

STUDI KADAR NITRAT DAN FOSPAT DI PERAIRAN PESISIR KOTA TARAKAN, KALIMANTAN UTARA

Muhammad Amien H

*Staf Pengajar Jurusan Budidaya Perairan
FPIK Universitas Borneo Tarakan (UBT) Kampus Pantai Amal Gedung E,
Jl. Amal Lama No. 1, Po. Box. 170 Tarakan KALTARA.
E-mail : amin.fpikubt@gmail.com*

ABSTRAK

Unsur hara nitrat dan fospat merupakan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar nitrat dan fospat pada air dan sedimen di perairan pesisir Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Nopember – Desember 2015 di perairan pesisir Kota Tarakan dengan 4 stasiun pengambilan sampel. Parameter fisik-kimia air seperti suhu air, pH air, salinitas dan DO diukur secara langsung, kemudian parameter nitrat dan fospat di air dianalisa di laboratorium Kualitas Air FPIK Universitas Borneo Tarakan dengan alat spektrofotometri, sedangkan nitrat dan fospat pada sedimen diukur di laboratorium Ilmu Tanah Universitas Mulawarman dengan menggunakan AAS. Hasil pengukuran parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif kemudian dibandingkan dengan Baku Mutu berdasarkan KEPMEN-LH Nomor 51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Hasil pengukuran kadar nitrat pada air laut di stasiun I berkisar 2,61-5,11 mg/l, stasiun II berkisar 2,26-3,09 mg/l, stasiun III berkisar 3,74-5,85 mg/l, dan stasiun IV berkisar 3,23-5,02 mg/l. Kadar fospat pada air permukaan di stasiun I berkisar 0,08 -0,13 mg/l, stasiun II berkisar 0,09-0,14 mg/l, stasiun III berkisar 0,09-0,15 mg/l, dan stasiun IV berkisar 0,09-0,13 mg/l. Selanjutnya kadar nitrat pada sedimen di stasiun I berkisar 3,55-5,67 mg/kg, stasiun II berkisar 2,13-6,38 mg/kg, stasiun III berkisar 2,13-2,84 mg/kg, stasiun IV berkisar 1,77-3,19 mg/kg. Kadar fospat pada sedimen di stasiun I berkisar 47,15-72,77 mg/kg, stasiun II berkisar 47,15-51,42 mg/kg, stasiun III berkisar 54,26-67,07 mg/kg, stasiun IV berkisar 40,03-1,020,75 mg/kg. Kadar nitrat dan fospat pada air melewati baku mutu berdasarkan PERMEN-LH Nomor 51 Tahun 2004.

Kata Kunci : *Pesisir, nitrat, fospat, spektrofotometri, AAS dan Tarakan*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Tarakan merupakan salah satu kota yang terletak di bagian utara propinsi Kalimantan Utara yang memiliki luas daratan sekitar 250,80 km² dan lautan 406,53 km². Di sepanjang wilayah pesisir Kota Tarakan banyak terdapat aktivitas manusia seperti: permukiman, industri, pelabuhan, dan budidaya perikanan (budidaya ikan dan udang di tambak). Peningkatan aktivitas manusia di wilayah pesisir dan

darat tersebut akan memicu peningkatan jumlah bahan organik yang masuk ke perairan dalam bentuk sedimen. Sedimen yang tersuspensi mengandung unsur mayor dan minor seperti unsur O₂, CO₂, N₂, H₂, CH₄ dan unsur N (Nitrat) dan P (Fospat) (Golterman, 2004).

Perairan di sekitar pesisir Kota Tarakan terdapat beberapa aktivitas manusia misalnya industri, perikanan (budidaya tambak), dan domestik yang menghasilkan bahan organik dan anorganik. Bahan organik yang masuk ke perairan sangat di pengaruhi

oleh beberapa faktor, antara lain besarnya limpasan atau debit sungai, luas *catchment area* (daerah tangkapan hujan), curah hujan, dan intensitas penggunaan bahan organik (P dan N) di daratan.

