

SEBARAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
TIMBAL (PB) DAN KADMIUM (CD)
DI SEKITAR PERAIRAN GALANGAN KAPAL MAKASSAR

SKRIPSI

Oleh:
Suprianto



JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008

RINGKASAN

Suprianto. L11101060. "Sebaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Di Sekitar Perairan Galangan Kapal Makassar". Di bawah bimbingan Ibu Rastina sebagai pembimbing utama dan Bapak Mahatma sebagai pembimbing anggota.

Kegiatan industri, pariwisata, komersil, kegiatan rumah tangga dan pengembangan kota telah menjadikan wilayah perairan pantai sebagai tempat pembuangan limbah. Diantara limbah yang masuk ke perairan, beberapa diantaranya merupakan bahan pencemar yang berupa logam berat. Logam berat seperti Pb dan Cd sangat berbahaya karena kemampuan mereka untuk terakumulasi pada perairan dan sedimen yang sangat tinggi. Adanya aktivitas pelayaran dan perbaikan kapal di sekitar Dermaga Paotere dan Galangan Kapal Makassar telah memberikan sumbangsih terhadap peningkatan kadar logam Pb dan Cd di perairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan pola sebaran kandungan logam berat Pb dan Cd di sekitar perairan Galangan Kapal Makassar

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai September 2007 dengan mengambil sampel air sekitar perairan Galangan Kapal Makassar. Data konsentrasi logam berat Pb dan Cd dikelompokkan menurut stasiun yang dianalisis secara deskriptif dengan bantuan tabel dan gambar. Untuk melihat hubungan antara parameter oseanografi yang terukur dengan konsentrasi logam berat dilakukan dengan metode *Principal Components Analysis (PCA)* dengan penciri lingkungannya, dalam hal ini logam Pb dan Cd.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam Pb di Galangan Kapal, Dermaga Paotere dan Muara Kanal Paotere dalam status tercemar, namun penyebarannya masih terbatas pada wilayah perairan yang berada dekat dengan ketiga tempat tersebut. Dari 12 titik stasiun yang diamati hanya terdapat enam stasiun (50%) yang menunjukkan telah melewati ambang batas. Sedangkan untuk kandungan logam Cd pada semua stasiun dalam status tercemar, dan penyebarannya sudah sangat jauh keluar dari wilayah yang berada di sekitar perairan Galangan Kapal Makassar. Dari 12 titik stasiun yang diamati, semuanya menunjukkan telah melewati ambang batas

Kata Kunci : *Galangan Kapal, Logam berat Pb dan Cd, Suhu, Salinitas, DO, pH, Arus.*

**SEBARAN KANDUNGAN LOGAM BERAT
TIMBAL (PB) DAN KADMIUM (CD)
DI SEKITAR PERAIRAN GALANGAN KAPAL MAKASSAR**

**Oleh:
Suprianto**

**Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2008**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Sebaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Di Sekitar Perairan Galangan Kapal Makassar

Nama Mahasiswa : Suprianto

No. Pokok : L 111 01 060

Program Studi : Ilmu Kelautan

Skripsi telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama



Rastina, ST, MT
NIP. 132 243 347

Pembimbing Anggota



Dr. Mahatma, ST, M.Sc
NIP. 132 130 424

Mengetahui,



Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



Prof. Dr. Ir. H. Sudirman, M.P.
NIP. 131 860 849



Revisi Ketua Program Studi Ilmu Kelautan



Dr. Ir. M. Farid Samawi, M.Si
NIP. 131 965 080

Tanggal Lulus : 15 Februari 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Sebaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan
Kadmium (Cd) Di Sekitar Perairan Galangan Kapal
Makassar

Nama Mahasiswa : Suprianto

No. Pokok : L 111 01 060

Program Studi : Ilmu Kelautan

Skripsi telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Rastina, ST, MT
NIP. 132 243 347

Dr. Mahatma, ST, M.Sc
NIP. 132 130 424

Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan
dan Perikanan

Ketua Program Studi Ilmu
Kelautan

Prof. Dr. Ir. H. Sudirman, M.Pi
NIP. 131 860 849

Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si
NIP. 131 992 466

Tanggal Lulus: Februari 2008



RIWAYAT HIDUP

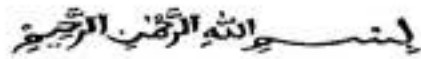


Suprianto dilahirkan di Wakuru (\pm 60 km arah selatan Kota Raha/ Ibukota Kabupaten Muna, Propinsi Sulawesi Tenggara) pada tanggal 9 Februari 1983, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara, dari pasangan Bapak **Suhuddin** dan Ibu **Wa Ode Simpa**. Sebelum masuk ke tingkat Universitas, penulis terlebih dahulu melalui serangkaian 'penggemblengan' dasar formal, diantaranya yaitu pada tahun 1989 lulus dari TK Pertiwi Wakuru, Tahun 1995 lulus dari SD Negeri No. 1 Wakuru, Tahun 1998 lulus dari SMP Negeri Wakuru, Tahun 2001 lulus dari SMU 1 Tongkuno. Pada tahun yang sama penulis mengikuti Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri (UMPTN) di UNHAS dengan memilih Jurusan Ilmu Kelautan sebagai pilihan pertama dan Jurusan Geofisika sebagai pilihan kedua.

Selama menjalani kehidupan sebagai mahasiswa, penulis pernah terdaftar sebagai penerima beasiswa BBM selama tiga periode (2003/2004 – 2005/2006).

Penulis menyelesaikan rangkaian tugas akhir, masing-masing mengikuti Praktek Kerja Lapang di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular (BTKL-PPM) Kelas I Makassar pada tahun 2006 dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Biringala, Kecamatan Barombong, Kabupaten Gowa pada tahun 2005, dan yang terakhir penulis menyelesaikan seluruh rangkaian perkuliahan dengan menulis skripsi yang berjudul: "**Sebaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Di Sekitar Perairan Galangan Kapal Makassar**".

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil 'alamin adalah sebuah ucapan yang patut penulis lafalkan setelah menyelesaikan skripsi ini. Segala Kelemahan dan kekuranganku, merupakan wujud dari seorang hamba yang tak berdaya di hadapan-MU dan tak pernah menyesal di takdirkan menjadi hamba-MU. Beribu pujian kepada Rasul-MU, utusan-MU yang paling terakhir beserta para keluarga, sahabat dan orang-orang yang selalu meyakini akan kebesaran-MU.

Skripsi yang berjudul " **Sebaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Di Sekitar Perairan Galangan Kapal Makassar**" ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin. Dalam masa studi sampai tahap penyusunan skripsi ini banyak dibantu oleh berbagai pihak dalam bentuk bimbingan, nasehat, doa, serta bantuan tenaga dan materil. Oleh karena itu izinkan penulis menggoreskan tinta hitam ini sebagai bentuk ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak **Suhuddin** dan Ibu **Wa Ode Simpa**, semoga masih ada waktu dan kesempatan untuk membalas segala kasih sayang dan perhatian yang tak pernah usai, doa yang tak pernah habis serta dukungan dan motivasinya kepada penulis dalam menyelesaikan masa studi di jurusan Ilmu Kelautan.
2. **Dr. Andi Iqbal Burhanuddin, M,Fish.Sc** selaku Ketua Jurusan Ilmu Kelautan yang meluangkan waktunya demi kelancaran penyelesaian skripsi ini.

3. Ibu Rastina, ST. MT, selaku pembimbing utama yang senantiasa sabar menasehati dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dan tak lupa juga Bapak Dr. Mahatma, ST, M.Sc selaku pembimbing anggota untuk kearifan dan motivasinya yang mendorong penulis untuk mempercepat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Ahmad Faisal, ST, M.Si selaku penasehat akademik yang telah banyak membantu selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Prof. Dr. Ir. Chair Rani, M.Si. selaku Ketua Program Studi, Jurusan Ilmu Kelautan yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA, Bapak Dr. Ir. Muh. Farid Samawi, M.Si, dan Bapak Wasir Samad, S.Si, M.Si, yang telah banyak memberikan masukan saran dan kritik dalam menyusun skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan yang telah banyak membantu penulis selama masa kuliah.
8. Saudara Acid yang selalu sabar dan tegar dalam menjaga keindahan dan kebersihan di jurusan Ilmu Kelautan (*You are the great Officer Boys*)
9. Kakak-kakakku tersayang Brigadir Superman dan dr. Sunarni yang telah banyak membantu serta selalu memberikan semangat dan canda tawa. Keluargaku dikampung halaman Nenek Wa Ode Langga, Om Ir. La Ode Hamalin, M.Si dan Tante Tita, Om Subone dan bibi Leci, Om Bake dan Tante Hamai, Tante Karia serta Bibi Esi.
Keluargaku di Makassar Om Syam Bakri sekeluarga, Om La Ode Ghondohi sekeluarga, Om Hibai Umar sekeluarga, dan Om La Ode Iba sekeluarga.

Kedua kakak iparku **Rahmat Halik, SE, M.Si dan Sri Yeni.**

Sepupu-sepupuku, **Jecky, Dendy, Rahma, Dhani, Ningrat, Noval, Mayang,** dan semuanya yang tidak sempat disebutkan satu persatu.

Kemanakanku, **Yuyun** yang pandai menyanyi dan **Ronaldo "Avatar" Febrian** yang suka bikin onar serta **Muhammad Gibran** yang baru saja '*nongol*' di dunia fana ini.

10. Teman-teman mahasiswa Ilmu Kelautan Universitas Hasanuddin khususnya **Angkatan 2001** tanpa terkecuali, utamanya kepada **Hadasman ZF dan Rawal Jaya** atas pengalaman hidupnya baik suka dan duka yang kita lewati bersama.
11. Saudara-saudaraku di **IPPERMATO dan KEPPMI**, khususnya kepada **Moyo, Alfian, Benti, Acha, dan Mima** yang senantiasa berbagi keceriaan dan pengalaman-pengalaman hidupnya.
12. **Daeng Koleng** di Galangan Kapal, yang mengantar penulis saat mengambil sampel dengan *Jolloro*'nya, Serta seluruh tim yang membantu dalam pengambilan data dilapangan maupun di laboratorium: **Herpot, Ronbid, Kak Nita Kallo, Mba' Dhani, dan Om Hasyim,**
13. Saudara-saudaraku di **Posko KKN ANTARA 2005 Biringala**: **Ulla, Acang (Alm), Chima, Oda, Yani, Wita, Ira dan Ice,** terima kasih atas kebersamaannya selama ± 2 bulan.
14. "**Si Merah Marun**" yang telah setia mengantar penulis kemana saja selama $\pm 4,5$ tahun.
15. Terakhir, ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kakak sepupuku, **La Ode M. Syarif, SH, LL.M, Ph.D** sekeluarga yang telah memberikan naungan tempat tinggal selama penulis berada di Makassar.

Segala hal yang terbaik telah penulis lakukan untuk kesempurnaan skripsi ini, tetapi bagaimanapun tiada yang sempurna selain Sang Pencipta. Sebagai manusia yang lemah dan tak luput dari berbagai kekhilafan, tentulah skripsi ini memiliki banyak kekurangan dan masih sangat jauh dari kesempurnaannya. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran ataupun kritik yang sifatnya membangun demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak.

