

Total nitrogen dan fosfat di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat, Indonesia

Total nitrogen and phosphorus in the Doreri Bay, Manokwari Regency, West Papua Province, Indonesia

Alianto^{1*}, Hendri², dan Suhaemi³

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban Manokwari, Provinsi Papua Barat 98314, Indonesia; ²Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban Manokwari, Provinsi Papua Barat 98314, Indonesia; ³Prodi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban Manokwari, Provinsi Papua Barat 98314, Indonesia. *Corresponding author e-mail: ali.unipa@gmail.com

Abstract. Total Nitrogen (TN) and Phosphate (TP) are the two bio-elements essential that determine the source of life in the waters, including marine waters. This study aims to determine the concentration of TN and TP in the Doreri Bay. The study was conducted from January to March 2012. The sampling of seawater in situ performed three times in the six research stations. Measurement of sea water samples also carried out ex-situ by using method persulphate and peroxidisulphate for each concentration of TN and TP. The measurement results obtained an average TN concentration ranging from 0.053 to 0.165 mg/L with a higher tendency at station 1, 2 and 5 respectively of 0.102 mg/L; 0.100 mg/L; and 0.165 mg/L. While TP concentrations ranged from 0.017 to 0.038 mg/L with a value equal concentrations tended at each station observations. The results showed the value of the concentration of TN tend to vary and TP relatively stable or not varies.

Keywords: Eks situ, In situ, Peroxidisulphate, Persulphate, Nitrogen total, Phosphate total, Doreri Bay

Abstrak. Total Nitrogen (TN) dan Fosfat (TP) merupakan dua unsur bioelemen penting yang menentukan sumber kehidupan di perairan termasuk perairan laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi TN dan TP di perairan Teluk Doreri. Penelitian dilaksanakan pada Januari 2012 sampai Maret 2012. Pengambilan contoh air laut dilakukan secara *in situ* sebanyak tiga kali pada enam stasiun penelitian. Pengukuran contoh air laut dilakukan secara *eks situ*, konsentrasi TN diukur dengan metode persulphate dan TP dengan metode peroxidisulphate. Hasil pengukuran diperoleh rata-rata konsentrasi TN berkisar dari 0,053 – 0,165 mg/L dengan kecenderungan lebih tinggi pada stasiun 1, 2 dan 5 dengan nilai konsentrasi secara berturut-turut sebesar 0,102 mg/L; 0,100 mg/L; dan 0,165 mg/L. Konsentrasi TP berkisar dari 0,017 – 0,038 mg/L dengan nilai konsentrasi yang cenderung sama pada setiap stasiun pengamatan. Hasil yang diperoleh menunjukkan nilai konsentrasi TN cenderung bervariasi dan TP relatif stabil atau tidak bervariasi.

Kata kunci: Eks situ, In situ, Peroxidisulphate, Persulphate, Total Fosfat, Total Nitrogen, Teluk Doreri

Pendahuluan

Nitrogen dan fosfat merupakan bioelemen perairan penting yang sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme terutama fitoplankton. Furnas (1992) mendeskripsikan peran nitrogen dan fosfat pada fitoplankton, nitrogen berperan sebagai pembentuk asam amino, asam nukleat, dan kofaktor metabolik. Fosfat berperan selain sebagai pembentuk asam nukleat, juga sebagai fosfolipid dan energi untuk metabolisme. Pada perairan termasuk perairan laut, nitrogen dan fosfat terdapat dalam bentuk terlarut dan partikulat organik (Millero, 2006) baik sebagai Nitrogen Organik Terlarut (DON) dan Nitrogen Organik Partikulat (PON) maupun sebagai Fosfat Organik Terlarut (DOP) dan Fosfat Organik Partikulat (POP) (Millero, 2006; Yoshida *et al.*, 2014). Pada perairan laut, DON dan PON bersama dengan Nitrogen Inorganik Terlarut (DIN) tergabung sebagai Total Nitrogen (TN) sedangkan DOP dan POP bersama dengan Fosfat Inorganik Terlarut (DIP) tergabung sebagai Total Fosfat (TP) (Yanagi, 1999).

