebelum dan sesudah daerah industri); dan waduk Sengguruh. Hal ini dilakukan karena perbedaan kegiatan yang dilakukan penduduk sekitar sebagai wujud pemanfaatan Sungai Lesti yang berpotensi menjadi sumber pencemaran logam berat timbal dalam air maupun sedimen sungai. Kegiatan tersebut meliputi pertanian, peternakan, kegiatan rumah tangga, industri, dll. Adanya perbedaan titik sampel yang diambil dapat diketahui pengaruh kegiatan masyarakat sekitar terhadap kadar logam berat timbal dalam sampel air dan sedimen sungai.

Pengambilan sampel air dilakukan pada 7 titik yang sudah ditentukan. Pengambilan sampel tersebut dilakukan menggunakan botol polyetilen yang telah

dipreparasi menggunakan HNO_3 10% yang bertujuan untuk mencegah terjadinya adsorpsi logam ke dinding botol dan meminimalisir perubahan biologi dan kimia yang tak terduga. Di setiap titik sampel dilakukan 3 kali pengambilan sampel air yaitu pada bagian tepi kanan, tengah, dan tepi kiri sungai tersebut dengan kedalaman 50 cm di bawah permukaan air sungai menggunakan bantuan perahu. Sampel air yang diambil sebanyak 1 liter yang terdiri dari campuran tiga kali pengambilan sampel air di setiap titik. Sampel tersebut kemudian dipindah dalam botol yang telah dipreparasi menggunakan HNO_3 10% dan diberi label pada masing-masing botol untuk setiap sampel agar tidak tertukar kemudian diawetkan menggunakan HNO_3 p.a 1,5 mL agar kadar logamnya tidak berubah. Sedangkan untuk sampel air yang digunakan untuk pengujian parameter pendukung, disimpan di dalam *ice box* untuk kemudian diuji di laboratorium.

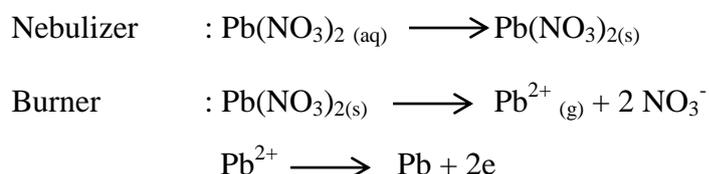
Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan tiga kali pengambilan pada titik yang telah ditentukan. Berbeda dengan sampel air, pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan alat *ekman grab* pada kedalaman tertentu. Sampel yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam botol polyetilan yang sudah dipreparasi dan diberi label agar tidak tertukar. Sebelum dibawa ke laboratorium, sampel disimpan didalam *ice box* agar tetap dalam kondisi baik kemudian dipindahkan ke dalam kulkas laboratorium agar tetap stabil sampai proses analisis dilakukan.

4.2 Pengaturan Alat Spektrofotometer Serapan Atom

Sebelum dilakukan analisis logam berat timbal, dilakukan pengaturan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) terlebih dahulu yang bertujuan untuk

mendapatkan kondisi optimum pada saat proses analisa berlangsung. Prinsip kerja dari SSA yaitu adanya interaksi antara atom-atom pada sampel dengan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu, kemudian atom-atom tersebut akan menyerap panjang gelombang tertentu. Selain hasil analisis terhadap logam lebih spesifik, relatif, kelebihan SSA yaitu membutuhkan waktu analisis yang lebih sedikit dan relatif mudah penggunaannya.

Destruksi dilakukan sebelum menganalisis sampel dengan SSA, sehingga sampel akan berubah ke bentuk senyawa garam anorganik. Kemudian berubah dalam bentuk aerosol dan terdisosiasi ke dalam bentuk atomnya. Reaksi atomisasi yang terjadi pada SSA yaitu (Oktrin, 2012):

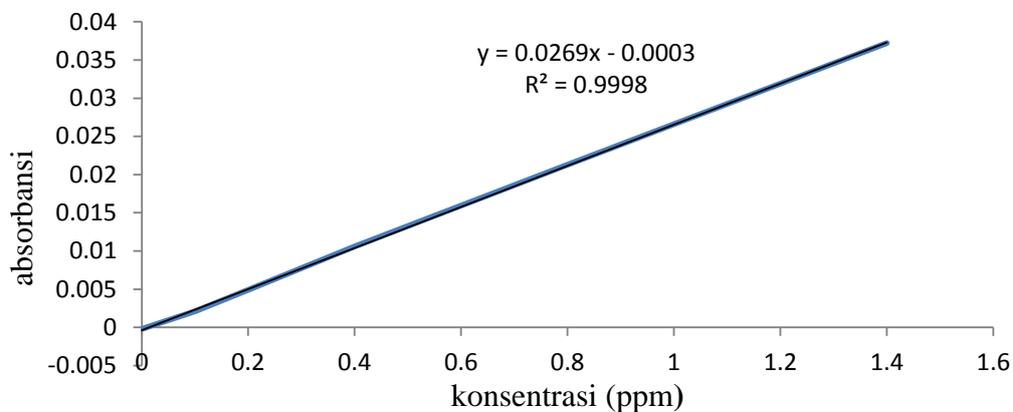


Senyawa organik $\text{Pb}(\text{CH}_2\text{O})$ yang menempel pada logam saat proses destruksi menggunakan asam nitrat akan menjadi $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sehingga bilangan oksidasinya +2. Kemudian proses pengkabutan dinebulizer $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ menyebar. Kemudian sampel akan diuapkan kembali diburner menjadi atom sehingga Pb^{2+} menjadi Pb tidak bermuatan.

4.3 Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)

Kurva standar yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan hukum Lambert-Beer, yaitu intensitas berbanding terbalik dengan tebal medium sehingga absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi. Larutan standar timbal dibuat

larutan stok 1000 ppm yang telah diencerkan 10 ppm menggunakan asam nitrat 0,5 M yang menghasilkan kurva kalibrasi larutan Pb sebagai berikut:



Gambar 4.1 Grafik kurva standar timbal (Pb)

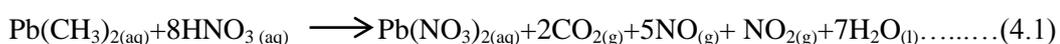
Kurva tersebut memiliki persamaan linier $y = 0,0269x - 0,0003$, di mana y merupakan nilai absorbansi, b adalah slope, x merupakan nilai konsentrasi, dan a adalah intersep. Kurva tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi dan absorbansi yang berbanding lurus. Setelah itu dapat dilakukan validasi metode statistik uji linearitas.

Uji linearitas dilakukan untuk mengetahui hubungan absorbansi dan konsentrasi yang diketahui dari nilai koefisien korelasi (R^2). Kurva tersebut menunjukkan nilai linearitas sebesar 0,9998 yang berarti setiap perubahan dari absorbansi 99% dipengaruhi oleh konsentrasi dari 1% oleh pengotor. Hal ini sesuai dengan Kartikasari (2015) yang mengatakan bahwa jika nilai koefisien korelasi yang didapat sebesar (R^2) $> 0,98$ maka dapat dikatakan baik.

4.4 Proses Destruksi Basah pada Air dan Sedimen

Preparasi sampel pada penelitian ini menggunakan destruksi. Proses destruksi yang dilakukan berfungsi untuk memutus ikatan senyawa kompleks antara unsur logam timbal dengan unsur air dan sedimen sehingga unsur logam akan berada pada keadaan bebas. Destruksi dilakukan menggunakan metode basah tertutup, hal ini dilakukan untuk meminimalisir kehilangan analit saat proses destruksi dan membutuhkan waktu yang cukup singkat.

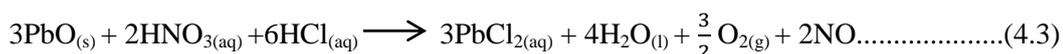
Pemanasan proses destruksi dilakukan pada suhu 60-70^o C yang berfungsi untuk mempercepat proses reaksi. Suhu tersebut berada di bawah titik didih air dan asam nitrat untuk meminimalisir terjadinya penguapan pelarut sampel dan air. Kemudian larutan akan berubah warna menjadi kuning jernih dan tidak mengeluarkan gas berwarna coklat, gas tersebut dihasilkan saat proses destruksi menggunakan asam nitrat. Hal ini sesuai dengan Wulandari dan Sukei (2013) yaitu asam nitrat yang digunakan sebagai pengoksidasi akan menimbulkan gas berwarna kecoklatan selama proses pemanasan. Reaksi antara sampel air dan asam nitrat dalam proses destruksi ini adalah:



Destruksi senyawa $\text{Pb}-(\text{CH}_2\text{O})_x$ oleh asam nitrat pada sampel akan menghasilkan H_2O , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, gas CO serta gas NO. Adanya gas NO yang dihasilkan menunjukkan bahwa teroksidasinya senyawa organik oleh asam nitrat. Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ terdekomposisi menjadi ion timbal dan ion nitrat.

Pengoksidasian sampel sedimen menggunakan HNO_3 p.a dan HCl p.a dengan perbandingan 1:3. HNO_3 p.a berfungsi sebagai pengoksidasi utama dan HCl

berfungsi untuk memutus ikatan antara logam timbal dengan senyawa organik dalam sampel yang tidak dapat direduksi larutan HNO₃, sehingga proses destruksi dapat berlangsung secara maksimal. Hal tersebut dikarenakan penggunaan kombinasi asam akan meningkatkan keasaman sehingga dapat melarutkan logam-logam dalam sampel organik dan mendegradasi sampel organik. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:

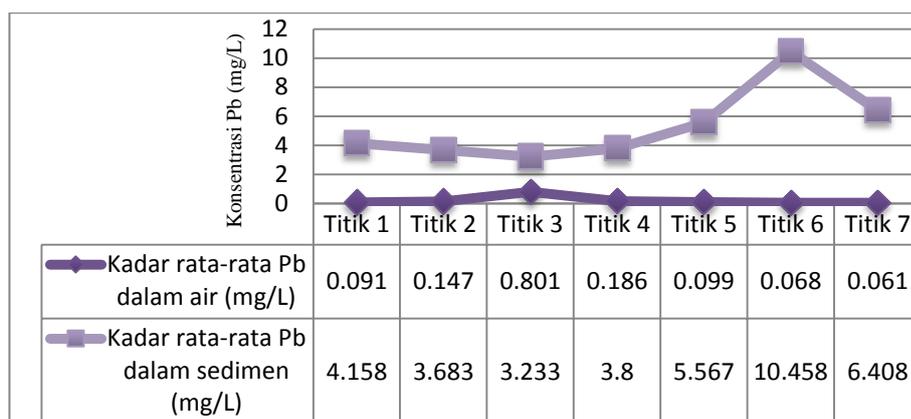


Adanya penambahan HNO₃ menghasilkan O₂ dan H₂O. Ikatan pada logam Pb dengan senyawa-senyawa organik kemudian terputus dan membentuk garam anorganik PbCl₂. Selain menggunakan bantuan kombinasi asam antara asam nitrat dan asam klorida, proses destruksi ini juga menggunakan proses pemanasan dengan suhu yang tinggi untuk mempercepat reaksi yaitu sebesar 110°C. Suhu tersebut berada di bawah titik didih dari asam nitrat sehingga tidak terjadi penguapan yang berlebih pada asam nitrat.

Perlakuan selanjutnya setelah destruksi, sampel dapat didinginkan kemudian disaring menggunakan kertas saring. Hal tersebut bertujuan untuk menghilangkan residu pengotor yang dapat menyumbat pipa kapiler saat proses analisis menggunakan SSA. Menurut Gandjar dan Rohman (2007), sampel yang hendak dianalisis harus mempunyai matriks yang sama dengan larutan standar yang digunakan, maka dari itu dilakukan pengenceran sampel menggunakan HNO₃ 0,5 M terlebih dahulu kemudian dilakukan analisis menggunakan SSA.

4.5 Hasil Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Air dan Sedimen

Nilai dari hasil analisis kadar logam berat timbal dalam sampel air menunjukkan perbedaan di setiap titik pengambilan sampel, begitu juga pada sampel sedimen. Aktifitas penduduk sekitar lingkungan sungai menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kadar logam berat timbal dalam perairan sungai. Di samping pengaruh dari aktifitas penduduk sekitar, musim juga sangat mempengaruhi besarnya kadar logam berat dalam perairan sungai. Di musim kemarau debit perairan akan cenderung menurun sehingga menyebabkan kandungan logam berat di dalamnya terkonsentrasi. Kadar logam berat pada umumnya akan lebih tinggi di dalam sedimen daripada di dalam air. Gambar 4.2 menunjukkan perbandingan kadar logam timbal antara sampel air dan sedimen, yaitu:



Gambar 4.2 Grafik perbandingan kadar logam Pb pada air dan sedimen Sungai Lesti

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa secara keseluruhan kadar logam berat timbal pada sedimen lebih tinggi dari pada air. Menurut Widiyanti (2005) kondisi perairan yang tenang dapat mengakibatkan logam berat Pb yang terkandung di dalamnya akan cenderung mengendap ke dalam sedimen sungai. Kondisi perairan

yang tenang salah satunya diakibatkan oleh musim kemarau karena kecilnya arus perairan sungai.

