

PEMANTAUAN KADAR LOGAM BERAT DALAM AIR LAUT DAN SEDIMEN DI PERAIRAN PULAU BACAN, MALUKU UTARA

M. Djen Marasabessy¹, Edward^{1*}, dan Febriana Lisa Valentin²

1. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia

2. UPT Loka Konservasi Biota Laut, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Tual 97611, Maluku Tenggara, Indonesia

^{*)}E-mail: ekewe07@gmail.com

Abstrak

Pengukuran kadar logam dalam air laut dan sedimen di perairan Pulau Bacan, Maluku Utara telah dilakukan pada bulan September 2005. Logam berat yang diukur adalah Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni. Contoh air laut dan sedimen diambil pada 10 stasiun pengamatan secara purposif sesuai dengan tujuan penelitian. Hasilnya menunjukkan kadar logam berat dalam air laut relatif rendah dan masih sesuai dengan nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan oleh Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup (KMNLH) untuk kepentingan biota laut, sedangkan dalam sedimen kadar logam berat ini relatif tinggi khususnya Cu dan Ni telah melebihi NAB untuk sedimen. Selain logam berat juga diukur parameter fisika dan kimia seperti suhu, salinitas, zat padat tersuspensi, turbiditas, transmisi cahaya, oksigen terlarut, pH, fosfat, dan nitrat. Hasilnya menunjukkan parameter-parameter tersebut masih sesuai dengan NAB yang ditetapkan oleh KMNLH tersebut untuk biota laut. Berdasarkan kadar logam berat, status mutu air laut di perairan ini termasuk kelas A (sangat baik) dengan skor 0. Kadar logam berat dalam sedimen relatif tinggi bila dibandingkan dengan air. Keadaan ini menunjukkan adanya akumulasi logam berat dalam sedimen.

Abstract

Monitoring on Heavy Metals Content in Sea Water and Sediment in the Waters of Bacan Island, North of Maluku. Measurement on heavy metals content in seawater and sediment in the waters of Bacan Islands, North of Maluku were carried out in September 2005. That heavy metals are Pb, Cd, Cu, Zn, and Ni. Seawater and sediment sample collected from 10 station by purposive sampling, in line with the goal of the research. The results showed that the heavy metals content in seawater still in line with the threshold value (NAB) stated by The Office of State Ministry for Life Environment (KMNLH) but in sediment heavy metals content is high relative, especially Cu and Ni has passed the threshold value for sediment. Beside heavy metal content also measured physical and chemical parameters such as temperature, salinity, total suspended solid, light transmission, dissolved oxygen, acidity, phosphate and nitrate. The result also indicated that parameters still in line with the threshold value stated by KMNLH for marine organism. Based on heavy metals content, the value of seawater quality status included into class A (fine) with score 0. Heavy metal content in sediment is higher than seawater, this condition indicated there are heavy metals accumulation in sediment.

Keywords: Bacan, heavy metals, monitoring

1. Pendahuluan

Provinsi Maluku Utara terletak di kepulauan Maluku sebelah utara dengan posisi 3° 90' LU-2° 10' LS-123° 15' BT. Luas provinsi Maluku Utara yang beribukota di Sofifi adalah sekitar 53.836 km², dengan jumlah penduduk 1.282.439 jiwa. Provinsi ini memiliki perairan laut yang relatif luas dengan sumberdaya perikanan yang relatif besar. Sumber daya perikanan di perairan Maluku Utara cukup potensial. Populasi ikan yang tersedia (*standing stock*) diperkirakan sebanyak 268.382,5 ton per tahun. Sementara batas potensi lestari

(*maximum sustainable yield*, MSY) sebanyak 134.191,3 ton per tahun. Data Dinas Perikanan Maluku Utara tahun 1995 menyebutkan jumlah ikan yang berhasil dieksploitasi mencapai 41.631 ton atau baru 30,8% dari MSY. Jenis ikan yang masih menjadi primadona sampai sekarang adalah tuna dan cakalang.

Pulau Bacan terletak di bagian selatan Provinsi Maluku Utara. Di pulau ini dijumpai hasil tambang seperti emas, nikel, tembaga, mangan, dan seng. Selain itu, Pulau Bacan juga termasuk sebagai kawasan pengembangan industri perikanan, maritim, dan pariwisata. Adanya

deposit bahan tambang di pulau ini, terutama mineral yang mengandung logam serta berbagai aktivitas manusia di darat, cepat atau lambat akan dapat menyumbangkan kadar logam berat ke perairan laut, baik melalui peluruhan secara alami, proses geologis maupun melalui berbagai kegiatan. Keadaan ini dapat meningkatkan kadar logam berat di perairan laut sehingga pada kadar yang relatif tinggi akan berbahaya bagi kehidupan biota perairan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam air laut dan sedimen serta faktor-faktor yang diduga merupakan sumber pencemaran logam berat. Sehingga, dapat diantisipasi kemungkinan timbulnya dampak negatif terhadap kualitas perairan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan masukan bagi pemerintah daerah setempat maupun pihak-pihak yang berkepentingan dengan penggunaan wilayah laut untuk berbagai tujuan.