Sumber TN dan TP di perairan berasal dari luar perairan diantaranya melalui masukan air tawar dari sungai, industri, dan pengolahan pertanian (Yanagi, 1999). Selain itu, sumber TN dan TP juga berasal dari dalam perairan itu sendiri diantaranya melalui produksi regenerasi dan produksi baru (Lalli dan Parsons, 1995; Davies *et al.*, 2004). TN dan TP dari masukan air tawar sebagian besar terdapat dalam bentuk DON dan DOP (Yanagi, 1999; Qualls dan Richardson, 2003) serta PON, DIN, POP dan DIP (Yanagi, 1999). TN dan TP dari produksi regenerasi merupakan hasil proses dekomposisi nitrogen dan fosfat organik pada tumbuh-tumbuhan, hewan-

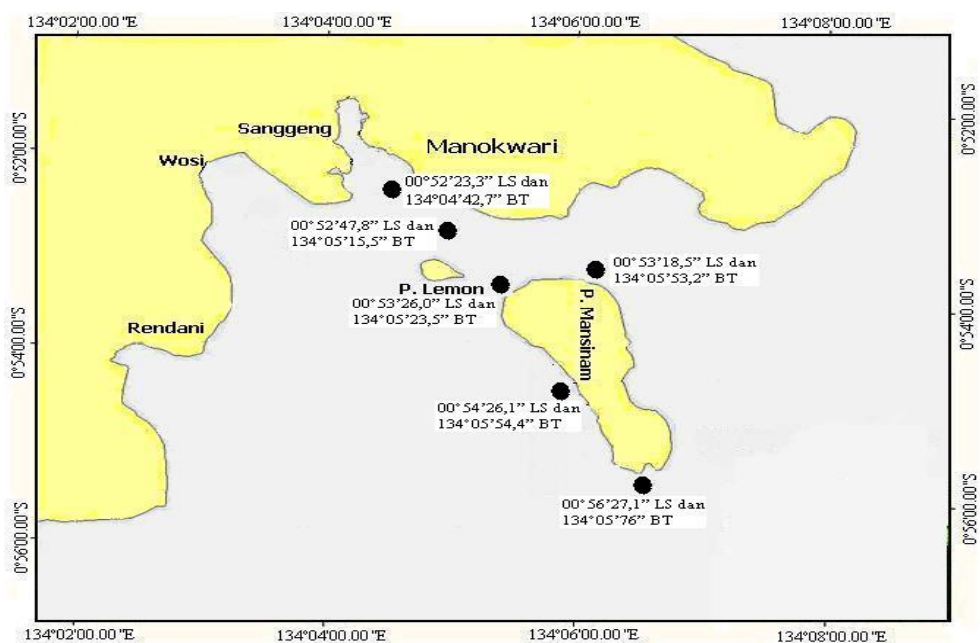
hewan, maupun mikroorganisme, dan buangan kotoran atau feses hewan (Millero, 2006; Yu *et al.*, 2014). Selanjutnya sebaran dan distribusi TN dan TP di perairan sangat ditentukan oleh proses-proses biologi dan fisik (Millero, 2006).

