

SKRIPSI

**KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA
AIR DAN SEDIMEN SUNGAI PANGKAJENE DI
SEKITAR PABRIK SEMEN TONASA
SULAWESI SELATAN**

ALGRETZ SALAMAHU

K11108544



**JURUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2012

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Algretz P.K. Salamahu
NIM : K11108544
Program Studi : Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini dari karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Mei 2012
Yang menyatakan

Algretz P.K. Salamahu

RINGKASAN

KESEHATAN LINGKUNGAN
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
Skripsi, Mei 2012

ALGRETZ P.K. SALAMAHU

“Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air Dan Sedimen Sungai Pangkajene Di Sekitar Pabrik Semen Tonasa Sulawesi Selatan Tahun 2012”

(xi + 78 halaman + 4 tabel + 6 lampiran)

Limbah industri semen dapat menjadi sumber dari timbal (Pb) untuk banyak sub-populasi karena dapat mencemari sungai apabila masuk ke badan air dan dikonsumsi oleh masyarakat. Pemanfaatan material alternatif *fly ash and bottom ash* yang merupakan bahan limbah B-3 yang digunakan dalam proses produksi semen, juga aktifitas pemukiman dan pertanian diperkirakan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap sungai akibat kandungan logam berat seperti timbal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan Pb pada air dan sedimen yang berasal dari sungai Pangkajene di sekitar pabrik Semen Tonasa yang terdiri dari dua stasiun pengambilan sampel. Jenis penelitian ini adalah observasional dengan desain deskriptif. Pengambilan sampel dilakukan oleh peneliti pada pagi dan sore hari menggunakan *eckman grab* dan *water sampler*. Teknik penentuan sampel yaitu *purposive sampling* dengan metode *composite sampling*, kemudian diperiksa menggunakan Spektrofometer Serapan Atom Varian A50.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa sampel air pada pagi hari di stasiun I sebesar 0,010 dan stasiun II berkisar antara 0,005-0,010 mg/l. Pada sore hari di stasiun I yakni 0,005 dan stasiun II antara 0,010-0,015 mg/l. Sedangkan kandungan logam berat timbal pada sedimen yang diambil pada pagi hari masing-masing pada stasiun I sebesar 1,951 mg/kg dan pada stasiun II yakni 1,463 mg/kg.

Kesimpulan dari penelitian adalah sampel air dan sedimen yang berasal dari sungai Pangkajene di sekitar pabrik Semen Tonasa belum tercemar logam Pb. Disarankan kepada Badan Lingkungan Hidup dan industri untuk meningkatkan pemantauan dan pengelolaan limbah yang baik sebelum dibuang ke sungai. Kepada masyarakat sebaiknya tidak mengkonsumsi air dan biota air yang berasal dari perairan sungai ini.

Daftar Pustaka : 68 (1972 – 2011)

Kata Kunci : Logam Berat, Pb, Air, Sedimen

SUMMARY

ENVIRONMENTAL HEALTH

FACULTY OF PUBLIC HEALTH UNIVERSITY HASANUDDIN

Thesis, May 2012

ALGRETZ P.K. SALAMAHU

"Heavy Metal Content of Lead (Pb) in River Water and Sediment Pangkajene Around Cement Tonasa South Sulawesi Year 2012"

(X + 78 pages + 4 + 6 appendix tables)

Waste cement industry can be a source of lead (Pb) for many sub-populations because it can pollute the river when the water enters the body and consumed by the public. Utilization of alternative materials bottom ash and fly ash which is a B-3 waste materials used in cement production process, as well as residential and agricultural activities is estimated to be a negative impact on the river due to heavy metals such as lead content.

This study aims to determine the content of Pb in water and sediment from the river Pangkajene around Tonasa Cement plant consisting of two sampling stations. This type of observational study is a descriptive design. Sampling was conducted by researchers at the morning and evening using a Eckman grab and water sampler. The technique of determining the sample is *purposive sampling* to *composite sampling* methods, then examined using Varian Atomic Absorption Spektrofometer A50.

Research results showed that water samples in the morning at the station I at 0.010 and ranged from 0.005 to 0.010 mg/l at station II. In the afternoon at the station I 0.005 and station II between 0.010 to 0.015 mg/l. While the heavy metal content of lead in sediments taken in the morning at each station I at 1.951 mg/kg and at station II which is 1.463 mg/kg.

Conclusions of this study are water and sediment samples from the river around the factory Semen Pangkajene Tonasa Pb metal has not been contaminated. Recommended to the Environment Agency and industry to improve the monitoring and management of good waste before discharge into the river. The public should not consume water and biota of water from the river waters.

Bibliography: 68 (1972 - 2011)

Keywords: Heavy metals, Pb, Water, Sediment

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah menganugerahkan hikmat, rezeki, kesehatan serta ilmu-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak kendala dan tantangan yang dihadapi, namun berkat bantuan dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis ingin menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Watief Abdul Rahman, MS sebagai Penasehat Akademik yang telah memberikan motivasi, masukan dan nasehat selama mengikuti pendidikan di FKM UNHAS.
2. Bapak Dr. Anwar Daud, SKM. MKes sebagai pembimbing I dan tim pengajar Bagian Kesehatan Lingkungan FKM UNHAS yang senantiasa dengan ketulusan dan kesabaran memberikan ilmu, bimbingan dan banyak kebijakan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ruslan La Ane, SKM, MPH sebagai pembimbing II dan tim pengajar Bagian Kesehatan Lingkungan FKM UNHAS yang dengan pengertian dan ketulusan telah memberikan banyak masukan, ilmu dan bimbingan hingga penulisan skripsi ini selesai.

4. Bapak Agus Bintara Birawida, S.Kel. M.Kes., Bapak Yahya Thamrin, SKM. Mkes, MOHS., Ibu Indra Fajarwati Ibnu, SKM. M.A sebagai penguji atas ilmu dan arahan yang telah diberikan hingga penulisan skripsi ini selesai.
5. Bapak Ketua Bagian, para Dosen dan Staf Administrasi Jurusan Kesehatan Lingkungan FKM UNHAS yang yang atas bantuan yang telah diberikan hingga penulisan skripsi ini selesai.
6. Bapak Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Staf Pengajar dan Staf Administrasi yang telah memberikan bantuan dan bimbingannya kepada penulis selama menjalani pendidikan di FKM UNHAS.
7. Bapak, Ibu, serta saudara-saudaraku (Alnes dan Berlianti) yang tercinta atas perhatian dan doa yang tulus selama ini dan juga merupakan sumber inspirasi dan motivasi bagi penulis hingga penulisan skripsi ini selesai.
8. Kepada staf KL, teman-teman romusa, dan terkhususnya teman-teman PMK FKM UH yang telah memberikan motivasi, terima kasih atas kebersamaan dan dukungannya.
9. Semua pihak yang tidak sempat penulis sampaikan yang telah mendukung, membantu serta memberikan motivasi selama ini.

Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis selama ini dapat memperoleh balasan dari Tuhan Yang Maha Esa. Akhirnya dengan menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik untuk penulis sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini.

Segala pujian dan hormat anakMu pulangkan ke hadiratMu Tuhan yang empunya kehidupan ini. Biarlah ini menjadi salah satu keberhasilan dari beribu-ribu rancangan yang baik yang engkau sediakan Tuhan. Satu yang kami tahu daripadaMu, bahwa rencanaMu indah pada waktunya Amin.

Makassar, Mei 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tinjauan Umum tentang Sungai.....	9
B. Tinjauan Umum tentang Air	11
C. Tinjauan Umum tentang Sedimen.....	16
D. Tinjauan Umum tentang Pencemaran Air	18
E. Aktifitas di Sepanjang Sungai Pangkajene.....	26
F. Tinjauan Umum tentang Logam Berat	31
G. Karakteristik Logam Berat yang Diteliti	34
H. Kerangka Teori.....	44
BAB III. KERANGKA KONSEP	
A. Dasar Pemikiran Variabel	45
B. Pola Pikir Variabel yang Diteliti	46
C. Defenisi Operasional dan Kriteria Objektif	47

BAB IV. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	49
B. Lokasi Penelitian.....	49
C. Populasi dan Sampel	49
D. Teknik Pengambilan Sampel.....	50
E. Metode Pemeriksaan Sampel	52
F. Pengumpulan Data	52
G. Pengolahan dan Penyajian Data	52

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil	53
B. Pembahasan.....	58
C. Keterbatasan Penelitian.....	77

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	78
B. Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Uraian	Halaman
Tabel 1	Hasil Pengukuran Suhu di Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep Tahun 2012.....	54
Tabel 2	Hasil Pengukuran pH di Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep Tahun 2012.....	55
Tabel 3	Hasil Pemeriksaan Kadar Pb Dalam Air Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep Tahun 2012.....	
Tabel 4	Hasil Pemeriksaan Kadar Pb dalam Sedimen Sungai Pangkajene Kabupaten Pangkep Tahun 2012.....	