Makassar, Februari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan dan Manfaat | 3 |
| C. Ruang Lingkup | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Pengertian Logam Berat | 4 |
| B. Sumber-sumber Logam Berat Dalam Perairan | 6 |
| C. Tinjauan Umum Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) di Perairan | 10 |
| D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Daya Larut Logam Berat | 13 |
| III. METODE PENELITIAN | |
| A. Waktu dan Tempat | 20 |
| B. Alat dan Bahan | 21 |
| C. Prosedur Penelitian | 22 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) | 26 |
| B. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) | 30 |
| C. Parameter Oseanografi | 32 |
| D. Hubungan Parameter Oseanografi Terhadap Konsentrasi Logam Berat | 37 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN | |
| A. Simpulan | 40 |
| B. Saran | 41 |
| DAFTAR PUSTAKA | 42 |
| LAMPIRAN | 45 |

DAFTAR TABEL

| Nomor | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Kriteria Pencemaran Perairan Berdasarkan Kandungan Oksigen Terlarut | 18 |
| 2. Konsentrasi Logam Timbal (Pb) di Stasiun Penelitian | 26 |
| 3. Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) di Stasiun Penelitian | 30 |
| 4. Data Suhu, Salinitas, Oksigen Terlarut (DO), Derajat Keasaman (pH) dan Arus | 32 |
| 5. Kelompok Pencirian Berdasarkan Data <i>Principal Components Analysis</i> | 38 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Halaman |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Proses yang Dialami Bahan Cemaran di Lingkungan Laut | 9 |
| 2. Peta Lokasi Stasiun Penelitian | 20 |
| 3. Konsentrasi Logam Timbal (Pb) di Stasiun Penelitian | 27 |
| 4. Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) di Stasiun Penelitian | 31 |
| 5. Arah Arus Pada Saat Pengambilan Sampel..... | 36 |
| 6. Grafik <i>Principal Components Analysis (PCA)</i> Hubungan Konsentrasi Logam Berat dengan Parameter Oseanografi yang Terukur | 37 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Beberapa Stasiun di Wilayah Perairan Galangan Kapal Makassar ... | 45 |
| 2. Suhu pada Tiap-tiap Stasiun | 46 |
| 3. Salinitas pada Tiap-tiap Stasiun | 47 |
| 4. Oksigen Terlarut (DO) pada Tiap-tiap Stasiun | 48 |
| 5. Derajat Keasaman (pH) pada Tiap-tiap Stasiun | 49 |
| 6. Arah dan Kecepatan Arus pada Tiap-tiap Stasiun | 50 |
| 7. Nilai Koordinat PCA (<i>Principal Components Analysis</i>) | 51 |
| 8. Indeks Kelompok Pencirian Berdasarkan Data <i>Principal Components Analysis</i> | 52 |
| 9. Posisi GPS (<i>Global Positioning System</i>) | 53 |
| 10. Standar Baku Mutu Air Laut untuk Parameter Logam Berat Menurut SK MENKLH No. 51/2004..... | 54 |

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanfaatan wilayah pantai untuk kepentingan manusia saat ini makin berkembang. Pemanfaatan tersebut meliputi kegiatan industri, pariwisata, komersil, kegiatan rumah tangga dan pengembangan kota telah menjadikan wilayah perairan pantai sebagai tempat pembuangan limbah, baik cair maupun padat. Pemanfaatan sumberdaya pantai tersebut ternyata telah menimbulkan tekanan berupa limbah yang menyebabkan terjadinya pencemaran pada wilayah pantai.

Diantara bahan pencemar yang ada, yang banyak mendapat perhatian serius yaitu logam berat karena dampak pencemaran yang ditimbulkannya cukup besar. Peningkatan kadar logam berat dalam air laut yang telah melewati batas baku mutu lingkungan disebut sebagai pencemaran. Penggunaan logam berat tersebut memberikan peluang tersisanya sebagian logam berat dalam limbah, yang jika dibuang begitu saja ke perairan tanpa melalui proses perlakuan (*treatment*) akan mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi logam berat dalam perairan. Dalam air, konsentrasi logam sangat tergantung pada asal sumber air (air tanah dan air sungai). Selain itu, jenis air juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya (air tawar, air payau dan air laut). Air sungai di daerah hulu kandungan logamnya akan berbeda dengan kandungan air sungai dekat muara. Hal ini disebabkan dalam perjalanannya air tersebut mengalami beberapa kontaminasi, baik karena erosi maupun pencemaran dari sepanjang tepi sungai. Kandungan logam air laut juga berbeda-beda, biasanya daerah pantai memiliki kandungan logam lebih tinggi dari pada laut lepas (Darmono, 1995).

Keberadaan logam berat dalam perairan laut dapat berasal dari sumber-sumber alamiah dan dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Sumber-sumber logam berat alamiah yang masuk ke dalam laut bisa berupa pengikisan batuan mineral yang banyak di sekitar perairan juga dari partikel-partikel logam di udara karena hujan. Sedangkan logam yang berasal dari aktivitas manusia dapat berupa buangan dari sisa industri dan rumah tangga (Palar, 1994).

Logam berat seperti Pb dan Cd sangat berbahaya karena kemampuan mereka untuk terakumulasi pada perairan dan sedimen yang sangat tinggi. Sifat logam tersebut yang apabila berada dalam suatu perairan, maka kemampuannya akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya kadar logam berat Pb dan Cd dalam lingkungan. Akumulasi logam berat pada daerah-daerah yang rentan dengan pembuangan limbah seperti daerah pantai akan menyebabkan beberapa ekosistem yang berada pada daerah akan tercemar logam berat tersebut.

Adanya aktivitas pelayaran dan perbaikan kapal di sekitar Dermaga Paotere dan Galangan Kapal Makassar telah memberikan sumbangsih terhadap peningkatan kadar logam Pb dan Cd di perairan. Logam berat ini berasal dari zat tambahan (*additive*) pada bahan bakar yang keluar melalui proses pembakaran mesin kapal dan juga ada beberapa yang berasal dari pigmen cat pada dinding kapal yang terkelupas atau yang masuk secara langsung pada saat terjadi perbaikan (pengecatan) kapal.

Logam berat dalam suatu perairan, jika konsentrasinya terus bertambah hingga melebihi ambang batas maka akan berdampak pada ekosistem yang berada disekitar wilayah perairan tersebut. Sehingga perlu untuk melakukan penelitian tentang sebaran kandungan logam berat (Pb dan Cd) di perairan.

B. Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan pola sebaran kandungan logam berat Pb dan Cd di sekitar perairan Galangan Kapal Makassar.

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu untuk menjadi data dan informasi mengenai kondisi perairan yang menyangkut sebaran logam berat dan kualitas perairan khususnya pencemaran logam berat.

C. Ruang Lingkup

Kajian penelitian ini adalah penentuan sebaran kandungan logam berat (Pb dan Cd) di sekitar perairan Galangan Kapal Makassar. Jenis logam berat yang diukur hanya terbatas pada logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd). Pengukuran dilakukan di dua belas titik stasiun. Stasiun I mewakili kondisi Galangan Kapal, stasiun II mewakili kondisi Dermaga Paotere, stasiun VI mewakili kondisi Kanal Paotere dan selebihnya mewakili arah sebaran.

Disamping itu juga dilakukan pengukuran parameter oseanografi yang meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, pH serta kecepatan dan arah arus yang ada pada lokasi penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Logam Berat

Logam adalah unsur kimia yang memiliki daya hantar listrik dan panas yang baik. Logam berat atau *heavy metal* adalah logam yang memiliki densitas lebih besar 5 g/cm^3 (Hutagalung, 1994). Menurut Saeni (1989) bahwa logam berat adalah semua jenis logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 gr/cm^3 , sedangkan yang berat jenisnya dibawah 5 gr/cm^3 dikenal sebagai logam ringan. Logam berat mempunyai efek yang tidak dapat diuraikan oleh bakteri dan tidak dapat dihilangkan tetapi relatif melalui banyak cara terhadap tumbuhan dan hewan kadang-kadang disertai efek yang merugikan.

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang diberikan jika logam berat ini berikatan dan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup. Unsur logam berat, baik itu logam berat beracun yang dipentingkan, bila masuk kedalam tubuh dengan jumlah yang banyak akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh (Palar, 1994). Lebih lanjut dikatakan bahwa istilah logam berat sebenarnya telah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah sebagai suatu istilah yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu, dimana karakteristik dari logam ini yaitu sebagai berikut :

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4)
2. Mempunyai nomor atom 22 – 34 dan 40 – 50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida
3. Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup.

Berdasarkan daya hantar panas dan listriknya, semua unsur kimia yang terdapat dalam susunan berkala unsur-unsur dapat dibagi atas dua golongan yaitu logam dan non logam. Golongan logam mempunyai daya hantar panas dan listrik tinggi sedangkan golongan non logam mempunyai daya hantar panas dan listrik yang rendah. Berdasarkan densitasnya, golongan logam dapat pula dibagi atas dua yaitu logam ringan dan logam berat (Kunarso dan Ruyitno, 1991).

Logam berasal dari kerak bumi yang berupa batu-batuan murni organik dan anorganik. Logam dan mineral lainnya hampir selalu ditemukan dalam air tawar dan air laut, walaupun jumlahnya sangat terbatas. Dalam kondisi normal, beberapa logam, baik logam ringan maupun logam berat jumlahnya sangat sedikit dalam air. Beberapa logam berat yang bersifat esensial sangat dibutuhkan dalam proses kehidupan serta sangat bermanfaat dalam proses haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik pada hewan air (Darmono, 1995).

Menurut Razak (1980), logam berat dalam perairan laut ditemukan dalam bentuk :

- a. Terlarut (lolos saringan $0,45 \mu\text{m}$), yaitu ion logam berat dan logam yang membentuk kompleks dan senyawa organik dan anorganik.
- b. Tidak terlarut, terdiri dari partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kompleks metal yang beradsorpsi pada zat tersuspensi.

Logam berat dalam jumlah yang sedikit telah menjadi bagian dari hidrosfir sejak awal masa geologis, bertambah melalui pelapukan/penuaan kerak dan aktivitas vulkanis (Klein, 1974).

Konsentrasi logam berat dalam lingkungan juga meningkat sejalan dengan berkembangnya masyarakat industri. Perairan estuaria dan laut pesisir adalah tempat tertimbunnya logam berat yang dilepas dari kegiatan antropogenik

dan logam yang terdapat dalam organisme laut yang mencerminkan konsentrasi tersebut dalam air laut (Klein, 1974).

B. Sumber-sumber Logam Berat Dalam Perairan

Pencemaran laut didefinisikan sebagai perubahan kondisi lingkungan laut yang tidak menguntungkan akibat masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam laut oleh kegiatan manusia sehingga menyebabkan tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Bahan pencemar (*pollutan*) adalah material atau energi yang dibuang ke lingkungan yang mengakibatkan kerusakan lingkungan, baik abiotik maupun biotik.

Berdasarkan sumbernya, pencemaran dapat dibagi menjadi dua kelompok (Soegiarto, 1976), yakni :

- a. Dari laut, misalnya tumpahan minyak baik dari sumbernya langsung maupun hasil pembuangan kegiatan pertambangan di laut, sampah dan *ballast* dari kapal tanker.
- b. Dari darat, melalui udara dan terbawa oleh air sungai yang akhirnya bermuara ke laut.

Berdasarkan sifatnya, polutan dibagi menjadi zat yang mudah terurai (*biodegradable*) seperti sampah organik dan zat yang sukar terurai (*non-biodegradable*) misalnya minyak dan logam berat (Odum, 1971).

Secara alamiah unsur logam berat terdapat dalam air laut, namun dalam jumlah yang sangat rendah, kadar ini dapat meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk ke dalam lingkungan laut (Waldichuk, 1974). Logam berat di laut berasal dari dua sumber yang berbeda yaitu sumber dari alam seperti gunung berapi, sungai dekomposisi organik,

retakan, patahan dan sedimen. Dan bersumber dari aktivitas manusia yaitu dari limbah industri dan limbah domestik atau buangan penduduk (Geyer, 1981).

Dahuri menyatakan bahwa sumber bahan pencemar perairan laut dibagi atas dua bagian :

1. *Point sources*, yaitu sumber bahan pencemar yang dapat diketahui dengan pasti keberadaannya, contohnya pencemar yang bersumber dari hasil buangan pabrik atau industri.
2. *Non point sources*, yaitu sumber pencemar yang tidak dapat diketahui dengan pasti keberadaannya, contohnya buangan rumah tangga, limbah pertanian, sedimentasi serta pencemar lain yang sulit dilacak sumbernya.

Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya akibat dari pembuangan sampah-sampah ke laut secara berlebihan. Hal ini dapat terjadi melalui tiga cara yaitu :

1. Akibat dari pembuangan sisa industri yang tidak terkontrol, dimana logam berat ini mengalir ke dalam estuaria dan akhirnya masuk ke laut.
2. Berasal dari lumpur minyak yang kadang-kadang mengandung logam berat yang konsentrasinya tinggi yang terbuang ke laut.
3. Berasal dari pembakaran hidrokarbon dan batu bara di daratan yang melepaskan logam berat ke udara kemudian bercampur dengan air hujan dan akhirnya jatuh ke dalam laut (Hutabarat dan Evans, 1985).