Gambar 4.2 menunjukkan adanya kadar logam berat timbal pada sampel air maupun sedimen di titik pertama lokasi pengambilan sampel dengan nilai 0,091 mg/L untuk sampel air dan 4,158 mg/L untuk sampel sedimen. Hal ini dapat dipengaruhi oleh aktivitas Gunung Semeru. Gunung Semeru merupakan gunung aktif tipe-A yang memiliki interval letusan 5-15 menit sejak tahun 1967. Letusan gunung tersebut terjadi pada kawah pusat maupun lubang letusan celah dan samping (Wahyudin, 2010). Debu vulkanik yang dihasilkan oleh letusan gunung berapi mengandung logam berat timbal sebesar 61,01 - 70,67 ppm (Barasa, 2013)

Titik pengambilan sampel selanjutnya ditemukan pula kadar logam berat timbal sebesar 0,147 mg/L pada air dan 3,683 mg/L pada sedimen sungai. Lokasi tersebut berada di Sananrejo ditemukan pemukiman penduduk yang berada di sepanjang Sungai Lesti. Limbah yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga sehari-hari seperti lapisan alat-alat rumah tangga, pengelupasan cat pipa saluran air, serta dinding sistem saluran air dapat berpotensi menyumbangkan kadar logam berat timbal ke perairan sungai (Widiyanti, 2005).

Kadar logam berat timbal yang ditemukan di lokasi pengambilan ke tiga yang berada di Dampit sebesar 0,081 mg/L pada sampel air dan 3,233 mg/L pada sampel sedimen. Di lokasi tersebut masyarakat banyak memanfaatkan Sungai Lesti untuk membuang limbah padat maupun cair. Aktivitas warga yang menyumbang logam berat timbal ke dalam perairan sungai seperti rumah tangga, pasar, penambangan pasir hingga asap kendaraan bermotor. Hal ini menyebabkan kandungan logam berat pada perairan meningkat. Limbah yang dihasilkan dari

kegiatan pasar sebagian besar adalah sayuran yang dapat menyumbang logam berat pada perairan. Katipana (2015) mengatakan bahwa sekitar 0,200 hingga 0,553 ppm kandungan timbal dapat disumbangkan oleh tumbuhan air. Selain itu limbah rumah tangga seperti sisa pengelupasan alat masak dan cat pipa pengairan yang mengandung logam berat juga berpotensi meningkatkan kadar logam berat timbal dalam perairan sungai (Widiyanti, 2015). Limbah yang mengandung logam berat timbal yang dihasilkan oleh warga dapat berasal dari kendaraan bermotor dengan radius radius kurang dari 100 m sekitar 10 %, serta pada radius 20 km sekitar 5 %, sedangkan 35 % akan terbawa dengan jarak yang cukup jauh (Kristianingrum, 2012).

Titik pengambilan sampel ke empat bertempat di Tawangrenjeni menunjukkan peningkatan pada sedimen dengan kadar 3,8 mg/L sedangkan pada air sebesar 0,185 mg/L. Di sekitar sungai lesti pada lokasi tersebut adanya kegiatan pertanian yang berpotensi menyumbangkan logam berat timbal ke dalam perairan. Logam berat yang disumbangkan kemungkinan besar bersumber dari pupuk yang digunakan. Seperti yang dikatakan oleh Alloway (1995), bahwa pupuk kandang mempunyai kadar timbal sebesar 1,1-27 mg/kg, pupuk kompos sekitar 1,3-2240 mg/kg, pupuk nitrat sebesar 2-27 mg/kg, pupuk fosfat sebesar 7-225 mg/kg, serta pupuk kapur mengandung timbal 20-1250 mg/kg.

Di titik ke lima kadar logam berat timbal dalam sedimen juga meningkat yaitu 5,567 mg/L sedangkan pada air sebesar 0,099 mg/L. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh arus sungai yang relatif lebih cepat dari lokasi sebelumnya. Hal ini sesuai dengan Priatna, dkk (2016) bahwa pada perairan berarus lambat akan

menjadikan logam berat timbal yang terkandung dalam perairan tersebut mengendap ke dalam sedimen yang berada di dasar perairan.

Titik pengambilan sampel ke enam berada di Pagak. Pada lokasi ini didapatkan peningkatan kadar logam berat timbal yang signifikan pada sedimen yaitu 10,458 mg/L sedangkan kadar logam berat timbal pada air sebesar 0,068% mg/L. Lahan pertanian warga yang cukup luas serta pemukiman penduduk sekitar sungai kemungkinan menyumbangkan logam berat timbal ke dalam perairan Sungai Lesti. Karyadi (2005) menyatakan bahwa pestisida mengandung logam berat timbal antara 0,87 - 19,37 mg/kg. Selain itu, lokasi pengambilan sampel di titik 6 ini berada setelah pabrik kertas yang sangat berpotensi menyumbangkan banyak logam berat seperti timbal, hal ini dapat dilihat dari air sungai yang diambil sebagai sampel berwarna merah kecoklatan dan keruh akibat limbah dari hasil buangan pabrik kertas. Di dalam pembuatan kertas terdapat proses penghilangan tinta pada kertas yang menghasilkan limbah mengandung logam berat terutama timbal. Menurut Hardian (2008), limbah B3 hasil dari proses *deinking* pengolahan kertas dan *pulp* berkadar timbal sebesar 22 mg/kg sehingga sangat berpotensi mencemari lingkungan.

Titik terakhir berada di Waduk Sengguruh. Pada titik ini kadar logam berat timbal menurun dari titik sebelumnya, ditemukan pada sedimen sebesar 6,408 mg/L dan pada air sebesar 0,061 mg/L. Penurunan ini bisa disebabkan karena derasnya arus sungai, sehingga kandungan logam berat di dalam perairan mengalir terbawa arus sungai. Namun, kadar tersebut masih cukup besar mengingat lokasi pengambilan sampel tersebut merupakan pertemuan antara Sungai Lesti dengan

Sungai Brantas. Priatna, dkk (2016) menyatakan bahwa logam berat yang sudah mencemari Sungai Brantas berkisar antara 0,009 - 0,035mg/L.

Hasil analisa kadar logam berat timbal dalam sampel sedimen maupun sampel air Sungai Lesti yang didapatkan tergolong berada di atas ambang batas. Baku mutu yang telah ditetapkan oleh PP No 82 tahun 2001 untuk kelas tiga yaitu sebesar 0,03 mg/L untuk air dan 20 mg/kg untuk sedimen. Berdasarkan perbandingan hasil pengukuran kadar logam berat timbal pada air dan sedimen Sungai Lesti disesuaikan dengan peruntukan Sungai Lesti, yaitu sebagai sarana pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, pengairan lahan pertanian, serta peruntukan pemanfaatan air yang sama dengan kegunaan tersebut. Perbandingan hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Perbandingan kadar timbal pada air dan sedimen dengan baku mutu

Kadar Timbal			Baku mutu kelas 3	
Titik	Air (mg/L)	Sedimen (mg/kg)	Air (mg/L)	Sedimen (mg/kg)
1	*0,091	**4,158	0,03 mg/L	20 mg/kg
2	*0,147	**3,683		
3	*0,801	**3,233		
4	*0,186	**3,800		
5	*0,099	**5,567		
6	*0,068	**10,458		
7	*0,061	**6,408		

Keterangan: * di atas ambang batas
** di bawah ambang batas

Pencemaran logam timbal yang terjadi di Sungai Lesti disebabkan oleh berbagai faktor yang mayoritas berasal dari kegiatan penduduk sekitar. Penggunaan kendaraan bermotor berbahan bakar berkualitas rendah yang menggunakan bahan tambahan logam timbal akan mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Senyawa halogen seperti Br dan Cl dapat mengikat residu Pb setelah pembakaran sehingga dalam gas buangan mengandung

Pb-halogen. $PbBrCl$ dan $PbBrCl \cdot 2PbO$ adalah kandungan senyawa Pb yang utama saat proses pembakaran pada mesin (BPLHD Jabar, 2002). Pencemaran logam timbal yang terserap ke dalam tanah berasal dari pupuk buatan dan bahan agrokimia lainnya yang digunakan pada kegiatan pertanian (Widaningrum, dkk., 2007). Logam timbal yang terserap ke dalam tanah kemudian akan diserap oleh tanaman melalui akar dan menyebar ke batang dan daunnya, akan berbahaya apabila dikonsumsi oleh manusia. Selain itu perairan yang tercemar oleh logam berat timbal yang digunakan untuk pengairan lahan pertanian juga akan mempengaruhi kandungan logam berat yang diserap oleh tanaman tersebut. Hal ini sesuai dengan Naria (2005) bahwa tanaman yang menggunakan sumber air tercemar logam berat 0,0063 ppm sebagai pengairan selama 26 hari mengandung logam berat 1,80 ppm pada tanaman kangkung, 1,98 ppm pada tanaman bayam dan 2,72 ppm pada tanaman selada.

Perlakuan selanjutnya setelah penganalisisan sampel menggunakan SSA yaitu uji statistik menggunakan One Way Anova. Hal ini berfungsi untuk mengetahui pengaruh perbedaan titik pengambilan sampel terhadap kadar logam berat timbal dalam sampel air. Hipotesis pengujian yang dilakukan meliputi:

1. $H_0 = 0$, tidak ada pengaruh titik pengambilan sampel terhadap kadar logam berat timbal yang diperoleh.
2. $H_1 \neq 0$, adanya pengaruh titik pengambilan sampel terhadap kadar logam berat timbal yang diperoleh.

Penentuan H_0 atau pun H_1 yang diterima menggunakan aturan sebagai berikut:

1. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak

2. Apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_1 diterima

Tabel 4.2 Pengaruh titik pengambilan sampel air terhadap konsentrasi logam berat timbal

Sumber variasi	<i>df</i>	Sum of Squares	Mean Square	<i>Fhitung</i>	<i>Ftabel</i>
Titik Sampling	6	0,11	0,002	19,118	4,46
Galat	14	0,001	0,005		
Total	20	0,012			

Keterangan: *df* = derajat kebebasan

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} yang diperoleh sebesar 19,118 dan F_{tabel} sebesar 4,46. Dari data tersebut F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} yang berarti H_0 ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh perbedaan pengambilan titik sampel terhadap kadar logam berat timbal pada sampel air. Sedangkan pengaruh titik pengambilan sampel air terhadap konsentrasi logam berat timbal ditunjukkan pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Pengaruh titik pengambilan sampel sedimen terhadap konsentrasi logam berat timbal

Sumber variasi	<i>df</i>	Sum of Squares	Mean Square	<i>Fhitung</i>	<i>Ftabel</i>
Titik Sampling	6	4,010	0,668	10,640	4,46
Galat	14	0,879	0,063		
Total	20	4,890			

Keterangan: *df* = derajat kebebasan

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} yang berarti H_0 ditolak. Maka dapat disimpulkan bahwa adanya pengaruh perbedaan pengambilan titik sampel terhadap kadar logam berat timbal pada sampel sedimen sungai yang dianalisis.

4.6 Parameter Kimia-Fisika Perairan

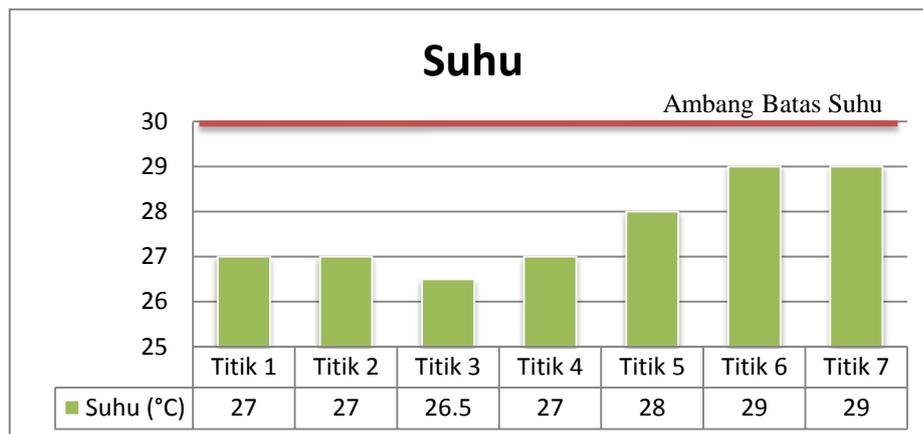
Tabel 4.4 Nilai parameter kimia fisika titik pengambilan sampel

Titik	Waktu (WIB)	Suhu (°C)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	DO (mgO ₂ /L)	DHL (µS/cm)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)
1	09.00	27	8,11	12,90	25,29	4,4	168	8,3	244,8
2	09.30	27	7,75	9,25	20,16	5,3	174	9,3	233,4
3	10.30	26,5	8,05	7,05	17,38	6,0	168	9,9	234,0
4	11.45	27	8,13	9,40	27,13	5,3	166	7,3	208,0
5	14.00	28	8,31	8,15	19,50	5,8	189	7,9	291,6
6	15.05	29	7,39	20,63	70,04	3,2	524	14,2	763,6
7	16.00	29	8,34	8,50	19,90	5,7	202	8,6	303,6

Tabel di atas merupakan hasil nilai dari pengukuran parameter pendukung fisika kimia yang diujikan dalam penelitian ini meliputi pengukuran suhu, pH, BOD, COD, DO, DHL, TSS, dan TDS. Hasil nilai pengukuran dari parameter pendukung tersebut sangat dipengaruhi oleh proses *self purification* perairan. Proses tersebut merupakan proses pemulihan yang terjadi secara alami pada sungai.