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Laporan analisis laboratorium
- Lampiran 2 : Hasil analisis laboratorium
- Lampiran 3 : Hubungan konsentrasi versus absorban
- Lampiran 4 : Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan Hidup
- Lampiran 5 : *The Wisconsin Department of Natural Resources* tentang petunjuk *Sediment Quality Guideline* tahun 2003.
- Lampiran 4 : Dokumentasi
- Lampiran 5 : Peta Lokasi Penelitian
- Lampiran 6 : Surat Izin Penelitian dari Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar
- Lampiran 7 : Surat Izin Penelitian dari Gubernur Sulawesi Selatan
- Lampiran 8 : Surat Izin Penelitian dari Bupati Pangkep
- Lampiran 9 : Daftar Riwayat Hidup

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai merupakan sumber kehidupan makhluk hidup, hal ini disebabkan karena sungai memberikan banyak manfaat bagi makhluk hidup. Di antara manfaat sungai itu sendiri adalah sebagai sumber air bersih, mencuci, mandi, pertanian, perikanan, industri, rekreasi dan transportasi. Namun disamping itu, sungai dijadikan sebagai tempat untuk membuang air limbah dari berbagai aktifitas.

Aktifitas pembuangan air limbah secara langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu dan tidak memenuhi syarat akan membahayakan kesehatan, hewan dan organisme air serta gangguan dari segi estetika. Sumber pencemaran air dapat berasal dari alam maupun dari hasil aktifitas manusia yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air sehingga air tidak dapat berfungsi lagi sebagaimana mestinya (Akbar, 2009).

Air buangan yang berasal dari kegiatan domestik, industri dan juga dari penggunaan pupuk dapat mengandung logam berat dan akan berpotensi menimbulkan gangguan bagi kesehatan masyarakat. Data Departemen Perindustrian tahun 2008 menyebutkan bahwa pada tahun 1990, 250.000 ton limbah dibuang oleh industri ke badan air diproyeksikan bahwa pada tahun 2010 akan menjadi 1,2 juta ton pertahun dimana satu ton diantaranya merupakan

limbah B-3. Pada tahun 2005 di Indonesia tercatat 20.728 industri skala besar dan kecil yang membuang limbahnya ke dalam badan air sehingga berpotensi mencemari perairan (KNLH, 2007).

Salah satu pencemar yang menyebabkan rusaknya tatanan lingkungan hidup yaitu limbah yang mengandung logam berat. Pencemaran logam berat dapat ditemukan dalam badan air dan juga dalam bentuk padatan yang terdapat dalam perairan seperti sedimen. Sedimen merupakan lapisan bawah yang melapisi sungai, danau, reservoir, teluk, muara dan lautan. Biasanya, kandungan logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan kandungan logam berat yang masuk ke dalam perairan yang akan mengalami pengendapan pada sedimen.

Pencemaran senyawa organik, padatan tersuspensi, nutrient berlebih, substansi toksik, limbah industri dapat menyebabkan gangguan kualitas air dan menyebabkan perubahan keanekaragaman dan komposisi organisme akuatik di sungai (Bahri, dkk., 2003). Logam dalam sistem perairan menjadi bagian dari sistem air-sedimen dan distribusinya dikendalikan oleh kesetimbangan dinamik dan interaksi fisika-kimia, yang umumnya dipengaruhi oleh parameter pH, konsentrasi dan tipe senyawa, kondisi reduksi-oksidasi dan bilangan oksidasi dari logam tersebut (Singh dkk., 2005). Limbah yang berasal dari industri merupakan salah satu sumber pencemaran logam berat seperti Pb.

Timbal (Pb) termasuk dalam kelompok logam yang beracun, yang berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Limbah yang mengandung Pb dapat

berasal dari limbah penggunaan batu bara dan minyak, limbah pabrik peleburan besi dan baja, pabrik produksi semen dan limbah dari

penggunaan logam yang bersangkutan untuk hasil produksinya seperti pabrik baterai, tekstil, pestisida, gelas, keramik dan lain-lain. (Darmono, 2006).

Logam Pb dapat masuk ke badan perairan secara alamiah yakni dengan pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Penggunaan Pb dalam skala yang besar dapat mengakibatkan polusi baik di daratan maupun perairan. Logam Pb yang masuk ke dalam perairan sebagai dampak dari aktifitas manusia dapat membentuk air buangan atau limbah dan selanjutnya akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen. Tingginya kandungan timbal dalam sedimen akan menyebabkan biota air tercemar seperti ikan, udang dan kerang, dimana biota tersebut hidup di dasar sungai dan apabila dikonsumsi dapat berbahaya bagi kesehatan (Palar, 2004).

Sungai Pangkajene dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai sarana/prasarana mandi cuci kakus (MCK), sebagai daerah tambak dan sarana transportasi sungai sehingga diduga limbah domestik dapat mencemari badan air. Selain itu, aktifitas industri seperti pabrik Semen Tonasa dan pertanian di sekitar sungai diperkirakan dapat menimbulkan efek pencemaran akibat pembuangan limbah ke sungai.

Daerah pemukiman yang berada dekat dengan pabrik Semen Tonasa adalah desa Biringere dan Bontoa, dengan jumlah penduduk masing-masing

3.072 dan 4.247 orang. Data puskesmas Kalabbirang tahun 2011 dan Bungoro tahun 2010 yang menunjukkan 10 penyakit terbesar diantaranya adalah ISPA, penyakit kulit alergi, sakit kepala, diare dan hipertensi. Penyakit- penyakit tersebut dalam lingkungan menggunakan media air, tanah maupun udara untuk masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia.

Penelitian yang dilakukan Rahman (2005) di perairan Takisung dan Batakan yang menemukan rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) sebesar 0,67 ppm dan 0,78 ppm dan untuk kandungan logam Pb pada sedimen di Pantai Takisung dan Batakan rata-rata konsentrasinya adalah 204,5 ppm dan 198,4 ppm. Dari hasil yang ada jelas telah melewati baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 yaitu kandungan logam untuk timbal (Pb) tidak boleh melebihi 0,03 ppm dalam suatu perairan.

Menurut Afrizal (2000), konsentrasi logam berat dalam sedimen secara alami berkisar antara 0,1 – 2 ppm untuk Cd dan 10 – 70 ppm untuk Pb berdasarkan perbandingan dengan konsentrasi alami yang seharusnya maka konsentrasi logam Pb berada di atas konsentrasi yang alaminya. Kemudian hasil penelitian yang dilakukan Sarjono (2009) menunjukkan konsentrasi logam berat timbal pada perairan kamal muara sebesar 0,043 mg/l, sedangkan pada sedimen sebesar 5, 942. Ini menunjukkan bahwa perairan kamal muara tercemar oleh logam berat timbal.

Keberadaan PT. Semen Tonasa di Kecamatan Bungoro dan Kecamatan Minasate'ne Kabupaten Pangkep yang melakukan kegiatan penambangan kapur

dan tanah liat, dengan memanfaatkan material alternatif *fly ash and bottom ash* yang merupakan bahan limbah B-3 yang digunakan dalam proses produksi semen, diperkirakan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat kandungan logam berat yang terdapat pada limbah dan kegiatan penambangan tersebut.

US-EPA (1995) telah melakukan studi tentang pengaruh kegiatan pertambangan terhadap kerusakan lingkungan dan kesehatan manusia pada 66 kegiatan pertambangan. Hasil studi disarikan dan terlihat bahwa pencemaran air permukaan dan air tanah merupakan dampak lingkungan yang sering terjadi akibat kegiatan tersebut. Frekuensi terjadinya dampak lingkungan dari 66 kegiatan penambangan, pencemaran air permukaan 70 % dan pencemaran pada air tanah 65%.

Hasil analisis menunjukkan dalam *bottom ash* terkandung unsur-unsur logam, berat seperti Pb (Timbal), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), dan lain-lain. Apabila masuk ke dalam lingkungan tanah maupun perairan akan mencemari lingkungan itu (Am.Geol.Inst, 1976 dalam Sondari 2009). Efek lingkungan dari *fly ash* (abu terbang) terutama disebabkan oleh abu yang beterbangan di udara dan dapat terhirup oleh manusia dan hewan, serta terlepasnya (*leaching*) sejumlah unsur dari abu terbang yang dapat mempengaruhi kondisi air dan tanah di sekitarnya sehingga dapat mematikan tanaman. Akibat buruk terutama dapat ditimbulkan oleh unsur-unsur logam jejak (*trace metals*, seperti Pb, Cr, Cd) yang

biasanya terkonsentrasi pada fraksi butiran yang sangat halus (0,5-10 mm) (Putra, dkk.,1996).