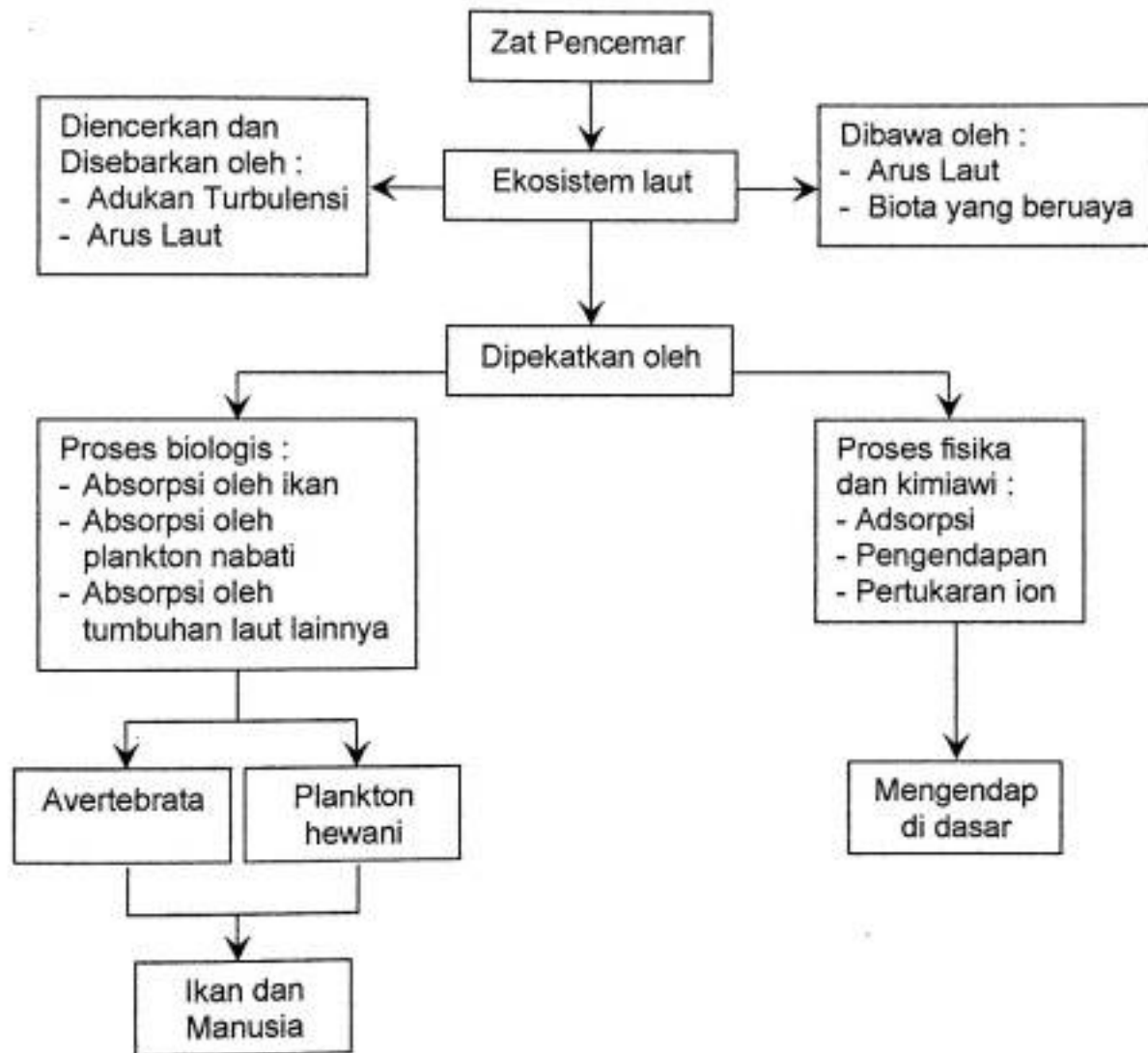
Setiap logam berat berbeda-beda daya racunnya terhadap organisme. Daya racun tersebut ditentukan oleh beberapa faktor seperti adanya unsur logam berat lain serta faktor lingkungan yang mempengaruhi fisiologi organisme laut misalnya suhu, oksigen terlarut, cahaya dan salinitas, perubahan siklus hidup, rantai makanan dan adaptasi terhadap logam berat (Lendriani, 1989).

Razak (1980) menyatakan bahwa sifat racun logam berat berbeda-beda tergantung dari anion-kation yang terdapat bersamanya, proses ini dikenal sebagai faktor sinergistik. Dalam perairan, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang membentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi.

Daya racun logam berat dalam air laut tergantung jenis, kadar, efek sinergis, antagonis dan bentuk fisika kimianya (struktur kimia), sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi logam berat dalam air laut adalah pH, suhu dan salinitas. Penurunan pH menyebabkan daya racun logam berat bertambah besar dan suhu perairan mempengaruhi daya akumulasi logam berat (Hutagalung, 1994).

Sementara salinitas mempengaruhi konsentrasi logam berat dimana pada salinitas yang tinggi konsentrasi logam berat akan rendah (Mance, 1990).

Masuknya polutan yang dalam hal ini adalah logam berat ke lingkungan laut dapat dilihat pada proses berikut ini :



Gambar 1. Proses yang Dialami Bahan Cemar di Lingkungan Laut (modifikasi dari Hutagalung, 1994).

C. Tinjauan Umum Logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) di Perairan

1. Logam Berat Timbal (Pb)

Salah satu logam berat yang banyak mengakibatkan pencemaran di perairan adalah logam timbal (Pb). Menurut Palar (2004), timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum*, dan logam ini disimbolkan dengan *Pb*. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada Tabel Periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2. Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat di seluruh lapisan permukaan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi.

Menurut Marganof dkk (2003), logam timbal (Pb) berasal dari buangan industri metalurgi, yang bersifat racun dalam bentuk Pb-arsenat. Dapat juga berasal dari proses korosi lead bearing alloys. Kadang-kadang terdapat dalam bentuk kompleks dengan zat organik seperti hexaetil timbal, dan tetra alkil lead (TAL). Masuknya timbal dalam perairan, selain dari hasil buangan industri juga banyaknya kapal yang menggunakan cat yang berbahan dasar dari Pb.

Timbal dan persenyawaannya banyak digunakan dalam berbagai bidang. Timbal memiliki sifat yang tahan terhadap peristiwa korosi dan dapat menghasilkan warna lain jika dicampur dengan unsur lain sehingga ia banyak digunakan dalam industri cat. Selain itu, timbal juga banyak digunakan sebagai kabel telepon, kabel listrik, senyawa azida untuk bahan peledak, pengkilap keramik dan bahan anti api, pembangkit listrik tenaga panas serta aditive untuk bahan bakar kendaraan bermotor (Palar, 2004).

Timbal pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Timbal tidak termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, bahkan unsur ini bersifat toksik pada hewan dan manusia karena dapat terakumulasi pada tulang. Kadar timbal di perairan yang diperuntukkan bagi keperluan pertanian pada tanah yang bersifat netral dan alkalis adalah 10 mg/liter, sedangkan pada tanah yang bersifat asam adalah 5 mg/liter (Effendi, 2003).

Setiap sistem perairan memiliki kapasitas daya terima yang terbatas terhadap polutan. Kadarnya dalam lingkungan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah pemakaian dalam berbagai kegiatan atau proses peluruhan batuan induk dan sedimen secara alamiah. Sebagai contoh penggunaan Pb (timbal) sebagai zat tambahan pada bahan bakar dan pigmen cat, merupakan penyebab utama peningkatan jumlah kadar Pb di perairan. Adanya timbal di perairan dapat mempengaruhi kelangsungan hidup organisme. Sampai pada batas tertentu yang melebihi daya dukung lingkungan, maka keberadaan logam berat dapat bersifat racun bagi organisme akuatik tergantung pada sifat logam berat itu sendiri serta toksisitasnya bervariasi diantara berbagai spesies (Marganof dkk, 2003).

Darmono (1995) menyatakan bahwa logam yang tidak dapat diubah oleh organisme air adalah logam yang terakumulasi dalam jaringan tubuh, sehingga kandungannya dalam jaringan meningkat terus menerus dengan kenaikan konsentrasi logam dalam air dan logam ini hanya diekskresi sedikit sekali utamanya logam non esensial.

Selanjutnya Palar (2004) menyatakan bahwa pada perairan yang mengandung ion-ion Pb melebihi konsentrasi yang semestinya dapat menyebabkan kematian bagi biota perairan. Konsentrasi Pb yang mencapai 188

mg/L dapat membunuh ikan-ikan dan akan mengalami kematian setelah 245 jam bila pada perairan dimana organisme tersebut berada terlarut Pb pada konsentrasi 2,75 sampai 49 mg/liter.

Effendi (2003) menambahkan bahwa toksisitas timbal terhadap organisme akuatik berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan kadar oksigen terlarut. Kadar timbal berkisar 0,1 – 8,0 mg/liter dapat menghambat pertumbuhan mikroalga dan bersifat toksisitas akut bagi beberapa jenis avertebrata air tawar dan laut pada kisaran antara 0,5 – 5,0 mg/liter.

Kandungan logam Pb yang sesuai dengan baku mutu air laut berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (SK.MENKLH) No 51 tahun 2004 untuk kepentingan pariwisata yaitu 0,005 mg/liter dan untuk organisme perairan yaitu 0,008 mg/liter.

2. Logam Berat Kadmium (Cd)

Di dalam perairan, logam berat Cd merupakan bentuk ion kovalen yang terikat membentuk $CdCl_2$, $Cd(COCl_2)$, $CdSO_4$ dan $Cd(NO_3)_2$. Kadmium dapat menyebabkan keracunan akut pada manusia yang mendapat unsur tersebut dari makanan. Konsumsi makanan / air minum dengan konsentrasi Cd yang melebihi standar yang ditetapkan akan menyebabkan unsur tersebut terakumulasi dalam jaringan ginjal, gangguan lambung, kerapuhan tulang, mengurangi hemoglobin darah dan pigmentasi tinggi (Tamsil, 2000).

Unsur Cd yang terdapat dalam air laut berasal dari industri yang ditemukan dalam bentuk garam. Prinsip utama dalam penggunaan Cd sebagai stabilisator dan pigmen dalam pembuatan plastik adalah proses penyepuhan dengan tenaga listrik. Sebagian kecil kadmium terdapat dalam solder, logam campuran lain, baterai serta bahan cat warna. Selain itu sumber Cd sebagian

besar berasal dari limbah padat, limbah cair rumah tangga dan dari pemukiman perkotaan (Dianhanjaya, 1989).

Keracunan Cd dapat bersifat kronis tetapi terjadi dalam selang waktu yang cukup panjang. Peristiwa ini terjadi karena logam Cd yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang kecil sehingga dapat ditolerir oleh tubuh pada saat itu. Tetapi karena terjadi proses pemasukkan terus menerus sehingga tubuh pada batas akhir tidak mampu bertoleransi terhadap daya racun Cd (Palar, 1994).

Kandungan logam Cd yang sesuai dengan baku mutu air laut berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (SK.MENKLH) No. 51 tahun 2004 untuk kepentingan pariwisata yaitu 0,002 mg/liter dan untuk organisme perairan yaitu 0,001 mg/liter.

D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Daya Larut Logam Berat

Parameter kimia dan fisika yang turut mempengaruhi kandungan logam berat dalam perairan adalah arus, suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO) dan derajat keasaman (pH). Pada umumnya faktor oseanografi yang paling berperan dalam penyebaran bahan cemaran adalah arus, pasang surut, gelombang dan keadaan bathimetri. Arus di estuaria dipengaruhi oleh lingkungan yang khas seperti pengaruh masukan air sungai, pasang surut, gelombang laut, angin dipermukaan laut serta pergerakan dan pencampuran massa air.

1. Suhu

Suhu air merupakan faktor yang banyak berpengaruh terhadap lingkungan laut. Sumber panas utama suhu air laut adalah sinar matahari. Daerah yang paling banyak menerima sinar matahari adalah daerah yang terletak pada garis khatulistiwa. Pengaruh ini terutama sampai dengan kedalaman sekitar 100 meter kemudian menurun sampai 200 meter karena

pengaruh tekanan, arus dan sebagainya, maka timbul lapisan-lapisan air yang suhunya berbeda-beda sehingga suhu gradiennya tidak tetap, bisa positif bisa negatif. Selain itu karena panas matahari selama 24 jam tiap saat berubah bergantung pada musim dan pergantian siang malam (Connel dan Gregory, 1995).

2. Salinitas

Salinitas adalah jumlah garam-garam anorganik yang terlarut dalam satuan gram yang terkandung dalam satu kilogram air laut, dimana semua karbonat telah diubah menjadi oksida dan ion-ion bromin serta iodin digantikan oleh klorin dan semua senyawa dioksidasi secara sempurna (Miller, 1992).

Menurut Supardi (1984), salinitas adalah indeks jumlah total zat terlarut dalam air laut. Di perairan samudera, salinitas biasanya berkisar antara 34 ‰ – 35 ‰. Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, aliran sungai (Nontji, 1993).

Diduga salinitas aliran air yang stabil dapat mempengaruhi kandungan logam pada makhluk hidup perairan melalui dua cara. Pertama beberapa logam dibawa ke daerah dengan salinitas rendah karena kemampuan yang lebih besar dari air tawar untuk menjaga kondisi logam baik dalam bentuk cairan maupun suspensi. Juga pada kondisi salinitas kurang, konsentrasi ion logam bebas misalnya Zn^{2+} yang langsung terserap akan berada pada keadaan maksimum. Kedua, salinitas yang berbeda dapat menyebabkan kecepatan penyerapan logam yang berbeda disebabkan oleh keterkaitan dari ion aliran sepanjang permukaan tubuh makhluk hidup, atau disebabkan oleh perubahan fisiologi di dalam makhluk hidup itu sendiri.