Proses-proses biologi dan fisik akan menyebabkan pada lokasi-lokasi tertentu seperti pantai atau teluk yang terdapat muara sungai umumnya akan ditemukan TN dan TP dengan konsentrasi tinggi (Rumolo *et al.*, 2015). Sebaliknya dinyatakan pada perairan yang semakin jauh dari pantai atau mengarah ke laut lepas akan ditemukan TN dan TP dengan konsentrasi rendah. Kondisi seperti ini diperkirakan terjadi pula pada perairan Teluk Doreri yang dialiri oleh lima sungai kecil yang melewati pemukiman di Kelurahan Tanah Merah Indah, Wosi, Sanggeng, dan Padarniserta berhadapan langsung dengan Samudera Pasifik. TN dan TP yang terbawa aliran sungai tersebut akan mempengaruhi biota baik langsung maupun tidak langsung di perairan Teluk Doreri. Pada konsentrasi TN dan TP yang tinggi akan menyebabkan perubahan komposisi fitoplankton dan adanya species yang mendominasi (Mundy *et al.*, 2014). Penelitian sebelumnya mencatat 30 genera fitoplankton di perairan Teluk Doreri (Atururi, 2014). Pengaruh tidak langsung adalah TN dan TP dalam konsentrasi tinggi akan menyebabkan perubahan komposisi ikan terutama ikan-ikan pelagis bernilai ekonomis di perairan Teluk Doreri seperti ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*), tenggiri (*Scomberomorus commerson*), kembung (*Rastrelliger brachysoma*), selar (*Selar crumenophthalmus*) dan teri (*Stolephorus spp.*) (DKP Provinsi Papua Barat, 2012). Hal ini terjadi karena ikan pelagis sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan seperti suhu, salinitas dan pH (Siregar dan Waas, 2006). Perubahan suhu, salinitas, dan pH perairan karena mendapat pengaruh atau masukan TN dan TP (Zhou, *et al.*, 2014). Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi TN dan TP di perairan Teluk Doreri Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat.

Bahan dan Metode

Waktu, tempat dan penentuan stasiun

Penelitian berlangsung dari bulan Januari 2012 sampai Maret 2012 yang termasuk dalam musim hujan di perairan Teluk Doreri, Kabupaten Manokwari, Provinsi Papua Barat (Gambar 1). Stasiun penelitian terdiri atas enam stasiun dengan karakteristik yang berbeda-beda antara stasiun. Karakteristik dan posisi masing-masing stasiun penelitian sebagai berikut: Stasiun I dan I merupakan stasiun yang berada di depan dermaga PELNI Manokwari dan pemukiman sekitarnya dengan kedalaman perairan berkisar dari 50-100 m; Stasiun III dan IV merupakan stasiun yang berada tepat di pertengahan antara pemukiman Desa Arowi Distrik Manokwari Timur yang berada di pulau induk Papua dengan pemukiman di Pulau Mansinam dengan kedalaman perairan lebih dari 100 m; Stasiun V merupakan stasiun yang berada di depan Balai Budidaya Laut Mansinam dan pantai sekitarnya terdapat ekosistem lamun dengan kedalaman perairan berkisar dari 5-12 m; dan Stasiun VI merupakan stasiun yang berada di sebelah utara Pulau Mansinam tepatnya berhadapan langsung dengan laut lepas (Samudera Pasifik) dengan kedalaman perairan lebih dari 500 m.



Gambar 1. Peta Teluk Doreri yang memperlihatkan lokasi sampling (bulat hitam) dan koordinat

Prosedure sampling

Pengambilan contoh air laut dilakukan pada kedalaman sekitar 50 cm dari permukaan laut sebanyak tiga kali dengan interval satu kali setiap bulan secara berturut-turut pada enam stasiun penelitian. Pengukuran parameter perairan baik fisik maupun kimia secara *in situ* meliputi suhu, salinitas dan pH secara berturut-turut menggunakan alat termometer air raksa skala 50 °C, refraktometer, dan pH meter orion. Sedangkan pengukuran parameter secara *eks situ* dimana contoh air yang telah diambil di lapangan (disimpan dalam *coolbox* berisi es batu dengan suhu -4 °C) dianalisis di laboratorium dengan menggunakan metode persulphate (TN) dan peroxodisulphate (TP) berdasarkan Grasshoff (1976). Selanjutnya menentukan konsentrasi TN dan TP dengan menggunakan spektrofotometer tipe UV 1601.