Timbal bisa berasal dari kendaraan yang menggunakan bahan bakar bertimbal dan juga dari biji logam hasil pertambangan, peleburan, pabrik pembuatan timbal atau recycling industri, debu, tanah, cat, mainan, perhiasan, air minum, permen, keramik, obat tradisional dan kosmetik (DHOCNY, 2007). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Charlena (2004) menemukan bahwa pupuk fosfat yang banyak digunakan oleh petani di Indonesia mengandung timbal berkisar 5- 156 ppm. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi timbal dalam tanah meningkat apabila dilakukan pemupukan terus menerus. Di tambah lagi, penggunaan pestisida dan herbisida juga mempengaruhi peningkatan kadar timbal dalam tanah.

Paparan Pb secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, kelesuan, gangguan iritabilitas, gangguan gastrointestinal, kehilangan libido, infertilitas pada laki-laki, gangguan menstruasi serta aborsi spontan pada wanita, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu dan sulit tidur. Sedangkan gejala dan tanda-tanda klinis akibat paparan Pb secara akut bisa menimbulkan kram perut, kolik, biasanya diawali dengan sembelit, muntah dan sakit perut yang hebat, sakit kepala bingung atau pikiran kacau, sering pingsan dan koma, juga gangguan fungsi ginjal (Widowati, dkk., 2008). Selanjutnya, keracunan timbal di kalangan orang dewasa berhubungan dengan tekanan darah tinggi pada populasi; keguguran, lelaki yang kurang subur, gagal ginjal, kehilangan

keseimbangan, gangguan pendengaran, anemia, ketulian dan rusaknya saraf seperti lambat dalam beraksi (Kessel I & O'Connor 1997).

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini dilakukan di Sungai Pangkajene, dengan judul Kandungan Logam Berat Timbal Pada Air dan Sedimen Sungai Pangkajene di Sekitar Pabrik Semen Tonasa Tahun 2012.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimanakah kandungan logam berat Timbal (Pb) pada air dan sedimen Sungai Pangkajene di Sekitar Pabrik Semen Tonasa Sulawesi Selatan Tahun 2012.

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum :

Untuk mengetahui kandungan Timbal pada air dan sedimen Sungai Pangkajene di sekitar Pabrik Semen Tonasa Sulawesi Selatan Tahun 2012 .

2. Tujuan khusus :

- a. Untuk mengetahui kandungan logam berat timbal pada air Sungai Pangkajene di sekitar Pabrik Semen Tonasa.
- b. Untuk mengetahui kandungan logam berat timbal pada sedimen Sungai Pangkajene di sekitar Pabrik Semen Tonasa.

D. Manfaat Penelitian

1. Sebagai masukan bagi instansi terkait dalam rangka mengantisipasi kerusakan atau kemerosotan kualitas lingkungan.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi informasi ilmiah dibidang kesehatan lingkungan dan memberikan masukan bagi peneliti selanjutnya.
3. Menjadi sebuah pengalaman yang berharga bagi peneliti serta informasi bagi peneliti selanjutnya dalam hal pengembangan pengetahuan yang diperoleh.
4. Menambah pengetahuan masyarakat untuk peka terhadap situasi lingkungan sekitar yang berhubungan dengan kesehatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum Tentang Sungai

1. Pengertian

Sungai merupakan daerah yang dilalui badan air yang bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah dan melalui permukaan atau bawah tanah (Gufran, dkk., 2007). Menurut Undang-undang persungai jepang seperti ditulis dalam Sosrodarsono dan Tominaga (1994), sungai adalah;

- a. Suatu daerah yang di dalamnya terdapat air yang mengalir secara terus menerus,
- b. Suatu daerah yang kondisi topografinya, keadaan tanamannya dan keadaan lainnya mirip dengan daerah yang di dalamnya terdapat air yang mengalir secara terus menerus (termasuk tanggul sungai tetapi tidak termasuk bagian daerah yang hanya secara sementara memenuhi keadaan tersebut yang disebabkan oleh banjir atau peristiwa alam lainnya).

Menurut PP No 35 tahun 1991 tentang sungai, sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan kirinya serta sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

2. Klasifikasi Sungai

Berdasarkan sifat badan air, tanah dan populasi biota air, sungai dibedakan menjadi 3 bagian yaitu (Gufran dkk., 2007):

- a. Bagian hulu, biasanya dicirikan dengan badan sungai yang dangkal dan sempit, tebing curam dan tinggi, berair jernih dan mengalir secara cepat serta memiliki populasi (jenis dan jumlah) biota air sedikit.
- b. Bagian hilir, biasanya dicirikan dengan badan sungai yang umumnya lebih lebar, tebingnya curam dan landai, badan air dalam dan populasi biota air didalamnya termasuk banyak tetapi jenisnya kurang bervariasi.
- c. Bagian muara, merupakan bagian sungai yang berbatasan dengan laut. Bagian sungai ini memiliki tebing landai dan dangkal, badan air dalam, keruh serta mengalir lambat. Pada saat air laut pasang, air sungai akan mengalir ke hulu. Umumnya air muara sungai bersifat tawar hingga payau, dimana ketinggian badan air sangat dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut.

Menurut Hadi (2005), sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan debit rata-rata tahunan, yakni:

- a. Sungai kecil yakni sungai yang memiliki debit rata-rata tahunan kurang dari $5\text{m}^3 \text{ detik}^{-1}$.
- b. Sungai sedang yakni sungai yang memiliki debit rata-rata tahunan antara 5 hingga $150 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$

- c. Sungai besar yakni sungai yang memiliki debit rata-rata tahunan antara 150 hingga $1000 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$
- d. Sungai sangat besar yakni sungai yang memiliki debit rata-rata tahunan lebih dari $1000 \text{ m}^3 \text{ detik}^{-1}$

3. Fungsi sungai

Menurut Mulyanto (2007), ada dua fungsi utama yakni:

- a. Mengalirkan air, dimana air hujan yang jatuh pada sebuah aliran sungai akan terbagi menjadi akumulasi-akumulasi yang tertahan sementara pada badan air sebagai air tanah dan permukaan yang kemudian akan mengalir sampai ke laut.
- b. Mengangkut sedimen hasil erosi pada daerah aliran sungai dan alurnya.

Selain itu, fungsi sungai antara lain sebagai sumber air bersih bagi masyarakat untuk keperluan MCK, sebagai air baku untuk air minum, sebagai jalur transportasi, sebagai sumber pengaliran untuk irigasi dan juga untuk keperluan ternak.

B. Tinjauan Umum tentang Air

1. Pengertian

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran air, air adalah semua air yang terdapat didalam dan atau berasal dari sumber dan terdapat di atas permukaan tanah, tidak termasuk dalam pengertian ini air adalah air yang terdapat di bawah

permukaan tanah dan air laut. Air sangat penting untuk kehidupan, air menutupi dua pertiga dari permukaan bumi dan tubuh setiap makhluk hidup di bumi terbentuk dari air dengan perbandingan antara 50%-95% (Mursaha, 2009).

2. Karakteristik Air

Air merupakan suatu zat istimewa, sebab ia tampil dalam tiga wujud sekaligus yakni benda cair, padat (es) dan gas (uap). Selain itu air juga terdapat di tiga ruang meliputi permukaan bumi, di dalam tanah dan di atmosfer (Daud, 2004). Sebagai zat yang istimewa air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia lain. Miller 1992 dalam Effendi 2003 menyebutkan beberapa karakteristik air sebagai berikut :

- a. Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan yakni 0°C - 100°C , air berwujud cair. Suhu 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) air.
- b. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas ataupun dingin dalam seketika.
- c. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Sifat ini juga merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya penyebaran panas secara baik di bumi.

- d. Air merupakan pelarut yang baik. Air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia dan mengencerkan bahan pencemar (polutan) yang masuk ke badan air.
- e. Air memiliki tegangan permukaan yang tinggi.
- f. Air merupakan satu-satunya senyawa yang merenggang ketika membeku. Pada saat membeku, air merenggang sehingga es memiliki densitas (massa) yang lebih rendah daripada air.