4.6.1 Suhu

Suhu dalam perairan sangat mempengaruhi proses reaksi kimia, penurunan dan kenaikan jumlah oksigen terlarut dalam air maupun penyebaran dan kelimpahan biota perairan.



Gambar 4.3 Grafik pengukuran suhu 7 titik sampling Sungai Lesti

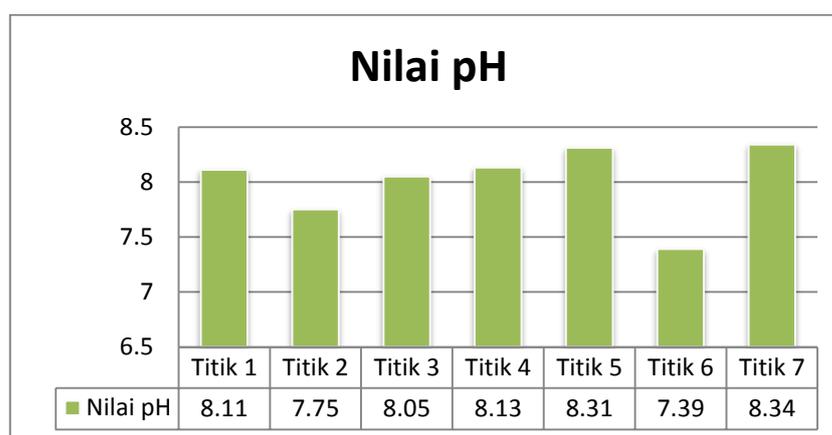
Gambar 4.3 menunjukkan suhu yang paling rendah berada di titik 3, kemudian pada titik 1, 2, dan 4 berada pada suhu 27°C. Selanjutnya pada titik ke 5 berada pada suhu lebih tinggi dari titik sebelumnya yaitu 28°C, sedangkan suhu yang paling tinggi berada di titik 6 dan 7 yaitu sebesar 29°C. Berdasarkan PP No 82 tahun 2001, suhu normal pada perairan sungai berkisar $\leq 30^{\circ}\text{C}$. Maka dapat dikatakan suhu pada 7 titik sampling Sungai Lesti masih tergolong normal meskipun pada titik 6 dan 7 mendekati ambang batas yang ditentukan.

Suhu yang didapatkan semakin meningkat dari titik sampling 1 hingga 7. Meskipun pada titik ke 3 mengalami penurunan suhu. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh lingkungan air sungai yang berada di kawasan terbuka dan hijau. Di tepi sungai tersebut masih dikelilingi oleh banyak pepohonan dan tumbuhan liar yang menyebabkan suhu perairan lebih rendah, karena intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan sungai terhalang oleh pepohonan tersebut. Sedangkan pada titik lainnya semakin meningkat karena waktu pengukuran suhu yang semakin siang, selain itu di titik pengambilan sampel tersebut mayoritas di tepi sungai hanya dikelilingi oleh tumbuhan liar berukuran sedang. Hal tersebut

menyebabkan intensitas cahaya matahari yang masuk ke perairan lebih tinggi dibanding titik ke 3 dan mempengaruhi kenaikan suhu perairan.

4.6.2 pH

Nilai pH dalam menunjukkan tingkat keasaman perairan tersebut, sehingga mampu mempengaruhi aktifitas mikroorganisme dan reaksi kimia yang ada di dalamnya. Grafik hasil pengukuran pH yang didapatkan dari Sungai Lesti disajikan pada gambar 4.4.



*Keterangan : Ambang batas = 6-9

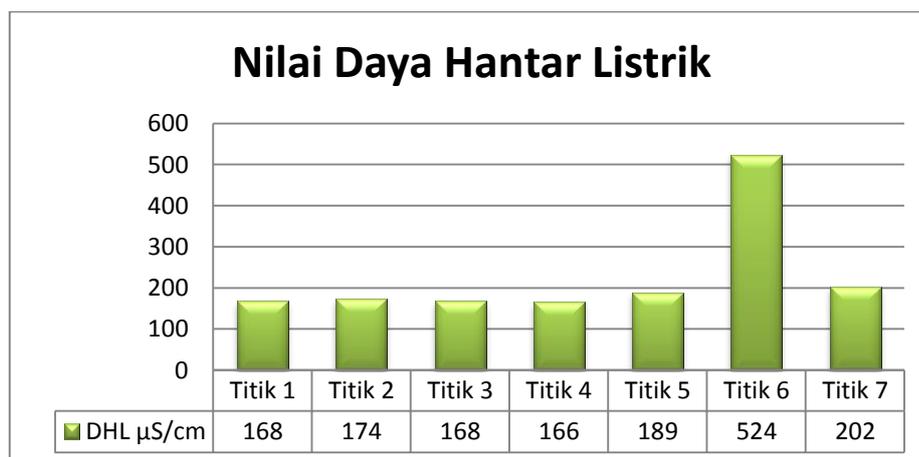
Gambar 4.4 Grafik pengukuran pH 7 titik sampling Sungai Lesti

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa nilai pH yang tertinggi berada pada titik ke 7 yaitu 8,34. Nilai pH yang paling rendah didapatkan pada titik 6 sampling dengan nilai 7,39. Rendahnya nilai pH dipengaruhi oleh besarnya kadar logam berat yang terkandung di dalamnya. Menurut Sarjono (2009), jika didapatkan nilai pH yang rendah pada suatu perairan maka tingkat toksisitas logam berat dalam air tersebut tinggi, begitu pula sebaliknya apabila nilai pH tinggi maka tingkat toksisitas logam berat dalam air akan turun.

4.6.3 Daya Hantar Listrik (DHL)

Nilai daya hantar listrik suatu perairan dapat dipengaruhi oleh waktu pengambilan sampel dan musim. Secara umum, nilai daya hantar listrik suatu perairan pada musim kemarau akan lebih tinggi dibandingkan pada saat musim hujan. Hal ini karena ketika musim kemarau air pada perairan cenderung lebih tenang dan tidak mengalir apabila dibandingkan saat musim hujan, sehingga logam berat yang ada dalam air cenderung terkonsentrasi didalamnya (Sahara dan Puryanti, 2015).

Hasil pengukuran daya hantar listrik pada 7 titik pengambilan sampel dapat diketahui bahwa nilai DHL yang paling rendah berada di titik 4, yaitu sebesar $166\mu\text{S}/\text{cm}$. Sedangkan nilai DHL yang diperoleh pada titik ke 6 yaitu sebesar $524\mu\text{S}/\text{cm}$. Perbedaan dari nilai DHL pada titik ini jika dibanding dengan titik sampling yang lainnya sangat signifikan. Hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.5 di bawah ini:



*Keterangan : Ambang batas = $2000\mu\text{S}/\text{cm}$

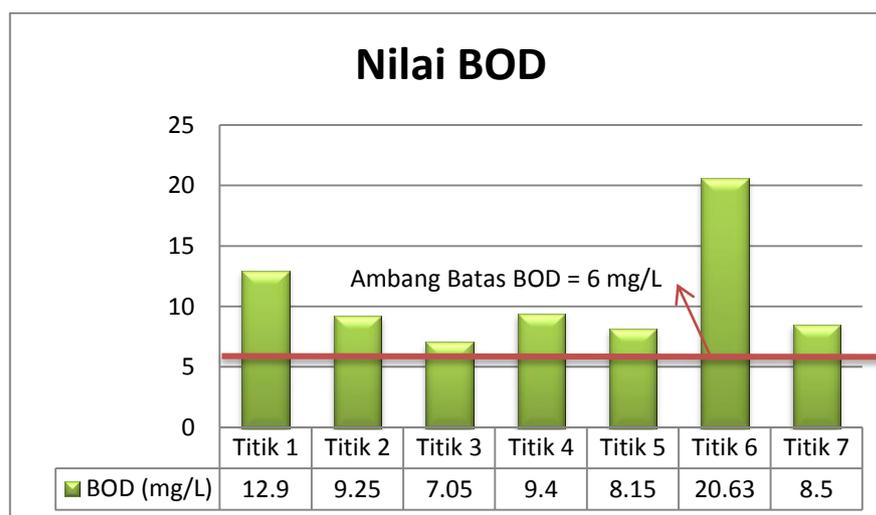
Gambar 4.5 Grafik pengukuran DHL 7 titik sampling Sungai Lesti

Tingginya nilai DHL pada titik 6 kemungkinan karena lokasi titik sampling 6 berada setelah pabrik kertas. Kondisi perairan yang tenang cenderung memicu kandungan logam berat di dalamnya akan semakin terkonsentrasi. Selain itu

adanya limbah cair hasil buangan pabrik kertas serta penggunaan pupuk buatan pada kegiatan pertanian di tepi sungai lesti berpotensi besar menyumbang logam berat timbal ke dalam perairan, hal ini sesuai dengan perolehan nilai kadar logam timbal pada perairan tersebut paling tinggi dari 7 titik sampel. Namun, nilai konduktivitas listrik yang berada pada rentang 30 – 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ berdasarkan baku mutu dapat dikatakan tidak membahayakan (Sahara dan Puryanti, 2015).

4.6.4 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Parameter pendukung selanjutnya adalah BOD. Tinggi rendahnya nilai BOD suatu perairan dapat menunjukkan kualitas air tersebut. Semakin tinggi nilai BOD maka semakin rendah kualitas air dan semakin tinggi tingkat pencemaran dalam suatu perairan. Hasil dari pengukuran nilai BOD pada Sungai Lesti ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik pengukuran BOD 7 titik sampling Sungai Lesti

Gambar 4.6 tersebut didapatkan nilai BOD yang terendah didapatkan pada titik sampling ke 3 yaitu sebesar 7,05 mg/L. Sedangkan nilai BOD tertinggi di dapatkan pada titik sampling ke 6 sebesar 20,63 mg/L. Apabila dibandingkan

dengan baku mutu air kelas 3 yakni sebesar 6 mg/L, maka dapat dikatakan bahwa nilai BOD yang didapatkan pada 7 titik pengambilan sampel berada di atas ambang batas yang telah ditentukan.

Kadar BOD pada titik sampling pertama yang didapatkan sudah cukup besar, yakni 12,9 mg/L dibandingkan kadar BOD di tempat selanjutnya. Hal ini kemungkinan karena faktor kegiatan masyarakat yang ada di sekitar Sungai Lesti. Adanya pengaruh pestisida yang digunakan dalam kegiatan pertanian dan tumbuhan rumput di tepi sungai yang kemudian digunakan sebagai pakan ternak oleh penduduk. Di titik selanjutnya didapatkan nilai BOD sebesar 9,25 mg/L. Penurunan nilai BOD tersebut dapat disebabkan oleh penurunan dasar sungai yang berada sebelum titik ke dua. Penurunan dasar sungai tersebut menyebabkan kandungan oksigen pada perairan meningkat yang disebabkan oleh proses turbulensi atau olakan perairan. Proses turbulensi ini menyebabkan terjadinya proses perpindahan oksigen di udara ke dalam perairan sungai (Agustiningsih, 2012).

Selanjutnya di titik pengambilan sampel ke tiga didapatkan nilai BOD sebesar 7,05 mg/L. Di titik ini merupakan perolehan nilai BOD yang paling rendah. Hal ini disebabkan oleh lingkungan sekitar sungai yang merupakan lahan terbuka hijau dan banyak tumbuhan liar serta pepohonan yang tumbuh di sepanjang tepi sungai. Hal ini menyebabkan banyaknya kadar oksigen di udara yang masuk ke perairan sehingga meningkatkan kadar oksigen dalam perairan dan menurunkan nilai BODnya. Menurut Effendi (2003), kadar oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme dalam perairan untuk mendegradasi bahan buangan organik terlarut menjadi CO₂ dan air.