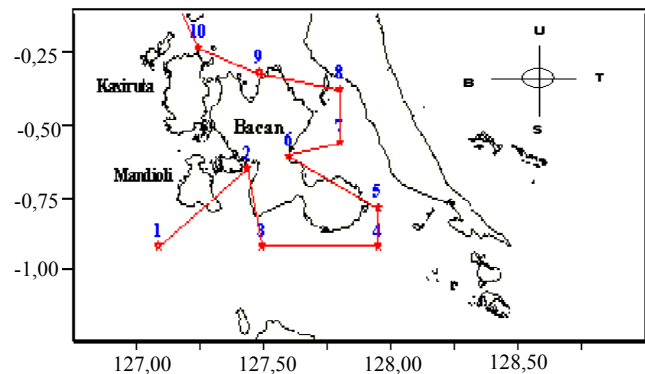
2. Metode Penelitian

Lokasi. Penelitian dilakukan di perairan Pulau Bacan, Maluku Utara pada bulan September 2005 dengan menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII. Penetapan posisi stasiun dilakukan secara purposif sesuai dengan tujuan penelitian (Gambar 1).

Bahan. Bahan yang digunakan dalam analisis contoh adalah HNO₃ pekat, HNO₃ 1 N, HNO₃ 6 N, HCl pekat, Ammonium Pyrolidin Dithio Carbamat (APDC), Methyl Iso Buthyl Keton (MIBK), dan kertas saring Sellulose Nitrat (0,45 µm).

Alat. Alat yang digunakan dalam analisis di lapangan dan laboratorium adalah *water sampler*, corong pemisah (teflon), grab sedimen (Van Veen Grab), botol sampel (polietilen), cawan (teflon), oven, lumpang, pH meter, dan AAS Varian SpectrAA-20 Plus.

Cara Kerja. Contoh air laut diambil sebanyak 1 liter pada lapisan permukaan dengan menggunakan *water sampler* pada 10 stasiun pengamatan. Contoh disaring dengan kertas saring selulosa nitrat (0,45 µm) yang sebelumnya dicuci dengan HNO₃ (1 N) dan diawetkan dengan HNO₃ (pH < 2). Di laboratorium, contoh air laut diambil sebanyak 250 mL untuk dimasukkan ke dalam corong pisah teflon, dan diekstraksi dengan APDC/MIBK. Fase organik yang diperoleh kemudian diekstraksi kembali dengan HNO₃. Contoh sedimen diambil pada lapisan permukaan (0-5 cm) dengan menggunakan grab yang terbuat dari stainless steel pada 6 stasiun pengamatan. Contoh sedimen dimasukkan ke dalam botol polietilen yang telah dicuci dengan HNO₃ (6 N) dan dibilas dengan air suling. Contoh sedimen dimasukkan dalam cawan teflon dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Setelah kering, contoh sedimen dikocok beberapa kali dengan air suling. Contoh sedimen dikeringkan kembali pada suhu



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Perairan Bacan

100 °C selama 24 jam, kemudian digerus dalam lumpang hingga halus. Sebanyak 5 gram contoh sedimen kering dimasukkan dalam cawan teflon, didestruksi dengan menggunakan HNO₃/HCl pekat dan biarkan pada suhu ruang ± 4 jam. Destruksi dilanjutkan pada suhu 90 °C selama 8 jam. Kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni ditentukan dengan AAS Varian SpectrAA-20 Plus menggunakan nyala campuran udara dan asetilen [1]. Penentuan status mutu air laut dilakukan dengan metode Storet [2] berdasarkan nilai skor dengan kelas A, baik sekali, memiliki skor 0 (memenuhi baku mutu), kelas B, baik, memiliki skor -1 sampai -10 (tercemar ringan), kelas C, sedang, memiliki skor -11 sampai -30 (tercemar sedang), dan kelas D, buruk, memiliki skor ≥ -30 (tercemar berat). Data fisika dan kimia air laut dikutip dari laporan hasil penelitian yang dilakukan oleh Simajuntak [3] dan Nurhayati [4] yang dilakukan secara bersamaan dengan penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Kadar Logam Berat dalam Air Laut. Hasil pengukuran kadar logam berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam air laut di perairan Pulau Bacan disajikan pada Tabel 1. Kadar Pb berkisar antara < 0,001-0,002 ppm dengan rerata < 0,001 ppm, Cd antara < 0,001-0,001 ppm dengan rerata < 0,001 ppm, Cu antara < 0,001-0,003 ppm dengan rerata 0,0014 ppm, Zn antara < 0,001-0,011 ppm dengan rerata 0,003 ppm, Ni antara < 0,001-0,001 ppm dengan rerata < 0,001 ppm. Kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni lebih rendah dari nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan oleh KMNLH untuk biota laut yakni 0,001, 0,008, 0,001, 0,008, 0,05 ppm [2]. Kadar keenam logam berat tersebut belum berbahaya bagi kehidupan dan perkembangan biota laut (Tabel 1).