Faktor yang bereaksi pada daerah intertidal adalah salinitas yang dapat menimbulkan tekanan osmotik. Penurunan salinitas terjadi pada daerah intertidal karena masukan air tawar ke pantai pada saat surut yang disebabkan oleh turunnya hujan lebat. Namun penambahan ini terbatas pada lapisan atas pantai, karena lapisan bawah melalui daya kapiler mampu mempertahankan tingkat air asin yang lebih tinggi. Karena air tawar lebih ringan dari pada air asin maka air tawar tidak dapat menembus kebawah dimana air laut ditahan oleh daya kapiler. Ini berarti hanya lapisan yang paling atas yang mengalami perubahan salinitas (Nybakken, 1996).

3. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH adalah suatu ukuran dari konsentrasi ion Hidrogen dan menunjukkan suasana air tersebut apakah bereaksi asam atau bereaksi basa (Boyd, 1991). pH adalah logaritma negatif dari konsentrasi ion-ion hidrogen (H^+) yang terlepas dalam suatu cairan dan merupakan indikator baik atau buruknya air (Sastrawijaya, 1991).

Pada umumnya air laut bersifat katalis (pH bersifat 8,2) kecuali dekat pantai yang sering mendapatkan tumpahan air laut dari darat. Kadar pH yang konstan dikarenakan laut merupakan larutan penyangga yang baik terhadap keadaan asam basa (Dojilido dan Best, 1993).

Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam. Perubahan tingkat stabil dari kelarutan tersebut biasanya terlihat dalam bentuk pergeseran persenyawaan. Umumnya pada Ph yang semakin tinggi, maka kestabilan akan bergeser dari karbonat ke hidroksida. Hidroksida ini mudah sekali membentuk ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang terdapat pada badan perairan. Lama-

kelamaan persenyawaan yang terjadi antara hidroksida dengan partikel-partikel yang ada di badan perairan akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 1994).

Derajat keasaman ini dalam sistem perairan, merupakan suatu peubah yang sangat penting. Ia akan mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan. Pada perairan estuaria, kandungan logam berat lebih tinggi dibanding pada perairan lainnya. Hal ini disebabkan oleh kelarutan logam berat lebih tinggi pada pH rendah.

Derajat keasaman (pH) mempengaruhi konsentrasi logam suatu senyawa kimia. pH disuatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain aktifitas fotosintesa, suhu dan salinitas. pH perairan yang stabil adalah 6,5 – 8,5. Menurut Sastrawijaya (1991) bahwa pada umumnya derajat keasaman untuk perairan alami berkisar antara 4 – 9 dan kadang-kadang bersifat agak katalis, karena adanya karbonat dan bikarbonat. Penyimpangannya yang cukup besar dari pH yang semestinya dapat dipakai sebagai petunjuk akan adanya buangan industri yang bersifat asam/basa.

Tingginya curah hujan ini mampu mengimbangi kandungan mineral yang terdapat pada perairan ini disamping itu daerah ini merupakan perairan estuaria, seperti diketahui di perairan estuaria, air laut merupakan *buffer* yang baik terhadap masukan air tawar dari sungai yang cenderung bersifat asam atau basa. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Novotny dan Olem, 1994).

4. Oksigen Terlarut (DO)

Air dikategorikan sebagai air terpolusi jika konsentrasi oksigen terlarut menurun dibawah batas yang dibutuhkan untuk kehidupan biota. Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan yaitu adanya

bakteri aerob dari bahan-bahan buangan yang mengkonsumsi oksigen (Fardiaz, 1992). Lebih lanjut dijelaskan oleh Dojilido dan Best (1993), bahwa kadar oksigen yang terlarut dalam air sering dipakai oleh bakteri untuk menguraikan zat pencemar tersebut.

Kelarutan logam berat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Pada daerah dengan kandungan oksigen yang rendah daya larutnya lebih rendah sehingga mudah mengendap. Logam berat Zn, Cu, Cd, Pb, Hg, dan Ag akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik. Selain faktor-faktor yang mempengaruhi daya larut logam berat diatas, kandungan logam berat pada suatu perairan juga dapat dipengaruhi oleh faktor lainnya (*biological up take*). *Biological up take* dalam hal ini berhubungan dengan jumlah absorpsi logam dan kandungan logam dalam air. Dinamika kenaikan kandungan logam dalam jaringan sesuai dengan kenaikan kandungan logam dalam air. Pada logam-logam esensial kandungannya dalam jaringan biasanya mengalami regulasi (diatur pada batas-batas konsentrasi tertentu) kandungan logam tersebut konstan, tetapi pada logam-logam non esensial kandungan logam tersebut dalam jaringan naik terus sesuai dengan kenaikan konsentrasi logam dalam air (non regulasi) (Darmono, 1995).

Sumber utama oksigen dalam air laut adalah dari udara melalui proses difusi dan hasil proses fotosintesa fitoplankton pada siang hari. Faktor-faktor yang menurunkan kadar oksigen dalam air laut adalah kenaikan suhu air, respirasi (khusus malam hari), adanya lapisan minyak diatas permukaan laut dan masuknya limbah organik yang mudah diurai ke lingkungan laut (Hutagalung, 1994).

Menurut Connel dan Gregory (1995), makin tinggi kenaikan suhu makin sedikit oksigen yang terkandung didalamnya dan lapisan minyak pada permukaan air akan mempengaruhi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen yang terlarut di dalam air menjadi berkurang.

Kriteria tingkat pencemaran perairan berdasarkan kandungan oksigen terlarut, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Kriteria pencemaran perairan berdasarkan kandungan oksigen terlarut

| No. | Kandungan Oksigen Terlarut (ppm) | Kriteria Kualitas Air |
|-----|----------------------------------|-----------------------|
| 1. | 8 – 9 | Baik |
| 2. | 6,7 – 7,9 | Agak tercemar |
| 3. | 4,5 – 6,6 | Tercemar sedang |
| 4. | < 4,5 | Tercemar berat |

Sumber : Dojlido dan Best (1993).

Faktor lingkungan yang mempengaruhi absorpsi logam berat yaitu konsentrasi logam berat, salinitas, suhu dan bentuk fisika logam tersebut. Sementara faktor internal yang mempengaruhi laju absorpsi logam berat pada biota adalah konsentrasi logam berat dalam tubuh, ukuran organisme, pertumbuhan, kondisi fisiologi, jenis kelamin dan lain-lain. Hal diatas juga mempengaruhi tingkat konsentrasi relatif dari logam berat.

5. Arus

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang disebabkan oleh tiupan angin, atau karena perbedaan dalam densitas air laut dan dapat pula disebabkan oleh gerakan gelombang yang panjang. Terjadinya arus di laut

sebagai akibat dari bermacam-macam hal, diantaranya akibat dari perbedaan densitas, temperatur, bentuk topografi dasar laut, pengaruh arus sungai yang bermuara ke suatu perairan tertentu karena angin (untuk permukaan) dan pengaruh pasang surut (Nontji, 1993).

Arus yang disebabkan oleh pasang surut biasanya lebih banyak diamati di perairan pantai terutama pada selat yang sempit dengan kisaran pasang surut yang tinggi (Hutabarat dan Evans, 1985).

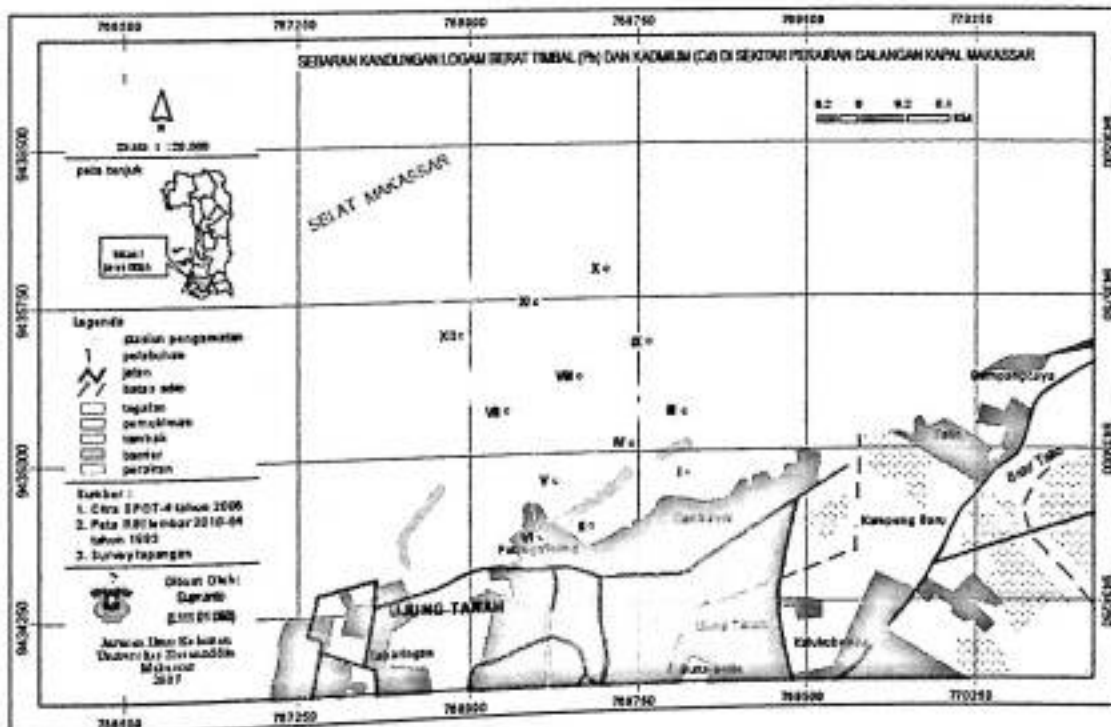
Arah dan kecepatan arus sangat penting untuk mengetahui proses perpindahan dan pengadukan dalam perairan seperti mikronutrien dan material tersuspensi (Storm, 1989). Selanjutnya dikatakan bahwa waktu, ruang dan kedalaman mempengaruhi distribusi arah dan kecepatan arus dalam perjalanannya. Tinsley (1979) mengemukakan bahwa sistem perairan akan memindahkan dan mengencerkan zat-zat cemaran kimia sejauh mana air tersebut bergerak, baik zat-zat tersebut dalam larutan atau terserap pada sebuah partikel.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung selama kurang lebih 4 bulan mulai bulan Mei sampai bulan September 2007. Jangka waktu tersebut mencakup penelitian lapangan, analisa sampel di laboratorium, analisa data serta penyusunan laporan akhir.

Pengambilan data lapangan dilakukan di sekitar perairan Galangan Kapal Makassar, Kecamatan Ujung Tanah, Kotamadya Makassar sedangkan analisa sampel dilakukan di Laboratorium Toksikologi Laut, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL), Propinsi Sulawesi Selatan.



Gambar 2. Peta Lokasi Stasiun Penelitian.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini yaitu : Termometer digunakan untuk pengukuran suhu, Salinometer digunakan untuk pengukuran salinitas, pH meter digunakan untuk pengukuran pH, DO meter digunakan untuk mengukur oksigen terlarut. Layang-layang arus digunakan untuk pengukuran arus, Kompas geologi digunakan untuk menentukan arah arus, *Global Positioning System* digunakan untuk penentuan stasiun, *Cool box* digunakan sebagai wadah penyimpanan sampel, *Stopwatch* digunakan sebagai alat pengukur waktu, Pipet ukur untuk memipet sampel, Perahu motor digunakan sebagai alat transportasi, Alat tulis menulis untuk mencatat hasil pengukuran, *Inductively Couple Plasma*, digunakan sebagai alat pengukur konsentrasi kandungan logam, *Ehrtenmeyer* digunakan sebagai wadah sampel, Pipet tetes digunakan untuk mengambil sampel dalam ukuran ml, Hot plate digunakan untuk menguapkan sampel, *Beaker glass* digunakan sebagai wadah sampel saat dilakukan penguapan. Gelas ukur 10 ml ; 50 ml digunakan untuk mengukur aquabides yang digunakan, Gelas kimia 250 ml ; 500 ml digunakan sebagai tempat menyimpan aquades sementara, Batang pengaduk digunakan untuk mengaduk sampel, Komputer digunakan untuk menganalisis data dan membuat laporan akhir penelitian.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : Sampel air laut, Aquabides, Asam nitrat (HNO_3), Argon *hp (high purity)*, Citra SPOT-4 tahun 2006, Peta RBI lembar 2010-54 tahun 1993.

C. Prosedur Penelitian

1. Tahap Persiapan

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu studi literatur. Studi literatur ini dilakukan untuk mempertajam fokus dari penelitian dan untuk penguatan kerangka teoritis, perumusan masalah, serta penyusunan metode penelitian.