Di titik pengambilan sampel ke 4 dan ke 5 nilai BOD mengalami peningkatan kembali yaitu didapatkan sebesar 9,4 mg/L dan 8,15 mg/L. Perbedaan nilai BOD tersebut tidak berbeda jauh mengingat adanya pengaruh dari kegiatan pertanian yang ada di sepanjang Sungai Lesti di lokasi ke 4. Sedangkan lokasi ke 5 merupakan pemukiman padat penduduk yang menyumbangkan limbah organik yang mempengaruhi peningkatan nilai BOD dan mencemari lingkungan.

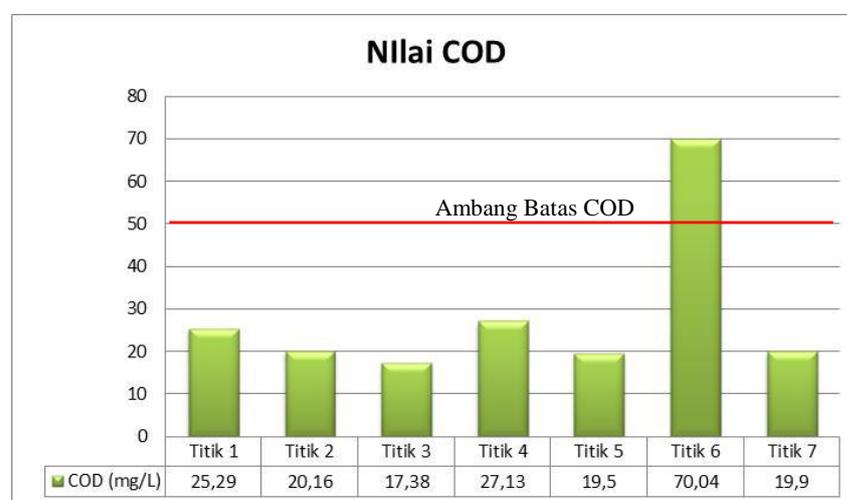
Nilai BOD tertinggi didapatkan di titik ke 6 lokasi pengambilan sampel, yakni sebesar 20,63 mg/L. Tingginya nilai BOD menunjukkan tingkat pencemaran perairan di lokasi ini juga tinggi. Lahan pertanian yang luas dan limbah pembuangan pabrik kertas menyebabkan pencemaran pada perairan sungai sehingga menyebabkan kualitas air tersebut menurun. Selain itu banyaknya tumbuhan eceng gondok yang tumbuh di sepanjang perairan tersebut juga mempengaruhi kadar oksigen di dalamnya. Menurut Togatrop (2009), rendahnya kadar oksigen yang terlarut dalam air menunjukkan bahwa bahan organik dalam air membutuhkan oksigen yang tinggi karena adanya tingkat konsumsi oksigen yang tinggi pula. Selain itu, tingginya kandungan logam berat timbal yang berasal dari limbah buangan pabrik kertas juga berpengaruh terhadap nilai BOD perairan Sungai Lesti. Menurut Effendi (2003) limbah industri yang banyak menyumbangkan logam berat juga dapat mempengaruhi nilai BOD.

Titik terakhir berada di Waduk Sengguruh yang merupakan muara bertemunya Sungai Lesti dan Sungai Brantas. Pertemuan kedua sungai tersebut menciptakan aliran arus yang deras sehingga perpindahan oksigen di udara ke dalam perairan meningkat. Sehingga akan mempercepat terjadinya proses *self*

purification yang dipengaruhi oleh banyaknya ketersediaan oksigen (Ramadhani, 2016).

4.6.5 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Parameter pendukung yang digunakan selanjutnya dalam penelitian ini yaitu COD. Pengukuran COD berfungsi untuk menentukan jumlah bahan-bahan organik dalam perairan yang terurai secara kimiawi. Nilai pengukuran COD yang didapatkan pada 7 titik sampling yang telah ditentukan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik pengukuran COD 7 titik sampling Sungai Lesti

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai COD Pada titik pengambilan sampel ke 1, 2, 4, 5 dan 7 didapatkan perbedaan nilai yang tidak terlalu signifikan. Faktor yang mempengaruhi perbedaan dan tinggi rendahnya nilai COD yang didapatkan yaitu kegiatan penduduk yang ada di sekitar titik pengambilan sampel tersebut. Kegiatan tersebut meliputi pertanian, peternakan, pertambangan pasir, pasar, pemukiman serta penduduk yang masing-masing berpotensi mempengaruhi proses

penguraian bahan organik secara kimiawi yang akan menentukan besar kecilnya nilai COD dalam perairan.

Hasil pengukuran nilai COD terendah didapatkan pada titik sampling ke 3 dengan nilai 17,38 mg/L, sedangkan nilai COD tertinggi didapatkan pada titik sampel ke 6 sebesar 70,04 mg/L. Perbedaan antara nilai COD pada titik sampling ke 6 dengan titik sampling lainnya terpaut jauh. Hal tersebut dikarenakan faktor lingkungan di sekitar titik sampling. Adanya kegiatan pertanian yang banyak menggunakan pupuk buatan, pemukiman penduduk, limbah cair pabrik yang mencemari perairan sungai.

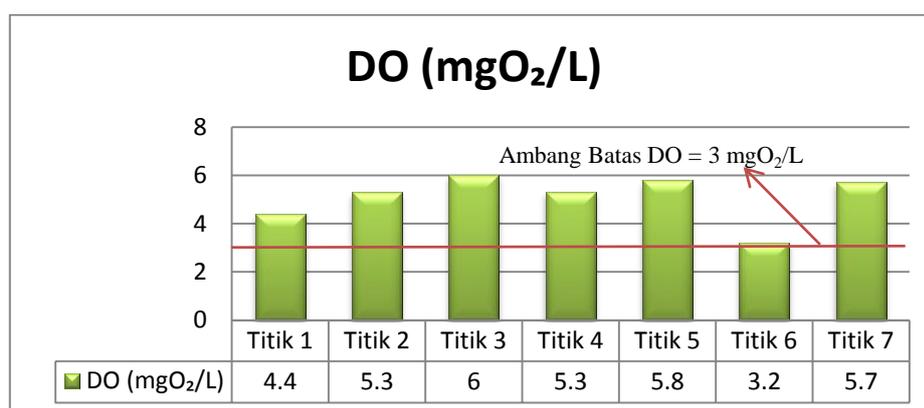
Menurut Agustiniingsih (2012) bahwa limbah dari kegiatan pertanian memiliki pengaruh terhadap kualitas air sungai sehingga memberikan dampak pada hidrologis perairan, seperti kandungan COD. Di titik ini, limbah buangan industri sangat berpengaruh besar pada kandungan logam berat di Sungai Lesti. Sehingga menyebabkan kadar logam timbal sangat tinggi terkandung di dalam perairan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Priyanto (2008) bahwa tingginya kandungan COD dalam suatu perairan menunjukkan tingginya limbah anorganik yang terkandung dalam perairan tersebut. Salah satu penyumbang limbah anorganik yaitu dari kegiatan industri. Maka semakin tinggi nilai COD, semakin tinggi pula tingkat pencemaran perairan tersebut karena banyaknya kandungan limbah termasuk logam berat yang dihasilkan oleh industri dan kegiatan lainnya di dalamnya.

Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, nilai baku mutu COD pada perairan yaitu sebesar 50 mg/L. Nilai COD yang didapatkan pada penelitian ini dari titik pengambilan sampel pertama hingga terakhir yaitu berkisar 17,38 mg/L hingga

70,04 mg/L. Sebagian besar nilai COD pada penelitian ini berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan.

4.6.6 DO (*Dissolved Oxygen*)

Nilai DO dalam suatu perairan menunjukkan banyaknya oksigen terlarut dalam air. Semakin tinggi nilai DO maka semakin banyak kadar oksigen yang tersedia dalam air. Berikut ini adalah grafik nilai DO yang didapatkan pada 7 titik sampel secara menyeluruh:



Gambar 4.8 Grafik pengukuran DO 7 titik sampling Sungai Lesti

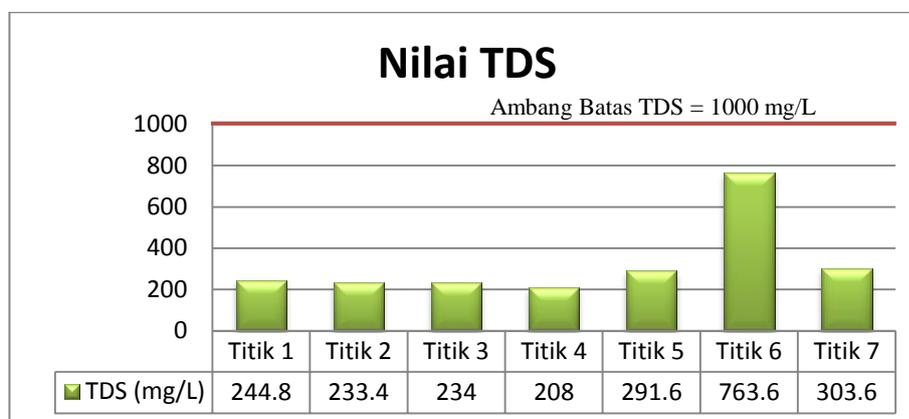
Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan nilai DO yang berbeda-beda pada setiap titik sampling. Nilai DO pada titik pertama cukup rendah dibandingkan dengan nilai DO di titik selanjutnya. Hal ini kemungkinan karena rendahnya aliran arus di musim kemarau yang menyebabkan penurunan kualitas air sungai. Menurut Simanjuntak (2012), bahwa penurunan kadar DO pada perairan menunjukkan penurunan kualitas perairan. Kenaikan nilai DO dimulai pada titik sampling ke 2. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi dasar sungai yang berundak menurun, sehingga terjadi proses aerasi dan terjadi penambahan kadar oksigen ke dalam perairan yang berasal dari udara. Menurut Harsono (2010), kondisi dasar sungai yang berundak menurun menyebabkan terjadinya

pemulihan diri DO pada air sungai, sehingga mengalami peningkatan kualitas perairan. Titik sampling ke 4 dan ke 5 memiliki perbedaan nilai DO yang tidak signifikan dan semakin meningkat. Hal ini menunjukkan kenaikan kualitas air pada perairan sungai. Faktor adanya proses *self purification* oleh badan perairan sungai. Menurut Ramadhani (2016), semakin tinggi ketersediaan DO maka proses *self purification* pun semakin cepat pula.

Nilai terendah DO didapatkan pada titik sampling ke 6. Rendahnya kandungan oksigen dalam perairan menunjukkan tingkat pencemaran air yang tinggi. Berdasarkan jurnal penelitian Yuliani et al (2015) semakin tinggi konsentrasi detergen laundry maka tingkat oksigen terlarut dalam air (DO) semakin menurun. Hal ini dikarenakan akumulasi pada perairan menimbulkan terhambatnya transfer oksigen. Selain adanya pengaruh pemukiman dan pertanian penduduk di sekitar sungai, hal ini karena kondisi perairan yang tercemar oleh limbah buangan pabrik kertas yang paling banyak menyumbangkan logam berat timbal, dimana diperoleh kandungan logam berat timbal tertinggi pada titik ini. Bentuk-bentuk logam berat timbal (Pb) yang dapat mempengaruhi nilai DO pada perairan antara lain PbO_2 , Pb_3O_4 , $PbSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, dll. Menurut Effendi (2003), adanya logam pencemar yang berlebihan dalam suatu perairan dapat mempengaruhi sistem pernafasan organisme air, maka dapat dikatakan bahwa rendahnya kadar oksigen terlarut dalam air berbanding terbalik dengan konsentrasi logam pencemar. Di titik pengambilan sampel ke 7 mengalami kenaikan nilai DO. Hal ini disebabkan karena arus aliran air yang cukup deras serta kemiringan dasar sungai yang menyebabkan terjadinya proses aerasi,

sehingga adanya penambahan oksigen yang berasal dari udara masuk ke dalam perairan sungai.