Analisa data

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara *in situ* dan *eks situ* dianalisa secara deskriptif (Sugiyono, 2012). Pada analisa ini, data TN, TP, suhu, salinitas dan pH yang diperoleh diinterpretasikan berdasarkan hasil yang diperoleh pada waktu pengukuran. Selanjutnya data-data hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan konsentrasi TN dan TP serta nilai suhu, salinitas, dan pH yang umumnya terdapat di perairan laut (Lalli dan Parsons, 1995; Millero, 2006; Xu *et al.*, 2012). Data TN dan TP merupakan data utama serta menjadi pokok bahasan sedangkan suhu, salinitas dan pH sebagai data penunjang.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

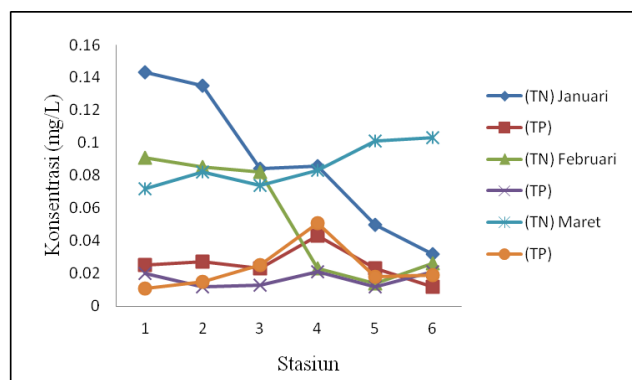
Hasil pengukuran memperlihatkan rata-rata konsentrasi TN secara berturut-turut dari stasiun 1 sampai 6 di perairan Teluk Doreri berkisar dari 0,053 – 0,165 mg/L (Tabel 1). Rata-rata konsentrasi TN lebih bervariasi dengan kecenderungan lebih tinggi secara berturut-turut pada stasiun 1 dan 2 dibandingkan dengan empat stasiun lainnya. Pada stasiun 1 dan 2 rata-rata konsentrasi TN secara berturut-turut sebesar 0,102 mg/L, dan 0,100 mg/L. Sedangkan pada stasiun 3, 4, 5 dan 6 (Tabel 1) rata-rata konsentrasi TN tergolong rendah dan relatif homogen dengan nilai rata-rata konsentrasi TN secara berturut-turut sebesar 0,080 mg/L, 0,064 mg/L, 0,055 mg/L dan 0,053 mg/L.

Tingginya konsentrasi TN pada stasiun 1 dan 2 seperti diuraikan di atas (Tabel 1) terjadi pada bulan Januari 2012 (Gambar 2). Pada bulan Januari 2012 konsentrasi TN pada stasiun 1 dan 2 secara berturut-turut sebesar 0,143 mg/L dan 0,135 mg/L. Sebaliknya, konsentrasi TN rendah pada bulan Februari 2012 pada stasiun 1 sampai 6 dengan konsentrasi berkisar dari 0,014 – 0,091 mg/L. Pada bulan Maret 2012, konsentrasi TN mengalami peningkatan terutama pada stasiun 5 dan 6 dengan konsentrasi secara berturut-turut sebesar 0,101 mg/L dan 0,103 mg/L. Walaupun demikian, peningkatan konsentrasi TN pada bulan Maret 2012 di kedua stasiun tersebut tidak diikuti peningkatan konsentrasi TN pada stasiun 1, 2, 3, dan 4 yang cenderung homogen dengan konsentrasi berkisar dari 0,072-0,083 mg/L.

Berbeda halnya dengan rata-rata konsentrasi TP yang diperoleh memperlihatkan nilai rata-rata relatif rendah dengan kecenderungan homogen dibandingkan dengan konsentrasi TN. Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi TP selama pengamatan dari stasiun 1-6 berkisar dari 0,017 – 0,038 mg/L (Tabel 1). Kecenderungan homogennya rata-rata konsentrasi TP terjadi selama tiga periode pengamatan dari bulan Januari 2012 sampai Maret 2012 (Gambar 2). Pada bulan Januari 2012 sampai Maret 2012 konsentrasi TP berkisar dari 0,011 – 0,086 mg/L.