3. Sifat-sifat air tercemar

Untuk menentukan apakah air telah tercemar, ada beberapa indikator yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat air yang tercemar yaitu (Fardiaz, 2006) :

a. Nilai pH, keasaman dan alkalinitas

Nilai pH air yang netral sekitar 6-8, sedangkan pada air yang tercemar nilai pHnya berada dapat diatas 8 disebut bersifat alkali atau berada dibawah 6 disebut bersifat asam. Tinggi atau rendahnya pH air ditentukan oleh jenis pencemarnya, jika pencemarnya bersifat asam maka pH air akan berada dibawah 6 demikian pula sebaliknya.

b. Suhu

Suhu air rata-rata di bumi sekitar 20°C , namun ketika mengalami pencemaran suhu air dapat meningkat dari suhu normalnya.

c. Warna, bau dan rasa

Warna air dipengaruhi oleh kandungannya, misalnya air yang berwarna kecoklatan mengandung lumpur atau air yang berwarna coklat kemerahan mengandung tanin atau besi. Warna air yang tidak normal menunjukkan adanya pencemaran. Sedangkan bau air dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia, ganggang, plankton, atau tumbuhan dan hewan air, baik itu yang masih hidup maupun yang sudah mati. Air yang normal sebenarnya tidak memiliki rasa atau tawar, perubahan rasa pada air biasanya dihubungkan dengan baunya karena pengujian terhadap rasa air jarang dilakukan.

d. Jumlah padatan

Jumlah padatan dalam air yang tercemar terdiri atas 4 kelompok besar yaitu padatan terendap (sedimen), padatan tersuspensi dan koloid, dan padatan terlarut. Padatan ini biasanya terdiri dari tanah liat, bahan organik tertentu dan sel-sel mikroorganisme.

e. Keberadaan mikroorganisme pathogen

Keberadaan mikroorganisme pathogen dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sumber air, komponen nutrient dalam air, komponen beracun, organisme air dan faktor fisik.

f. Kandungan minyak

Minyak yang terdapat di air sering juga digolongkan sebagai padatan yang mengapung dipermukaan air. Minyak yang mengapung

dipermukaan air sebagian dapat menguap dan sisanya akan mengalami emulsifikasi sehingga dapat bercampur dengan air, emulsi minyak dan air inilah yang mengakibatkan air tercemar.

g. Kandungan logam berat

Air dapat tercemar oleh logam berat berasal dari dua sumber utama yaitu dari alam dan manusia. Kandungan logam berat dalam air dapat menyebabkan air menjadi bersifat toksik.

4. Kelas air

Di Indonesia, peruntukkan badan air menurut kegunaannya ditetapkan oleh Gubernur. Berdasarkan Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan No.69 tahun 2010, klasifikasi mutu air ditetapkan sebanyak empat kelas sebagai berikut.

Kelas I : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas II : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya tersebut.

Kelas III : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas IV : Air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya tersebut.

5. Baku Mutu Air

Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain yang ada atau harus ada dan atau unsur pencemar yang masih diperbolehkan keberadaannya di dalam air pada sumber-sumber tertentu. Terdapat beberapa peraturan yang mengatur tentang standar baku mutu air, kemudian dijadikan standar kadar maksimum pencemar yang terdapat didalam air, adapun peraturan yang mengatur baku mutu air yaitu :

- a. Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- b. Keputusan Gubernur Sulawesi Selatan Nomor 69 Tahun 2010 tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan.

C. Tinjauan umum tentang Sedimen

Sedimen adalah endapan bahan-bahan organik yang tersuspensikan ke dalam air dan diangkat oleh air sehingga terjadi pengendapan pada suatu tempat, dimana air tidak lagi sanggup membawa partikel tersuspensi (Fardiaz, 2006). Berdasarkan kamus lingkungan (Mustofa, 2000), sedimen didefinisikan sebagai :

1. Bahan padat, baik mineral/ organik yang berbeda dalam suspensi, sedang diangkat atau telah dipindahkan dari lokasi asli oleh air, udara, gaya berat,

atau es dan telah mengendap pada permukaan bumi di atas atau di bawah permukaan laut.

2. Bahan padat dari buangan yang mengendap dari pengolahan primer dan sekunder.

Sedimen penyusun dasar sungai memiliki ukuran yang bervariasi. Perbedaan jenis sedimen dasar ini mempengaruhi karakteristik kimia air sungai pergerakan air dan porositas dasar sungai. Secara umum, sedimen dasar sungai dapat diklasifikasikan menjadi: batu kali (*bedrock*), buler (*boulder*), kobel (*cobble*), (*pebble*), kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lumpur (*silt*), dan tanah liat (*clay*) (Efendi, 2003). Fardiaz (2006) menjelaskan bahwa adanya sedimen dalam jumlah tinggi di dalam air akan sangat merugikan, karena :

1. Sedimen dapat menyebabkan penyumbatan saluran air dan selokan, yang dapat ditampung di dalam bak tersebut.
2. Sedimen yang mengendap di dasar sungai atau danau dapat mengurangi populasi ikan dan hewan-hewan air lainnya karena telur-telur ikan dan sumber-sumber makanan mungkin terendam di dalam kawasan sedimen
3. Adanya sedimen mengurangi penetrasi sinar ke dalam air sehingga mengurangi kecepatan fotosintesis oleh tanaman air menurun.
4. Sedimen menyebabkan air menjadi keruh sehingga menambah biaya penjernihan air jika air tersebut akan digunakan untuk keperluan industri.

Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, anion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol

oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan menjadi lumpur (Palar, 2004).

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran, dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat lebih tinggi di dalam sedimen dibandingkan kadar logam berat dalam badan air. Konsentrasi logam berat pada sedimen dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni (Erlangga, 2007).

1. Sumber dari mineral antara sumber alami atau hasil aktifitas manusia. Melalui partikel pada lapisan permukaan atau lapisan dasar sedimen.
2. Melalui partikel yang terbawa sampai ke lapisan dasar.
3. Melalui penyerapan logam berat terlarut dari air yang bersentuhan.

D. Tinjauan Umum Tentang Pencemaran Air

1. Pengertian

Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 adalah : masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan

manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya.

2. Jenis Pencemar air

Jenis pencemar air berdasarkan perbedaan sifat-sifatnya adalah sebagai berikut (Fardiaz, 2006) :

- a. Padatan
- b. Bahan buangan yang membutuhkan oksigen
- c. Mikroorganisme
- d. Komponen organik sintetik
- e. Nutrient tanaman
- f. Minyak
- g. Senyawa anorganik dan mineral
- h. Bahan radioaktif
- i. Panas

3. Sumber Pencemaran Air

Sumber Pencemar (*pollutan*) dapat berupa suatu lokasi tertentu (*point source*) atau tak tentu/ tersebar (*non-point/diffuse source*). Sumber pencemar *point source* misalnya saluran limbah yang berasal dari industri. Pencemar yang berasal dari *point source* bersifat lokal dan volume yang dihasilkan biasanya relatif tetap. Sumber pencemar *non-point diffuse source* misalnya limpasan dari daerah pertanian, yang mengandung pestisida dan pupuk,

limpasan dari daerah pemukiman (domestik) dan limpasan dari daerah perkotaan (Effendi, 2003).

4. Indikator Pencemaran Air

Pembuangan air limbah secara langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu merupakan penyebab utama pencemaran air. Limbah (baik berupa padatan dan cairan) yang masuk ke lingkungan dalam hal ini badan air menyebabkan terjadinya penyimpangan dari keadaan normal air dan ini mengindikasikan terjadinya pencemaran air.

Menurut Wardhana (2001), indikator atau tanda bahwa suatu badan air telah mengalami pencemaran adalah adanya perubahan atau tanda yang diamati melalui :

- a. Adanya perubahan suhu air limbah
- b. Adanya perubahan pH atau konsentrasi ion hidrogen
- c. Adanya perubahan warna, bau dan rasa air.
- d. Timbulnya endapan, koloid dan bahan terlarut.
- e. Adanya mikroorganisme
- f. Mikroorganisme radioaktifitas air.

5. Komponen Pencemar Air

Komponen pencemar air sangat berhubungan erat indikator pencemaran air, sebab komponen pencemaran air ikut menentukan bagaimana indikator pencemaran tersenut terjadi. Adapun komponen pencemaran air adalah sebagai berikut, seperti halnya dijelaskan oleh Wardhana (2001).

a. Bahan buangan padat

Bahan buangan padat baik yang kasar (butiran besar) maupun yang halus (butiran kecil) apabila dibuang ke dalam badan air maka kemungkinan yang terdapat terjadi adalah; pelarutan bahan buangan padat oleh air, pengendapan bahan buangan padat di dasar air, pembentukan koloid yang melayang di dalam air.

b. Bahan Buangan Organik

Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme. Bahan- bahan organik antara lain; protein, karbohidrat, lemak dan sebagainya.

c. Bahan Buangan Anorganik

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme dan apabila bahan ini masuk ke badan air maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air. Bahan- bahan anorganik antara lain : Timbal (Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Air Raksa (Hg), Nikel (Ni) dan lain- lain.

d. Bahan Buangan Oleh Makanan

Bahan buangan oleh makanan jika masuk ke dalam badan air dapat menimbulkan bau busuk yang menyengat hidung, hal ini terjadi akibat adanya penguraian oleh mikroorganisme terhadap bahan buangan ini. Selain itu, badan air yang mengandung bahan olahan makanan akan

mengandung banyak mikroorganisme, termasuk di dalamnya bakteri patogen.

e. Bahan buangan cairan berminyak

Minyak tidak dapat larut dalam air, melainkan akan mengapung di atas permukaan air dan menutupi permukaan air. Lapisan minyak di permukaan air akan mengganggu kehidupan organisme dalam air. Hal ini disebabkan karena lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen terlarut dalam air menjadi berkurang.

f. Bahan Buangan Zat Kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya, akan tetapi yang termasuk dalam kelompok ini adalah bahan pencemar air yang berupa; sabun (deterjen, sampo, dan bahan pembersih lainnya), bahan pemberantas hama (insektisida) dan zat warna kimia.