Fospat dan nitrat merupakan zat hara yang berperan penting dalam pertumbuhan dan metabolisme fitoplankton yang merupakan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan (Fachrul, *et al.*, 2005). Sumber utama fospat dan nitrat secara alami berasal dari perairan itu sendiri melalui proses penguraian, pelapukan, dekomposisi tumbuhan, sisa-sisa organisme mati, buangan limbah daratan (domestik, industri, pertanian, peternakan, dan sisa pakan) yang akan terurai oleh bakteri menjadi zat hara (Wattayakorn, 1988 dalam Makatita *et al.*, 2014).

Suplai bahan organik yang secara terus menerus akan meningkatkan unsur hara di perairan pantai dan akhirnya menyebabkan meningkatnya kesuburan perairan dan bahkan akan menyebabkan eutrofikasi yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem (Costa *et al.*, 2006) dalam Faizal, *et al.*, 2011).

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah terlarut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat dengan bantuan mikroorganisme adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen (Effendi, 2003).

Fosfor di perairan dan sedimen berada dalam bentuk senyawa fospat terlarut dan fospat partikulat. Fospat terlarut terdiri dari fospat organik (gula fospat, nukleo protein, fosfoprotein) dan fospat anorganik (ortofospat dan polifospat) (McKelvie, 1999). Keberadaan fospat di perairan akan terurai menjadi senyawa ion dalam bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , kemudian akan diabsorpsi oleh fitoplankton dan masuk ke dalam rantai makanan (Hutagalung dan Rozak, 1997).

Penelitian zat hara nitrat dan fospat pada air dan sedimen di perairan Kota Tarakan perlu dilakukan karena merupakan unsur hara yang sangat penting diketahui untuk mengetahui kesuburan perairan Kota Tarakan. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang studi konsentrasi fospat dan nitrat di air dan sedimen pada perairan pesisir dan laut Kota Tarakan.

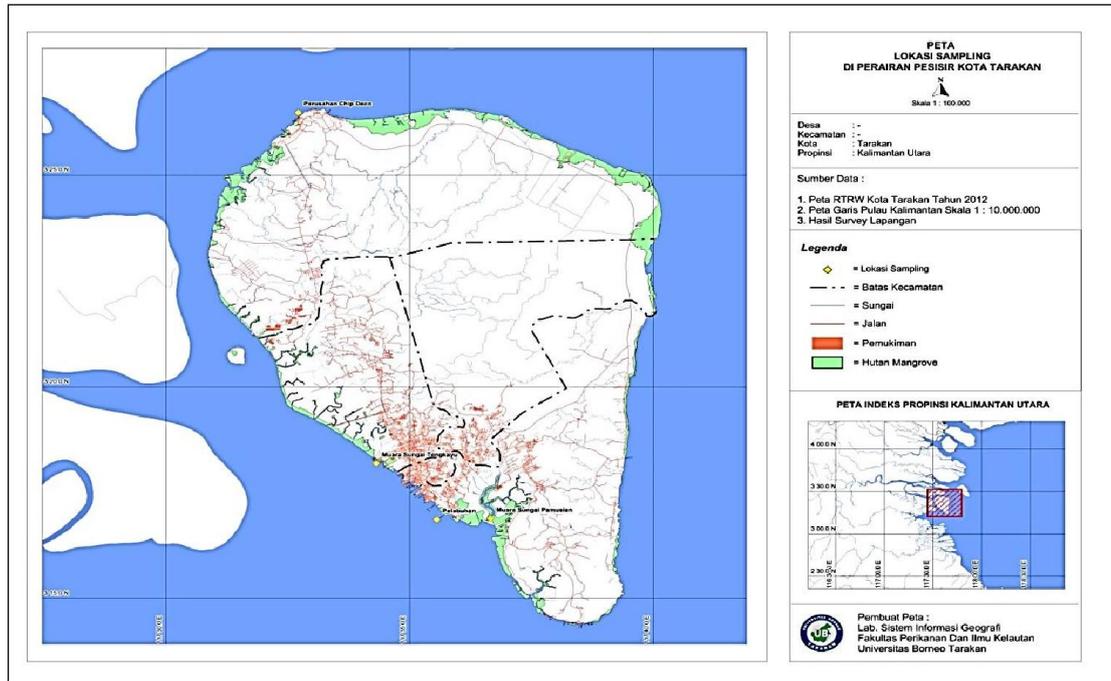
Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar nitrat dan fospat pada air dan sedimen di perairan pesisir dan laut Kota Tarakan, Kalimantan Utara.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober – Desember 2014 di perairan pesisir Kota Tarakan. Lokasi pengambilan sampel air dan sedimen dilakukan di sekitar industri, pelabuhan dan muara sungai. Untuk lebih jelasnya lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tiitk Koordinat pengambilan sampel:

- I. 03°26'28,5" – 117°32'42,5" (Juata laut/perusahaan chip deco)
- II. 03°18'11,5" - 117°34'18,8" (Muara sungai Tengkeyu)
- III. 03°16'51,7" - 117°35'33,3" (Pelabuhan)
- IV. 03°16'53,2" - 117°36'39,6" (Muara sungai Pamusian)

Bahan dan Alat

Bahan penelitian yang digunakan antara lain, air laut, sedimen, dan bahan kimia. Air laut dan sedimen diambil di sekitar industri, pelabuhan dan muara sungai. Penentuan kadar nitrat dengan menggunakan metode spektrofotometri (SNI-06-2480-1991) pada kisaran kadar 0,1-2,0 mg/l dengan menggunakan metode brusin dengan alat spektrofotometri dengan

panjang gelombang 410 nm, penentuan kadar fospat dengan menggunakan alat spektrofotmeter (SNI-06-6989.31-1005) pada kisaran kadar 0,0 – 1,0 mg P/L, sedangkan penentuan kadar nitrat dan fospat dengan menggunakan SAA (Spektrophotomter Serapan Atom). Untuk lebih jelasnya alat dan bahan yang digunakan selama penelitian ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian

No.	Uraian	Kegunaan
A.	Alat	
1	Ekman grab	Untuk mengambil sedimen/tanah
2	Refraktometer	Untuk mengukur salinitas
3	Thermometer	Mengukur suhu air laut
4	DO-meter	Mengukur oksigen terlarut dalam air
5	Botol sampel	Wadah air sampel
6	AAS (<i>Atomic Absorbsion Spectrophotometer</i>)	Mengukur nitrat dan fospat di sedimen
7	GPS (<i>Ground Position System</i>)	Alat penentu posisi stasiun pengambilan sampel (titik koordinat)

8	Ice box	Tempat sampel
9	Kamera	Dokumentasi
10	Perahu/speed boat	Transportasi laut untuk mengambil sampel
B.	Bahan	Kegunaan
1	Air laut	Bahan uji yang digunakan
2	Sedimen/Tanah	Bahan uji yang digunakan
3	Bahan Kimia	Analisi nitrat, fospat

Metode Penelitian

Parameter Fisik – Kimia Air

Pengambilan sampel air laut menggunakan botol sampel. Untuk parameter seperti suhu, pH air, salinitas, oksigen terlarut, pengukurannya secara in situ, sedangkan nitrat dan fospat dilakukan di laboratorium dengan menggunakan *Spectrophotometri*.

Parameter Kimia Sedimen

Pengambilan sampel sedimen di laut dilakukan dengan menggunakan petersen grab. Sampel sedimen yang telah diambil, dimasukkan kedalam kantong plastik dan selanjutnya diukur kadar nitrat dan fospat dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorbnsion Spectrophotometer*) di laboratorium Kualitas air dan Lingkungan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan.

Untuk lebih jelasnya parameter kualitas air laut dan sedimen yang diamati disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Parameter kualitas air dan sedimen

No	Parameter perairan	Satuan	Alat / Metode	Tempat Pengukuran
A	Parameter Fisik Air			
1.	Suhu	°C	Thermometer	Dilapangan
B	Kimia Air			
1.	pH air	-	pH-meter	Dilapangan
2.	DO (mg/L)	mg/l	DO meter	Dilapangan
3.	Salinitas	‰	Hendraktometer	Dilapangan
4.	Nitrat	mg/l	Spektofotometer	Laboratorium
	Fospat	mg/l	Spektofotometer	Laboratorium
C	Kimia Sedimen			
1.	Nitrat	mg/l	AAS	Laboratorium
2.	Fospat	mg/l	AAS	Laboratorium