4.6.7 TDS (*Total Dissolved Solid*)

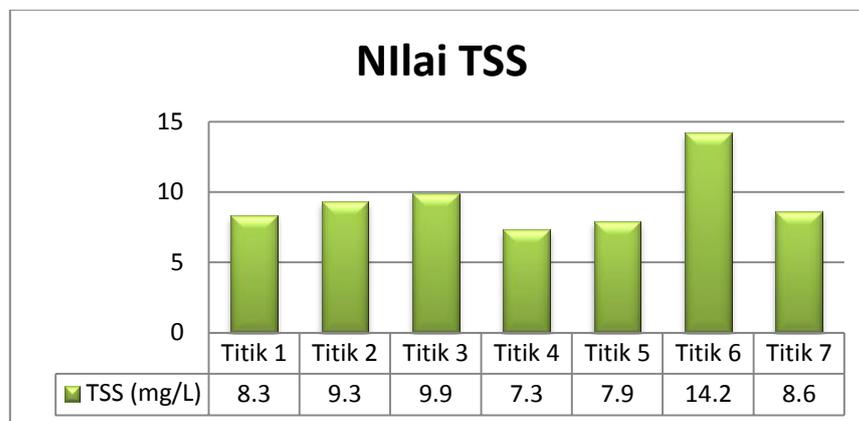


Gambar 4.9 Grafik pengukuran TDS 7 titik sampling Sungai Lesti

Nilai TDS digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas umum dari suatu perairan. Dari hasil pengukuran nilai TDS pada gambar 4.9 didapatkan rentang antara 208 mg/L hingga 763,6 mg/L. Nilai TDS pada ke tujuh titik sampling yang telah ditentukan masih berada di bawah ambang batas yang ditentukan yaitu kurang dari 1000 mg/L. Meskipun berada di bawah ambang batas, namun ada peningkatan nilai TDS yang sangat signifikan pada titik pengambilan sampel ke 6. Hal ini dikarenakan perairan pada titik ini telah tercemar oleh limbah yang sebagian besar dihasilkan oleh pabrik kertas, limbah tersebut menyebabkan garam anorganik dalam air meningkat. Menurut Slamet (1994), TDS biasanya terdiri dari zat organik, garam anorganik, serta gas terlarut. Apabila nilai TDS bertambah maka kesadahan air pun juga bertambah. Menurut Klein (1972), kesadahan dan kandungan logam berat yang terlalu tinggi dapat menurunkan kualitas air sungai, sehingga tidak layak untuk dikonsumsi.

4.6.8 TSS (*Total Suspended Solid*)

Nilai TSS digunakan sebagai petunjuk kekeruhan. Menurut Effendi (2003), padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* atau TSS) merupakan zat yang tersuspensi berdiameter $> 1 \mu\text{m}$ yang tertahan dalam saringan *milli-pore* berdiameter $0.45 \mu\text{m}$.



Gambar 4.10 Grafik pengukuran TSS 7 titik sampling Sungai Lesti

Berdasarkan Gambar 4.10 diketahui bahwa nilai TSS yang didapatkan berkisar antara 7,3 - 14,2 mg/L. Nilai tersebut berada di bawah baku mutu air kelas 3 yaitu sebesar $< 400 \text{ mg/L}$. Berdasarkan nilai tersebut, maka dapat dikatakan perairan Sungai Lesti tidak keruh. Namun dari ke tujuh titik sampling tersebut, hasil nilai TSS yang tertinggi didapatkan pada titik ke 6. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena tercemarnya perairan di lokasi tersebut oleh berbagai limbah yang berasal dari pertanian, pemukiman penduduk, hingga pabrik kertas yang banyak menyumbang logam berat, sehingga menyebabkan air menjadi lebih keruh dibandingkan lokasi pengambilan sampel yang lain. Maka dari itu dapat mengakibatkan kekeruhan dan mengganggu penetrasi cahaya ke perairan (Supartiwi, 2000). Menurut Tarigan dan Edward (2003), zat padat tersuspensi yang ada dalam suatu perairan adalah tempat terjadinya reaksi kimia heterogen

dan berfungsi sebagai zat dasar pembentuk endapan serta menghalangi kemampuan produksi zat organik.

Hasil dari beberapa parameter yang telah diujikan menunjukkan tingkat pencemaran perairan paling tinggi pada titik ke 6. Rendahnya nilai DO yang diperoleh menunjukkan bahwa tingginya konsumsi O_2 dalam air sehingga sisa kandungan O_2 di perairan menjadi rendah. Hal tersebut ditunjukkan oleh tingginya nilai BOD pada perairan tersebut karena banyaknya O_2 yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendegradasi bahan buangan organik. Selain itu, nilai COD juga meningkat karena tingginya kebutuhan O_2 yang digunakan untuk mendegradasi bahan buangan organik maupun anorganik seperti logam berat timbal dalam air secara kimiawi.

Banyaknya bahan buangan organik maupun anorganik baik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air meningkatkan nilai TDS dan TSS. Bahan buangan tersebut mengandung berbagai macam zat ataupun senyawa, salah satunya logam berat timbal. Banyaknya logam berat Pb tersebut mempengaruhi tingginya nilai daya hantar listrik pada perairan. Hal tersebut dikarenakan lokasi titik ke 6 memiliki kondisi arus yang kecil sehingga perairan cenderung lebih tenang jika dibandingkan dengan lokasi yang lain, sehingga mengakibatkan polutan seperti logam berat yang terkandung akan lebih terkonsentrasi dan mengendap di perairan.

4.7 Kajian Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa besarnya kadar logam berat timbal dalam air maupun sedimen pada Sungai Lesti Kabupaten Malang

berada di atas ambang batas yang telah ditentukan. Maka dapat dikatakan bahwa air sungai tersebut tidak layak untuk dikonsumsi karena akan membahayakan kesehatan manusia. Berbagai faktor yang membuat perairan Sungai Lesti tercemar sebagian besar berasal dari aktifitas manusia di sekitar sungai. Al-Qur'an telah menjelaskan semua hal yang ada di muka bumi ini, seperti, perairan dan lingkungan hidup, logam-logam yang ada di bumi, hingga kerusakan-kerusakan pada alam yang disebabkan oleh manusia.

Salah satu ayat dalam Al-Qur'an telah mengingatkan manusia untuk tidak berbuat kerusakan di bumi, yaitu Asy-Syu'ara ayat 183:

وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ (١٨٣)

Artinya: “Dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan” (QS. Asy Syu'ara ayat 183).

Menurut Tafsir Ibnu Katsir (2003), yang dimaksud pada ayat tersebut “dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya” yaitu janganlah kalian (para manusia) mengurangi hak mereka (orang lain) barang (milik orang lain) sedikit pun. Kalimat berikutnya “dan janganlah kamu merajalela di muka bumi dengan membuat kerusakan” artinya melakukan pembunuhan dan kerusakan-kerusakan lainnya. Lafal T'tsau tersebut berasal dari 'Atsiya yang berarti membuat kerusakan, sedangkan lafal Mufsiidiina ialah hal atau kata keterangan keadaan dari ‘amilnya, yaitu Ta'tsau.

Menurut Ali (2009), ayat tersebut menghimbau manusia untuk mematuhi semua perintah yang diberikan Allah SWT dan menjauhi semua larangan-Nya. Selain itu manusia haruslah melakukan segala yang ma'ruf, baik, bermanfaat dan dicintai serta melarang dari segala hal yang buruk. Perbuatan buruk yang dilakukan manusia terhadap lingkungan seperti penebangan liar yang merusak

lingkungan di darat dan pembuangan limbah secara sembarangan yang dapat membahayakan kehidupan manusia, tumbuhan dan hewan.

Limbah berbahaya yang dibuang sembarangan dan mencemari lingkungan merupakan salah bentuk kerusakan. Bentuk kerusakan yang dimaksudkan dalam QS. Asy Syu'ara ayat 183 yaitu kerusakan yang dilakukan terhadap lingkungan. Merusak lingkungan jelas menjadi salah satu hal dilarang dalam agama islam, maka sebagai seorang muslim hendaknya bertanggung jawab dan ikut menjaga kelestarian lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada perairan Sungai Lesti, didapatkan perbandingan antara nilai parameter fisika dan kimia dengan baku mutu yang telah ditetapkan dalam PP No.82 tahun 2001:

1. Nilai tertinggi yang didapatkan dari hasil analisis parameter fisika suhu, pH, BOD, COD, DO, DHL, TSS, dan TDS berturut yaitu 29° C; 8,34; 20,63 mg/L; 70,04 mg/L; 6 mgO₂/L; 524 µS/cm; 14,2 mg/L; 763 mg/L. Batas baku mutu dari masing-masing parameter menurut PP No. 82 tahun 2001 berturut-turut sebesar ≤30° C, 9, 6mg/L, 50 mg/L, 3 mgO₂/L, 2000µS/cm, 400 mgL, 1000 mg/L.
2. Nilai yang didapatkan dari hasil analisis parameter kimia logam berat timbal yang dilakukan yaitu berkisar antara 0,061 - 0,801 mg/L sedangkan baku mutunya sebesar 0,03 mg/L. Namun kadar logam berat timbal yang didapat pada sampel sedimen masih berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, yaitu berkisar antara 3,233 - 10,458 mg/L sedangkan baku mutunya sebesar 20 mg/L. Maka berdasarkan PP No. 82 tahun 2001, kualitas perairan Sungai Lesti tergolong kelas 4 dengan batas kadar Pb sebesar 1 mg/L dan diperuntukan sebagai sumber pengairan pertanian dan pemanfaatan lain yang sejenis.

5.2.1 Saran

Adanya monitoring secara berkala dan penanganan lebih lanjut oleh pemerintah mengingat kadar logam berat dan kandungan lainnya yang ada dalam perairan sungai Lesti akan berubah-ubah karena faktor eksternal maupun internal, sehingga dapat memperbaiki kualitas badan perairan Sungai Lesti. Selain itu, adanya sosialisasi terhadap masyarakat untuk tidak memanfaatkan hewan maupun tumbuhan yang berada pada kawasan perairan sungai yang telah terkontaminasi oleh logam berat. Pola hidup sehat dengan mengganti produk kebutuhan sehari-hari maupun pertanian yang lebih ramah lingkungan juga perlu diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghoghovwia, O. A., Oyelese, O. A and Ohimain, E. I. 2015. Heavy Metal Levels in Water and Sediment of Warri River, Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Science*, Vol. 3 Issue 1
- Agustiningsih, D. 2012. Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal. *Jurnal Presipitasi*, Vol. 9 No. 2
- Ahmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta : ANDI
- Ali, A.Y. 2009. *Tafsir Yusuf Ali Teks, Terjemahan dan Tafsir Qur'an 30 Juz*. Jakarta : PT. Pustaka Litera Antar Nusa.
- Ali, A.Y. 2008. *Tafsir Yusuf Ali: Teks Terjemahan dan Tafsir Qur'an 30 Juz*. Bogor: Litera AntarNusa
- Alloway, B. J. 1995. *Heavy Metal in Soils*. New York. John Willey and Sons Inc
- Al-Qur'an dan Tafsirnya Jilid VI Juz 16-18. 1995. PT Dana Bhakti Wakaf (Milik Badan Wakaf Universitas Islam Indonesia). Yogyakarta
- Andarwulan, N. 2011. *Analisis Pangan*. Jakarta : Dian Rakyat
- Andayani, S. 2005. Manajemen Kualitas Air untuk Budidaya Perairan. Malang: *Universitas Brawijaya*
- Anderson, 1994. *Fungsional Attributes of Biodiversity in Landuse System*: IN D.J. Greenland and I. Szabolcs (eds). *Siol Resiliense and Sustainable land Use*. Oxon: CAB International
- Anik, M.K. 2011. Pengelolaan Banjir Sungai Sadar di Kabupaten Mojokerto Berbasis Konservasi. *Tesis*. Yogyakarta: UGM
- Apriadi, D. 2005. Kandungan Logam Berat Hg, Pb dan Cr pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna viridis* L.) di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. *Skripsi*. Bogor: Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
- Barasa, R. F. 2013. Dampak Debu Vulkanik Letusan Gunung Sinabung Terhadap Kadar Cu, Pb, dan B Tanah di Kabupaten Karo. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, Vol. 1 N0. 4 Ditambahkan 2,5 mL larutan kondisi

- Bassett, J., R.C. Demey, G.H. Jeffrey, J. Mendhom. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Boehm, P. D. 1987. Transport and transformation process regarding hydrocarbon and metal pollution in offshore sedimenary environment in: *Long term effect of shore oil and gas development*. D. F. Boesch and N. N. Rabalai. Elsevier applied science. London
- Boybul dan Haryati, I. 2009. Analisis Unsur Pengotor Fe, Cr, dan Ni dalam Larutan Uranil Nitrat menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom. *SDM Teknologi Nuklir*. ISSN 1978-0176: 565-570
- Boyd, C.E. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Cahyadi, A. G., 2000, Bioavailability dan Spesiasi Logam Pb dan Cu pada Sedimen di Pelabuhan Benoa, *Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA UNUD, Denpasar
- Cahyono, R. 2007. Dampak Limbah Cair PT Kertas Basuki Rachmat, Banyuwangi Terhadap Kesehatan Masyarakat. *Tesis*. Universitas Diponegoro Semarang
- Chasten, T.G. 2000. *Atomic Absorption Spectroscopy*. Texas: Departement of Chemistry, Sam Houston State University
- Christian, Gary D. 1994. *Analytical Chemistry, edisi ke-5*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Darmono, 1995. *Logam dalam Sistem Biologi makhluk Hidup*. Jakarta : Universitas Indonesia
- Day, R. A and Underwood, A. L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Diterjemahkan Oleh Lis Sopyan. Jakarta : Erlangga
- Eaton, Andrew D., Clesceri L.S., Green Berg A.E. 1992. *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 18th Edition 1992*. Washington: American Public Health Association
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta : Kanisius
- Eviati, Sulaiman, dan Superto. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Bogor: Balai Penelitian Tanah
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta : Kanisius
- Febrianingrum, Dinda N., Aniek. 2011. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Sedimen di Sungai Lesti