6. Fase-Fase Pencemaran Badan Air

Pencemaran badan air oleh berbagai zat pencemar dapat dijelaskan dalam beberapa fase, seperti halnya dijelaskan oleh Daud (2004).

a. Zona Degradasi

Pada fase ini benda-benda asing yang masuk ke badan air mulai mengalami degradasi karena terjadi proses dekomposisi atau penguraian yang memerlukan oksigen, sehingga kadar oksigen terlarut dalam air makin berkurang. Berkurangnya oksigen terlarut dapat mencapai $\pm 40\%$. Hal ini

menyebabkan air menjadi kotor dan keruh, sehingga sinar matahari tidak dapat menembus ke dalam air dan menyebabkan proses fotosintesis terhambat.

b. Zona Dekomposisi

Dari fase pertama proses pencemaran, kemudian masuk ke dalam fase kedua ini, oksigen terlarut berkurang mulai dari 40% sampai 0%. Akan tetapi pada fase ini oksigen terlarut mulai naik lagi menjadi 40%. Hal ini dapat terjadi jika pencemaran air tidak berlanjut. Dalam fase ini sudah tidak ada kehidupan air, warna air menjadi keabu-abuan atau lebih gelap dari fase pertama. Proses dekomposisi pada fase ini akan membebaskan gas-gas seperti methane, hidrogen, nitrogen, dan H_2S yang berbau merangsang. Bila proses dekomposisi berkurang, maka kadar oksigen terlarut mulai meningkat kembali.

c. Zona Rehabilitasi

Pada fase ini, kadar oksigen terlarut meningkat dari 40% keatas. Kehidupan air secara makroskopis mulai nampak. Air menjadi lebih jernih dibandingkan dengan fase-fase sebelumnya.

d. Zona Penjernihan Kembali/Pemulihan

Zona ini merupakan fase terakhir yang ditandai dengan meningkatnya oksigen terlarut secara maksimal sampai jenuh.

7. Pencemaran Air Oleh Logam Berat

Keberadaan logam berat di perairan dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian, dan buangan industri. Dari keempat jenis limbah tersebut, limbah yang umumnya paling banyak mengandung logam berat adalah industri. Hal ini disebabkan logam berat sering digunakan dalam industri, baik sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun katalis (Kjellstrom et al, 2004). Contoh industri yang menghasilkan air limbah yang mengandung logam berat antara lain industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna, industri baterai, industri pengecoran maupun pemurnian logam dan industri pengolahan kayu, dari limbah industri tersebut jenis logam berat yang dihasilkan antara lain merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), dan arsen (As) (Sudarmaji dkk., 2006)

Dalam lingkungan perairan ada tiga media yang dapat dipakai sebagai indikator pencemaran logam berat yaitu air, sedimen, dan organisme hidup (Erlangga, 2007). Pencemaran logam berat lebih mudah terjadi pada perairan tawar seperti sungai dibandingkan perairan asin karena air tawar biasanya mengandung material organik dan anorganik yang mengambang lebih banyak daripada air laut dan material tersebut mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi logam. Hal ini menjadi penting karena air sungai lebih sering digunakan dalam kehidupan manusia sehari-hari dibandingkan air laut (Darmono, 1995).

Kelarutan logam berat dalam air merupakan suatu proses toksikologi yang amat penting karena proses ini adalah salah satu faktor utama yang mempengaruhi adanya proses biologi dan penyerapan logam berat itu sendiri. Menurut Palar (2004) kelarutan dari unsur-unsur logam dan logam berat dalam badan air dikontrol oleh : pH badan air, jenis dan konsentrasi logam dan khelat, keadaan komponen mineral teroksida dan sistem berlindungan redoks.

Parameter yang mempengaruhi konsentrasi logam, berat di perairan adalah suhu, salinitas, arus, pH dan padatan tersuspensi total (Nanty 1999 dalam Erlangga 2007). Sehingga interaksi antara parameter tersebut akan berpengaruh terhadap fluktuasi konsentrasi logam berat dalam air (Erlangga, 2007).

Pencemaran logam berat dalam perairan dapat menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya: gangguan estetika (perubahan bau, warna dan rasa air), berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang, berbahaya bagi kesehatan manusia dan menyebabkan kerusakan pada ekosistem (Darmono, 1995).

E. Aktifitas di Sepanjang Sungai Pangkajene Yang Berpotensi Mencemari Sungai

1. Industri

Pemanfaatan sumber daya perairan selain mendapatkan keuntungan juga dapat mendatangkan permasalahan bagi ekosistem yaitu semakin menurunnya kualitas perairan akibat bahan-bahan pencemaran yang terus bertambah. Umumnya industri-industri yang ada akan memanfaatkan perairan sebagai tempat pembuangan limbah, sehingga baik langsung maupun tidak langsung akan mengganggu keseimbangan faktor-faktor ekologis perairan (Febrita, dkk., 2006).

Salah satu industri yang diduga memberikan kontribusi kandungan logam berat Pb di Sungai Pangkajene adalah pabrik Semen tonasa. Keberadaan PT. Semen Tonasa di Kecamatan Bungoro dan Kecamatan Minasate'ne Kabupaten Pangkep yang melakukan kegiatan penambangan kapur dan tanah liat, dengan memanfaatkan material alternatif *fly ash and bottom ash* yang merupakan bahan limbah B-3 yang digunakan dalam proses produksi semen, diperkirakan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat kandungan logam berat Pb yang terdapat pada limbah, kegiatan penambangan, maupun secara alami masuk ke dalam perairan.

Hasil analisis menunjukkan dalam *bottom ash* terkandung unsur-unsur loga, berat seperti Pb (Timbal), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu) dan lain-lain. Apabila masuk ke dalam lingkungan tanah maupun perairan akan mencemari

lingkungan itu. (Am.Geol.Inst, 1976 dalam Sondari 2009). Efek lingkungan dari *fly ash* (abu terbang) terutama disebabkan oleh abu yang beterbangan di udara dan dapat terhirup oleh manusia dan hewan, serta terlepasnya (*leaching*) sejumlah unsur dari abu terbang yang dapat mempengaruhi kondisi air dan tanah di sekitarnya sehingga dapat mematikan tanaman. Akibat buruk terutama dapat ditimbulkan oleh unsur-unsur logam jejak (*trace metals*, seperti Pb, Cr, Cd) yang biasanya terkonsentrasi pada fraksi butiran yang sangat halus (0,5-10 mm) (Putra, dkk.,1996).

US-EPA (1995) telah melakukan studi tentang pengaruh kegiatan pertambangan terhadap kerusakan lingkungan dan kesehatan manusia pada 66 kegiatan pertambangan. Hasil studi disarikan dan terlihat bahwa pencemaran air permukaan dan air tanah merupakan dampak lingkungan yang sering terjadi akibat kegiatan tersebut. Frekuensi terjadinya dampak lingkungan dari 66 kegiatan penambangan, pencemaran air permukaan 70 % dan pencemaran pada air tanah 65%. Selain itu, dalam karakteristik proses dan limbah kegiatan penambangan dijelaskan bahwa limbah utama dari timbal adalah air tambang, limbah batuan (*Overburden*), larutan sisa proses dan *slag*.

Jika mineral logam (seperti galena –PbS), chalcopyrite (FeS.CuS), sphalerite (zincsulphide, ZnS) terdapat bersamaan dengan mineral pyrite and pyrrhotite (biasanya terjadi pada reaksi oksidasi deposit mineral yang berlangsung secara alami dan reaksi oksidasi deposit tambang) maka akan terjadi efek sekunder akibat oksidasi mineral yang mengandung mineral

mengandung besi-sulfur menjadi asam sulfat dan besi Ferric. Pada pH yang stabil (2,5-3.0) asam sulfat dan besi sulfat yang terbentuk menyebabkan ion ferric dapat berfungsi sebagai oksidator. Tanpa kehadiran ion ferric pada pH 2.5 – 3.0, asam sulfat dapat melarutkan beberapa logam berat yang terikat pada karbonat dan mineral oksida, namun memiliki sedikit efek terhadap logam berat yang terikat pada sulfida.

Dengan adanya ion ferric maka logam berat yang terikat pada sulfida, termasuk timbal, tembaga, seng, kadmium, akan terlarut menurut reaksi :



Dimana:

MS = merupakan padatan logam berat yang terikat pada sulfida.

Fe⁺⁺⁺ = ion ferric iron terlarut; Mn⁺ = ion logam berat terlarut; S = sulphur;

Fe⁺⁺ = ion ferrous terlarut.

Melalui proses inilah air asam batuan dapat melarutkan sejumlah besar logam berat. Air asam tambang yang tidak dikelola dengan baik menyebabkan dua dampak lingkungan yang utama, yakni turunnya pH. Terjadinya pengasaman yang disebabkan oleh asam sulfat dan terlarutnya logam berat yang disebabkan oleh ion besi. Perlu diperhatikan agar dua dampak ini dilihat sebagai 2 efek yang terpisah karena dampaknya terhadap lingkungan yang sangat berbeda dan juga karena proses terjadinya air asam tambang dan terlarutnya logam berat merupakan proses yang terpisah (Mills, 1995).