Analisis Data

Analisis data mengenai parameter kualitas air laut dilakukan dengan menggunakan analisis deskriptif dan membandingkan dengan Baku Mutu Berdasarkan KEPMEN-LH Nomor 51 tahun 2004 lampiran III Baku Mutu Air Laut. Analisis secara deskriptif dilakukan untuk menjabarkan nilai atau konsentrasi rata-rata, kisaran dan kondisi-kondisi lain yang

mempengaruhi parameter kualitas air dari masing-masing pengamatan selama periode Nopember-Desember 2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Parameter Fisik dan Kimia Air Laut

Hasil analisis konsentrasi Fospat dan nitrat pada air dan sedimen di perairan pesisir Kota Tarakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter fisik-kimia air dan sedimen di perairan pesisir Kota Tarakan

No	Parameter Kualitas Air	Kode lokasi Pengambilan sampel			
		I	II	III	IV
A. Parameter Fisik air					
1	Suhu air (°C)	29	30	31	28
B. Kimia Air					
1.	pH air	7	7	7	7
2.	Oksigen Terlarut (mg/l)	4	4,5	4	4
3.	Salinitas (ppt)	25	20	25	20
C. Kimia Air					
1	Nitrat	2,61-5,11	2,26-3,09	3,74-5,85	3,23-5,02
2	Fospat	0,08 -0,13	0,09-0,14	0,09-0,15	0,09-0,13
C. Kimia Sedimen (Tanah)					
1.	Nitrat	3,55-5,67	2,13-6,38	2,13-2,84	1,77-3,19
2.	Fospat	47,1-72,77	47,15-51,42	54,26-67,07	40,03-1,020,75

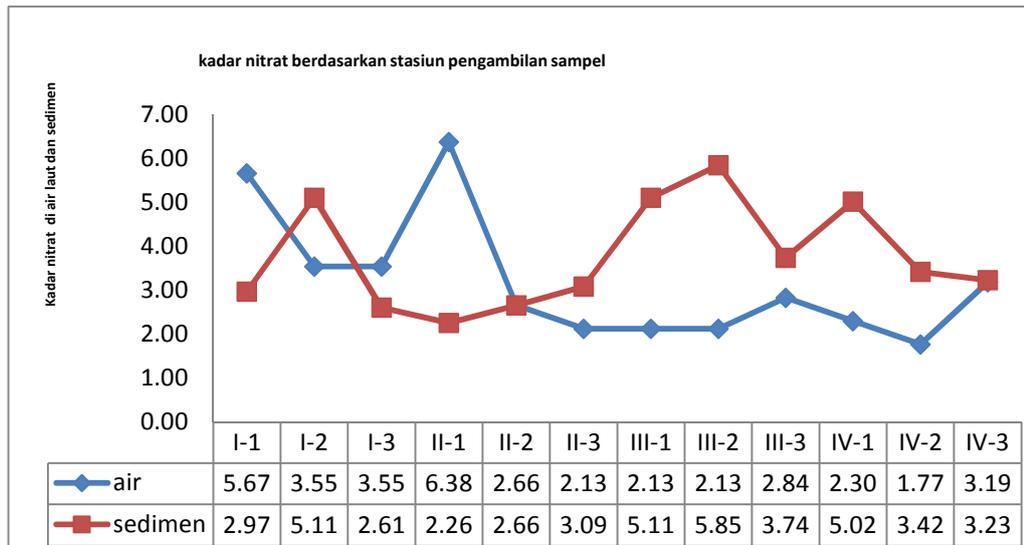
Sumber: Hasil Analisis Tahun 2014

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pengukuran parameter suhu air laut berkisar antara 28-31 °C, nilai pH air laut adalah netral yaitu 7, kandungan oksigen terlarut berkisar antara 4-4,5 mg/l, sedangkan salinitas berkisar antara 20-25 ‰. Secara alami suhu air permukaan memang merupakan lapisan hangat karena mendapat radiasi matahari pada siang hari. Karena kerja angin, maka di lapisan teratas sampai kedalaman kira-kira 50-70 m terjadi pengadukan, hingga di lapisan tersebut terdapat suhu hangat sekitar 28 °C yang homogen. Oleh sebab itu lapisan teratas ini sering pula disebut lapisan homogen. pH air laut permukaan di Indonesia umumnya bervariasi dari lokasi ke lokasi antara 6.0 – 8,5, sedangkan konsentrasi salinitas tersebut termasuk rendah terutama di lokasi pengambilan sampel pada muara sungai tengkayu dan pamusian. Konsentrasi salinitas di muara sungai biasanya berfluktuasi tergantung berapa besar air tawar yang mengalir ke muara sungai yang akan mengencerkan salinitas.