- Gandjar, I. G dan Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Hadi, A. 2015. *Pengambilan Sampel Lingkungan*. Jakarta : Erlangga
- Happy. R., Arief M., Yayat D. 2012. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, Vol. 3, No. 3 Hal : 175-182
- Hardian, H. 2008. Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas Secara Fitoremediasi. *Jurnal Riset Industri*, 2 (2): 64-75
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., dan Sugesty, S. 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam tanah terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. *Jurnal Selulosa*. 1 (1) : 31-41
- Harsono, E. 2010. Evaluasi Kemampuan Pulih Diri Oksigen Terlarut Air Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Limnotek*, Vol 17 No. 1 Hal 17-36
- Hidayat, YS. 2015. Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) dalam coklat Batang Menggunakan Variasi Metode Destruksi dan Zat Pengoksidasi secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang
- Husainy, Al Irfan, Darma B., Rusdi L. 2013. *Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Air dan Sedimen Pada Aliran Sungai Percut Provinsi Sumatera Utara*
- Hutabarat, S dan S.M. Evans. 1986. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI Press
- IAEA, 2003. *Collection and Preparaion of Bottom Sediment Samples for Analysis of Radionuclides and Trace Element*. Austria: IAEA
- Irfanto. 2010. Pengaruh Logam Berat Timbal (Pb) dalam Limbah Cair PT. Ekamas Fortuna Pada Sungai Lesti dengan Bioindikator Kangkung (*Ipomea Aquatic*) Di Kabupaten Malang. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang
- Jepkoech, J. K., Simiya, G. M dan Arusei, M. 2013. Selected Heavy Metal In Water And Sediment And Their Bioconcentration In Plants (*Polygonum Pulchrum*) In Sosiani River, Uasin Gishu Country, Kenya. *Journal Of Environmental Protection*, Vol 4, 796-802
- Jumbe, A. S dan Nandini, N. 2009. Impact Assessment of Heavy Metals Pollution of Vartur Lake, Bangalore. *Journal of Applied and Natural Science*, 1 (1): 53-61
- Karyadi. 2005. Akumulasi Logam Berat Pb Sebagai Residu Pestisida pada Lahan Pertanian (Studi Kasus Pada Lahan pertanian Bawang Merah di

- Kecamatan Gemuh Kabupaten kendal). *Tesis*. Universitas Diponegoro, Semarang
- Katipana, D. D. 2015. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada kangkung Air (*Ipomea aquatica F*) di Kampus Unpatti Poka. *Biopendix*. Vol. 1 No. 2 Hal. 143-149
- Katsir, I. 2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Penerjemah: Ghoffar, M dan Al- Atsari, Abu Ihsan. Pustaka Imam Asy-Syafi'i
- Khatimah, H. 2006. Perubahan Konsentrasi Timbal dan Kadmium Akibat Perlakuan Pupuk Organik dalam Sistem Budi Daya Sayuran Organik. *Skripsi*. Jawa Barat: Departeen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press
- Khopkar, S. M. 2010. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : UI Press
- Klassen, C. D., MO. Amdur, J. Doull. 1986. *Toxicity The Basic Science of Pisons*. New York: Macmillan Publishing Company
- Klein, L. 1972. *River Pollution*. Butterworths. London.
- Kristianingrum, S. 2012. Kajian Berbagai Proses Destruksi Sampel dan Efeknya. Di dalam Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan penerapan MIPA. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA 2012*; Yogyakarta 2 Juni 2012. Malang: Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta Hal 195-282
- Lesmana, SI. 2011. *Fisikal Training, dalam Mata Kuliah Gizi. Olahraga*
- Mardiyono dan Hidayati, N., 2009. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam Beberapa Produk Sayur Kacang-kacangan Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom, *Biomedika Vol. 2, No. 1*, Surakarta
- Marganof. 2003. Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan. Bogor: Program PAsca Sarjana/S3, IPB
- Masduqi, A, Slamet, A. 2009. *Satuan Operasi untuk Pengolahan Air*. Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS
- Mulyani, O. 2007. Studi Perbandingan Cara Destruksi Basah Pada Beberapa Sampel Tanah Asal Aliran Sungai Citarum Dengan Metode Konvensional Dan Bomb Teflon. *Tesis*. ITB Bandung
- Mukono, J. K.; Sugijanto, H.; dan Laksmiwati, E. 1991. *Laporan Penelitian: Status Kesehatan dan Kadar Pb (timah hitam) darah pada*

- karyawan SPBU di Jawa Timur*. Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Air Langga Surabaya
- Montarich, Lili, Aniek M., Eka A.S. 2009. Studi Optimasi Pengelolaan dan Pengembangan Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Lesti Kabupaten Malang
- Namminga, H., Wilhm, J. 1997. Effects of High Discharge and an Oil Refinery Cleanup Operation on Heavy Metals in Water and Sediments in Skeleton Creek. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 56: 133–138
- Naria, E. 2005. Mewaspadai Dampak Bahan Pencemar Timbal (Pb) di Lingkungan Terhadap Kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 14 (4) 3-4
- Nasution, R. 2003. Teknik Sampling. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Medan: USU Digital Library.
- Nicola, F. 2015. Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (*Total Dissolved Solid*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) dengan Kadar Fe^{2+} dan Fe Total pada Air Sumur Gali. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember
- Nielsen. S dan Suzanne. 2010. *Food Analysis Fourth Edition*. Springer : London. Hal : 110-111
- Obaidy, A.M.J, Al Janabi Z.Z., Shakir. 2014. Environmental Assessment of Heavy Metal Distribution in Sediment of Tigris River Within Baghdad City. *International Journal of Advanced Research*, Vol. 2 Issue 8, 947-952
- Otto, S. 1986. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: C.V. Rajawali
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat*. Jakarta : PT. Rineka Cipta
- Priatna, D. E., Purnomo, T dan Kuswanti, Nur. 2016. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air dan Ikan Bader (*Barbonymus Gonionotus*) di Sungai Brantas Wilayah Mojokerto. *Jurnal LenteraBio*, Vol. 5 No. 1 Hal : 48-53
- Prihandi, F., Soetopo, W dan Prasetyo, R. 2013. *Studi Penatagunaan Potensi Air di Wilayah Sub Das Lesti Kabupaten Malang*
- Priyanto, Nandang, Dwiwitno, Farida A. 2008. Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada Ikan, Air, dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat, *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan.*, Vol. 3 No. 1
- Saha, P. K dan Hossain. 2012. Assessment of The Heavy Metal Pollution in The Sediment Samples of Major Canals in Dhaka City by Multivariate

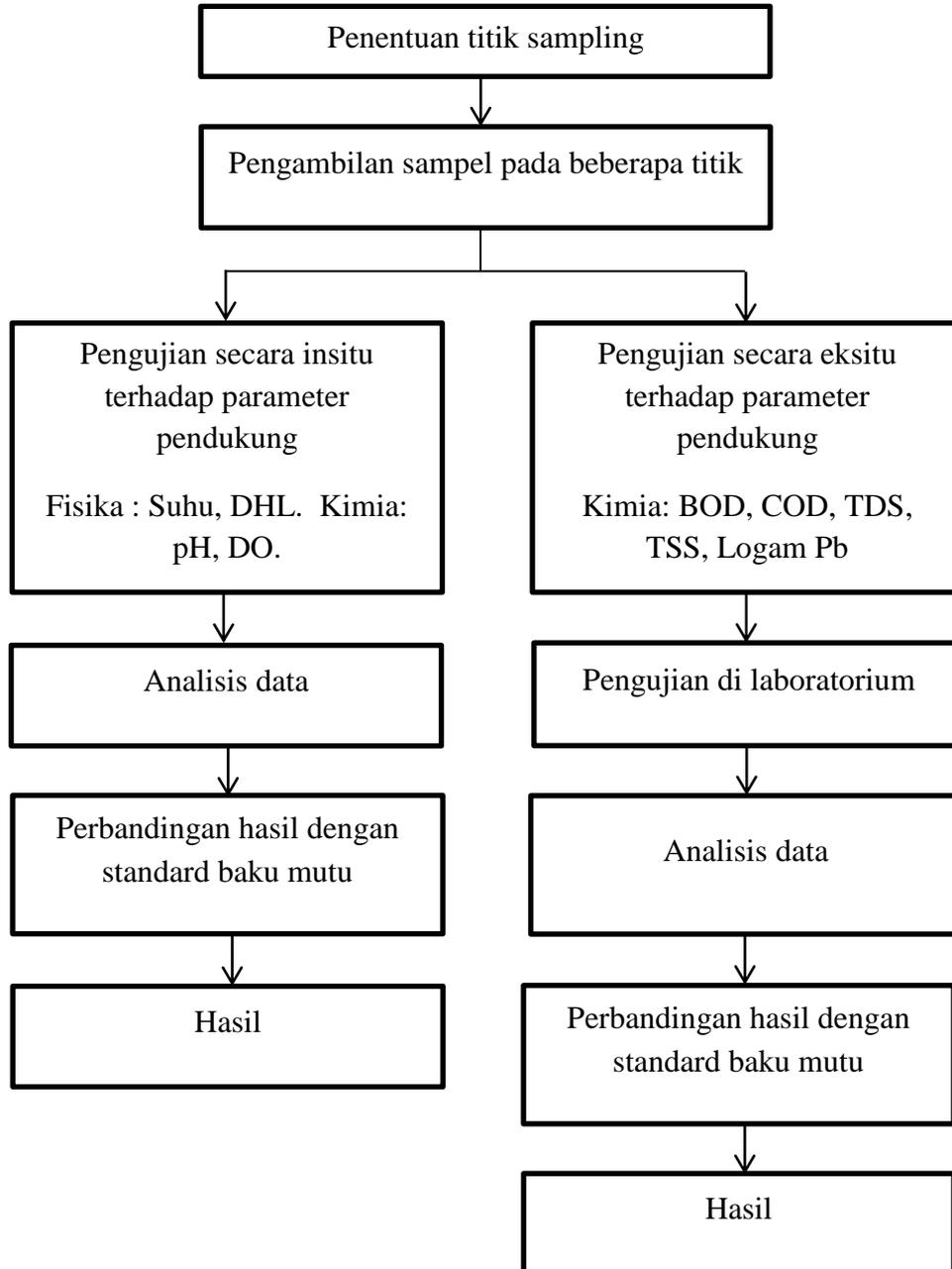
- Statistical Analysis. *Global Journal of Researches in Engineering Civil and Structural Engineering*, Vol. 12 Issue 3
- Sahara, R dan Puryanti, D. 2015. Distribusi Logam Berat Hg dan Pb Pada Sungai Batanghari Aliran Batu Bakauik Dharmasraya, Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 4 No. 1
- Sany, Seyedeh. B. T., Aisyah S., Majid R., Naghmeh S., Leila N., Ghazaleh M.T. 2013. Distribution And Contamination Of Heavy Metal In The Coastal Sedimen Of Port Klang, Selangor, Malaysia. *Jurnal Water Air Soil Pollut*, Vol. 224 :1476
- Sari, N.R., Sunarto, Wiryanto. 2015. Analisis Komparasi Kualitas Air Limbah Domestik berdasarkan Parameter Biologi, Fisika dan Kimia di IPAL Semanggi dan IPAL Mojosongo Surakarta. *Jurnal Ekosains*. Vol. 7 No. 2
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadae. *Jurnal Makara Sains*, Vol 10 No. 1 Hal : 35-40
- Saryan, L. A. & Zenz, C. 1994. *Lead and its compounds*. New York: Occupational Medicine
- Sasongko, D. P. 2010. Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat Pada Limbah Pewarna Batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lemlit*. Universitas Diponegoro Semarang
- Setyawan, A. D. 2004. Pencemaran Logam Berat Fe, Cd, Cr, dan Pb Pada Lahan Pertanian di Propinsi Jawa Tengah. *Enviro*. 45-49
- Sineo. 2010. *Application Manual of Microwave Digestion*. China: Sineo Microwave Chemistry Technology, CO., LTD
- Situmorang, M. 2007. *Kimia Lingkungan*. Medan : FMIPA-UNIMED
- Slamet,, J. S. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung : Gadjah Mada UniversityPress
- SNI 6989.72-2009 Tentang Pengujian BOD
- SNI-06-6989.2-2004 Tentang Pengujian COD
- SNI-06-6989.14-2004 Tentang Pengujian DO
- SNI ISO 8894-2:210 Tentang Pengujian Konduktivitas
- SNI-06-6989.23-2005 Tentang Pengujian Suhu

