

**Distribusi Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Perairan Pulau Bunguran, Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau.**

Randi Normansyah\*, Yayat Dhahiyat\*\* dan Titin Herawati\*\*

\*)Alumni Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad

\*\*)Staf Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi logam berat Pb dan Cu dalam air dan sedimen, membandingkan kadar logam berat tersebut dengan baku mutu untuk mengetahui tingkat pencemaran perairan, serta mengetahui hubungan antara kandungan logam berat di air dan sedimen di Perairan Pulau Bunguran, Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau. Lokasi pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada 12 titik stasiun pengamatan dan analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Pencemaran Logam Berat P2O-LIPI, Jakarta. Dari hasil penelitian diperoleh data kandungan logam timbal (Pb) dalam air berkisar antara 0,002-0,004 ppm dengan rata-rata sebesar 0,003 ppm, kandungan Cu dalam air tidak terdeteksi (<0,001 ppm)-0,001 ppm, bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut berdasarkan KEPMENLH/51/2004, kandungan logam Pb dan Cu dalam air masih berada dibawah ambang batas. Kandungan Pb dalam sedimen berkisar antara 3,27-19,1 ppm dengan rata-rata sebesar 9,05 ppm dan kandungan Cu berkisar antara 1,79-6,47 ppm dengan rata-rata sebesar 4,06 ppm, kandungan Pb dan Cu dalam sedimen tersebut masih berada dibawah ambang batas baku mutu yang dikeluarkan oleh negara Australia dan Selandia Baru (ANZECC/ARMCANZ, 2000).

Kata Kunci: berat, logam, perairan, tembaga, timbal

**ABSTRACT**

This research was conducted to know the distribution of lead and copper heavy metals in water and sediments, compared the levels of heavy metals with quality standards for levels of water pollution, and determine the relationship between heavy metal content in water and sediments of Bunguran Island, Natuna Regency, Riau Islands Province. Location of water and sediment sampling conducted at 12 points of observation stations in the waters of the Bunguran Island and heavy metal content analysis conducted at the Laboratory of heavy metal Pollution, P2O-LIPI, Jakarta. The observation in the Bunguran Island Waters found the metal content of lead (Pb) data in water ranged from 0,002 to 0,004 ppm with an average of 0,003 ppm, Cu content in the water was not detected (<0,001 ppm)-0,001 ppm, compared with Sea Water Quality Standard by the Minister of Environment Decree No. 51 of 2004, Pb and Cu content in water is below the threshold of good quality standard. Pb in the sediments ranged from 3,27 to 19,1 ppm with an average of 9,05 ppm, the metal content of copper (Cu) ranged between 1,79 to 6,47 ppm with an average of 4,06 ppm. The metal content of Pb and Cu in these sediments is below from The State of Australia and New Zealand sediment quality standard (ANZECC/ARMCANZ, 2000).

Key word: copper, heavy, lead, waters, metal

## PENDAHULUAN

Pesisir dan laut dikenal sebagai kawasan yang mengandung kekayaan alam potensial untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, diantaranya dari sisi sumber daya perikanan, sumber daya mineral dan tambang, sumber daya bahan obat-obatan, sumber daya energi alternatif dari arus dan gelombang, serta sumber daya alami untuk media transportasi, pertahanan keamanan, dan pariwisata (Dahuri dkk., 1996; Mukhtasor, 2007). Di samping potensi dan kekayaan sumber daya alam tersebut, wilayah pesisir dan laut sangat rentan terhadap perubahan lingkungan yang dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan.

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kualitas lingkungan wilayah pesisir dan laut salah satunya adalah akibat adanya pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran oleh logam berat. Pencemaran oleh logam berat tidak hanya membahayakan bagi kehidupan organisme laut yang akhirnya dapat menyebabkan kerusakan ekosistem tetapi juga dapat membahayakan kesehatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung.