Keadaan yang sama juga terlihat dari skor status mutu air lautnya (Tabel 2). Nilai status mutu air laut adalah 0 yang berarti bahwa kualitas air laut di perairan ini termasuk kelas A. Data tersebut memberi petunjuk bahwa masukan logam berat baik yang berasal dari peluruhan mineral logam secara alami, proses geologis,

Tabel 1. Kadar Logam Berat dalam Air Laut di Pulau Bacan, ppm

St	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
1	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001
2	<0,001	<0,001	0,001	0,007	<0,001
3	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
4	<0,001	<0,001	0,001	0,002	<0,001
5	<0,001	<0,001	0,001	0,004	<0,001
6	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001
7	0,001	<0,001	0,002	0,003	0,001
8	<0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001
9	0,002	<0,001	0,003	0,002	0,001
10	<0,001	<0,001	0,003	0,011	0,001
Min	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Mak	0,002	0,001	0,003	0,011	0,001
St. Dev	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
-					
X	<0,001	<0,001	0,001	0,003	<0,001
NAB*	0,008	0,001	0,008	0,008	0,008

*KMNLH [2]

Tabel 2. Status Mutu Air Laut di Perairan Bacan, Maluku Utara (ppm), September 2005

N	Unsur	Min	Max	Rerata	NAB [2]	Skor
10	Pb	<0,001	0,002	<0,001	0,008	0,000
	Cd	<0,001	0,001	<0,001	0,001	0,000
	Cu	<0,001	0,003	0,001	0,008	0,000
	Zn	<0,001	0,011	0,003	0,050	0,000
	Ni	<0,001	0,001	<0,001	0,050	0,000
	Total Skor					0,000

maupun berbagai kegiatan yang terdapat di darat belum berpengaruh terhadap fluktuasi kadar logam berat.

Tabel 3 memperlihatkan perbandingan kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni di perairan Pulau Bacan dengan perairan lainnya di Maluku Utara. Berdasarkan Tabel 3, kadar Pb di perairan Pulau Bacan lebih rendah dibandingkan dengan perairan Anggai dan Teluk Kao, dan sama dengan perairan Halmahera Tengah dan Pulau Morotai. Kadar Cd relatif sama dengan perairan lainnya, Cu sama dengan Anggai, tetapi lebih rendah dibandingkan dengan Teluk Kao, Halmahera Tengah dan Morotai. Demikian juga, Zn lebih rendah dibandingkan perairan Teluk Kao, Anggai dan Morotai, namun lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Halmahera Tengah. Sedangkan Ni lebih rendah dibandingkan perairan Anggai dan Teluk Kao dan sama dengan perairan lainnya. Secara keseluruhan terlihat bahwa kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni di perairan Pulau Bacan relatif lebih rendah dibandingkan dengan perairan lainnya di Maluku Utara. Hal ini menunjukkan bahwa perairan Pulau Bacan relatif lebih bersih dari cemaran kelima logam berat tersebut.

Kadar Logam Berat dalam Sedimen. Hasil pengukuran kadar logam berat dalam sedimen disajikan pada Tabel 4. Kadar Pb berkisar antara 0,987-27,168 ppm dengan rerata 7,741 ppm, Cd antara 0,004-0,219 ppm dengan rerata 0,111 ppm. Cu antara 15,494-151,74 ppm dengan rerata 55,985 ppm, kadar Pb dan Cd ini lebih rendah dari kriteria yang ditetapkan oleh [9] untuk keamanan biota laut yakni antara 33,0 ppm dan 1,0 ppm, sedangkan kadar Cu lebih tinggi dari kriteria yang ditetapkan oleh [9] untuk keamanan biota laut yakni antara 30,0 ppm. Zn berkisar antara 16,595-104,041 ppm dengan rerata 62,063 ppm, kadar ini lebih rendah dari kriteria yang ditetapkan oleh RNO [10] dan [11] untuk keamanan biota laut yakni antara 20,0-150,0 ppm dan 120,0 ppm. Ni berkisar antara 3,248-44,28 ppm dengan rerata 21,871 ppm, kadar ini lebih tinggi dari kriteria yang ditetapkan oleh Leigh [11] untuk keamanan biota laut yakni < 16,0 ppm.

Tabel 4 menunjukkan Cu dan Ni relatif tinggi dan telah melewati NAB untuk keamanan biota laut. Tabel 5 menyajikan perbandingan kadar Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni dalam sedimen di perairan ini dengan beberapa perairan lainnya di Maluku Utara.