2. Penentuan Stasiun

Penentuan stasiun penelitian dilakukan berdasarkan hasil survey lapangan yang dianggap mewakili (representatif) dengan mempertimbangkan kondisi dan karakteristik lokasi penelitian. Pengambilan sampel akan dilakukan pada sebelas stasiun. Dua stasiun (Stasiun I dan II) berada di kolam pelabuhan dan selebihnya berada di luar kolam pelabuhan ke arah laut dan diperkirakan merupakan arah sebaran logam berat yang berasal dari stasiun I dan II. Untuk melihat sebaran logam berat maka pada setiap stasiun dilakukan pengambilan sampel pada kedalaman ± 50 cm dari lapisan permukaan perairan.

Pada semua stasiun dilakukan pengukuran saat transisi pasang ke surut serta semua posisi stasiun ditentukan dan dicatat dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

3. Pengambilan Data Lapangan

a. Pengambilan sampel air laut

Pengambilan sampel air laut dilakukan di tiap stasiun. Untuk sampel yang akan dianalisis konsentrasi logam beratnya diawetkan dengan HNO_3 pekat.

b. Pengukuran parameter oseanografi

Pengukuran parameter oseanografi dilakukan pada semua stasiun. Parameter yang akan diukur yaitu : suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO), pH, serta arah dan kecepatan arus yang dilakukan berdasarkan prosedur pengambilan data sebagai berikut :

- Suhu

Pengukuran suhu air laut dilakukan dengan menggunakan termometer pada masing-masing stasiun pengamatan.

- Salinitas

Pengukuran salinitas pada sampel air dilakukan dengan menggunakan salinometer pada tiap stasiun pengamatan.

- DO

Pengukuran konsentrasi oksigen terlarut (DO) dilakukan pada tiap stasiun pengamatan dengan menggunakan DO meter.

- pH

Pengukuran pH dilakukan pada tiap-tiap stasiun pengamatan dengan menggunakan pH meter.

- Kecepatan dan arah arus

Kecepatan arus diukur dengan menggunakan layang-layang arus. Secara teknis alat ini dilepaskan ke perairan, dibiarkan hanyut hingga tali merenggang/lurus. Kecepatan arus dihitung dengan membandingkan antara panjang tali dan waktu yang digunakan sampai tali merenggang. Selisih waktu pada saat pelepasan alat dan saat tali merenggang dihitung dengan menggunakan stopwatch.

Arah arus ditentukan dengan menggunakan kompas geologi yang diarahkan pada alat setelah merenggang.

Untuk menghitung kecepatan arus yang diukur di lapangan menggunakan persamaan :

$$V = \frac{x}{t} \text{ (m/det)}$$

Keterangan :

V = kecepatan arus (m/det)

x = panjang tali (m)

t = waktu pengamatan (detik)

4. Metode Analisis Logam Berat

Adapun langkah-langkah metode analisis sampel logam berat yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut

- a. Diambil 50 ml sampel air lalu dimasukkan ke dalam *beaker glass* kemudian ditambahkan 5 ml HNO₃ pekat. Penambahan larutan ini bertujuan untuk menghilangkan zat organik di dalam sampel.
- b. Sampel diuapkan sampai larutan volumenya berkurang (\pm 10 – 15 ml). Tujuannya untuk menguraikan zat-zat organik, zat-zat tersuspensi dan kompleks-kompleks logam yang mungkin terdapat dalam sampel.
- c. Setelah dingin, larutan yang tersisa ditambahkan aquabides hingga volumenya menjadi 50 ml kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 50 ml.

Pengoperasian alat *Inductively Couple Plasma* (ICP)

1. Dihidupkan alat *Inductively Couple Plasma* dan komputer.
2. Dibuka gas argon, lalu dibiarkan argon mengalir 20 menit untuk memberikan purging yang cukup ke kamera dan poly charomator.
3. Dihidupkan waterchiller.
4. Dijalankan ICP-OES Instrument Software lalu dipilih panjang gelombang (untuk Pb = 224,7 dan Cd = 213,857).
5. Dinyalakan plasma dan dibiarkan terjadi warming up plasma selama 10 menit dengan diaspirasikan blank.
6. Diaspirasikan standar atau sampel yang diminta oleh software.
7. Ditunggu sampai perintah berikutnya hingga pembacaan selesai.
8. Serapan hasil pengukuran larutan contoh diplotkan ke kurva larutan baku hingga diperoleh konsentrasi logam yang dianalisis.

5. Analisis Data

Data konsentrasi logam berat Pb dan Cd dikelompokkan menurut stasiun yang dianalisis secara deskriptif dengan bantuan tabel dan gambar.

Untuk melihat hubungan antara parameter oseanografi yang terukur dengan konsentrasi logam berat disajikan dalam bentuk grafik *PCA (Principal Components Analysis)*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb)

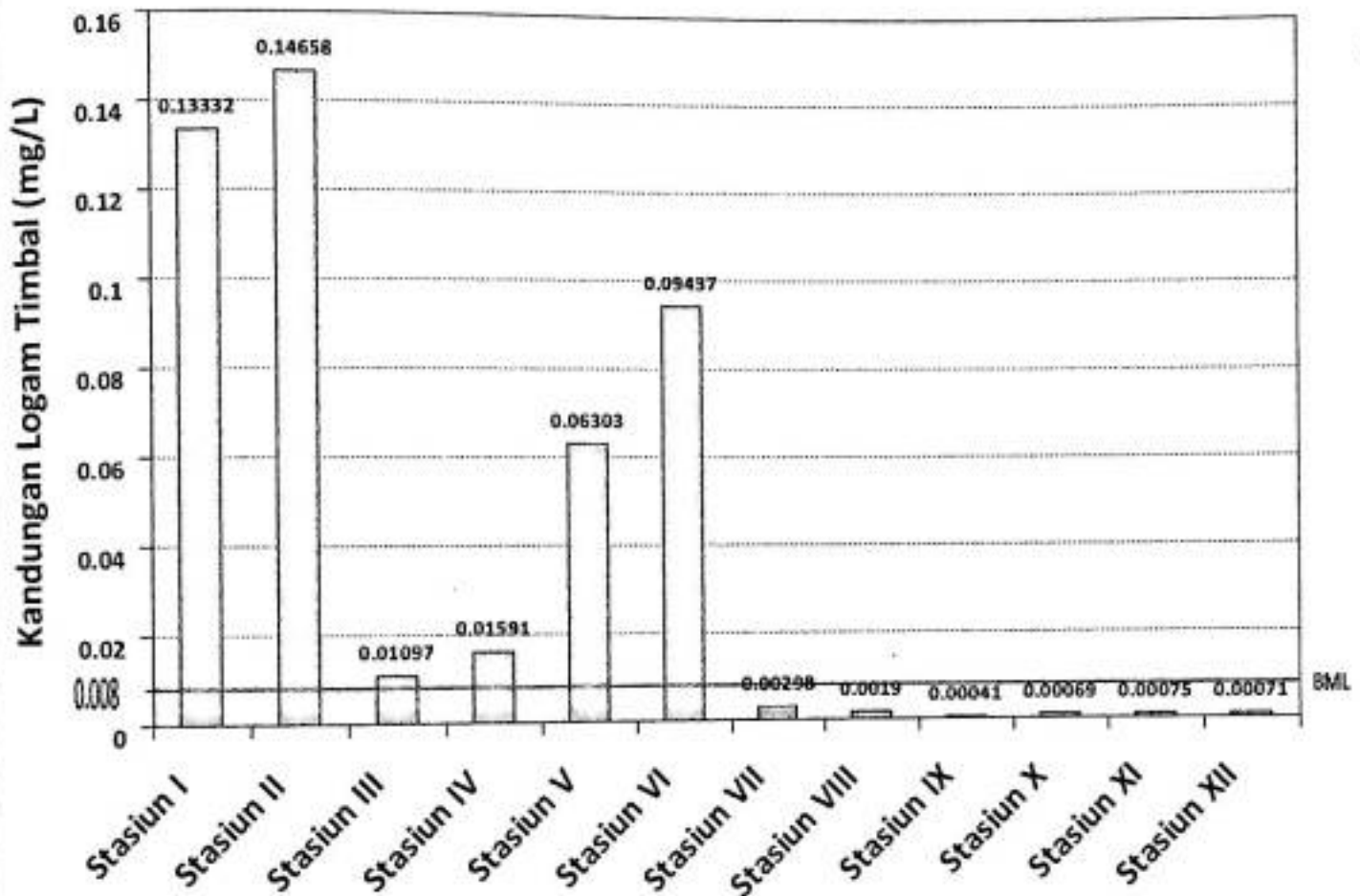
Hasil analisis kandungan logam berat timbal (Pb) pada lokasi penelitian di sekitar Galangan Kapal Makassar dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Konsentrasi logam Timbal (Pb) di stasiun penelitian.

| No. | Stasiun | Konsentrasi (mg/L) | Baku Mutu* | |
|-----|---------|--------------------|--------------------|------------|
| | | | Organisme Perairan | Pariwisata |
| 1. | I | 0,13332 | 0,008 | 0,005 |
| 2. | II | 0,14658 | | |
| 3. | III | 0,01097 | | |
| 4. | IV | 0,01591 | | |
| 5. | V | 0,06303 | | |
| 6. | VI | 0,09437 | | |
| 7. | VII | 0,00298 | | |
| 8. | VIII | 0,00190 | | |
| 9. | IX | 0,00041 | | |
| 10. | X | 0,00069 | | |
| 11. | XI | 0,00075 | | |
| 12. | XII | 0,00071 | | |

Keterangan : * Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.

Konsentrasi logam berat Pb tertinggi didapatkan pada lokasi yang berada di dalam kolam pelabuhan, tepatnya pada stasiun II yaitu 0,14658 mg/L. Hal ini tidak jauh berbeda dengan yang didapatkan pada stasiun I yang juga masih berada di dalam kolam pelabuhan, yaitu 0,13332 mg/L. Sedangkan untuk konsentrasi logam berat Pb terendah berada pada luar kolam pelabuhan, tepatnya pada stasiun IX yaitu 0,00041 mg/L.



Gambar 3. Konsentrasi Logam Timbal (Pb) di Stasiun Penelitian.

Gambar 3, menunjukkan bahwa di beberapa stasiun, khususnya yang berada di dalam kolam pelabuhan memiliki kandungan logam berat timbal yang cukup tinggi. Bahkan sudah melampaui standar baku mutu air laut baik untuk keperluan pariwisata maupun untuk organisme perairan (lihat Tabel 2).

Tingginya konsentrasi Pb yang berada di dalam kolam pelabuhan diperkirakan karena pada stasiun ini berada dekat dengan galangan kapal, dock kapal-kapal yang rusak, dermaga dan pemukiman penduduk. Hal ini didukung oleh pernyataan Palar (1994) bahwa aktivitas manusia, industri galangan kapal dan bermacam-macam aktivitas pelabuhan lainnya merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Pb dalam badan perairan.

Selain itu tertutupnya pola sirkulasi air laut yang berada di dalam kolam pelabuhan memungkinkan terjadinya penumpukan kandungan logam berat.

Konsentrasi Pb yang didapatkan pada lokasi yang berada di luar kolam pelabuhan jauh berbeda dengan konsentrasi Pb yang berada di dalam kolam pelabuhan. Hal ini terjadi karena pada sisi luar kolam pelabuhan, kolom perairan mengalami perpindahan massa air laut secara bebas, khususnya disebabkan oleh arus dan saat terjadinya pasang surut. Selain itu pada sisi luar kolam pelabuhan memungkinkan terjadinya pengenceran, pembilasan dan pengangkutan kandungan logam Pb, sehingga konsentrasi kandungan logam Pb dapat mengalami penurunan.

Sumber logam berat Pb pada perairan galangan kapal ini berasal dari aktivitas masyarakat yang membuang langsung sampahnya ke laut, aktivitas perbaikan kapal seperti pengelasan dan pengecatan kapal serta asap buangan pembakaran dari mesin kapal dan perahu bermotor.

Pada stasiun V diperoleh kandungan logam berat Pb yang cukup besar, yaitu 0,06303 mg/L. Kondisi ini sedikit berbeda dengan yang didapatkan pada stasiun lain yang berada di luar kolam pelabuhan. Hal ini disebabkan karena pada saat pengambilan sampel di stasiun V terdapat masukan massa air yang berasal dari muara kanal Paotere (Stasiun VI). Selain itu di sekitar kanal Paotere juga banyak terdapat pemukiman warga. Kebanyakan warga membuang sampah dan limbah rumah tangga secara langsung ke dalam kanal tersebut. Di sekitar kanal ini juga terdapat bengkel pengelasan logam yang sehari-harinya berfungsi sebagai tempat perbaikan mesin-mesin perahu bermotor. Pada stasiun VI ini didapatkan kandungan logam berat Pb sebesar 0,09437 mg/L.