Logam berat masuk ke wilayah perairan melalui sumber alami dan kegiatan manusia. Secara alami logam berat masuk ke perairan melalui kulit bumi yang menyebabkan konsentrasi alami logam berat di laut, namun dalam jumlah yang sangat rendah (Waldichuk, 1974 dalam Mukhtasor, 2007). Sumber terbesar masuknya logam berat ke laut adalah dari buangan kota dan buangan industri. Limbah tersebut mengalirkan cemaran logam berat melalui sungai, *outfall*, dan pembuangan langsung ke laut. Zat-zat pencemar yang masuk ke dalam laut akhirnya akan dibawa dan disebarkan oleh proses-proses fisika kimia air laut.

Logam berat tembaga (Cu) merupakan salah satu contoh logam berat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan untuk proses metabolisme dalam tubuh organisme, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun (Fahrudin, 2010). Sedangkan logam berat timbal (Pb) bersifat tidak esensial yang keberadaannya masih belum

diketahui manfaatnya, akan tetapi bila jumlah dari logam berat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah berlebih, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh (Palar, 2004).

Pulau Bunguran termasuk kedalam Gugusan Pulau Natuna yang ada di wilayah Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau. Terletak di paling utara Indonesia dan berbatasan langsung dengan beberapa negara Asia Tenggara, berada di Perairan Laut Cina Selatan yang dikelilingi oleh laut dalam dan luas yang membuat perairan ini strategis untuk jalur dan arus lalu lintas pelayaran internasional. Potensi sumber daya alam yang dimiliki juga sangat besar seperti misalnya sumberdaya perikanan yang sangat melimpah hingga mencapai 1.197.520 ton (Dinas Kelautan Perikanan Kabupaten Natuna, 2005), ekosistem terumbu karang yang beraneka ragam, potensi wisata bahari, dan potensi minyak bumi dan gas alam yang sangat berlimpah. Agar kekayaan potensi sumber daya alam tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimal maka aspek kelestarian lingkungan harus selalu diperhatikan agar kualitas lingkungan perairan tetap terjaga.

Distribusi logam berat di Perairan Pulau Bunguran, terutama logam berat Pb dan Cu diduga bersumber dari limbah pertambangan minyak bumi dan gas alam yang disebarkan melalui proses fisika kimia perairan serta limbah dan buangan liar dari kapal karena letak Kabupaten Natuna yang menjadi arus lalu lintas pelayaran. Sampai saat ini belum ditemukan adanya kasus pencemaran logam berat di Perairan Pulau Bunguran, namun untuk menjaga serta mencegah terjadinya pencemaran oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian mengenai distribusi logam berat pada daerah tersebut.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian Laboratorium Pencemaran Logam Berat, Pusat Penelitian Oseanografi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O-LIPI) yang terletak di Jalan Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara, penelitian telah dilakukan pada bulan Oktober 2011.

Lokasi pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan pada 12 lokasi pengamatan, titik-titik stasiun pengambilan sampel dipilih mewakili Perairan Pulau Bunguran dengan sasaran untuk mendapatkan data yang representatif. Penentuan posisi stasiun dimulai dari yang dekat dengan daratan hingga menyebar kearah laut, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana distribusi logam berat baik posisi stasiun yang dekat daratan maupun stasiun yang kearah laut (Gambar 2). Analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Pencemaran Logam Berat, Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI, Jakarta.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Distribusi Timbal (Pb) dalam Air dan Sedimen