Kadar Pb di perairan Pulau Bacan lebih rendah dibandingkan dengan perairan Anggai, namun lebih tinggi dibandingkan perairan lainnya (Tabel 5). Kadar

Tabel 3. Kadar Rerata beberapa Logam Berat dalam Air Laut di Maluku Utara, ppm

Lokasi	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
P. Bacan (Penelitian ini)	<0,001	<0,001	0,001	0,003	<0,001
Anggai Pulau Obi [5]	0,004	<0,001	0,001	0,004	0,001
Teluk Kao [6]	0,002	<0,001	0,002	0,004	0,001
Halmahera Tengah [7]	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001
P. Morotai [8]	<0,001	<0,001	0,002	0,005	<0,001

Tabel 4. Kadar Logam Berat dalam Sedimen di Bacan, ppm

St	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
1	5,015	0,103	26,811	43,432	24,565
2	6,614	0,004	32,436	69,499	14,675
3	5,389	0,134	45,642	69,916	44,280
4	5,481	0,158	48,770	55,809	37,134
5	0,987	0,219	15,494	16,595	3,248
6	7,105	0,199	95,108	90,128	29,005
7	27,168	0,029	151,74	104,041	10,920
8	4,173	0,045	31,881	47,084	11,141
Min	0,987	0,004	15,494	16,595	3,248
Mak	27,168	0,219	151,740	104,041	44,280
St.Dev	8,066	0,079	45,489	27,632	14,277
-					
X	7,741	0,111	55,985	62,063	21,871
NAB	33	1	30	20-150 & 120	< 16

Cd lebih rendah bila dibandingkan dengan perairan Morotai, namun lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Anggai, Kao, dan Halmahera Tengah. Kadar Cu dan Ni lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Anggai, Teluk Kao, Halmahera Tengah, sedangkan Zn lebih rendah dibandingkan dengan perairan Anggai, namun lebih tinggi dibandingkan dengan Teluk Kao, Halmahera Tengah dan Morotai.

Selain logam berat dilakukan pula pengukuran terhadap parameter kimia dan fisika air lainnya (suhu, salinitas, kecerahan, oksigen terlarut, fosfat, dan nitrat; Tabel 6). Suhu berkisar 27,718-28,955 °C dengan rerata 28,322 °C (Tabel 6). Suhu di permukaan laut yang normal berkisar antara 25,6-32,3 °C [12] dan antara 20,0-30,0 °C [13], sedangkan menurut KMNLH [14], suhu yang umum dijumpai di perairan laut Indonesia berkisar antara 27-32 °C.

KMNLH [2] menetapkan suhu yang baik untuk biota laut adalah suhu alami, untuk coral dan lamun berkisar antara 28,0-30,0 °C, untuk mangrove antara 28,0-32,0°C. Untuk pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang, suhu yang ideal berkisar antara 25,0-28,0 °C dan antara 23,0-29,0 °C [15]. Untuk kehidupan ikan di daerah tropis, menurut Mulyanto [16] suhu yang baik berkisar antara 25,0-32,0 °C. Dengan demikian, suhu ini masih baik untuk kehidupan dan perkembangbiakan biota, terumbu karang, mangrove dan lamun. Adanya kerusakan terumbu karang di perairan ini bukan disebabkan oleh fluktuasi suhu, akan tetapi dapat akibat sedimentasi atau dibom oleh para nelayan. Keadaan ini hampir dijumpai di semua perairan di Indonesia. Suhu air laut di perairan ini juga masih baik kegiatan pariwisata. Suhu untuk tujuan pariwisata (mandi, selam dan renang) suhu yang diinginkan adalah

Tabel 5. Kadar Rerata beberapa Logam Berat dalam Sedimen di Maluku Utara, ppm

Lokasi	Pb	Cd	Cu	Zn	Ni
P. Bacan (Penelitian ini)	7,741	0,111	55,985	62,063	21,871
Anggai Pulau Obi [5]	12,500	0,048	51,944	89,849	20,577
Teluk Kao [6]	1,979	0,002	31,537	48,683	4,467
Halmahera Tengah [7]	5,430	0,076	45,613	57,555	16,096
P. Morotai [8]	2,275	0,125	45,163	46,614	20,605

Tabel 6. Hasil Pengukuran beberapa Parameter Fisika di Pulau Bacan (St 1-10)

Parameter	Min	Maks	Rerata	NAB*
Temperatur (°C)	27,718	28,955	28,322	Alami
Salinitas (psu)	33,742	34,332	34,195	Alami
TSS (mg/L)	0,016	0,020	0,0182	20**, 80***
Turbiditas (ntu)	3,938	7,132	4,588	≤ 5
Transmisi Cahaya (%)	67,190	77,390	74,330	-

Sumber: Nurhayati [4], * KMNLH [2], ** Untuk Lamun dan Coral, *** Untuk Mangrove

suhu alami [2]. Menurut Mechlas *et al.* [17], kisaran suhu yang ideal untuk tubuh adalah antara 20,0–28,5 °C.