Hasil pengukuran pada semua stasiun menunjukkan bahwa di tiap-tiap stasiun terdapat kandungan logam berat Pb. Jika disesuaikan dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup yaitu No. 51/MENLH/1/2004 mengenai baku mutu air laut, maka pada stasiun I sampai stasiun VI sudah melewati baku mutu air laut, sedangkan pada stasiun VII sampai stasiun XII belum melewati ambang batas baku mutu air laut.

Kadar Pb yang telah melewati ambang batas perlu diwaspadai mengingat toksisitas Pb cukup tinggi, bersifat kronis dan akut serta kumulatif. Tingginya konsentrasi Pb pada beberapa stasiun penelitian yang telah melewati standar baku mutu air laut sudah sangat mengkhawatirkan bagi organisme perairan (Hutagalung dan Hamidah, 1982).

Daya racun yang dimiliki oleh logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Konsentrasi Pb yang tinggi pada beberapa stasiun penelitian juga dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap manusia, dimana logam Pb yang terkandung dalam air akan diserap oleh hewan-hewan air yang merupakan sumber pangan hewani manusia dan jika mengkonsumsi hewan tersebut, maka manusia secara tidak langsung menyerap logam Pb dari hewan itu. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan.



B. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd)

Hasil analisis kandungan logam berat kadmium (Cd) pada lokasi penelitian di sekitar Galangan Kapal Makassar dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

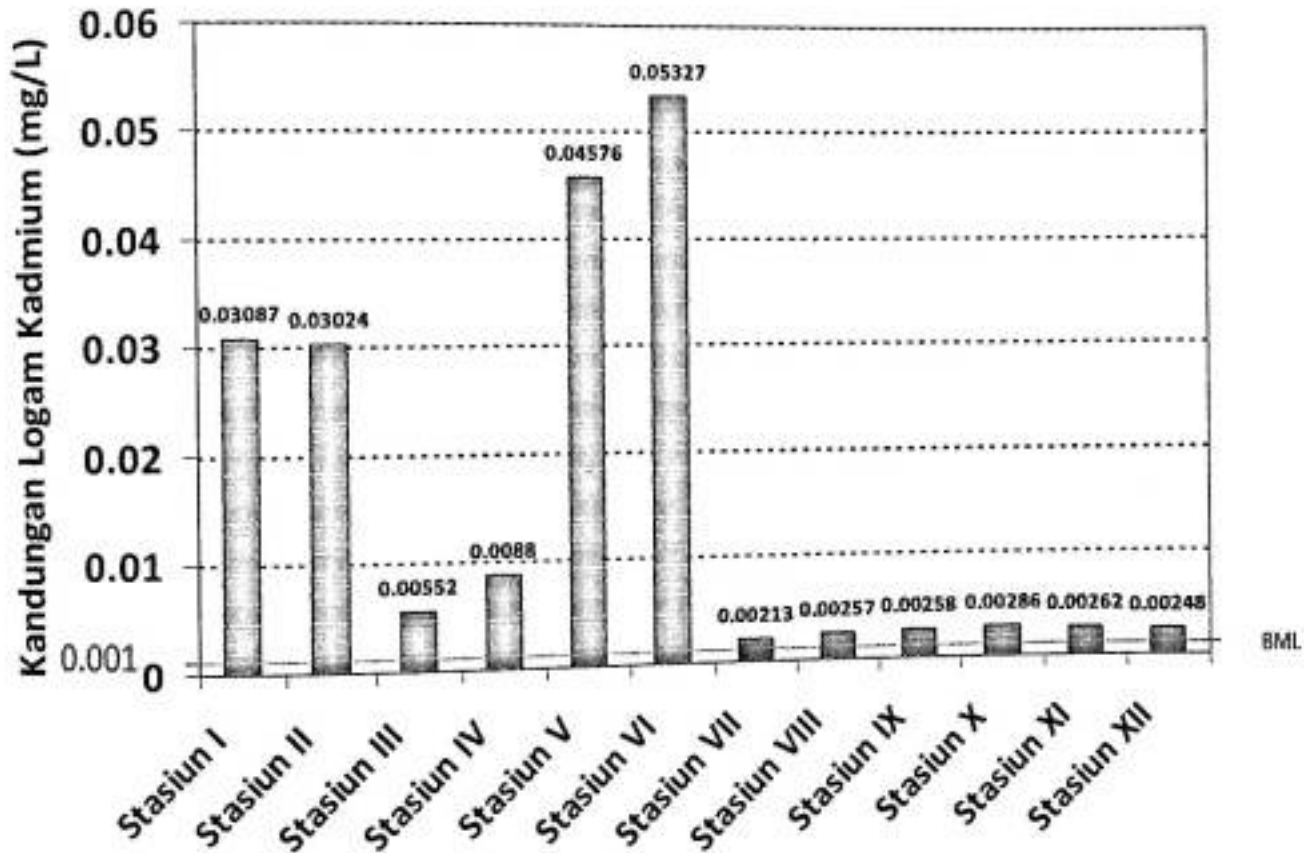
Tabel 3. Konsentrasi logam Kadmium (Cd) di stasiun penelitian.

| No. | Stasiun | Konsentrasi (mg/L) | Baku Mutu* | |
|-----|---------|--------------------|--------------------|------------|
| | | | Organisme Perairan | Pariwisata |
| 1. | I | 0,03087 | 0,001 | 0,002 |
| 2. | II | 0,03024 | | |
| 3. | III | 0,00552 | | |
| 4. | IV | 0,00880 | | |
| 5. | V | 0,04576 | | |
| 6. | VI | 0,05327 | | |
| 7. | VII | 0,00213 | | |
| 8. | VIII | 0,00257 | | |
| 9. | IX | 0,00258 | | |
| 10. | X | 0,00286 | | |
| 11. | XI | 0,00262 | | |
| 12. | XII | 0,00248 | | |

Keterangan : * Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut.

Konsentrasi logam berat Cd tertinggi diperoleh pada stasiun VI yaitu sebesar 0,05327 mg/L. Hal ini disebabkan karena pada stasiun VI yang merupakan muara kanal Paotere merupakan salah satu kanal yang menjadi sasaran pembuangan sampah oleh warga. Kanal Paotere ini menghubungkan kanal yang berada di wilayah Pasar Terong. Pada kanal Terong ini banyak terdapat sampah-sampah baik organik maupun anorganik. Sampah-sampah ini beberapa diantaranya akhirnya terbuang ke laut mengikuti aliran air. Sedangkan beberapa lagi mengendap di dasar kanal yang lama-kelamaan menyebabkan kanal menjadi dangkal.

Seperti halnya kandungan logam Pb, kandungan logam Cd yang tinggi juga didapatkan pada stasiun yang berada di dalam kolam pelabuhan. Sedangkan untuk konsentrasi logam berat Cd terendah terdapat pada stasiun VII yaitu sebesar 0,00213 mg/L.



Gambar 4. Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) di Stasiun Penelitian.

Gambar 4 menunjukkan bahwa secara umum konsentrasi kadmium (Cd) pada semua stasiun telah melampaui standar baku mutu air laut, baik untuk organisme perairan, maupun bagi peruntukan pariwisata (lihat Tabel 3).

Keberadaan logam berat Cd di lokasi penelitian disebabkan karena adanya berbagai aktivitas seperti perbaikan kapal, pengoperasian kapal-kapal nelayan, serta aktivitas penduduk yang bermukim disekitar galangan kapal yang kesehariannya membuang limbah rumah tangga secara langsung ke dalam

perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Palar (1994) bahwa logam Cd masuk ke dalam perairan sebagai akibat industri galangan kapal dan buangan limbah rumah tangga.

C. Parameter Oseanografi

Hasil penelitian terhadap parameter kimia-fisika meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut (DO), derajat keasaman (pH) dan arus disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Suhu, Salinitas, Oksigen Terlarut (DO), Derajat Keasaman (pH) dan Arus

| No | Stasiun | Suhu (°C) | Salinitas (‰) | DO (mg/L) | pH | Arus | | |
|----|---------|-----------|---------------|-----------|-----|-----------|---------------|-------------------|
| | | | | | | Arah (°N) | Waktu (detik) | Kecepatan (m/det) |
| 1 | I | 28 | 28 | 3,64 | 7,8 | 35 | 3' 32" | 0,02 |
| 2 | II | 28 | 28,5 | 3,89 | 7,8 | 180 | 1' 32" | 0,05 |
| 3 | III | 28 | 29 | 4,68 | 8,0 | 90 | 1' 41" | 0,05 |
| 4 | IV | 28,5 | 29 | 4,19 | 7,9 | 45 | 56" | 0,09 |
| 5 | V | 28 | 21 | 2,98 | 7,6 | 35 | 1' 32" | 0,05 |
| 6 | VI | 28 | 16 | 2,09 | 7,5 | 350 | 1' 22" | 0,06 |
| 7 | VII | 27,5 | 28 | 4,74 | 8,1 | 70 | 37" | 0,14 |
| 8 | VIII | 27,5 | 29 | 4,56 | 8,0 | 75 | 49" | 0,10 |
| 9 | IX | 28 | 28,5 | 5,16 | 7,9 | 175 | 58" | 0,09 |
| 10 | X | 28,5 | 29 | 4,08 | 8,2 | 60 | 44" | 0,16 |
| 11 | XI | 27,5 | 28,5 | 4,32 | 8,0 | 70 | 26" | 0,19 |
| 12 | XII | 27,5 | 28,5 | 4,73 | 8,1 | 70 | 33" | 0,11 |

1. Suhu

Hasil pengukuran yang didapatkan menunjukkan bahwa ukuran suhu pada setiap stasiun tidak jauh berbeda yaitu 27,5 – 28,5 °C. Suhu yang didapatkan untuk semua stasiun masih mendukung sistem kehidupan organisme perairan di sekitar lokasi pengambilan sampel.

Dari hasil pengukuran suhu yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada stasiun yang memiliki konsentrasi logam berat yang lebih tinggi didapatkan kisaran suhu yang lebih tinggi pula. Demikian juga sebaliknya, pada stasiun yang

memiliki konsentrasi logam berat yang lebih rendah didapatkan kisaran suhu yang rendah. Pada saat suhu bertambah maka renggang afinitas ion logam berat ikut meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saeni (1989) yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu, konsentrasi logam berat cenderung semakin tinggi dan sebaliknya rendah suhu konsentrasi logam berat cenderung semakin rendah.

2. Salinitas

Hasil pengukuran salinitas pada lokasi pengambilan sampel sangat berfluktuasi, dengan kisaran 16 – 29 ‰. Untuk stasiun V dan VI didapatkan salinitas yang agak berbeda dibandingkan dengan stasiun lainnya. Rendahnya salinitas di stasiun V dan VI ini disebabkan karena posisi stasiun VI berada pada muara Kanal Paotere yang merupakan terusan dari Kanal Terong, dan stasiun V merupakan arah aliran air yang berasal dari Kanal Paotere.

Kondisi seperti ini sesuai dengan pendapat Supardi (1984) bahwa di perairan pantai salinitas bisa ditemukan lebih rendah karena terjadi proses pengenceran oleh aliran air tawar dari darat dan pengaruh aliran sungai.

Dari hasil pengukuran salinitas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam berat cenderung lebih tinggi pada kisaran salinitas yang lebih rendah.

3. Oksigen Terlarut

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang terukur memperlihatkan nilai yang cukup bervariasi. Pada stasiun V dan stasiun VI didapatkan kandungan oksigen terlarut yang cukup rendah yaitu sebesar 2,98 mg/L dan 2,09 mg/L. Ini disebabkan karena pada stasiun V dan VI terdapat masukan endapan lumpur tersuspensi dalam jumlah yang cukup banyak yang berasal dari pengerukan kanal yang berada di sekitar wilayah Pattingalloang. Partikel tersuspensi tersebut

mengakibatkan kekeruhan dan menghalangi penetrasi cahaya ke dalam kolom air.

Berfluktuasinya konsentrasi oksigen terlarut yang didapat disebabkan oleh berfluktuasinya suhu pada setiap stasiun pengambilan sampel, sehingga semakin tinggi suhu perairan mengakibatkan konsentrasi oksigen terlarut semakin rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat Wardhana (1995) bahwa makin tinggi kenaikan suhu air makin sedikit oksigen yang terkandung didalamnya.

Jika kita melihat kriteria tingkat pencemaran perairan berdasarkan kandungan oksigen terlarut (Dojilido dan Best, 1993) maka dari hasil pengukuran oksigen terlarut pada semua stasiun dapat dikelompokkan menjadi dua kriteria. Pertama, kondisi tercemar sedang (4,5 – 6,6) ditemukan pada stasiun III, VII, VIII, IX dan XII. Kedua, kondisi tercemar berat (< 4,5) ditemukan pada stasiun I, II, IV, V, VI, X, XI.