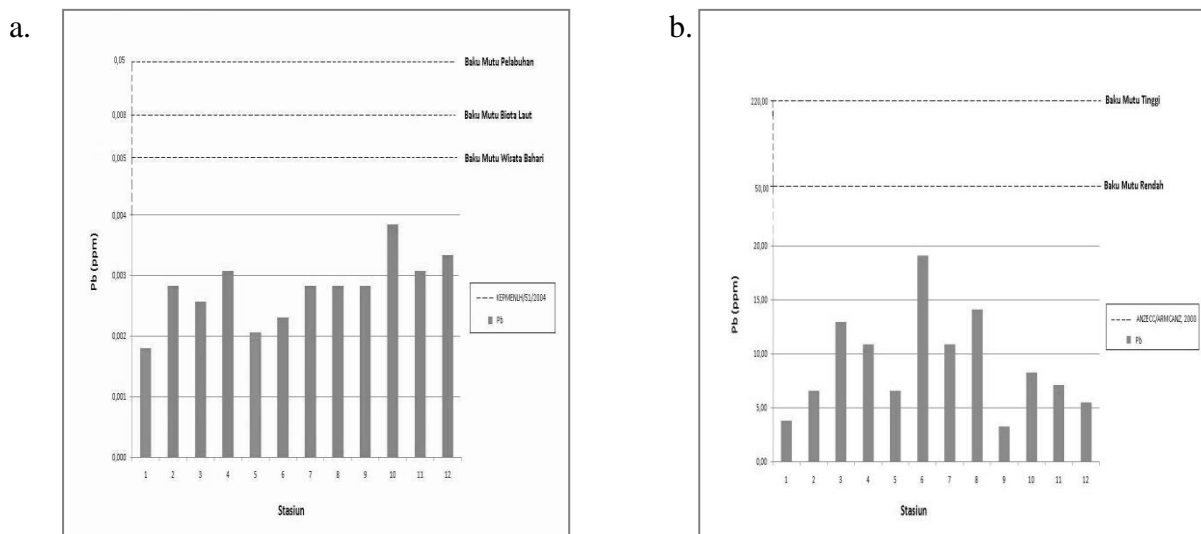
Kandungan Pb dalam air laut berkisar antara 0,002-0,004 ppm dengan rata-rata 0,003 ppm. Secara umum distribusi Pb hampir merata di setiap stasiun, kandungan logam Pb terbesar terdapat di stasiun 10 dengan konsentrasi mencapai 0,004 ppm, sedangkan kandungan Pb terkecil terdapat di stasiun 1, stasiun 5 dan stasiun 6 dengan konsentrasi 0,002 ppm.

Bila dibandingkan dengan Baku Mutu Air Laut berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51

Tahun 2004 yang dikeluarkan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup, kandungan Pb dalam air laut di Perairan Pulau Bunguran masih berada dibawah ambang batas baku mutu baik untuk biota laut (0,008 ppm), baku mutu untuk wisata bahari (0,005 ppm), maupun baku mutu untuk perairan pelabuhan (0,05 ppm). Kandungan logam Pb dalam air laut di Perairan Pulau Bunguran ini diduga berasal dari limbah buangan kapal yang melintas di wilayah perairan tersebut (Mukhtasor, 2007).

Kandungan logam berat Pb dalam sedimen yang rendah terdapat pada stasiun 9 dengan kandungan sebesar 3,27 ppm dan pada stasiun 1 dengan kandungan sebesar 3,79 ppm. Kandungan logam berat Pb yang tinggi terdapat pada stasiun 6 dengan kandungan mencapai 19,1 ppm dan pada stasiun 8 dengan kandungan sebesar 14,10 ppm.

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen di Perairan Pulau Bunguran, Kabupaten Natuna, Provinsi Kepulauan Riau masih sangat kecil bila dibandingkan dengan standar baku mutu sedimen untuk logam berat Pb di perairan yang dikeluarkan oleh Australia dan Selandia Baru (ANZECC/ARMCANZ, 2000). Kandungan Pb terbesar yang terdapat di Stasiun 6 dengan 19,1 ppm masih berada jauh dibawah ambang batas baku mutu Pb yang telah ditetapkan yaitu sebesar 50 mg/kg.