Salinitas berkisar antara 33,742-34,332 ppt dengan rerata 34,195 ppt. Salinitas ini masih baik untuk biota laut. KMNLH [2] menetapkan nilai ambang batas salinitas untuk biota laut adalah salinitas alami ($\pm < 5$ variasi alami), untuk karang dan lamun 33,0-34,0 ppt ($\pm < 5$ variasi alami), untuk mangrove sampai dengan 34 ($\pm < 5$ variasi alami), sedangkan Eliza [15] menyatakan salinitas yang baik untuk karang berkisar antara 25,0-40,0 ppt. Salinitas di perairan ini masih sesuai dengan salinitas yang dijumpai di perairan laut umumnya, salinitas di perairan Indonesia umumnya berkisar antara 30,0-35,0 ppt. Untuk daerah pesisir salinitas berkisar antara 32,0-34,0 ppt [18], sedangkan untuk laut terbuka umumnya salinitas berkisar antara 33,0-37,0 ppt dengan rata-rata 35,0 ppt. Dengan demikian salinitas di perairan ini masih baik untuk biota, karang, lamun dan mangrove. Kadar zat padat tersuspensi (TSS) berkisar antara 0,016-0,020 ppm dengan rerata 0,018 ppm. Kadar ini relatif rendah dan belum berpengaruh terhadap kualitas perairan. Baku mutu air laut [19] menetapkan NAB untuk padatan tersuspensi sebesar $< 23,0$ ppm untuk kepentingan perikanan, $< 80,0$ ppm untuk pariwisata dan < 2500 ppm untuk taman laut konservasi. Sebaliknya KMNLH [2] menetapkan NAB TSS sebesar 20,0 ppm untuk koral, 80,0 ppm untuk mangrove dan 20,0 ppm untuk lamun dan pariwisata bahari. Menurut Sulastrri dan Bajoeri [20] kandungan zat padat tersuspensi $> 25,0$ mg/L dapat menurunkan produksi biota perairan. Dengan demikian berdasarkan kadar zat padat tersuspensi, kualitas perairan ini termasuk kategori baik.

Turbiditas berkisar antara 3,938-7,132 ntu dengan rerata 4,588 ntu. Turbiditas ini masih sesuai dengan NAB yang ditetapkan oleh KMNLH [2] untuk biota laut yakni ≤ 5 ntu. Dengan demikian, tingkat kekeruhan di perairan ini relatif rendah, sehingga transmisi cahaya ke perairan masih dapat mencapai 74,33%.

Hasil pengukuran sifat kimia air laut lainnya disajikan pada Tabel 7. Kadar oksigen terlarut berkisar antara 6,18-6,28 ppm dengan rerata 6,22 ppm. Kadar rerata ini masih sesuai dengan kadar oksigen terlarut di lapisan permukaan perairan laut yang normal umumnya. Kadar oksigen yang terlarut di dalam massa air nilainya adalah relatif, biasanya berkisar antara 6,0-14,0 ppm (4,28-10 ml/L) [21]. Menurut Romimohtarto dan Thayib [18] kadar oksigen di permukaan laut yang normal berkisar antara 5,7-8,5 ppm (4,0-6,0 ml/L). NAB kadar oksigen terlarut untuk biota laut dan pariwisata bahari adalah $> 5,0$ ppm [2].

Pada umumnya kandungan oksigen sebesar 5,0 ppm dengan suhu air berkisar antara 20,0-30,0 °C relatif masih baik untuk kehidupan ikan-ikan, bahkan apabila

dalam perairan tidak terdapat senyawa-senyawa yang bersifat toksik (tidak tercemar) kandungan oksigen sebesar 2,0 ppm sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan [23]. Menurut Welch [20] kadar oksigen terlarut yang lebih rendah dari 8,0-10,0 ppm (5,71-7,14 ml/L) akan dapat menurunkan nafsu makan, pertumbuhan, dan kecepatan berenang pada ikan. Clark [25] menyatakan kadar oksigen terlarut untuk pertumbuhan dan perkembangan biota air > 6,0 ppm, Poole *et al.* [25] menyatakan bahwa beberapa spesies ikan menolak (memberikan respon negatif) bila kadar oksigen berkisar antara 3,0-5,0 ppm (2,14-3,57 ml/L) pada percobaan di lapangan dan laboratorium, sebaliknya Connel *et al.* [21] menyatakan kadar oksigen terlarut sebesar 5,0 ppm merupakan batas minimal yang untuk pertumbuhan normal dan perkembangbiakan. Umumnya hampir semua organisme akuatik menyukai kadar oksigen terlarut > 5,0 ppm [27].

Marasabessy *et al.* [28] melaporkan kadar oksigen terlarut di perairan Mentawai, Nias, dan Sibolga dimana karangnya masih tumbuh dengan baik berkisar 6,27-6,72 ppm. Dengan demikian kadar rerata oksigen terlarut di perairan masih untuk kehidupan biota laut (ikan, karang dan sebagainya). Adiputro [29] berdasarkan kadar oksigen terlarut di lapisan permukaan, membagi tingkat pencemaran perairan menjadi empat kelompok (Tabel 8).

Kadar oksigen terlarut rerata adalah 6,255 ppm (Tabel 8). Nilai ini bila dibandingkan dengan kriteria pada Tabel 8 termasuk pada kategori tercemar ringan, akan tetapi bila dibandingkan dengan kriteria yang dinyatakan oleh Sutamihardja [22], kadar oksigen terlarut di perairan Bacan ini relatif normal dan tidak termasuk kategori tercemar (Tabel 9).