Tabel 1 . Rata-rata konsentrasi Total Nitrogen dan Total Phosphate yang teramati selama periode pengamatan di perairan Teluk Doreri

Stasiun	Total Nitrogen (mg/L)	Total Phosphate (mg/L)
I	0,102	0,018
II	0,100	0,018
III	0,080	0,020
IV	0,064	0,038
V	0,055	0,017
VI	0,053	0,017



Gambar 2. Variasi konsentrasi TN dan TP selama periode pengamatan di perairan Teluk Doreri

Pembahasan

Konsentrasi TN cenderung lebih tinggi pada stasiun yang berada dekat dengan daratan termasuk yang berada di depan pulau induk (Pulau Papua) terutama pada stasiun 1 dan 2. Kecenderungan tingginya konsentrasi TN pada stasiun 1 dan 2 disebabkan adanya masukan TN yang berasal dari buangan domestik baik secara langsung ke perairan maupun secara tidak langsung seperti buangan yang terbawa oleh aliran sungai yang berada di sekitar Teluk Doreri (stasiun 1 dan 2) maupun aliran permukaan (*runoff*) dari daratan sekitar stasiun 1 dan 2. Hal ini berkaitan dengan pernyataan Yanagi (1999) serta Qualls dan Richardson (2003) bahwa sumber TN di perairan salah satunya berasal dari masukan air tawar yang masuk melalui sungai. Rendahnya konsentrasi TN pada stasiun yang mengarah ke laut lepas seperti pada stasiun 3, 4, 5 dan 6 menunjukkan pula bahwa sumber TN lebih dominan berasal dari darat.

Rendahnya konsentrasi TN pada stasiun-stasiun yang mengarah ke laut tersebut menunjukkan pula bahwa sumber TN dari dalam perairan melalui produksi baru (dekomposisi serasah tumbuh-tumbuhan termasuk serasah daun lamun) belum memberikan kontribusi pada ketersediaan TN. Hal ini dapat dilihat dari konsentrasi TN yang rendah pada stasiun 5 yang perairan pantainya terdapat ekosistem lamun yang menjadi salah satu sumber TN di Perairan. Hal ini disebabkan ekosistem lamun di stasiun 5 masih berupa tegakan (masih hidup) dan belum terlepas dari tegakannya menjadi serasah (mati) sehingga belum dapat terdekomposisi menjadi TN. Hal ini berkaitan dengan pernyataan Lalli dan Parson (1996) serta Millero (2006) bahwa sumber TN di perairan berasal dari produksi baru yang salah satunya berasal dari hasil proses dekomposisi serasah tumbuh-tumbuhan. Hal ini dikuatkan pula dengan pernyataan bahwa kontribusi serasah daun lamun dari jenis *Thalassia testudinum* pada ketersediaan nitrogen di perairan sebesar 2,1% (Roman, 1983).

Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan TN tinggi pada bulan Januari 2012 disebabkan karena pada bulan Januari terjadi hujan yang membantu sumber TN dari daratan sekitarnya ikut terbawa aliran sungai masuk ke perairan Teluk Doreri. Hal ini didukung oleh rata-rata curah hujan di Kabupaten Manokwari pada bulan Januari 2012 sebesar 511,9 mm dengan 25 hari hujan (BPS Kabupaten Manokwari, 2014). Selanjutnya curah hujan dan hari hujan menurun pada bulan Februari 2012 dan Maret 2012 yang diikuti dengan rendahnya konsentrasi TN pada kedua bulan ini (Gambar 2). Hal ini berkaitan dengan pernyataan Zhou *et al.* (2014) bahwa musim sangat berpengaruh kuat pada konsentrasi dan distribusi TN di perairan. Sedangkan adanya kecenderungan tingginya TN pada stasiun yang mengarah ke laut lepas (stasiun 5 dan 6) diduga berasal dari hasil dekomposisi tumbuhan maupun hewan laut. Hal ini berkaitan dengan pernyataan bahwa sumber TN di laut lepas berasal dari hasil proses dekomposisi (Lalli dan Parsons, 1995). Hal ini dikuatkan pula oleh pernyataan Millero (2006) bahwa sumber TN dari dalam perairan selain berasal dari serasah tumbuh-tumbuhan juga berasal dari biota laut yang telah mati termasuk feses hewan (ikan) laut.