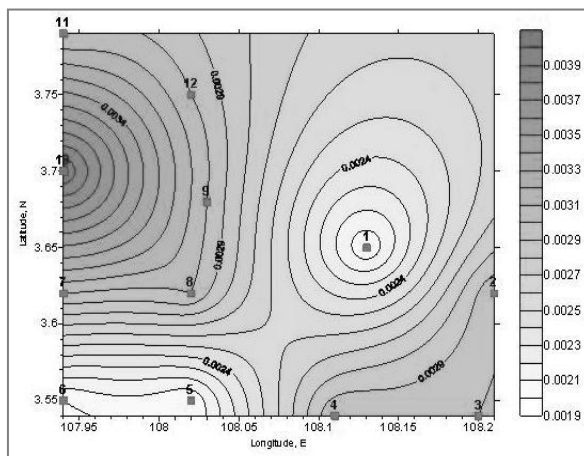


Gambar 1. Distribusi Logam Berat Pb dalam a). Air Laut, b). Sedimen

### Pola Distribusi Timbal (Pb) dalam Air dan Sedimen

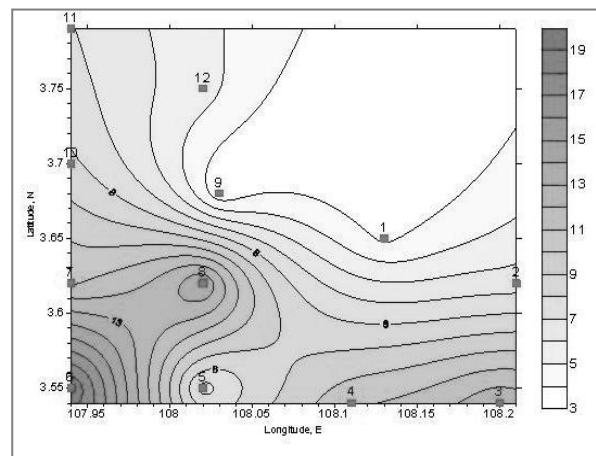
Distribusi logam berat di Perairan Pulau Bunguran diduga dipengaruhi oleh kecepatan dan pola arus pasang surut, sebagaimana laporan Dislutkan Natuna tahun 2005 kecepatan arus pada saat pasang berkisar antara 0,12-0,30 m/det dan kecepatan arus pada saat surut berkisar antara 0,6-0,12 m/det.

Peta sebaran logam timbal (Pb) dapat terlihat pada Gambar 10, berdasarkan gambar diatas dapat dilihat distribusi logam berat Pb dalam air yang terjadi di Perairan Pulau Bunguran dan sekitarnya, degradasi warna menyebutkan semakin pekat warna kontur maka kandungan logam berat semakin besar. Pada koordinat 3.64-3.65° LS dan 108.1-108.15° BT yang berada disekitar stasiun 1 mempunyai kandungan Pb terkecil, hal ini diduga karena perairan pada posisi tersebut terlindung oleh pulau-pulau kecil yang berada sekitarnya sehingga konsentrasi logam Pb di lokasi ini kecil. Sedangkan pada koordinat 3.65-3.75° LS dan 107.95-107.97° BT yang berada disekitar stasiun 10 mempunyai kandungan logam berat Pb tertinggi, ini dikarenakan posisi tersebut berada di wilayah laut lepas sehingga konsentrasi logam Pb yang relatif besar dapat mudah terdistribusi. (Birowo, 1976).



Distribusi logam berat Pb dalam sedimen (Gambar 10 b.) secara umum bervariasi, kandungan logam berat Pb pada koordinat 108.03-108.13° LS dan 3.65-3.68° BT tepatnya di bagian dekat dengan Selat Lampa (Stasiun 1) dan Perairan dekat dengan Pulau Kumbik (Stasiun 9) kandungannya rendah, keadaan ini diduga karena lokasi ini terlindungi oleh pulau-pulau yang ada disekitarnya (LIPI, 2006). Kandungan logam berat Pb tertinggi terletak di bagian barat daya (Stasiun 6 dan Stasiun 8) pada koordinat 107.95-108.02° LS dan 3.55-3.62° BT. Tingginya kandungan Pb di lokasi ini diduga karena letaknya yang berada di laut lepas sehingga kandungan Pb di Stasiun 6 (19,06 ppm) mudah terdistribusi, sumber Pb diduga berasal dari limbah kapal yang melintasi daerah tersebut (Birowo, 1976).