Derajat keasaman (pH) rerata berkisar antara 8,0-8,06 dengan rerata 8,02. pH ini masih sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh KMNLH [2] yakni 7,0-8,5 untuk berbagai kepentingan biota laut dan pariwisata bahari. Menurut Salim [30] pH di suatu perairan yang normal berkisar antara 8,0-8,3. pH yang baik untuk terumbu karang berkisar antara 6,0-9,0 [15]. Dengan demikian pH air laut di perairan ini masih baik untuk kepentingan terumbu karang.

Kadar fosfat berkisar antara 0,04-0,22 $\mu\text{g.at/L}$ dengan rerata 0,081 $\mu\text{g.at/L}$. Kadar ini lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar fosfat di lapisan permukaan yang dijumpai di perairan laut yang umum. Menurut Ilahude *et al.* [31] kadar fosfat di lapisan permukaan laut yang subur di dunia mendekati 0,6 $\mu\text{g.at/L}$. Kadar ini juga masih sesuai dengan kandungan fosfat yang umum dijumpai di perairan laut yang normal. Kadar fosfat di perairan laut yang normal berkisar antara 0,01-1,68 $\mu\text{g.at/L}$ [22] dan antara 0,01-4 $\mu\text{g.at/L}$ [31]. Di perairan laut dalam, kandungan fosfat di lapisan permukaan

dapat mencapai $\leq 0,01 \mu\text{g.at/L}$ dan di lapisan yang lebih dalam dapat mencapai $\geq 3,0 \mu\text{g.at/L}$ [33].

Kadar fosfat yang tinggi pada permukaan umumnya dijumpai di perairan di mana terjadi kenaikan massa air. Perubahan kandungan fosfat di laut dapat dijadikan sebagai indikator dari pergerakan massa air dan indeks pertumbuhan tanaman dan produktivitas. KMNLH [2] memberikan nilai ambang batas (NAB) untuk fosfat sebesar 0,015 ppm atau 15 $\mu\text{g.at/L}$ untuk kepentingan biota laut dan pariwisata bahari. Seperti yang dijelaskan di atas kadar fosfat erat kaitannya dengan karakteristik masing-masing lokasi dan kepadatan populasi

Tabel 7. Sifat Kimia Air Laut di Perairan Bacan

St	O ₂ ppm	pH	PO ₄ , $\mu\text{g.at/L}$	NO ₃ , $\mu\text{g.at/L}$
1	6,20	8,06	0,04	0,47
2	6,28	8,01	0,04	0,70
3	6,28	8,05	0,04	0,22
4	6,24	8,05	0,04	0,44
5	6,21	8,01	0,04	0,98
6	6,22	8,01	0,09	0,35
7	6,21	8,02	0,04	0,44
8	6,21	8,02	0,22	0,64
9	6,18	8,00	0,22	0,80
10	6,22	8,03	0,04	0,67
Min	6,18	8,00	0,04	0,22
Mak	6,28	8,06	0,22	0,98
St. Dev	0,03	0,02	0,07	0,22
-	6,22	8,02	0,08	0,57
X				
NAB*	> 5,00	7,00-8,50	15,00	8,00

Sumber: KMNLH [2]

Tabel 8. Klasifikasi Tingkat Pencemaran berdasarkan Kadar Oksigen Terlarut

Lokasi	Penelitian ini (Kadar, ppm)	Kriteria Kadar Oksigen Terlarut (ppm)	Kategori
P. Bacan	6,255 ppm	> 6,5	Belum Tercemar
		4,5-6,5	Tercemar Ringan
		2,4-4,4	Tercemar Sedang
		< 2	Tercemar Berat

Tabel 9. Kriteria Tingkat Pencemaran berdasarkan Kadar Oksigen Terlarut

Lokasi	Penelitian ini (Kadar, ppm)	Kriteria Kadar Oksigen Terlarut (ppm)	Kategori
P. Bacan	6,255	5,0	Ringan
		2,0-5,0	Sedang
		0,0-2,0	Berat

Sumber: Sutamihardja [22]

Tabel 10. Kesuburan Perairan berdasarkan Kadar Fosfat

Lokasi	Kadar Fosfat Rerata, $\mu\text{g.at/L}$	Kriteria, $\mu\text{g.at/L}$	Kesuburan
P. Bacan	0,081	0,00–0,06	Kurang subur
		0,07–1,61	Cukup subur
		1,62–3,23	Subur
		> 3,32	Sangat subur

Tabel 11. Penilaian Status Mutu Parameter Oseanografi di Pulau Bacan

No	Unsur	Min	Max	Rerata	NAB *	Skor
1	Suhu, °C	27,718	28,955	28,322	Alami	0,000
2	Salinitas, psu	33,742	34,332	34,195	Alami	0,000
3	DO, ml/L	6,180	6,280	6,220	> 5,000	0,000
4	Fosfat, $\mu\text{g.at/L}$	0,040	0,220	0,081	15,000	0,000
5	Nitrat, $\mu\text{g.at/L}$	0,220	0,980	0,571	8,000	0,000
6	TSS, ppm	0,016	0,020	0,0182	< 23,000	0,000
7	pH	8,000	8,060	8,020	7,000-8,500	0,000
8	Turbiditas, ntu	3,938	7,132	4,588	$\leq 5,000$	-2,000
N=8		Total Skor				-2,000