Walaupun demikian, konsentrasi TN yang diperoleh (Tabel 1 dan Gambar 2) pada penelitian ini masih berada di bawah konsentrasi TN yang umumnya terdapat di perairan laut. Hal ini berkaitan dengan pernyataan Millero (2006) bahwa pada perairan laut baik pada bagian permukaan, laut dalam dan pantai secara berturut-turut konsentrasi TN berkisar dari 0,762-1,512 mg/L; 0,45-0,7 mg/L dan 0,5-7,5 mg/L. Hal yang sama terjadi pula pada konsentrasi TP selama penelitian di perairan Teluk Doreri (Tabel 1 dan Gambar 2). Konsentrasi TP yang diperoleh masih berada jauh dari yang umumnya terdapat di perairan laut baik yang berada di permukaan laut dalam dan pantai yang secara berturut-turut berkisar dari 0,015 -0,062 mg/L; 0,002 mg/L; dan 0,057 – 0,152 mg/L (Millero, 2006).

Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa konsentrasi TN dan TP cenderung rendah selama pengamatan dibandingkan TN dan TP yang umumnya terdapat di perairan laut, hal ini mungkin disebabkan karena konsentrasinya menurun pada perairan laut yang salinitasnya tinggi (Jordan *et al.*, 2008; Guo *et al.*, 2015). Hal ini didukung oleh tingginya salinitas perairan yang diperoleh dari stasiun 1 sampai 6 berkisar dari 31-34,5 ‰ dan nilai salinitas ini termasuk dalam kisaran salinitas perairan laut. Hal ini berkaitan dengan pernyataan Lalli dan Parsons (1995) bahwa salinitas perairan laut berkisar dari 32-38 ‰ dengan rata-rata 35 ‰. Hal yang sama konsentrasi TN dan TP berkurang pada perairan laut yang memiliki nilai suhu dan pH tinggi (Chen *et al.*, 2014). Hal ini didukung oleh nilai suhu dan pH selama pengamatan secara berturut-turut berkisar dari 31,5 °C-32,5 °C dan 8,0 – 8,3. Sebaran suhu yang diperoleh ini lebih tinggi dari suhu rata-rata di perairan tropis sebesar 25 °C (Lalli dan Parsons, 1995). Nilai pH yang diperoleh hampir mendekati nilai pH laut yang stabil dengan nilai sebesar 8,1 dan 8,3 (Xu *et al.*, 2012).

Kesimpulan

Konsentrasi TN cenderung lebih bervariasi dibandingkan TP baik menurut stasiun maupun waktu pengamatan. Konsentrasi TN cenderung lebih tinggi pada stasiun-stasiun yang berada dekat dengan daratan dan semakin ke arah laut lepas konsentrasi cenderung semakin rendah. Sebaliknya, konsentrasi dan sebaran TP lebih stabil dengan konsentrasi yang rendah dibandingkan dengan TN baik pada stasiun yang dekat dengan daratan dan pemukiman maupun pada stasiun yang mengarah ke laut lepas.