Hasil pengukuran oksigen terlarut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan oksigen terlarut maka semakin rendah konsentrasi logam beratnya. Demikian pula sebaliknya semakin rendah oksigen terlarut maka konsentrasi logam beratnya akan semakin tinggi.

4. Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) pada semua stasiun menunjukkan nilai yang tidak terlalu bervariasi. Kisaran pH yang didapatkan untuk semua stasiun masih mendukung sistem kehidupan organisme perairan di sekitar lokasi pengambilan sampel. Nilai pH yang lebih rendah yaitu 7,5 didapatkan pada stasiun VI. Sedangkan nilai pH yang lebih tinggi yaitu 8,2 didapatkan pada stasiun X.

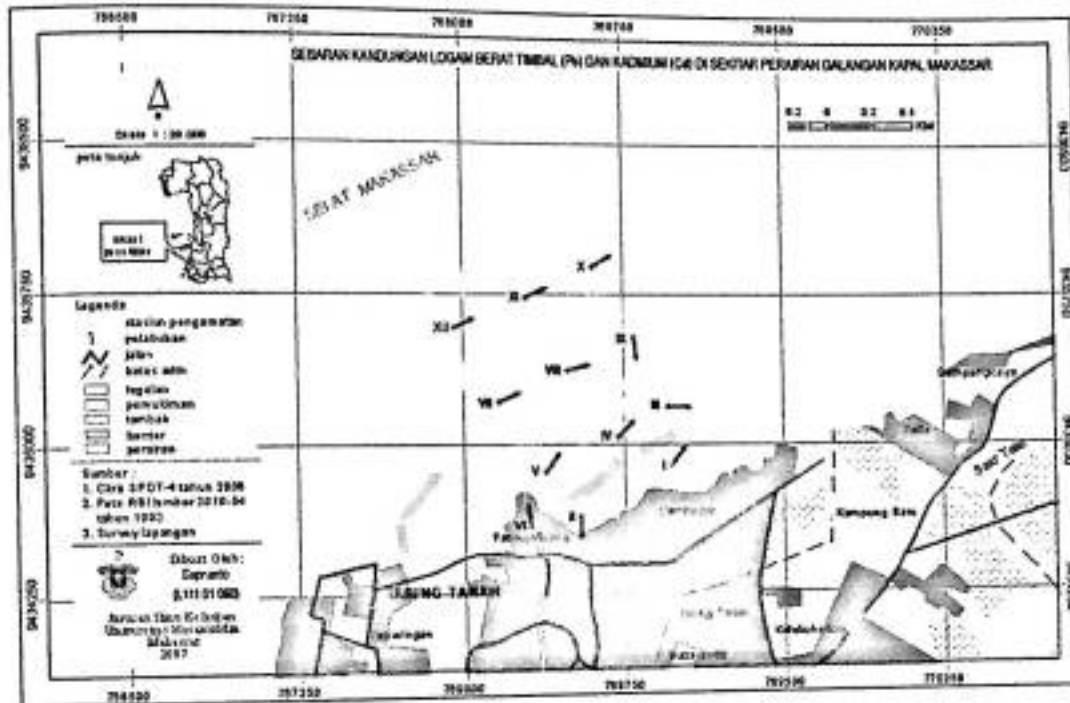
Nilai pH penting dipertimbangkan, karena dapat mempengaruhi proses dan kecepatan reaksi kimia di dalam air. Sastrawijaya (1991) mengingatkan kita

bahwa pada umumnya jika pada pH air itu kurang dari 7 atau lebih dari 8,5 kita harus hati-hati karena mungkin ada pencemaran yang berasal dari buangan zat-zat kimia.

Hasil pengukuran pH menunjukkan bahwa kisaran pH yang lebih rendah didapatkan pada stasiun yang memiliki konsentrasi logam berat yang lebih tinggi. Demikian pula sebaliknya nilai pH yang lebih tinggi didapatkan pada stasiun yang memiliki konsentrasi logam berat yang lebih rendah.

5. Arus

Kecepatan dan arah arus pada tiap-tiap stasiun relatif berbeda. Pada bagian dalam kolam pelabuhan, kecepatan pergerakan arusnya lebih lambat dibandingkan dengan kecepatan arus pada bagian luar kolam pelabuhan. Pergerakan arus berpengaruh terhadap pola sebaran logam berat, karena arus menyebabkan terjadinya perpindahan massa air yang di dalamnya terjadi proses pembilasan, pencampuran, pengenceran maupun pengikisan. Selain itu juga, pergerakan arus dapat menyebabkan perpindahan material endapan dasar perairan menjadi partikel tersuspensi dan begitu pula sebaliknya, lemahnya pergerakan arus dapat menyebabkan beberapa material tersuspensi akan mengendap di dasar perairan (Hutagalung, 1994).

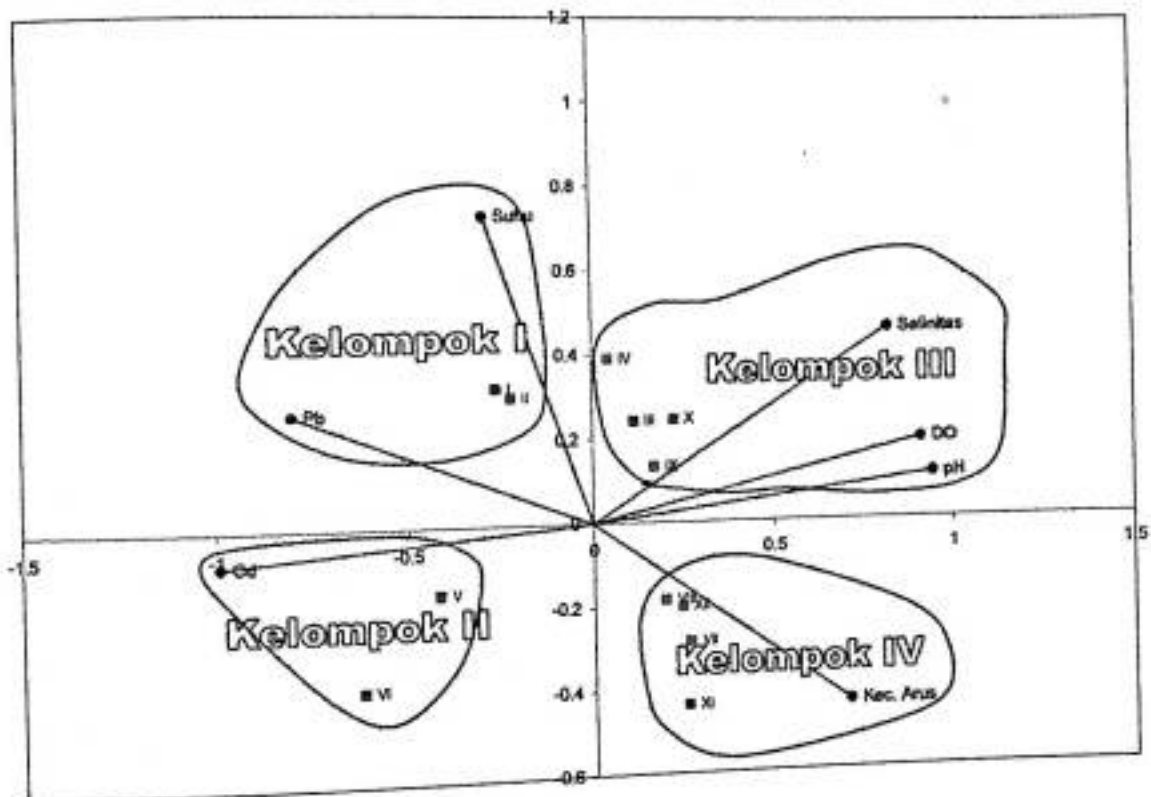


Gambar 5. Arah Arus Pada Saat Pengambilan Sampel

Arus tidak berpengaruh secara langsung terhadap konsentrasi logam berat, akan tetapi lebih berpengaruh terhadap perpindahan massa air yang berada pada kolom perairan. Dari hasil pengukuran kecepatan arus yang dilakukan, pada stasiun yang berada di dalam kolam pelabuhan memiliki kecepatan arus yang lebih lambat dibandingkan dengan stasiun yang berada di luar kolam pelabuhan. Hal ini disebabkan karena pada stasiun yang berada di luar kolam pelabuhan terjadi perpindahan massa air yang lebih leluasa dibandingkan dengan massa air yang berada di dalam kolam pelabuhan. Pada stasiun yang berada di dalam kolam pelabuhan, pergerakan arus terbatas pada mulut kolam pelabuhan dan terjadi pada saat adanya arus pasang dan surut saja.

D. Hubungan Parameter Oseanografi Terhadap Konsentrasi Logam Berat

Untuk melihat hubungan antara parameter oseanografi yang terukur terhadap konsentrasi logam berat, disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 6. Grafik *Principal Components Analysis (PCA)* Hubungan Konsentrasi Logam Berat dengan Parameter Oseanografi yang Terukur.

Pengelompokan dari gambar di atas dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. Kelompok Pencirian Berdasarkan Data *Principal Components Analysis*

| Kelompok Parameter | I | II | III | IV |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Timbal (Pb) | Tinggi | Sedang | Rendah | Rendah |
| Kadmium (Cd) | Sedang | Tinggi | Rendah | Rendah |
| Suhu | Sedang | Sedang | Tinggi | Rendah |
| Salinitas | Tinggi | Rendah | Tinggi | Tinggi |
| Oksigen Terlarut (DO) | Sedang | Rendah | Tinggi | Tinggi |
| Derajat Keasaman (pH) | Sedang | Rendah | Sedang | Tinggi |
| Kecepatan Arus | Rendah | Rendah | Sedang | Tinggi |

1. Kelompok I (Stasiun I dan II), dicirikan dengan kandungan logam berat Pb yang tinggi, logam berat Cd yang sedang, suhu yang sedang, salinitas yang tinggi, DO yang sedang, pH yang sedang, dan kecepatan arus yang rendah.
2. Kelompok II (Stasiun V dan VI), dicirikan dengan kandungan logam berat Pb yang sedang, logam berat Cd yang tinggi, suhu yang sedang, salinitas yang rendah, DO yang rendah, pH yang rendah, dan kecepatan arus yang rendah.
3. Kelompok III (Stasiun III, IV, IX dan X), dicirikan dengan kandungan logam berat Pb yang rendah, logam berat Cd yang rendah, suhu yang tinggi, salinitas yang tinggi, DO yang tinggi, pH yang sedang, dan kecepatan arus yang sedang.
4. Kelompok IV (Stasiun VII, VIII, XI dan XII), dicirikan dengan kandungan logam berat Pb yang rendah, logam Cd yang rendah, suhu yang rendah, salinitas yang tinggi, DO yang tinggi, pH yang tinggi, dan kecepatan arus yang tinggi (lihat lampiran 8, halaman 45).

Secara umum grafik diatas menunjukkan bahwa pada saat konsentrasi logam berat tinggi, maka didapatkan kisaran parameter oseanografi sebagai berikut yaitu :

- pH (derajat keasaman) lebih rendah
- Suhu lebih tinggi
- Salinitas lebih rendah
- Kecepatan arus lebih rendah
- DO (oksigen terlarut) lebih rendah

Sedangkan pada saat konsentrasi logam berat rendah, maka didapatkan kisaran parameter oseanografi sebagai berikut ;

- pH (derajat keasaman) lebih tinggi
- Suhu lebih rendah
- Salinitas lebih tinggi
- Kecepatan arus lebih tinggi
- DO (oksigen terlarut) lebih tinggi

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian sebaran kandungan logam Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) disekitar Galangan Kapal Makassar, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sebaran kandungan logam berat Timbal (Pb) dan logam berat Kadmium (Cd) yang berada di dalam kolam pelabuhan konsentrasinya lebih tinggi, dibandingkan dengan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) dan logam berat Kadmium (Cd) yang berada di luar kolam pelabuhan.
2. Sebaran kandungan logam berat Timbal (Pb) tertinggi didapatkan pada stasiun II yaitu 0,14658 mg/L dan terendah didapatkan pada stasiun IX yaitu 0,00041 mg/L, sedangkan sebaran kandungan logam berat Kadmium (Cd) tertinggi didapatkan pada stasiun VI yaitu sebesar 0,05327 mg/L dan terendah didapatkan pada stasiun VII yaitu sebesar 0,00213 mg/L.
3. Konsentrasi kandungan logam berat Timbal (Pb) pada stasiun I – VI telah melewati ambang batas, sedangkan pada stasiun VII – XII belum melewati ambang batas.
4. Konsentrasi kandungan logam berat Kadmium (Cd) pada semua stasiun telah melewati ambang batas.