Kadar Nitrat Pada Air Permukaan dan Sedimen

Berdasarkan Tabel 3, hasil analisis kadar nitrat pada air laut di semua stasiun pengambilan sampel lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kadar nitrat di sedimen. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi tingkat distribusi yang tidak merata secara vertikal maupun horizontal di badan air, pengaruh musim pada saat sampling, sumber, geografis, karakteristik wilayah, topografi, titik sampling dan faktor fisik oseanografi perairan.

Secara keseluruhan bahwa kadar nitrat di perairan yang tertinggi di stasiun III dan terendah di stasiun I, sedangkan kadar nitrat di sedimen tertinggi di stasiun II dan terendah pada stasiun III. Untuk lebih jelasnya perbandingan kadar nitrat di air dan sedimen yang terukur di keempat stasiun pengambilan sampel ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan kadar nitrat pada air laut dan sedimen di perairan pesisir Kota Tarakan

Kadar nitrat di air laut dan sedimen pada stasiun I berkisar antara 3,55 – 5,67 mg/l dan 2,61 – 5,11 mg/kg, stasiun II masing-masing berkisar 2,13 – 6,38 mg/l dan 2,26 – 3,09 mg/kg, stasiun III berkisar 2,13 - 2,84 mg/l dan 5,11 – 5,85 mg/kg, dan stasiun IV masing-masing berkisar 1,77 - 3,19 mg/l dan 3,23 – 5,02 mg/kg. Selanjutnya tingginya kadar nitrat pada air laut pada stasiun I disebabkan karena di sekitar stasiun tersebut terdapat perusahaan kayu, perikanan (pembekuan udang), dan permukiman penduduk. Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan dan merupakan nutrien utama yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Bahri, 2006). Sumber utama pengkayaan zat hara nitrat adalah *run off*, erosi, *leaching* lahan pertanian yang subur, dan limbah permukiman. Kadar nitrat pada perairan alami biasanya tidak pernah melebihi nilai 0,1 mg/liter. Kadar nitrat di perairan mencapai nilai 0.2 mg/liter dapat menyebabkan eutrofikasi yang berakibat pada tumbuh pesatnya fitoplankton dan alga. Terjadinya pencemaran antropogenik dapat digambarkan apabila kadar nitrat di perairan lebih dari 5 mg/liter (Davis dan Cornwell, 1991 dalam Effendi, 2003). Sharp (1983) menyatakan kadar nitrat yang normal untuk perairan pantai bervariasi antara 0-2,14 ppm.