- Sudarmadji. 2007. *Analisis Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta
- Sumardi. 1981. Metode Destruksi Contoh Secara Kering dalam Analisa Unsur-Unsur Fe, Cu, Mn, dan Zn dalam Contoh-Contoh Biologis. *Prosiding Seminar Nasional : Metode Analisis Lembaga Kimia Nasional*. Jakarta : LIPI
- Sumarwoto, O. 2004. Udara Segar Kian Mahal. Pikiran Rakyat Sabtu 5 Juni 2004. <http://www.pikiran-rakyat.com/> (akses 12 November 2017)
- Supartiwi, E. N. 2000. Karakteristik Komunitas Fitoplankton dan Perifiton Sebagai Indikator Kualitas Lingkungan Sungai Ciujung, Jawa Barat. *Skripsi*. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor.
- Suwandi, Y., Subardi, B. dan Itnawita. 2014. *Analisis Total Fosfat, Nitrat, dan Logam Timbal Pada Sungai Sail dan Sungai Air Hitam Pekanbaru*. Volume 1 No. 2
- Suwarsito, ES. 2009. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat pada Sedimen dan Biota Air di Muara Sungai Serayu Kabupaten Cilacap. *Goedukasi*, Vol 3 No. 1 Hal : 30-37
- Syahputra, R. 2004. *Modul Pelatihan Instrumentasi AAS*. Laboratorium Instrumentasi Terpadu : Universitas Islam Malang
- Syakti, D. A., N. V. Hidayati, dan A.S. Siregar. 2012. *Agen Pencemar Laut*. Bogor: IPB Press
- Taberna, H., Nillos, M., Pahila, I. G dan Arban, J. P. B. 2015. Distribution And Geochemical Behavior Of Heavy Metals (Cr, Cu, Ni, and Pb) In Iloilo River Estuarine Sediment. *International Journal Of The Bioflux Society*. Vol. 7 Issue 1
- Tafsir, I. 2011. *Air dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementrian Agama RI
- Tarigan, M.S & 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
- Wulandari, A.E., dan Sukei. Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottoni*). *J. Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 15-17
- Tesfamariam, Z., Younis, Y. M.H and Elsanousi, S. S. 2016. Assessment Of Heavy Metal Status Of Sediment And Water In Mainefhi And Toker

- Drinking- Water Reservoir Of Asmara City, Eritrea. *American Journal Of Research Communication*, Vol. 4 (6)
- Togatorop, R. 2009. *Korelasi Antara Biological Oxygen Demand (BOD) Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap pH, Total Suspended Solid (TSS), Alkalinitidan Minyak atau Lemak*. Medan : Universitas Sumatera Utara
- Todd, DK. 1970. *Water Information Center, Port Washington*. New York
- Varian. 1989. *Analytical Methods*. Australia : Mulgrave Victoria
- Vogel. 1990. *Analytical Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta : PT. Kalman Media Pustaka
- Wahyudin, D. 2010. PVMBG. Badan Geologi. Aliran Lava Produk Letusan Celah Tahun 1941 Serta Kemungkinan Terjadinya Letusan Samping Baru di Gunung Semeru Jawa Timur. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*. Vol. 1 No. 3
- Warlina. L. 2004. *Pencemaran Air : Sumber, Dampak, dan Penanggulangannya*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana/S3 IPB
- Widaningrum, Miskiyah, Suismono. 2007. Bahay Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. Vol. 3
- Widiyanti, C. A. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi Ctenidia dan Kelenjar Pencernaan (Hepar) Anodonta Woodiana Lea di Sungai Serang Hilir Waduk Kedung Ombo. *BioSMART*, Vol. 7 No. 2 hal 136-142
- Widowati, W., Sastiono, A dan Raymon, J. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Winarno. F.G. 1993. *Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Yudo, S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI, Vol. 2, No. 1*
- Yuliani et al. *Pengaruh Limbah Detergen Laundry Terhadap Mortalitas dan Indeks Fisiologi Ikan Nila*

LAMPIRAN

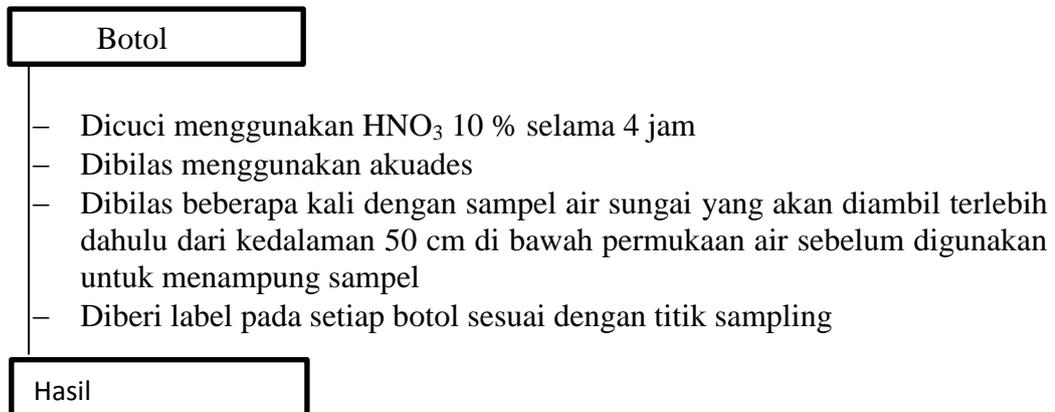
Lampiran 1: Rancangan Penelitian



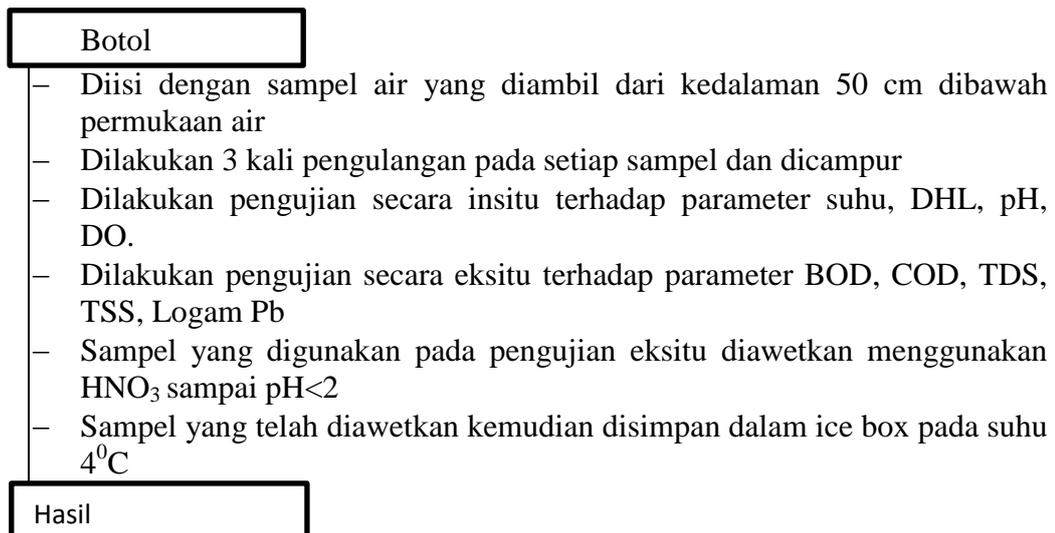
LAMPIRAN

Lampiran 2: Diagram Alir

1. Preparasi pengambilan sampel



2. Pengambilan sampel air



3. Preparasi pengambilan sampel sedimen

Botol

- Direndam selama 4 jam menggunakan HNO₃ 10%
- Dibilas beberapa kali menggunakan akuades
- Diberi label pada botol untuk setiap titik sampling
- Dicuci dan dibersihkan terlebih dahulu alat yang akan digunakan pada setiap pengambilan sampel

Hasil

4. Pengambilan sampel sedimen

Botol

- Disiapkan botol polyetilen bersih yang sudah diberi label
- Sampel sedimen diambil sebanyak 500 gram dengan kedalaman 2 cm di setiap titik sampling
- Sampel disimpan di dalam ice box pada suhu 4⁰C
- Dilakukan pengujian secara eksitu di laboratorium

Hasil

5. Pengukuran suhu

Termometer air raksa

- Dimasukkan bagian ujung bawah termometer secara perlahan ke perairan sedalam 10 cm selama 2-5 menit
- Air raksa yang berada pada termometer menunjukkan nilai yang stabil
- Dibaca skala ⁰C dengan kondisi termometer masih tercelup pada bagian permukaan air dan dicatat

Hasil

6. Pengukuran pH

pH meter

- Dikalibrasi terlebih dahulu ujung pH meter menggunakan akuades
- Dibersihkan ujung pH meter dengan tisu secara perlahan
- Dimasukkan ujung pH meter kedalam sampel air dan ditunggu beberapa menit hingga nilainya stabil
- Dicatat hasilnya

Hasil

7. Pengujian DO

DO meter

- Dikalibrasi DO meter terlebih dahulu menggunakan aquades
- Dichelupkan sensor pada DO meter kedalam sampel air dan ditekan tombol power
- Ditunggu selama 2-5 menit hingga nilai DO stabil
- Ditekan tombol hold dan dicatat hasilnya

Hasil

8. Pengujian BOD

Sampel air

- Dikocok terlebih dahulu secara perlahan lalu dimasukkan ke dalam botol
- Dianalisis DO sampel pada 0 hari menggunakan DO meter
- Dimasukkan ke dalam botol inkubasi sampai penuh lalu botol ditutup dengan hati-hati
- Dimasukkan botol inkubasi ke dalam inkubator dalam suhu 20° C selama 5 hari
- Dikeluarkan botol inkubasi dari inkubator lalu dibiarkan pada suhu kamar
- Dianalisis konsentrasi DO 5 hari menggunakan DO meter dan dicatat hasil pembacaannya
- Dihitung kadar BODnya sesuai rumus
- Dicatat hasilnya

Hasil

9. Pengujian COD

Sampel

- Dikocok terlebih dahulu sambil dicek apabila contoh uji berwarna pekat atau berbau tajam maka perlu dilakukan pengenceran
- Disiapkan tabung reaksi kering dengan tutup lalu diisi dengan 1,5 ml $K_2Cr_2O_7 - HgSO_4$
- Ditambahkan contoh uji air sebanyak 2,5 mL
- Ditambahkan $H_2SO_4 - Ag_2SO_4$ sebanyak 3,5 ml
- Ditutup tabung dengan rapat dan dikocok hingga homogen
- Larutan homogen tersebut dipanaskan pada suhu $\pm 150^\circ C$ pada pemanas reaktor COD selama 2 jam
- Dinginkan sampel air menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 444 nm
- Dihitung konsentrasinya
- Dicatat hasilnya

Hasil

10. Pengukuran konduktivitas listrik

Konduktivimeter

- Dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan akuades dengan cara mencelupkan elektrodanya kedalam akuades
- Dibiarkan beberapa saat hingga menunjukkan angka nol pada konduktivimeter dengan suhu 27°C
- Dicuci elektrodanya dengan akuades dan dikeringkan dengan tisu
- Dichelupkan elektroda kedalam sampel air sampai angka yang muncul pada konduktivimeter tetap
- Pengukuran sampel berikutnya dan dilakukan pencucian dilakukan pencucian lebih dahulu menggunakan akuades dengan perlakuan yang sama
- Dicatat hasilnya

Hasil

11. Pengujian TSS (*Total Suspended Solid*)

kertas saring 934-AHTM *circle* 90 mm

- Dibilas dengan akuades dan dipanaskan dalam oven selama 1 jam
- Didinginkan dalam desikator selama 15 menit
- Dikeluarkan dari desikator dan ditimbang dengan cepat
- Sampel air yang telah dikocok merata, diambil sebanyak 100 mL lalu divakum dengan alat penyaring yang telah dilapisi dengan kertas saring 934-AHTM *circle* 90 mm tersebut
- Kertas saring diambil dan dikeringkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam
- Kertas saring tersebut didesikator selama 15 menit lalu ditimbang dengan cepat
- Dihitung nilai TSS
- Dicatat hasilnya

Hasil

12. Pengujian TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS meter

- Ditekan tombol power untuk menyalakan alat
- Dicuci alat TDS meter menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan tisu
- Dimasukkan alat ke dalam sampel sampai batas elektroda
- Ditekan tombol CAL/MEAS untuk pengukuran TDS terhadap sampel
- Dibiarkan beberapa saat hingga nilai pengukuran TDS yang didapat stabil, kemudian dicatat hasilnya
- Dicatat hasilnya

Hasil

13. Pengujian Sampel Air Sungai Lesti

Sampel air

- Dimasukkan sebanyak 50 mL ke dalam labu alas bulat refluks
- Ditambahkan larutan HNO_3 p.a sebanyak 5 mL
- Dipanaskan pada suhu $60-70^\circ\text{C}$ dalam waktu 2-3 jam
- Dimasukkan sampel pada labu ukur 100 mL
- Ditanda bataskan dengan HNO_3 0,5 M
- Dianalisis menggunakan SSA dengan tiga kali pengulangan setiap sampel