Distribusi logam berat Pb dalam air dan sedimen di Perairan Pulau Bunguran terlihat berbeda di bagian Barat Daya pada koordinat 3.55-3.62°LS dan 107.94-107.96° BT. Kandungan Pb dalam air rendah sedangkan kandungan Pb dalam sedimen tinggi (Tabel 2), hal ini dikarenakan sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non biodegradable*) dan bersifat akumulatif yang akan terus bertambah dan akhirnya mengendap pada sedimen (Mukhtasor, 2007).



(Gambar 2) Pola Distribusi Pb dalam Air Laut (Gambar 3) Pola Distribusi Pb dalam Sedimen

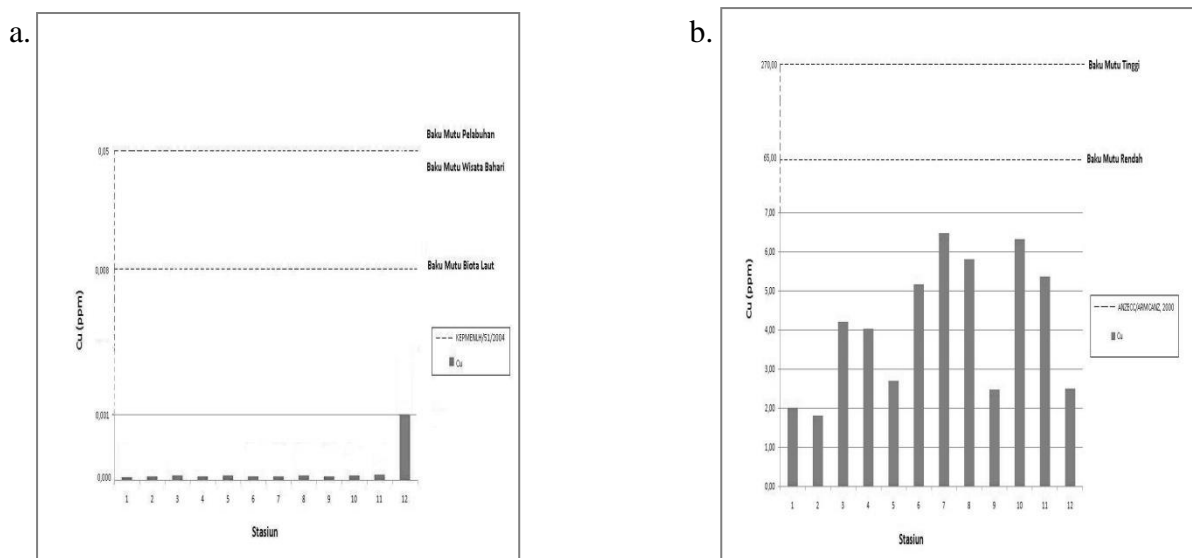
### Distribusi Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen

Secara umum kandungan logam Cu dalam air laut pada lokasi penelitian dari stasiun 1 sampai stasiun 11 tidak terdeteksi, batas deteksi sebesar 0,001 ppm (<0,001 ppm), hanya pada stasiun 12 yang terdeteksi hingga 0,001 ppm.

Kandungan logam Cu yang terukur masih berada dibawah ambang batas baku mutu air laut yang dikeluarkan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51. Tahun 2004, baik baku mutu untuk biota laut (0,008 ppm) maupun baku mutu untuk wisata bahari dan pelabuhan (0,05 ppm). Kandungan logam berat Cu hasil pengamatan yang sangat rendah ini diduga karena Cu yang dijumpai dalam kondisi alamiah di perairan yang konsentrasinya sangat kecil (Afrizal, 2000).