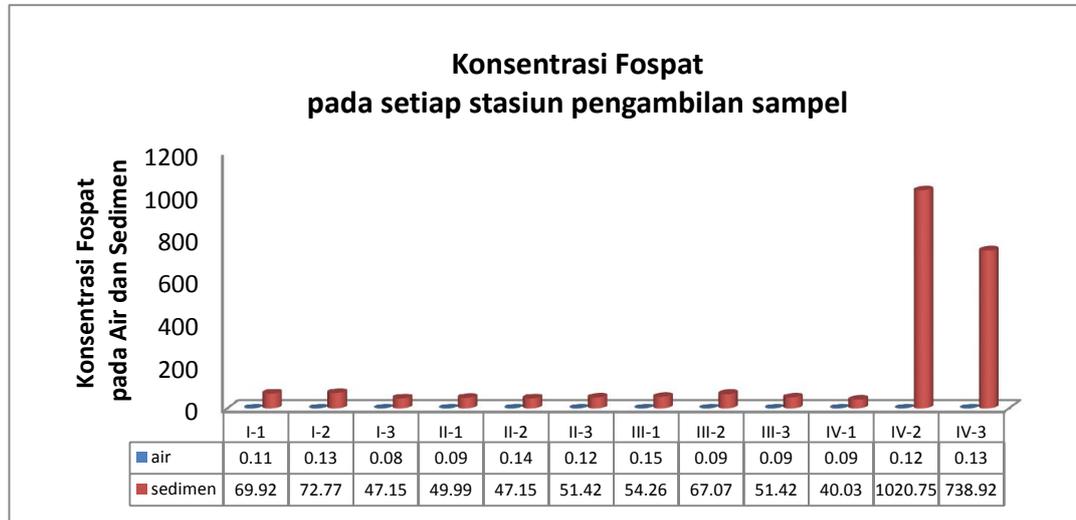
Secara umum, kadar nitrat pada perairan dengan kondisi baik (belum terkontaminasi polusi) berada pada kisaran rendah bahkan tidak terdeteksi hingga mencapai 10 mg/l. Kadar nitrat di perairan dapat dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan tingkat penyuburannya; kadar nitrat antara 0-1 mg/liter untuk perairan oligotrofik; kadar nitrat antara 1-5 mg/liter untuk perairan mesotrofik; dan kadar nitrat 5-50 mg/liter untuk perairan eutrofik (Wetzel, 2001). Jadi secara keseluruhan kadar nitrat pada air laut yang terukur pada stasiun I – IV termasuk dalam golongan perairan mesotrofik, kecuali stasiun I pengambilan 1 kadar nitrat di air masuk dalam golongan perairan dengan tingkat kesuburan eutrofik.

Secara keseluruhan kadar nitrat di sedimen lebih rendah dari pada nitrat di air permukaan. Hal ini menunjukkan bahwa kadar nitrat di sedimen erat kaitannya kadar nitrat di air permukaan. Berdasarkan kadar nitrat yang terukur pada setiap stasiun pengambilan sampel lebih tinggi dibandingkan baku mutu menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH, 2004) tentang Baku Mutu Air Laut, nilai ambang batas kadar nitrat untuk biota laut adalah 0,008 mg/l.

Kadar Fosfat Pada Air Permukaan dan Sedimen

Kadar fosfat yang terukur selama penelitian dari stasiun I – IV pada sedimen lebih tinggi apabila dibandingkan kadar fosfat di air permukaan. Kadar fosfat di air permukaan

tertinggi pada stasiun III-1 dan terendah di stasiun I-3, sedangkan kadar fosfat pada sedimen tertinggi di stasiun IV-2 (1020,75 mg/kg) dan terendah di stasiun IV-1 (40,03 mg/kg) (Gambar 3).



Gambar 3. Kadar fosfat pada air dan sedimen di perairan pesisir Kota Tarakan

Kadar fosfat yang terukur di sedimen lebih tinggi apabila dibandingkan kadar fosfat di air permukaan. Tingginya kadar fosfat di sedimen pada stasiun IV disebabkan karena lokasi tersebut terletak di muara sungai Pamusian. Di sekitar lokasi tersebut terdapat aktivitas manusia sebagai penyumbang tingginya kadar fosfat seperti: industri plywood, permukiman, budidaya ikan (tambak), dan pasar. Sumber fosfor di perairan dan sedimen adalah deposit fosfor, industri, limbah domestik, aktivitas pertanian, pertambangan batuan fosfat, dan penggundulan hutan (Ruttenberg, 2004). Pada saat fosfat di permukaan/badan air berada dalam jumlah berlebihan, fosfat akan kembali terdeposisi ke dalam pori sedimen melalui proses sedimentasi, adsorpsi dan presipitasi. Dengan demikian, sedimen di suatu perairan memiliki peranan penting terhadap proses eutrofikasi karena bertindak sebagai sumber dan penampung fosfat (Williams and Mayer 1972). Senyawa fosfat/fospor yang terikat di sedimen dapat mengalami dekomposisi dengan bantuan bakteri maupun melalui proses abiotik menghasilkan senyawa fosfat terlarut yang

dapat mengalami difusi kembali ke dalam kolom air (Paytan and McLaughlin, 2007). Secara keseluruhan perbandingan kadar fosfat yang terukur di setiap stasiun berdasarkan tingkat kesuburan perairan yang dikelompokkan oleh Liaw, 1969 menunjukkan bahwa perairan pesisir Kota Tarakan termasuk kategori perairan subur dan sangat subur. Menurut Liaw, 1969 mengklasifikasikan kesuburan perairan berdasarkan kandungan fosfat yaitu: 0-0,0002 mg/l (Kurang subur), 0,0002-0,05 mg/l (Cukup subur), 0,05-0,10 mg/l (Subur), dan > 0,10 mg/l (Sangat subur). Berdasarkan kadar fosfat di air laut yang terukur pada setiap stasiun lebih tinggi dibandingkan baku mutu menurut Kementerian Lingkungan Hidup (KLH, 2004) tentang Baku Mutu Air Laut, nilai ambang batas kadar nitrat untuk biota laut adalah 0,015 mg/l.