Sumber: * KMNLH [2]

fitoplankton. Kadar fosfat yang rendah diduga karena zat hara fosfat yang tersedia digunakan oleh fitoplankton, khususnya di lapisan permukaan, keadaan ini pernah dijumpai oleh Edward dan Manik [34] di Teluk Ambon. Liaw [35] membagi kesuburan perairan berdasarkan kadar fosfat ke dalam empat kategori (Tabel 10). Kadar rerata fosfat adalah 0,081 $\mu\text{g.at/L}$. Dengan demikian berdasarkan kategori tersebut maka perairan Pulau Bacan termasuk ke dalam kategori cukup subur. Dengan demikian kadar fosfat di perairan Pulau Bacan ini masih baik untuk kehidupan biota laut.

Kadar Nitrat berkisar antara 0,22-0,98 $\mu\text{g.at/L}$ dengan rerata 0,571 $\mu\text{g.at/L}$. Kadar nitrat ini relatif tinggi, kadar nitrat di perairan laut yang normal berkisar antara 0,01–0,50 $\mu\text{g.at/L}$ atau 0,10-0,50 $\times 10^{-3}$ ppm [32]. Departemen Pertanian menetapkan kadar nitrat yang diperkenankan untuk tujuan budidaya perikanan antara lain untuk ikan kakap dan kerapu berkisar antara 0,9-3,2 $\mu\text{g.at/L}$ [14]. Seperti halnya fosfat, variasi kadar nitrat juga erat kaitannya dengan kepadatan fitoplankton. KMNLH [2] memberikan NAB untuk nitrat sebesar 0,008 ppm atau 8 $\mu\text{g.at/L}$ untuk kepentingan biota laut dan pariwisata bahari. Kadar nitrat ini juga masih baik untuk karang, kadar nitrat di perairan ekosistem terumbu karang di Eri (Teluk Ambon) yang kondisi karangnya termasuk kategori sangat baik berkisar antara 0,22-5,10 $\mu\text{g.at/L}$ [36]. Dengan demikian dilihat dari kadar nitrat, perairan ini termasuk kategori sangat baik. Secara keseluruhan bila dilihat dari skor hasil penilaian

status mutu air laut, maka perairan ini termasuk kategori tercemar ringan (Kelas B) dengan skor -2 (Tabel 11).

4. Simpulan

Kadar logam berat dalam air laut di Perairan Bacan masih sesuai dengan NAB yang ditetapkan oleh KMNLH, sedangkan dalam sedimen kadar Cu dan Ni lebih tinggi dari kriteria yang aman untuk biota laut. Kondisi fisika, kimia dan biologi perairan masih baik untuk kehidupan biota, kecuali TSS lebih tinggi dari kriteria yang ditetapkan oleh Baku Mutu Air Laut. Untuk mengantisipasi terjadinya pencemaran lingkungan di perairan Pulau Bacan, diharapkan adanya kerjasama antara Bappeda TK I Maluku Utara dengan Stasiun Penelitian Lapangan (SPL-LIPI) Ternate dalam memantau kualitas lingkungan perairan Pulau Bacan.

Daftar Acuan

- [1] S. Westerlund, B. Magnuson, *Anal. Chim. Acta.* 131 (1981) 63.
- [2] KMNLH, Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan, Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup: Kep-51/MENEG LH/2004, Sekretariat Negara, Jakarta, 2004.
- [3] M. Simajuntak, Kimia Hara di Perairan Maluku Utara, Laporan Akhir Ekspedisi Halmahera, September 2005.
- [4] Nurhayati, Sifat Fisika Air Laut di Perairan Maluku Utara, Laporan Akhir Ekspedisi Halmahera, September 2005.
- [5] Edward, *Jurnal Ilmiah Politeknik Perikanan Negeri Tual*, 2008.
- [6] Edward, Pencemaran Laut oleh Logam Berat di Indonesia, Draft Orasi Profesor Riset, P2O-LIPI, Jakarta, 2008, 50 hal.
- [7] Edward, Ekspedisi Halmahera, Prospek Pengembangan Sumberdaya Laut di Kawasan Barat Pulau Halmahera dan Pulau Morotai, Kerjasama P2O-LIPI Jakarta dengan Pemda TK I Ternate, Laporan Penelitian, 2005.
- [8] Edward, Kualitas Air Laut di Perairan Pulau Morotai, Makalah: Seminar Laut Nasional, IPB, Bogor, 2008.
- [9] G.J. Febris, G.F. Wagner, *Characterization of Toxicants in Sediments from Post Philips Bay: Metals Final Report*, Department of Conservation and Natural Resources Melbourne, Australia, 1994.
- [10] S.S. Thayib, H. Razak, Pengamatan Kandungan Bakteri Indikator, Logam Berat dan Pestisida di Perairan Pantai Teluk Ambon, Teluk Banten dan Teluk Jakarta, Prosiding: Seminar dan Kongres Nasional Biologi VI, Surabaya, 1981, hal. 196.
- [11] G.A. Leigh, *Metal Contamination of Sediments Associated with Deep Water Ocean Sewage*