2. Pemukiman

Timbal bisa berasal dari kendaraan yang menggunakan bahan bakar bertimbal dan juga dari biji logam hasil pertambangan, peleburan, pabrik pembuatan timbal atau recycling industri, debu, tanah, cat, mainan, perhiasan, air minum, permen, keramik, obat tradisional dan kosmetik (DHOCNY, 2007). Kebanyakan masyarakat di Indonesia membakar sampah karena kurangnya pengutipan sampah khususnya bagi sampah rumah tangga. Hal ini bisa berbahaya untuk kesehatan karena sampah tidak dipisahkan dan mungkin mengandung zat-zat yang berbahaya, salah satunya timbal. Industri plastik di Indonesia sangatlah banyak, pabrik produksi seperti halnya kantong plastik, peralatan rumah tangga, sepatu, mainan dan sebagainya.

Dua dari empat sepatu dari Indonesia yang diuji juga mengandung timbal lebih dari yang ditetapkan oleh EU Flower tentang kriteria timbal didalam sepatu yaitu 100 mg/kg. Hasil yang ditemukan dalam penelitian tersebut yaitu 915 dan 389 mg/kg dalam dua merek yang berbeda dari sepatu jenis flip-flops (di Australia disebut “thongs”) buatan Indonesia (SSNC, 2009). Kemungkinan lainnya terjadi kontaminasi timbal di Indonesia berasal dari kosmetik, perhiasan dan cat. Beberapa perhiasan dari Cina telah di temukan mengandung racun kimia seperti timbal dan cadmium (Nugraha F., 2010). Perhiasan ini memiliki potensial sebagai penyebab keracunan timbal di Indonesia karena produk ini murah dan mudah di dapat di pasar.

3. Pertanian

Sumber tentang timbal yang telah diidentifikasi di Indonesia ada hubungannya dengan sayur sayuran (Charlena 2004). Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Charlena (2004) menemukan bahwa pupuk fosfat yang banyak digunakan oleh petani di Indonesia mengandung timbal berkisar 5- 156 ppm. Penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi timbal dalam tanah meningkat apabila dilakukan pemupukan terus menerus. Ditambah lagi penggunaan pestisida dan herbisida juga mempengaruhi peningkatan kadar timbal dalam tanah.

Kebanyakan petani Indonesia, menggunakan pestisida dan herbisida guna melindungi lahan dan memaksimalkan hasil panen. Charlena (2004) menemukan bahwa pada pestisida dan herbisida yang di gunakan petani pada sayur-sayuran seperti wortel, kentang, bawang merah, cabai merah dan kol di Jawa Barat dan Jawa Tengah tergolong berbahaya Rosen CJ (2002) mencatat bahwa timbal mudah sekali mengakumulasi pada sayur-sayuran dalam bentuk daun dan umbi-umbian. Rosen CJ (2002) juga menggariskan bahwa ambang batas timbal pada tanah harus kurang dari 300 ppm.

Tumbuhan yang tumbuh pada tanah yang mengandung timbal lebih dari 300 ppm tergolong berbahaya untuk di konsumsi (Rosen CJ 2002). Di bogor Jawa barat dimana kepadatan lalu lintas sangat tinggi dibandingkan di daerah lainnya, telah di temukan sayur-sayuran dan tanaman teh telah terkontaminasi dengan timbal dari gasoline (Abahjack 2010). Tingginya

konsentrasi timbal yang di temukan pada tanaman di daerah ini mungkin disebabkan oleh penggunaan pupuk kimia. AbahJack (2010) mencatat bahwa konsentrasi timbal pada sayuran dan tanaman the di Bogor lebih besar dari batas standard yang di tetapkan oleh WHO untuk sayur-sayuran (ambang batas yang di tetapkan WHO: 2 ppm untuk berat basah dan 2.82 ppm untuk berat kering (AbahJack 2010).

F. Tinjauan Umum Tentang Logam berat

Logam (*metal*) adalah elemen atau campuran yang mempunyai karakteristik permukaan yang mengkilap, daya hantar panas dan listrik yang tinggi serta tidak mudah mengalami dekomposisi. Secara kimia, logam berat adalah logam yang dapat terurai oleh hidrogen sulfida dalam larutan asam (Bennet, 1986). Menurut Clark (1986), logam berat adalah logam yang umumnya tidak diperlukan dalam aktifitas metabolisme dan berbahaya bahkan dalam konsentrasi rendah. Logam berat adalah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 , logam yang memiliki berat kurang dari 5 gram disebut logam ringan (Darmono, 2006).

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lainnya. Perbedaan terletak dari pengaruh yang dihasilkan apabila logam ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat memiliki karakteristik, diantaranya adalah :

- a. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4),

- b. Mempunyai nomor atom (NA) 22-34 dan 40-50 , serta unsur-unsur lantanida dan aktinida,
- c. Mempunyai respon biokomia khas (spesifik) pada organisme hidup.

Logam berat merupakan logam yang tergolong logam mikro yaitu logam yang jumlahnya ditemukan dalam kerak bumi kurang dari 500 mg/kg (Stoker & Seager dalam Darmono 1995). Logam berat memiliki sifat yang hampir sama dengan logam-logam lain seperti memiliki kemampuan sebagai penghantar daya listrik yang baik, memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik, memiliki rapatan tinggi, dapat membentuk *alloy* (campuran) dengan logam lain dan untuk logam padat dapat dibentuk, namun perbedaan logam berat dengan logam lainnya yaitu pengaruh toksik yang dihasilkan ketika logam berat berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Palar, 2004)

Secara umum logam berat di bagi menjadi 2 yaitu (Darmono, 1995; Widowati dkk, 2008) :

1. Logam berat esensial; yakni logam yang dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme, namun dalam jumlah berlebihan logam tersebut bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya: seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co) dan mangan (Mn)
2. Logam berat tidak esensial; yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan lebih bersifat toksik dalam tubuh organisme. Contohnya ; merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan Kromium (Cr).

Dalam tubuh makhluk hidup logam berat esensial termasuk dalam mineral trace atau mineral yang jumlahnya sangat sedikit dan digunakan untuk kerja aktifitas sistem enzim (metalloenzim), misalnya tembaga (Cu) dibutuhkan dalam kerja sistem enzim laccase dan tyrosinase, kobalt (Co) dibutuhkan dalam kerja enzim ribonukleotida reduktase dan mangan (Mn) dibutuhkan dalam kerja enzim arginase dan piruvat karboksilase sedangkan logam berat tidak esensial karena bersifat toksik bagi makhluk hidup maka biasanya hanya digunakan sebagai bahan baku untuk proses industri (Palar, 2004).

Banyak logam berat, baik itu esensial maupun yang bersifat toksik terlarut di dalam air dan dapat mencemari perairan. Sumber pencemaran ini banyak berasal dari pertambangan, peleburan logam, industri dan dapat pula berasal dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk atau anti hama yang mengandung logam. Di dalam air, logam dapat berikatan dalam senyawa kimia atau dalam bentuk logam ion, bergantung pada kompartemen tempat logam tersebut berada. Tingkat kandungan logam pada setiap kompartemen dan tingkat pencemarannya (Darmono, 2008).

Tingkat konsentrasi logam berat dalam air dapat dibedakan menurut tingkat pencemarannya, yakni polusi berat, polusi sedang, dan nonpolusi. Perairan dengan tingkat polusi berat akan memiliki kandungan logam berat dalam air serta organisme hidup di dalamnya cukup tinggi. Perairan dengan tingkat polusi sedang, memiliki kandungan logam berat dalam air dan biota yang hidup di dalamnya berada dalam batas sedang. Sedangkan, perairan dengan tingkat

nonpolusi, kandungan logam berat dalam air dan organismenya sangat rendah bahkan terdeteksi (Darmono, 2008).

Logam berat bersifat akumulatif di dalam tubuh organisme dan konsentrasinya mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dalam tingkatan trofik yang lebih tinggi di dalam rantai makanan. Biomagnifikasi ini berpengaruh langsung terhadap manusia, karena manusia menempati urutan teratas dalam rantai makanan suatu ekosistem, sehingga konsentrasi logam berat yang dikandung dalam makanan yang dikonsumsi manusia telah mengalami peningkatan mulai dari komponen di tingkat dasar atau produsen (Wilson, 1998 dalam Erlangga 2007).

Logam berat ditemukan pada lapisan kerak bumi terutama pada daerah pertambangan, logam berat juga terkandung dari batuan yang terbentuk dari magma yang dihasilkan dari aktifitas gunung berapi (Widowati dkk., 2008), misalnya timbal terdapat dalam batuan *golena*, *cerusite* dan *anglesite* (Sudarmaji, 2006).

G. Karakteristik Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada Tabel Periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207, 2 dan berat jenis 11,34.