Kandungan logam berat tembaga (Cu) dalam sedimen di Perairan Pulau Bunguran berkisar antara 1,79-6,47 ppm dengan rerata sebesar 4,06 ppm. Pada Gambar 9. dapat dilihat bahwa dari 12

stasiun pengamatan yang dilakukan konsentrasi logam berat Cu pada sedimen terendah terdapat pada Stasiun 2 dengan konsentrasi sebesar 1,79 ppm dan Stasiun 1 dengan konsentrasi sebesar 2,00 ppm, sedangkan konsentrasi tertinggi terdapat pada Stasiun 7 dengan konsentrasi 6,47 ppm, kandungan Cu pada stasiun 10 juga termasuk tinggi dengan konsentrasi 6,31 ppm. Bila dibandingkan dengan baku mutu logam berat pada sedimen yang dikeluarkan oleh Australia dan Selandia Baru (ANZECC/ARMCANZ), kandungan logam berat Cu dalam sedimen yang terdapat di Perairan Pulau Bunguran masih berada dibawah ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan. Kandungan Cu tertinggi pada stasiun 7 dengan konsentrasi 6,47 ppm juga masih jauh dibawah ambang batas baku mutu dengan 65 ppm. Kandungan logam berat Cu masih jauh dibawah ambang batas baku mutu logam berat Cu pada sedimen, hal ini diduga karena pengaruh buangan limbah industri yang biasanya mempengaruhi tingginya kandungan logam di perairan masih sangat kecil (Mukhtasor, 2007).

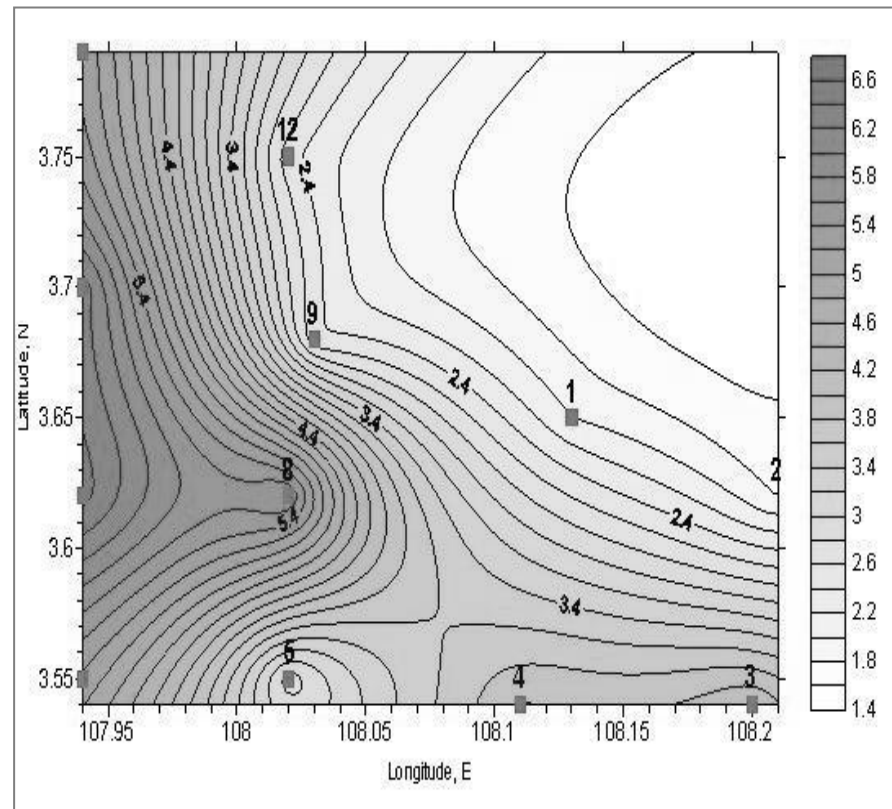


Gambar 4. Distribusi Logam Berat Cu dalam a). Air Laut, b). Sedimen

### Pola Distribusi Cu dalam Air dan Sedimen

Distribusi logam berat tembaga (Cu) dalam air tidak ditampilkan karena

kandungan Cu dalam air sangat rendah (tidak terdeteksi) hampir diseluruh stasiun kecuali pada Stasiun 12 (0,001 ppm).