- Outfalls, Sydney, Australia, Marine Bulletin Pollution 33/7-12 (1996) 182.
- [12] A.G. Ilahude, Liasaputra, Dalam: A. Nontji, A. Djamali (Ed.), *Sebaran Normal Parameter Hidrologi di Teluk Jakarta*, Buku Teluk Jakarta, Pengkajian Fisika, Kimia, Biologi & Geologi, LON-LIPI, Jakarta, 1980, 48 hal.
- [13] W.J. Nybakken, *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologis*, Penerbit PT. Gramedia Jakarta, 1988, 459 hal.
- [14] KMNKLH, *Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, Laporan Khusus: Asisten I Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta, 1985.
- [15] Eliza, *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 2 (1992) 158.
- [16] Mulyanto, *Lingkungan Hidup untuk Ikan*, Depdikbud, Jakarta, 1992, 93 hal.
- [17] B.J. Mechlas, K.K. Hekimian, La Schinazi, R.H. Dudley, *An Intergration into Recreational Water Quality Data Book*, United States, EPA, Washington, 1972.
- [18] K. Romimohtarto, S.S. Thayib, *Kondisi Lingkungan dan Laut di Indonesia*, LON-LIPI, Jakarta, 1982, 246 hal.
- [19] *Baku Mutu Air Laut, Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan*, Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. Kep-02/MENKLH/I/1988, Jakarta, 1988, 47 hal.
- [20] Sulastri, M. Bajoeri, *Tingkat Kualitas Perairan Cimadur, Cililit, dan Cisiih di Wilayah Banten Selatan Jawa Barat*, Prosiding: Hasil Penelitian Puslitbang Limnologi LIPI, Bogor, 1995.
- [21] W.D. Connel, G.J. Miller, *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*, Penerbit Universitas Indonesia, 1995, 520 hal.
- [22] R.T.M. Sutamihardja, *Kualitas Pencemaran Lingkungan*, Sekolah Pascasarjana Jurusan Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Bahan Kuliah: Institut Pertanian Bogor, 1987, 87 hal.
- [23] R.S. Riva'i, K. Pertagunawan, *Biologi Perikanan I*, CV. Kayago, Jakarta, 1983, 143 hal.
- [24] E.B. Welch, *Ecological Effects of Waste Water*, Cambridge University Press, Cambridge, 1980, p 337.
- [25] J. Clark, *Coastal Ecosystems, Ecological Considerations for Management of The Coastal Zone*, The Conservation Foundation, Washington D.C., 1974, p.178.
- [26] N.J. Poole, D.J. Wildish, D.D. Kristman son, *The Effects of the Pulp and Paper Industry on the Aquatic Environment*, Crit. Rev. Environ. Control 8 (1978) 153.
- [27] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius, Jakarta, 2003, 258 hal.
- [28] M.D. Marasabessy, Edward, T. Kai-supy, *Kadar Oksigen Terlarut di Ekosistem Terumbu Karang Kep. Mentawai, Nias, dan Sibolga untuk Kepentingan Biota Laut dan Pariwisata*, Prosiding: Seminar Nasional Perikanan STIP, Jakarta, 2005.
- [29] S.B. Adiputro, *Metode Pengambilan dan Analisis Data Biota Perairan*, Makalah: Kursus AMDAL PPSML, Universitas Indonesia, Jakarta, 1994.
- [30] E. Salim, *Baku Mutu Lingkungan*, KLH, Jakarta, 1986, 25 hal.
- [31] A.G. Ilahude, D.P. Praseno, O.H. Arinardi, A. Nontji, *Peta Oseanografi Hasil Pelayaran Selama Pelita I (1969-1974)*, Atlas Oseanologi Perairan Indonesia dan Sekitarnya, Buku No 2. LON-LIPI, 1975, hal. 83.
- [32] D.M. Brotowidjoyo, D. Tribowo, M. Eko, *Pengantar Lingkungan Perairan dan Budidaya Air*, Liberty, Yogyakarta, 1995, 87 hal.
- [33] G. Artawan, *Sebaran Suhu, Salinitas, Fosfat, Nitrat, dan Silikat Musiman Secara Menegak di Perairan ZEE Barat Daya Sumatera*, Skripsi: Program ITK, IPB, Bogor, 1992, 95 hal.
- [34] Edward, J.M. Manik, *Kandungan Zat Hara Fosfat di Teluk Ambon pada Musim Timur dan Barat, Teluk Ambon (Biologi, Perikanan, Oseanografi dan Perikanan)*, 1987, 112.
- [35] W.K. Liaw, *Chemical and Biological Studies and Fish Ponds and Reservoirs in Taiwan*, Fisheries Series No. 7, 1969.
- [36] I.N. Sutarna, *Keanekaragaman dan Kekayaan Jenis Karang Batu di Teluk Ambon Bagian Luar, Pulau Ambon*, Buku Teluk Ambon (Biologi, Perikanan, Oseanografi dan Geologi), BSDL LIPI Ambon, Ambon, 1987, 9 hal.