Sumber utama timbal adalah batuan sulfida *Galena*, PbS dan batuan karbonat *Cerussite*, PbCO₃ (Portman, 1972). Pb yang banyak terdapat dalam batuan dan tanah krust bumi dengan konsentrasi sebesar 12 hingga 20 ppm, didapatkan melalui penambangan dan dapat dipisahkan dari PbS dengan hanya memanaskan pada suhu yang rendah dengan cara membakar kayu atau batubara (Settle dan Peterson, 1980 *In Laws*, 1993).

1. Sumber-sumber timbal, dapat dibedakan antara lain:

a. Sumber alamiah

Secara alami, timbal dapat ditemukan dalam air permukaan, dimana kadar timbal pada air telaga dan air sungai sebesar 1-10 µg L⁻¹. Kandungan Pb yang terdapat di bawah air tanah (*ground water*) berkisara antara 1-60 µg L⁻¹.

b. Sumber nonalamiah

Secara nonalamiah, sumber Pb berasal dari aktifitas manusia, yakni dari kegiatan industri, dimana Pb dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan baterai, bahan pembuatan aki, bahan peledak, pestisida, cat karat dan pelapisan logam serta terdapat juga pada pipa untuk aliran air minum yang merupakan campuran di logam timbal dan juga pipa PVC. Logam Pb juga banyak ditemukan pada buangan dari aki kendaraan.

2. Sifat Fisik

Timbal merupakan suatu logam berat yang lunak berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh 327 °C dan titik didih 1.620 °C. Pada suhu 550 – 600 °C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. Walaupun bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II) dan senyawa organometalik yang terpenting adalah timbal tetra etil (TEL: *tetra ethyl lead*), timbal tetra metil (TML : *tetra methyl lead*) dan timbal stearat. Merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan *coating*, mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan logam biasa kecuali emas dan merkuri dan merupakan penghantar listrik yang tidak baik. (Palar, 2004).

3. Sifat Kimia

Timbal adalah anggota dari unsur-unsur logam transisi IV A (C, Si, Ge, Sn, dan Pb) dalam daftar periodik. Sifat elektropositif dalam kelompok ini semakin meningkat sejalan dengan nomor atom, dan timbal merupakan unsur yang jauh lebih bersifat logam dibandingkan dengan karbon dan silikon. Berbeda dengan C dan Si, Pb tidak berikatan dengan atom lain dari unsur yang sama, memperlihatkan penurunan kovalen yang tajam, dan bentuk oksidasi

stabilnya adalah Pb (+2) dan Pb (+4). Anggota dari golongan logam transisi IVA membentuk berbagai turunan (derivat). Timbal membentuk senyawa alkil dan aril. Senyawa Pb tetra etil digunakan secara luas sebagai bahan anti letup dalam bensin. Kecuali nitrat dan asetat, kebanyakan garam-garam Pb (+2) tidak larut dalam air (Moore dan Ramamoorthy, 1984).

Dalam interaksinya dengan ligan, Pb digolongkan sebagai akseptor tengah antar asam kuat dan asam lemah. Akseptor kuat ditandai oleh kemampuan polarisasi yang rendah, elektronegatifitas yang rendah, densitas muatan positif yang besar (tingkat oksidasi yang tinggi dan jari-jari yang kecil) serta pembentukan ikatan ionik. Hal ini sebaliknya berlaku bagi akseptor lemah yang membentuk ikatan-ikatan kovalen. Timbal memiliki perilaku kimia yang lebih mirip dengan logam-logam kelompok alkali tanah divalen dibandingkan dengan logam-logam golongan logam transisi IVA lainnya kecuali rendahnya larutan garam-garam Pb seperti halida, hidroksida, sulfat dan fosfat. Timbal menyerupai Ca dalam pengendapan di dalam, dan remobilisasi (mobilisasi kembali) dari tulang (Moore dan Ramamoorthy, 1984).

Menurut Sutamihardja dan Polii (1990), Pb di alam terdapat dimana-mana dan dalam air dapat dalam bentuk larutan tersuspensi. Umumnya konsentrasi Pb didalam air rendah karena daya larutnya yang rendah dan konsentrasi serta toksisitasnya tergantung pada kesadahan, alkalinitas dan oksigen terlarut dalam air.

4. Dinamika logam berat Timbal (Pb) di lingkungan

a. Di Udara

Logam Pb dapat masuk ke badan perairan secara alamiah yakni dengan pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Penggunaan Pb dalam skala yang besar, dapat mengakibatkan polusi baik di daratan maupun perairan. Dalam bentuk organik timbal dipakai dalam industri perminyakan. Alkil timbal digunakan sebagai campuran bahan bakar bensin. Fungsinya selain meningkatkan daya pelumasan, meningkatkan efisiensi pembakaran juga sebagai bahan aditif anti ketuk (*anti-knock*) pada bahan bakar yaitu untuk mengurangi hentakan akibat kerja mesin sehingga dapat menurunkan kebisingan suara ketika terjadi pembakaran pada mesin-mesin kendaraan bermotor. Sumber inilah yang saat ini paling banyak memberi kontribusi kadar timbal dalam udara (Palar, 2004).

Senyawa-senyawa timbal organik (alkil timbal dan naftenat timbal) relatif lebih mudah untuk diserap tubuh melalui selaput lendir atau melalui lapisan kulit bila dibandingkan dengan senyawa-senyawa timbal anorganik. Namun hal itu bukan berarti semua senyawa timbal dapat diserap oleh tubuh, melainkan hanya sekitar 5 – 10% dari jumlah timbal yang masuk melalui makanan dan atau sebesar 30% dari jumlah timbal yang terhirup yang akan diserap oleh tubuh. Dari jumlah yang terserap itu hanya 15% yang akan mengendap pada jaringan tubuh dan sisanya akan turut terbuang

bersama bahan sisa metabolisme seperti urin dan feses (Joko S, 1995. Palar, 2004).

Senyawa timbal tetrametil dan timbal tetra-etil dapat diserap oleh kulit. Hal ini disebabkan kedua senyawa tersebut dapat larut dalam minyak dan lemak. Sedangkan dalam lapisan udara timbal tetraetil terurai dengan cepat karena adanya sinar matahari. Timbal tetraetil akan terurai membentuk timbal trietil, timbal dietil dan timbal monoetil. Semua senyawa uraian dari timbal tetraetil tersebut memiliki bau yang spesifik seperti bau bawang putih, sulit larut dalam minyak akan tetapi semua senyawa turunan ini dapat larut dengan baik dalam air (Suciani, 2007).

b. Di Air

Logam Pb yang masuk ke dalam perairan sebagai dampak dari aktifitas manusia dapat membentuk air buangan atau limbah dan selanjutnya akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen. Tingginya kandungan timbal dalam sedimen akan menyebabkan biota air tercemar, seperti ikan, udang, dan kerang, dimana biota tersebut hidup di dasar sungai. Jika biota air tersebut dikonsumsi oleh masyarakat, maka dikhawatirkan akan menimbulkan efek bagi kesehatan masyarakat (Palar, 2004).

Salah satu industri yang dalam air limbahnya mengandung timbal adalah industri aki penyimpanan di mobil, di mana elektrodanya mengandung 93% timbal dalam bentuk timbal oksida (PbO_2). *Public*

Health Service Amerika Serikat menetapkan bahwa sumber-sumber air untuk masyarakat tidak boleh mengandung timbal lebih dari 0,05 mg/L, sedangkan WHO menetapkan batas timbal di dalam air sebesar 0,1 mg/L.

Dalam mengkontaminasi sumber air, hampir semua timbal terdapat dalam sedimen, dan sebagian lagi larut dalam air (Fardiaz, 2006). Menurut Mukono (2002) di Amerika Serikat ditemukan kadar timbal dalam air minum mencapai 50 µg/l yang disebabkan oleh pemakaian tandon dan pipa air minum yang berlapis timbal. Indonesia juga mempunyai nilai ambang batas timbal untuk air bersih dan air minum berdasarkan Permenkes RI No. 416 tahun 1990 yaitu sebesar 0,05 mg/l. Timbal yang ada di dalam air dapat masuk ke dalam organisme di perairan, dan jika air tersebut merupakan sumber air konsumsi masyarakat maka timbal tersebut tentunya akan masuk ke dalam tubuh manusia. Baku mutu timbal di perairan berdasarkan PP No. 20 tahun 1990 adalah 0,1 mg/l. Pada analisa kandungan timbal dalam tumbuhan air didapatkan 13,0 mg/kg timbal pada pajanan 10 µg/l. Akar tumbuhan mengandung 2,5 kali lebih tinggi dari batang.

Pb dalam batuan berada pada struktur silikat yang menggantikan unsur kalsium/Ca dan baru dapat diserap oleh tumbuhan ketika Pb dalam mineral utama terpisah oleh proses pelapukan. Pb di dalam tanah mempunyai kecenderungan terikat oleh bahan organik dan sering terkonsentrasi pada bagian atas tanah arena menyatu dengan tumbuhan, dan

kemudian terakumulasi sebagai hasil pelapukan di dalam lapisan humus. Diperkirakan 95% Pb dalam sedimen (nonorganik dan organik) dibawa oleh air sungai menuju samudera. Pb relatif dapat melarut dalam air dengan $\text{pH} < 5$ (Herman, 2006).