KESIMPULAN

1. Kadar nitrat pada air permukaan tertinggi di stasiun II-1 dan terendah di stasiun IV-2, sedangkan kadar nitrat

- pada sedimen tertinggi di stasiun III-2 dan terendah di stasiun II-1.
2. Kadar fosfat pada air permukaan tertinggi di stasiun III-1 dan terendah di stasiun I-3, sedangkan kadar fosfat pada sedimen tertinggi di stasiun IV-2 dan terendah di stasiun I-3 dan II-2.
 3. Kadar nitrat dan fosfat pada air permukaan di perairan pesisir Kota Tarakan telah melewati baku mutu berdasarkan Kepmen-LH Nomor 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, A. F. (2010). *Analisis Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove: Analisis Kandungan Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove yang Termanfaatkan di Kecamatan Mallusetasi Kabupaten Barru*. <http://andifaizalbahriskel.blogspot.com/2010/11/analisis-nitrat-dan-fosfat-pada-sedimen.html>. Diakses pada tanggal 3 Juni 2015.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air bagi Pengolahan Sumberdaya Hayati Lingkungan Perairan*. Yogyakarta. Kanisius.
- Fachrul, F.M., H. Haeruman, dan L.C. Sitepu. 2005. *Komunitas Fitoplankton sebagai Bio-indikator Kualitas Perairan Teluk Jakarta*. Seminar Nasional MIPA 2005. FMIPA-Universitas Indonesia. 24-26 November 2005. Jakarta.
- Faizal. A, Jompa. J, Nessa. N, C. Rani. 2011. *Dinamika Spasio Temporal Tingkat Kesuburan Perairan Di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan*. repository.unhas.ac.id. Diakses Tanggal 5 Januari 2015.
- Golterman H.L, 2004. *The Chemistry of Phosphate and Nitrogen Compounds in Sediments*, Kluwer Academic Publishers. New York.
- Jan R. Makatita, J.R, Susanto, A.B, Jubhar, dan C. Mangimbulude. 2014. *Kajian Zat Hara Fosfat Dan Nitrat Pada Air Dan Sedimen Padang Lamun Pulau Tujuh Seram Utara Barat Maluku Tengah*. www.pustaka.ut.ac.id/dev25/fmipa 2014. Diakses Tanggal 5 Januari 2015.
- KLH. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 tentang baku mutu air laut*. Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Liaw, W. K. 1969. *Chemical and biological studies of fish pond and reservoir in Taiwan*. Chinese America Joint Commission on Rural. Reconstruction Fish, Series 7: 1-43.
- Paytan, A. and K. McLaughlin. (2007). *The Oceanic Phosphorus Cycle*. Chem. Rev.107 (2): 563-576.
- Ruttenberg, KC. (2004). *The Global Phosphorus Cycle*. Tratisse on Geochemistry. H. D. Holland, KK Turekian and WH. Schleinger. Amsterdam, Ellsevier Pergamon : 585.
- Sharp, J.H. 1983. *The distributions of inorganic nitrogen and dissolved and particulate organic nitrogen in the sea*. In: Nitrogen in the marine environment. E.J Carpenter and D.G. Capone. (Eds.). Academic Press New York: 1- 29 p
- Wetzel R.G., 2001. *Limnology Lake and River Ecosystem*. Third Edition. Academic Press, California. 1006 p.
- Williams, J.D.H. and T. Mayer. (1972). *Effects of Sediment Diagenesis and Regenerations of Phosforus with Special Reference to Lakes Eire and Ontarion*. *Nutrients in Natural Waters*. New York, John Wiley and Sons : 281 – 315.