Gambar 5. Pola Distribusi Cu dalam Sedimen

Secara umum distribusi logam berat Cu dalam sedimen di Perairan Pulau Bunguran tidak merata. Distribusi logam berat Cu terendah terdapat di sebelah tenggara yaitu Stasiun 2 dan Stasiun 1 yang terletak di sebelah kanan Pulau Sabangmawang pada koordinat  $3.63-3.65^{\circ}$  LS dan  $108.12-108.20^{\circ}$  BT, lokasi ini terlindung oleh pulau-pulau kecil yang ada disekitarnya yang diduga ikut mempengaruhi rendahnya kandungan logam Cu di lokasi tersebut. Distribusi logam Cu tertinggi terdapat di Stasiun 7 dan Stasiun 10 pada koordinat sekitar  $3.62-3.70^{\circ}$  LS dan  $107.94-107.95^{\circ}$  BT yang terletak di sebelah kiri Pulau Sabangmawang, lokasi ini berada di laut lepas sekitar Perairan Pulau Bunguran, yang diduga menjadi pengaruh tingginya distribusi kandungan logam Cu yang

dipengaruhi oleh arus yang kuat di lokasi tersebut (Birowo, 1976).

### Kondisi Perairan

Data kualitas air disekitar lokasi penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh dari Laporan Akhir P2O-LIPI dan Badan Penelitian dan Pengembangan Pengelolaan Sumberdaya Perairan dan Lingkungan (BPP-PSPL) Universitas Riau tentang Kajian Potensi Wisata Bahari Di Pulau Bunguran Kabupaten Natuna pada tahun 2006. Data kualitas air yang diukur diantaranya suhu, salinitas, pH, DO, TSS, kecerahan dan arus. Secara umum kondisi kualitas perairan di Perairan Pulau Bunguran dan sekitarnya masih relatif baik dan dalam kondisi yang alami (P2O-LIPI, 2006).

Suhu pada sekitar lokasi penelitian berkisar antara 29-30° C, suhu merupakan salah satu faktor yang penting dalam mempelajari gejala-gejala fisik dilaut, suhu perairan dapat mempengaruhi kehidupan organisme laut serta keberadaan polutan yang ada di laut. Sedangkan nilai salinitas berkisar antara 30-32 ‰. Rentang nilai salinitas dipengaruhi oleh evaporasi dan presipitasi yang terjadi di perairan tersebut (Mukhtasor, 2007). Nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut. Penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme menjadi semakin besar (Hutagalung, 1991).

Nilai pH berkisar antara 7,76-8,26, bila dibandingkan dengan Standar Baku Mutu Perairan berdasarkan KEPMENLH/51/2004 (6,5-8,5), kisaran pH masih berada dalam kisaran normal baik untuk perairan pelabuhan, wisata bahari, maupun untuk biota laut. Nilai TSS (*Total Suspended Solid*) yang terdeteksi berkisar antara 19,82-22 mg/L, nilai ini masih berada pada kisaran nilai TSS berdasarkan standar baku mutu yang ditetapkan KEPMENLH yaitu sebesar 20 mg/L. Kecerahan perairan berkisar antara 5-10 m yang masih tergolong baik berdasarkan kriteria perairan yang ditetapkan KLH. Menurut Hutagalung (1991), perubahan pH dapat mempengaruhi toksisitas logam berat yang mencemari lingkungan laut. Lebih lanjut dikatakan bahwa penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar.

Oksigen terlarut merupakan parameter yang penting untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme laut lainnya (Mahida, 1992). Nilai kandungan oksigen terlarut (DO) pada Perairan Pulau Bunguran adalah sebesar 3,31-4,53 ml/L. Bila dibandingkan dengan Standar Baku Mutu berdasarkan KEPMENLH/51/2004 dimana nilai baku mutu untuk perairan pelabuhan, wisata bahari, dan untuk biota

laut adalah >3,5 ml/L. Maka kisaran kandungan oksigen terlarut pada perairan ini masih dikategorikan baik.