Demikian juga hasil penelitian Naria (1999) menemukan bahwa pada kandungan timbal tanaman pada umur 26 hari setelah tanam adalah 1,98 ppm untuk bayam, 2,72 ppm untuk selada, dan 1,80 ppm untuk kangkung. Tanaman tersebut setiap hari disiram dengan air sungai yang mengandung timbal rata – rata 0,063 ppm. Masuknya timbal ke dalam tanaman tersebut berarti munculnya risiko kesehatan pada manusia ketika mengkonsumsi tanaman tersebut.

3. Pengaruh kesehatan akibat keterpaparan logam berat Timbal (Pb).

Toksisitas Pb pada akuatik berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan kadar oksigen terlarut. Logam Pb dapat menutupi lapisan mukosa pada organisme akuatik dan selanjutnya dapat mengakibatkan sufokasi. Toksisitas Pb terhadap beberapa jenis avertebrata air tawar dan laut berkisar antara 0,5 – 5,0 mg/liter. Toksisitas akut Pb terdapat beberapa jenis ikan air tawar berkisar antara 0,5 – 10 mg/liter (Moore, 1991 dalam Effendi, 2003).

Pada gangguan awal dari biosintesis hem, belum terlihat adanya gangguan klinis, gangguan hanya dapat terdeteksi melalui pemeriksaan laboratorium (Anies, 2005). Apabila gangguan berlanjut akan terjadi efek neurologik dan efek-efek lainnya pada target organ termasuk anemia. Oleh

sebab itu dikatakan bahwa gangguan yang terjadi pada fungsi saraf dimediasi oleh gangguan pada sintesis hem. Paparan timbal yang berlangsung lama dapat mengakibatkan gangguan terhadap berbagai sistem organ. Efek pertama pada keracunan timbal kronis sebelum mencapai target organ adalah adanya gangguan pada biosintesis hem, apabila hal ini tidak segera diatasi akan terus berlanjut mengenai target organ lainnya.

Dalam tulang, timbal ditemukan dalam bentuk Pb-fosfat/ $Pb_3(PO_4)_2$, dan selama timbal masih terikat dalam tulang tidak akan menyebabkan gejala sakit pada penderita. Tetapi yang berbahaya adalah toksisitas timbal yang diakibatkan oleh gangguan absorpsi kalsium, dimana terjadinya desorpsi kalsium dari tulang menyebabkan terjadinya penarikan deposit timbal dari tulang. Pada diet yang mengandung rendah fosfat akan menyebabkan pembebasan timbal dari tulang ke dalam darah. Penambahan vitamin D dalam makanan akan meningkatkan deposit timbal dalam tulang, walaupun kadar fosfatnya rendah dan hal ini justru mengurangi pengaruh negatif timbal (Darmono, 2006).

Waktu paruh Pb dalam eritrosit adalah selama 35 hari, dalam jaringan ginjal dan hati selama 40 hari, sedangkan waktu paruh dalam tulang adalah selama 30 hari. Tingkat ekskresi Pb melalui sistem urinaria adalah sebesar 76%, gastrointestinal 16%, dan rambut, kuku, serta keringat sebesar 8% (Klassen et al dalam Widowati et al 2008).

Secara visual akan muncul gejala dari dampak keterpaparan timbal secara akut maupun kronis. Keterpaparan timbal secara akut melalui udara yang terhirup akan menimbulkan gejala rasa lemah, lelah, gangguan tidur, sakit kepala, nyeri otot dan tulang, sembelit, nyeri perut dan kehilangan nafsu makan sehingga dapat menyebabkan anemia. Pada beberapa kasus akut akibat terpapar timbal terjadi *oliguria* (urin sedikit) dan gagal ginjal yang akut dapat berkembang secara cepat.

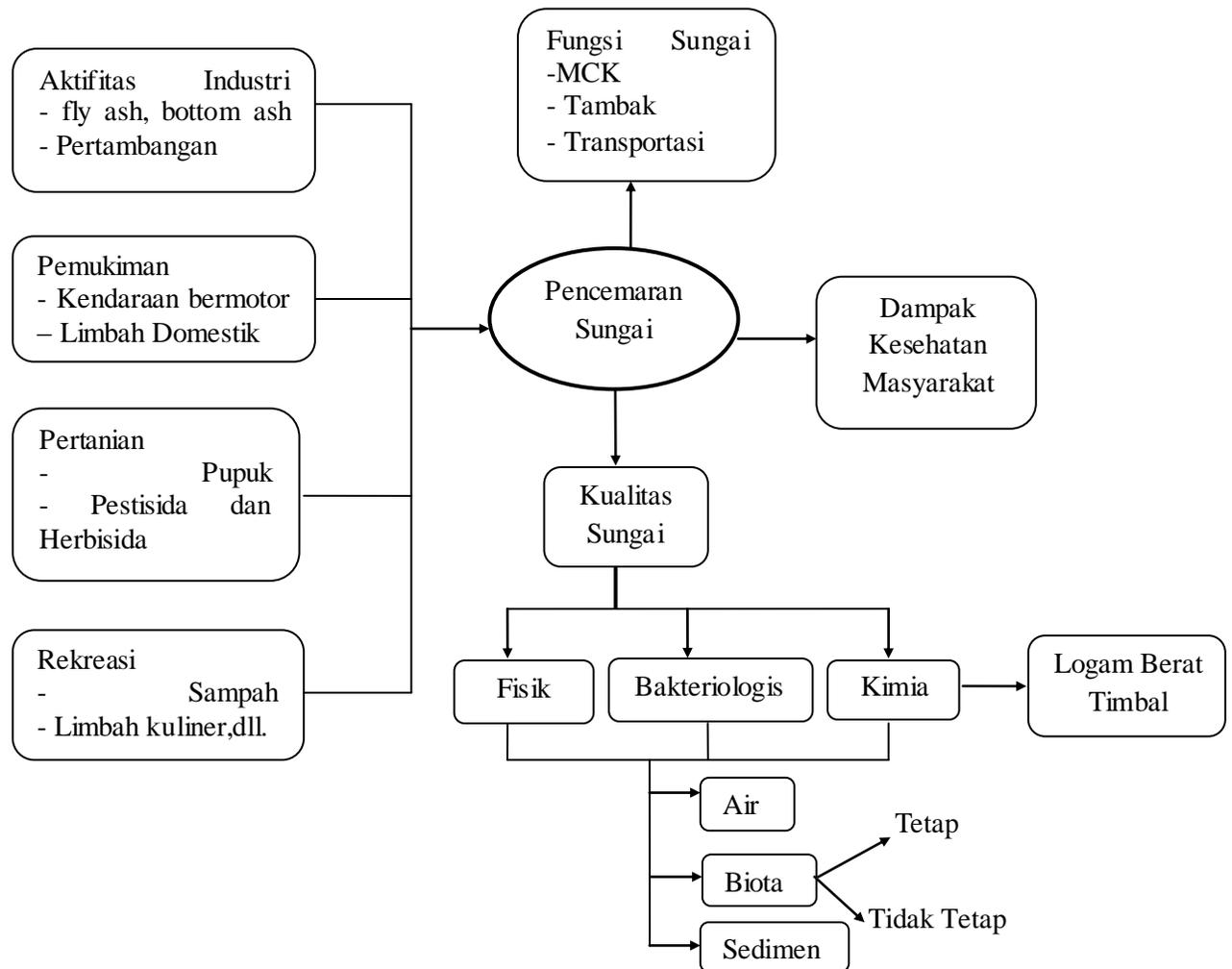
Timbal merupakan logam toksik yang bersifat kumulatif, sehingga mekanisme toksisitasnya dibedakan menurut beberapa organ yang dipengaruhinya yaitu sebagai berikut (Darmono, 2008):

1. Sistem hematopoietik : Pb menghambat sistem pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan anemia.
2. Sistem saraf pusat dan tepi: dapat menyebabkan gangguan ensefalopati dan gejala gangguan sistem saraf perifer.
3. Ginjal: dapat menyebabkan aminoasiduria, fosfaturia, glukosuria, nefropati, fibrosis dan atrofi glomerular.
4. Sistem gastro-intestinal: menyebabkan kolik dan konstipasi
5. Sistem kardiovaskular; menyebabkan peningkatan permabilitas pembuluh darah
6. Sistem reproduksi: dapat menyebabkan kematian janin pada saat melahirkan (pada wanita) dan hipospermi dan teratospermia (pada pria).

7. Sistem endokrin: mengakibatkan gangguan fungsi tiroid dan fungsi adrenal.

H. Kerangka Teori

Pola pikir pendekatan studi yang digunakan sebagai acuan di dalam penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Sumber : Effendi 2003 (dimodifikasi)