B. Saran

Karena nilai konsentrasi Pb dan Cd yang sudah cukup tinggi maka perlu upaya pengelolaan limbah sebelum dibuang ke laut. Selain itu juga perlu pemantauan kualitas perairan secara berkala terutama kandungan logam berat khususnya di wilayah perairan Galangan Kapal dan umumnya di wilayah perairan Makassar oleh Pemerintah Kota Makassar, dan pengawasan yang ketat terhadap masyarakat sekitar untuk tidak membuang sampah dan limbah secara langsung ke perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyd, C. E. 1991. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Fourth Printing University Agricultural Experiment Station, Alabama, USA. 359 p.
- Clark, R. B. 1989. *Marine Pollution*. Second Edition. Clarendon Press. Oxford.
- Connel, D. W. dan Gregory, J. M. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Daintith, J. 1999. *Kamus Lengkap Kimia*. Erlangga. Jakarta.
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Dojilido, Jan, R. dan Best Gerald, A. 1993. *Chemistry Of Water And Water Population*. Ellies Harwood. Limited. England.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Geyer, R.A. 1981. *Marine Environmental Pollution 2*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam Oxford. New York.
- Hutabarat, S. dan Evans, S.M. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1994. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Klein, 1974. *Sources of Metals Pollution*. In New York City Waste Water. Water Pollution Control Fed. 46.29693.1974.
- Kunarso dan Ruyitno, 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*. Dalam status pencemaran laut di Indonesia. LON. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Lendriani, B. 1989. *Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb dalam Tubuh Udang Windu yang Dibudidayakan di Pertambakan Pantai Jakarta*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Mance, G. 1990. *Threat of Heavy Metal in Aquatic Environment*. Occurance Analysis and Biological Relevance. New York.
- MENLH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/2004 tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut. Jakarta.
- Miller, G. T. 1992. *Living in the Environment*. Seventh edition. Wadsworth Publishing Company, California. 705 p.
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Noor, A. 1997. *Kimia Unsur Runut*. Laboratorium Kimia Radiasi. MIPA. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Novotny, V dan Olem, H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrans Reinhold, New York. 1054 p.
- Nybakken, J. W. 1996. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. Penerbit Gramedia. Jakarta
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Co. Philadelphia.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Bhineka Cipta Jakarta.
- Oehme, F. W. 1978. *Toxicity of Heavy Metal in Environmental Part 1 and Part 2*. Marcel Dehsser Inc. New York.
- Philips, D. J. 1980. *Proposal for Monitoring Studies on the Contamination of the East Asia Seas by Trace Metals and Organic Klorines*. FAO. Manila
- Razak, 1980. *Pengaruh Logam Berat terhadap Lingkungan*. Pewarta Oseana Vol.VI. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta. Hal 15-19.
- Saeni, 1989. *Kimia Lingkungan*. PAV Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sastrawijaya, T.A. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Penerbit PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Supardi, I. 1984. *Lingkungan Hidup dan Kelestariannya*. Penerbit Alumni. Jakarta.

- Tamsil, 2000. ***Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium, Timbal, Arsen, Tembaga dan Seng di Pesisir Pantai Kota Makassar***. Laporan Penelitian bidang Kualitas Lingkungan Hidup. Fakultas Peikanan dan Kelautan. Universitas Muslim Indonesia. Makassar.
- Tinsley, I. J. 1979. ***Chemical Concepts in Pollutant Behavior***. John Willey & Sons, New York. ***dalam*** Connel. D. W. dan Gregory, J. M. 1995. ***Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran***. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Waldichuk, M. 1974. ***Some Biological Concern in Metal Pollution***. Academic Press. London.
- Wardhana, W.A. 1995. ***Dampak Pencemaran Lingkungan***. Andi Offset. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Beberapa Stasiun di Wilayah Perairan Galangan Kapal Makassar.

| NO | Stasiun | Timbal (Pb) mg/Liter | Kadmium (Cd) mg/Liter |
|----|---------|----------------------|-----------------------|
| 1 | I | 0,13332 | 0,03087 |
| 2 | II | 0,14658 | 0,03024 |
| 3 | III | 0,01097 | 0,00552 |
| 4 | IV | 0,01591 | 0,00880 |
| 5 | V | 0,06303 | 0,04576 |
| 6 | VI | 0,09437 | 0,05327 |
| 7 | VII | 0,00298 | 0,00213 |
| 8 | VIII | 0,00190 | 0,00257 |
| 9 | IX | 0,00041 | 0,00258 |
| 10 | X | 0,00069 | 0,00286 |
| 11 | XI | 0,00075 | 0,00262 |
| 12 | XII | 0,00071 | 0,00248 |

Lampiran 2. Suhu Pada Tiap-Tiap Stasiun

| No | Stasiun | Suhu (°C) |
|----|---------|-----------|
| 1 | I | 28 |
| 2 | II | 28 |
| 3 | III | 28 |
| 4 | IV | 28,5 |
| 5 | V | 28 |
| 6 | VI | 28 |
| 7 | VII | 27,5 |
| 8 | VIII | 27,5 |
| 9 | IX | 28 |
| 10 | X | 28,5 |
| 11 | XI | 27,5 |
| 12 | XII | 27,5 |



Lampiran 3. Salinitas Pada Tiap-Tiap Stasiun

| No | Stasiun | Salinitas (‰) |
|----|---------|---------------|
| 1 | I | 28 |
| 2 | II | 28,5 |
| 3 | III | 29 |
| 4 | IV | 29 |
| 5 | V | 21 |
| 6 | VI | 16 |
| 7 | VII | 28 |
| 8 | VIII | 29 |
| 9 | IX | 28,5 |
| 10 | X | 29 |
| 11 | XI | 28,5 |
| 12 | XII | 28,5 |

Lampiran 4. Oksigen Terlarut (DO) Pada Tiap-Tiap Stasiun

| No | Stasiun | Nilai Oksigen Terlarut (mg/L) |
|----|---------|-------------------------------|
| 1 | I | 3,64 |
| 2 | II | 3,89 |
| 3 | III | 4,68 |
| 4 | IV | 4,19 |
| 5 | V | 2,98 |
| 6 | VI | 2,09 |
| 7 | VII | 4,74 |
| 8 | VIII | 4,56 |
| 9 | IX | 5,16 |
| 10 | X | 4,08 |
| 11 | XI | 4,32 |
| 12 | XII | 4,73 |

Lampiran 5. Derajat Keasaman (pH) Pada Tiap-Tiap Stasiun

| No | Stasiun | Derajat Keasamaan (pH) |
|----|---------|------------------------|
| 1 | I | 7,8 |
| 2 | II | 7,8 |
| 3 | III | 8.0 |
| 4 | IV | 7,9 |
| 5 | V | 7,6 |
| 6 | VI | 7,5 |
| 7 | VII | 8.1 |
| 8 | VIII | 8.0 |
| 9 | IX | 7,9 |
| 10 | X | 8.2 |
| 11 | XI | 8.0 |
| 12 | XII | 8.1 |

Lampiran 6. Arah dan Kecepatan Arus Pada Tiap-Tiap Stasiun

| No | Stasiun | Arah Arus (°N) | Waktu (detik) | Kecepatan (m/det) |
|----|---------|----------------|---------------|-------------------|
| 1 | I | 35 | 3' 32" | 0,02 |
| 2 | II | 180 | 1' 32" | 0,05 |
| 3 | III | 90 | 1' 41" | 0,05 |
| 4 | IV | 45 | 56" | 0,09 |
| 5 | V | 35 | 1' 32" | 0,05 |
| 6 | VI | 350 | 1' 22" | 0,08 |
| 7 | VII | 70 | 37" | 0,14 |
| 8 | VIII | 75 | 49" | 0,10 |
| 9 | IX | 175 | 58" | 0,09 |
| 10 | X | 60 | 44" | 0,16 |
| 11 | XI | 70 | 26" | 0,19 |
| 12 | XII | 70 | 33" | 0,11 |

Keterangan : X = 5 meter

Lampiran 7. Nilai Koordinat PCA (*Principal Components Analysis*)**V matrix of the U LAMBDA V' decomposition**

| | | |
|--------------|----------|----------|
| Pb | -0.37357 | 0.260502 |
| Cd | -0.46168 | -0.0778 |
| Suhu | -0.13512 | 0.709381 |
| Salinitas | 0.383264 | 0.445608 |
| DO | 0.42464 | 0.186581 |
| pH | 0.439829 | 0.105242 |
| Kec. Arus | 0.329207 | -0.42239 |

U matrix of the U LAMBDA V' decomposition

| | | |
|------|----------|----------|
| I | -0.26017 | 0.324842 |
| II | -0.21924 | 0.302727 |
| III | 0.114988 | 0.242611 |
| IV | 0.044987 | 0.39114 |
| V | -0.41552 | -0.15702 |
| VI | -0.61951 | -0.37821 |
| VII | 0.263465 | -0.28497 |
| VIII | 0.197277 | -0.18431 |
| IX | 0.168342 | 0.134222 |
| X | 0.225568 | 0.245073 |
| XI | 0.256816 | -0.43577 |
| XII | 0.242994 | -0.20034 |

Singular and eigenvalues for the SVD (U LAMBDA V')

| Singular values | Eigen values | Cumulative % of Eigenvalues |
|-----------------|--------------|-----------------------------|
| 2.145195 | 4.601862 | 0.657409 |
| 1.031348 | 1.06368 | 0.809363 |

| | |
|---------------------------|---|
| <i>Sum of eigenvalues</i> | 7 |
|---------------------------|---|

Lampiran 8. Indeks Kelompok Pencirian Berdasarkan Data *Principal Components Analysis*

| Parameter \ Kategori | Rendah (*) | Sedang (*) | Tinggi (*) |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Timbal (Pb) | 0,00041 – 0,04913 | 0,04914 – 0,09785 | 0,09786 – 0,14658 |
| Kadmium (Cd) | 0,00213 – 0,01917 | 0,01918 – 0,03621 | 0,03622 – 0,05327 |
| Suhu (°C) | 27,5 | 28 | 28,5 |
| Salinitas (‰) | 16 – 20 | 21 - 25 | 26 – 29 |
| Oksigen Terlarut (mg/L) | 2,09 – 3,11 | 3,12 – 4,14 | 4,15 – 5,16 |
| Derajat Keasaman | 7,5 – 7,7 | 7,8 – 8,0 | 8,1 – 8,2 |
| Kecepatan Arus (m/det) | 0,02 – 0,07 | 0,08 – 0,13 | 0,14 – 0,19 |

Keterangan : (*) = pembagian kategori dari masing-masing parameter berdasarkan data hasil pengamatan pada semua stasiun di lokasi penelitian yang diukur pada tanggal 8 Agustus 2007.
 Rendah = 1/3 range
 Sedang = 2/3 range
 Tinggi = 3/3 range

Lampiran 9. Posisi GPS (*Global Positioning System*)

| No | Stasiun | Posisi | |
|----|---------|--------|---------|
| | | X (°) | Y (°) |
| 1 | I | 769099 | 9434916 |
| 2 | II | 768557 | 9434664 |
| 3 | III | 768938 | 9435234 |
| 4 | IV | 768627 | 9435036 |
| 5 | V | 768323 | 9434874 |
| 6 | VI | 768275 | 9434653 |
| 7 | VII | 768662 | 9435560 |
| 8 | VIII | 768360 | 9435416 |
| 9 | IX | 768050 | 9435262 |
| 10 | X | 768354 | 9435952 |
| 11 | XI | 768089 | 9435810 |
| 12 | XII | 767826 | 9435670 |

Lampiran 10. Standar Baku Mutu Air Laut untuk Parameter Logam Berat Menurut SK MENKLH No. 51/2004

Untuk Organisme Perairan

| No. | Parameter | Satuan | Baku Mutu |
|-----|--------------|--------|-----------|
| 1. | Raksa (Hg) | mg/L | 0,001 |
| 2. | Crom (Cr) | mg/L | 0,005 |
| 3. | Arsen (As) | mg/L | 0,012 |
| 4. | Kadmium (Cd) | mg/L | 0,001 |
| 5. | Tembaga (Cu) | mg/L | 0,008 |
| 6. | Timbal (Pb) | mg/L | 0,008 |
| 7. | Seng (Zn) | mg/L | 0,05 |
| 8. | Nikel (Ni) | mg/L | 0,05 |

Untuk Pariwisata

| No. | Parameter | Satuan | Baku Mutu |
|-----|--------------|--------|-----------|
| 1. | Raksa (Hg) | mg/L | 0,002 |
| 2. | Crom (Cr) | mg/L | 0,002 |
| 3. | Arsen (As) | mg/L | 0,025 |
| 4. | Kadmium (Cd) | mg/L | 0,002 |
| 5. | Tembaga (Cu) | mg/L | 0,05 |
| 6. | Timbal (Pb) | mg/L | 0,005 |
| 7. | Seng (Zn) | mg/L | 0,095 |
| 8. | Nikel (Ni) | mg/L | 0,075 |