Daftar Pustaka

- Atururi, S. 2014. Studi kelayakan lingkungan perairan Teluk Doreri untuk kegiatan perikanan. Tesis, Universitas Negeri Papua, Manokwari.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Kabupaten Manokwari. 2013. Kabupaten Manokwari dalam angka 2013. BPS Kabupaten Manokwari, Manokwari.
- Chen, B, W. Ji, K. Zhou, Q. He, T. Fu. 2014. Nutrient and eutrophication characteristics of the Dongshan, Bay, South China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 32(4): 886-898.
- Davies, J.M., H. Weston, A. Mazumder. 2004. Variation in temporal (¹⁴C) plankton photosynthesis among warm monomictic lakes of Coastal British Columbia. *Journal of Plankton Research*, 26(7): 763-778.
- DKP (Dinas Kelautan dan Perikanan) Provinsi Papua Barat. 2012. Penyusunan dokumen rencana zonasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil (RZWP-3-K) Provinsi Papua Barat. Buku data dan analisis, Manokwari.
- Guo, H, J. Yao, Z. Sun, and D. Duan. 2015. Effects of salinity and nutrients on the growth and chlorophyll fluorescence of *Canlerpa lentillefera*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33(2): 410-418.
- Furnas, M.J. 1992. The behavior of nutrients in tropical aquatic ecosystems. In: Connell DW, and DW Hawker (eds.), *Pollution in tropical aquatic aystems*. CRC Press, Boca Raton.
- Grasshoff, K. 1976. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K. (ed.), *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim.
- Jordan, E.J., J.C. Cornwell, W.R. Boynton, J.T. Anderson. 2008. Changes in phosphorus biogeochemistry along an estuarine salinity gradient: the iron conveyer belt. *Limnology and Oceanography*, 53(1): 172-184
- Lalli, C.M., T.R. Parsons. 1995. *Biological oceanography: an introduction*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Millero, F.J. 2006. *Chemical oceanography*. CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Mundy, C.J., M. Gosseli, Y. Gratton, K. Brown, V. Galindo, K. Campbell, M. Levasseur, D. Barber, T. Papakyriakou, S. Belanger. 2014. Role of environmental factors on phytoplankton bloom initiation under sea ice in Resolute Passage, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 497(5): 39-49.
- Qualls, R.G., C.J. Richardson. 2003. Factor controlling concentration, export, and decomposition of dissolved organic nutrients in the Everglades. *Journal Biogeochemistry*, 62(2): 197-229.
- Roman, M.R. 1983. Nitrogenous nutrition of marine invertebrates. In: Carpenter EJ and DG Capone (eds.). *Nitrogen in the marine environment*. Academic Press, New York.
- Rumolo, P., J.E. Cartes, E. Fanelli, V. Papiol, M. Sprovieri, S. Mirto, S. Gherardi, A. Bonanno. 2015. Seasonal variations in the source of sea bottom organic matter off Catalonia coasts (western Mediterranean): links with hydrography and biological response. *Journal of Oceanography*, 71(4): 325-343.
- Siregar V., H.J.D. Waas. 2006. Identification of oceanographic paramaters for determining pelagic tuna fishing ground in the North Papua waters using multi-sensor satellite data. *Journal of Biotropia*, 13(1): 37-48.
- Sugiyono. 2012. *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Xu, Y, D. Shi, L. Aristilde, F.M.M. Morel. 2012. The effect of pH on the uptake of zinc and cadmium in marine phytoplankton: possible role of weak complexes. *Limnology and Oceanography*, 57(1): 293-304.
- Yanagi, T. 1999. Seasonal variation in nutrient budgets of Hakata Bay. *Journal of Oceanography*, 55(3): 439-448.
- Yoshida, M., K. Yamamoto, A. Suzuki. 2014. Metaproteomik characterization of dissolved organic matter in coastal waters. *Journal of Oceanography*, 70(1): 105-113.
- Yu, H., Z. Yu, X. Song, X. Cao, Y. Yuan, G. Lu. 2014. Key nitrogen biogeochemical processes relevelated by the nitrogen isotopic composition of dissolved nitrate in the Changjiang River estuary, China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 32(1): 162-173.
- Zhou, Y., D. Scavia, A.M. Michalak. 2014. Nutrient loading and meteorological conditions explain interannual variability of hypoxia in Chesapeake Bay. *Limnology and Oceanography*, 59(2): 373-384