Menurut hasil penelitian LIPI (2006) kecepatan arus pada sekitar lokasi penelitian adalah sebesar 1-1,5 m/detik. Karena letaknya yang berada di wilayah Laut Cina Selatan, pola arus yang terjadi sangat mempengaruhi kawasan ini Selain dipengaruhi oleh arus regional, kecepatan arus di perairan ini juga dipengaruhi oleh arus pasang surut. Kecepatan arus di Perairan Pulau Bunguran dan sekitarnya pada saat air pasang berkisar antara 0,12-0,30 m/detik, sedangkan kecepatan arus pada saat air surut adalah berkisar antara 0,06-0,12 m/detik. Secara umum pada saat air pasang mengalir dari Laut Cina Selatan dan pada saat air surut mengalir lagi ke Laut Cina Selatan (Dislutkan Natuna, 2005).

## KESIMPULAN

1. Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air di Perairan Pulau Bunguran berkisar antara 0,002-0,004 ppm, sedangkan kandungan logam berat Cu berkisar antara tidak terdeteksi (<0,001)-0,001 ppm, kandungan ini masih berada dibawah ambang batas baku mutu air laut untuk Pb berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut baik baku mutu logam berat untuk Wisata Bahari, Perairan Pelabuhan, dan Baku Mutu untuk Biota Laut.
2. Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam sedimen di Perairan Pulau Bunguran berkisar antara 3,27-19,1 ppm, sedangkan logam berat Cu yang terkandung dalam sedimen berkisar antara 1,79-6,47 ppm. Bila dibandingkan dengan Standar Baku Mutu untuk sedimen di perairan (ANZECC/ARMCANZ, 2000), maka dapat disimpulkan kandungan logam

berat Pb dan Cu dalam sedimen di Perairan Pulau Bunguran masih berada dibawah ambang batas standar baku mutu tersebut dan juga berada pada kategori yang aman.

3. Perbandingan kandungan logam berat (Pb dan Cu) dalam sedimen lebih tinggi bila dibandingkan dengan kandungan logam berat dalam air, hal ini dikarenakan sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non biodegradable*) dan bersifat akumulatif yang akan terus bertambah dan akhirnya mengendap pada sedimen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BPP-PSPL, P2O-LIPI. 2006. *Kajian Potensi Wisata Bahari di Pulau Bunguran Kabupaten Natuna*. Program Rehabilitasi Terumbu Karang (COREMAP II) CRITC LIPI.
- Djamali, Asikin., dan Subagja, Rudi. 2003. *Pengembangan Riset Unggulan/ Kompetitif, Laporan Akhir KAPPEL Dan Sumber daya Ikan Bangka Belitung*. P2O-LIPI. Jakarta.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Alfabeta. Bandung.
- Hutagalung, H. P. 1991. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat. Dalam Kunarso, H. D., Ruyitno (ed.) *Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. Hlm: 45-60. P3O-LIPI. Jakarta.
- Muchtar, Muswerry., dan Nuchsin, Ruyitno. 2002. *Laporan Akhir Penelitian Status Kualitas/Pencemaran Perairan Riau Dan Sekitarnya*. Proyek Penelitian IPTEK Kelautan. P2O-LIPI. Jakarta.
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Rochyatun, Endang *et al.*, 2005. *Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen Di Perairan Muara Sungai Cisadane*: 35-36. P2O-LIPI. Jakarta.
- Sastrawijaya, Tresna, A.1991. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Soegiarto, Apriliani. 1976. *Aspek Penelitian di dalam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Laut*. Prosiding Seminar Pencemaran Laut: 42-55. Lembaga Oseanologi Nasional.
- Sugondo, Hendarko. 1976. *Pencemaran laut dan Suatu Kasus Penggunaan Bahan Kimia (Racun) dalam Penangkapan Ikan-ikan Karang*. Prosiding Seminar Pencemaran Laut: 233-240. Lembaga Oseanologi Nasional. Jakarta.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan*. P.T Gramedia. Jakarta.



- Widada, Sugeng. 2002. *Pengantar Kimia dan Sedimen Dasar Laut*. Badan Riset Kelautan Dan Perikanan. Jakarta.
- Thayib, S. S. 1991. Mikrobiologi Laut. Dalam Kunarso, H. D., Ruyitno (ed.) Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. Hlm: 61-70. P3O-LIPI. Jakarta.