Hasil

14. Pengujian sampel sedimen

Sampel Sedimen

- Diambil sebanyak 0,5 gram
- Ditambahkan dengan 6 mL HNO_3
- Ditambahkan 3 mL HCl
- Ditambahkan 0,25 mL H_2O_2
- Setiap penambahan reagen, dilakukan pengaturan 4 tahap sesuai buku penggunaan microwave
- Kertas saring tersebut dibilas menggunakan akuades
- Labu ukur yang berisi sampel tersebut ditanda bataskan menggunakan akuades
- Dianalisis menggunakan SSA dengan tiga kali pengulangan setiap sampel

Hasil

15. pengaturan alat SSA

Alat SSA

- Diatur panjang gelombang pada 217 nm
- Diatur laju alir asetilen sebesar 2,0 L/menit
- Diatur laju alir udara sebesar 10,0 L/menit
- Diatur lebar celah selebar 1,0 mm
- Diatur tinggi burner setinggi 2,0 mm
- Diatur kuat arus HCl sebesar 10,0 μA

Hasil

16. pembuatan kurva standar

larutan stok Pb 1000 mg/L

- sebanyak 1 mL larutan Pb 1000 mg/L sebanyak 1 mL
- Dimasukkan dalam labu takar 100 mL
- Ditanda bataskan menggunakan HNO_3 0,5M
- Didapatkan larutan standar Pb 10 mg/L
- Diambil masing-masing 0,5 mL; 1,0 mL; 2,0 mL; 4,0 mL; dan 7,0 mL larutan baku standar 10 mg/L
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL
- Ditanda bataskan menggunakan HNO_3 0,5M
- Didapatkan larutan standar Pb 0,1 mg/L; 0,2 mg/L; 0,4 mg/L; 0,8 mg/L; dan 1,4 mg/L
- Dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) pada kondisi optimum dengan panjang gelombang 217 nm

Hasil

Lampiran 3. Perhitungan

1. Pembuatan Kurva Standar Timbal (Pb)

- a. Pembuatan larutan 1000 ppm menjadi 10 ppm

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

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ mL} \times 10 \text{ mg/L}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

- b. Pembuatan larutan standar 0,1 mg/L

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,1 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 0,1 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

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

- c. Pembuatan larutan standar 0,2 mg/L

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,2 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 0,2 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 1,0 \text{ mL}$$

- d. Pembuatan larutan standar 0,4 mg/L

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,4 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 0,4 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 2,0 \text{ mL}$$

e. Pembuatan larutan standar 0,8 mg/L

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 0,8 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 0,8 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 4,0 \text{ mL}$$

f. Pembuatan larutan standar 1,4 mg/L

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 1,4 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mL} \times 1,4 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 7,0 \text{ mL}$$

2. Pembuatan HNO₃ 0,5 M

Diketahui : $\rho \text{ HNO}_3 \text{ 65 \%} = 1,39 \text{ gr/cm}^3$

$$= 1390 \text{ gr/L}$$

$$\text{Mr HNO}_3 = 63 \text{ gr/mol}$$

$$\text{HNO}_3 = \frac{65 \text{ gr HNO}_3}{100 \text{ gr Larutan}}$$

$$\frac{1390 \text{ gr}}{1\text{L}} = \frac{100 \text{ gr}}{V}$$

$$V = \frac{100 \text{ gr} \times 1\text{L}}{1390 \text{ gr}}$$

$$V = 0,0719 \text{ L}$$

$$n \text{ HNO}_3 = \frac{65 \text{ gr}}{63 \text{ gr/mol}}$$

$$n \text{ HNO}_3 = 1,0318 \text{ mol}$$

$$M \text{ HNO}_3 = \frac{n}{V}$$

$$M \text{ HNO}_3 = \frac{1,0318 \text{ mol}}{0,0719 \text{ L}}$$

$$M \text{ HNO}_3 = 14,3505 \text{ M}$$

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

$$14,3505 \text{ M} \times V_1 = 0,5 \text{ M} \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,5 \text{ M} \times 500 \text{ mL}}{14,3505 \text{ M}}$$

$$V_1 = 17,42 \text{ mL}$$

3. Pembuatan Larutan HNO₃ 10 % dari HNO₃ 65 %

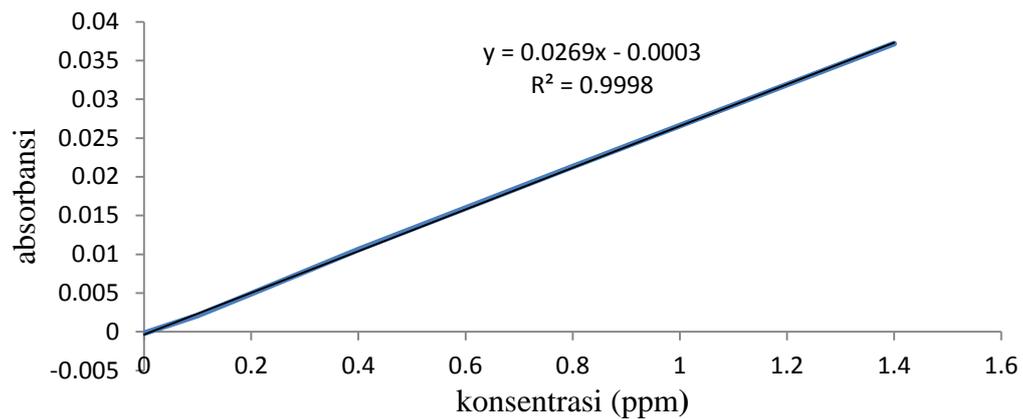
$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$65 \% \times V_1 = 10 \% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{10 \times 100 \text{ mL}}{65}$$

$$V_1 = 15,385 \text{ mL}$$

4. Hasil Uji Linieritas dan Sensitivitas



5. Hasil Uji Akurasi

a. 0,1 ppm

$$y = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0021 = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0021 + 0,0003 = 0,0269x$$

$$x = 0,0892 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,0892 \text{ ppm}}{0,1 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 89,219\%$$

b. 0,2 ppm

$$y = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0049 = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0049 + 0,0003 = 0,0269x$$

$$x = 0,193 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,193 \text{ ppm}}{0,2 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 96,654\%$$

c. 0,4 ppm

$$y = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0106 = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0106 + 0,0003 = 0,0269x$$

$$x = 0,4052 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,4052 \text{ ppm}}{0,4 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 101,301\%$$

d. 0,8 ppm

$$y = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0213 = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0213 + 0,0003 = 0,0269x$$

$$x = 0,8029 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{0,8029 \text{ ppm}}{0,8 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 100,371\%$$

e. 1,4 ppm

$$y = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0372 = 0,0269x - 0,0003$$

$$0,0372 + 0,0003 = 0,0269x$$

$$x = 1,394 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{1,394 \text{ ppm}}{1,4 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$= 99,575\%$$

6. Perhitungan Kadar Logam Timbal (Pb) Pada Hasil Destruksi Sampel Air

a. Kadar Logam Berat Pada Air

Titik Sampling	Kadar Logam Timbal (Pb) mg/L		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Titik 1	0.027	0.033	0.032
Titik 2	0.038	0.062	0.037
Titik 3	0.058	0.082	0.081
Titik 4	0.087	0.092	0.092
Titik 5	0.097	0.104	0.078
Titik 6	0.053	0.051	0.044
Titik 7	0.031	0.038	0.033

7. Perhitungan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) Pada Hasil Destruksi Sampel Sedimen

a. Kadar Yang Terbaca Instrumen (dengan pengenceran)

Titik Sampling	Kadar Logam Timbal (Pb) mg/kg		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Titik 1	0.162	0.165	0.172
Titik 2	0.141	0.153	0.148
Titik 3	0.120	0.152	0.116
Titik 4	0.140	0.151	0.165
Titik 5	0.245	0.266	0.157
Titik 6	0.458	0.400	0.397
Titik 7	0.253	0.258	0.258

a. Kadar Sebenarnya

Titik Sampling	Kadar Logam Timbal (Pb) mg/kg		
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
Titik 1	4.050	4.125	4.300
Titik 2	3.525	3.825	3.700
Titik 3	3.000	3.800	2.900
Titik 4	3.500	3.775	4.125
Titik 5	6.125	6.650	3.925
Titik 6	11.450	10.000	9.925
Titik 7	6.325	6.450	6.450

$K_s = (k \cdot \text{instrumen} \times fp) / m \cdot \text{sampel}$

$$AS1 = \frac{\left(0,162 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 4.050 \text{ mg/Kg}$$

$$AS2 = \frac{\left(0,165 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 4.125 \text{ mg/Kg}$$

$$AS3 = \frac{\left(0,172 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 4.3 \text{ mg/Kg}$$

$$BS1 = \frac{\left(0,141 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3.525 \text{ mg/Kg}$$

$$BS2 = \frac{\left(0,153 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3.825 \text{ mg/Kg}$$

$$BS3 = \frac{\left(0,148 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3.7 \text{ mg/Kg}$$

$$CS1 = \frac{\left(0,120 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3 \text{ mg/Kg}$$

$$CS2 = \frac{\left(0,152 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3.8 \text{ mg/Kg}$$

$$CS3 = \frac{\left(0,116 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 2.9 \text{ mg/Kg}$$

$$DS1 = \frac{\left(0,140 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3.5 \text{ mg/Kg}$$

$$DS2 = \frac{\left(0,151 \frac{mg}{L}\right) \times 10 \times 5 \times 10^{-3}}{(2 \times 10^{-3} kg)} = 3.775 \text{ mg/Kg}$$

$$DS3 = \frac{\left(0,165 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 4.125 \text{ mg/Kg}$$

$$ES1 = \frac{\left(0,245 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 6.125 \text{ mg/Kg}$$

$$ES2 = \frac{\left(0,266 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 6.65 \text{ mg/Kg}$$

$$ES3 = \frac{\left(0,157 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 3.925 \text{ mg/Kg}$$

$$FS1 = \frac{\left(0,458 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 11.45 \text{ mg/Kg}$$

$$FS2 = \frac{\left(0,4 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 10 \text{ mg/Kg}$$

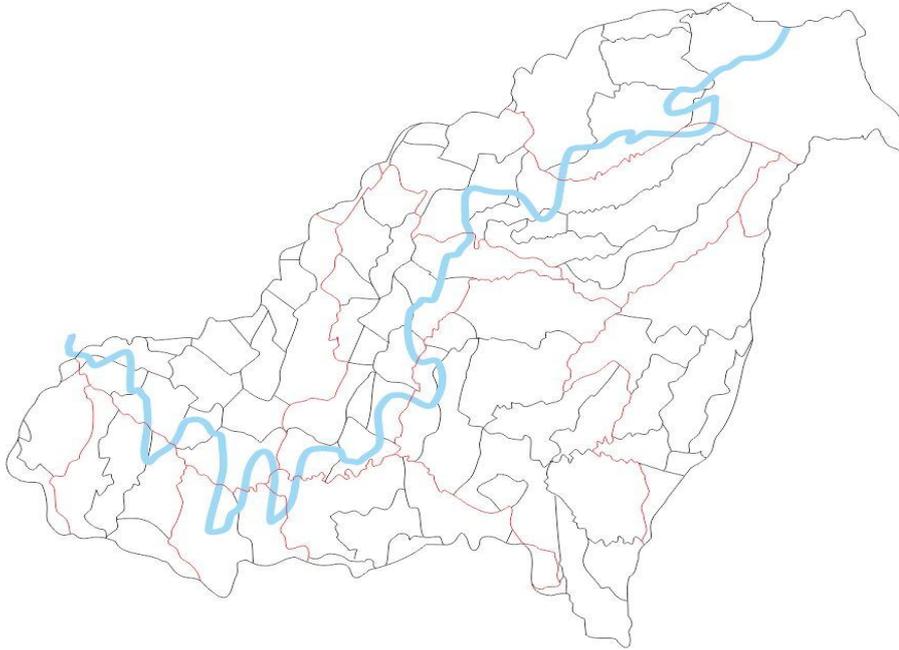
$$FS3 = \frac{\left(0,397 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 9.925 \text{ mg/Kg}$$

$$GS1 = \frac{\left(0,253 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 6.325 \text{ mg/Kg}$$

$$GS2 = \frac{\left(0,258 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 6.45 \text{ mg/Kg}$$

$$GS3 = \frac{\left(0,258 \frac{mg}{L}\right) x 10 x 5 x 10^{-3}}{(2 x 10^{-3} kg)} = 6.45 \text{ mg/Kg}$$

Lampiran 4. Gambar Peta Titik Pengambilan Sampel



Skema umum

Lokasi Penelitian di 7 Titik Sungai Lesti Kabupaten Malang