

DISTRIBUSI FOSFAT DAN NITRAT DI TELUK AMBON BAGIAN DALAM PADA MUSIM BARAT DAN TIMUR

PHOSPHATE AND NITRATE DISTRIBUTION IN INNER AMBON BAY DURING NORTHWEST AND SOUTHEAST MONSOON

Idha Yulia Ikhsani^{1,*}, Malik S. Abdul¹, dan Johanis D. Lekalet¹

¹Pusat Penelitian Laut Dalam, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Ambon, Indonesia.

*E-mail: idhayuliaikhsani@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

15 March 2016

Received in revised form date:

12 April 2016

Accepted date:

27 June 2016

Available online date:

30 November 2016

Abstract

This study has compared the distribution of nutrients phosphate and nitrate concentrations in the inner Ambon Bay during two different seasons: Northwest dan Southeast monsoon. The result showed that the nutrient concentrations in the Southeast monsoon were higher than those in the Northwest monsoon, both for phosphate and nitrate. The ranges of phosphate concentrations on the surface and near the bottom of the bay during the Northwest monsoon were 0.0471-0.0549 mg/L and 0.0549-0.1176 mg/L while the ranges of nitrate concentrations were from undetected to 0.0976mg/L on the surface, and 0.0956-0.5870 mg/L near the bottom of the bay. Meanwhile, the phosphate and nitrate concentration on the surface during the Southeast monsoon were 0.0495-0.0676 mg/L and 0.0247-0.4019 mg/L, while near the bottom the concentrations were 0.0495-0.1802 mg/L and 0.0247- 0.7944 mg/L. These results indicated that phosphate and nitrate concentrations in the inner Ambon Bay have exceeded the marine water standard quality, which can be categorized as polluted. High concentrations of phosphate and nitrate during Northwest monsoon could be caused by run-off from the mainland area that enters the bay trough the river. On the other hand, the enrichment of nutrients in the inner Ambon Bay during the Southeast monsoon could be dominated by the "nutrient-rich water mass" from Banda Sea that enters the inner Ambon Bay.

Keywords: Nitrate, Phosphate, Northwest monsoon, Southeast monsoon

Kata kunci:

Nitrat

Fosfat

Monsun barat

Monsun timur

Abstrak

Penelitian ini telah membandingkan distribusi konsentrasi zat hara fosfat dan nitrat di Teluk Ambon bagian dalam pada dua musim yang berbeda, yaitu Monsun Barat dan Timur. Hasil menunjukkan konsentrasi fosfat lebih tinggi di beberapa lokasi pengamatan pada Monsun Timur, begitu juga dengan nitrat. Kisaran konsentrasi fosfat di permukaan dan dekat dasar pada Monsun Barat adalah 0,0471-0,0549 dan 0,0549-0,1176 mg/L, sedangkan untuk nitrat adalah dari tidak terdeteksi hingga 0,0976 mg/L di permukaan dan 0,0956-0,5870 mg/L di dekat dasar. Kisaran konsentrasi fosfat dan nitrat pada Monsun Timur di permukaan 0,0495-0,0676 mg/L dan 0,0247-0,4019 mg/L, sedangkan di daerah dasar adalah 0,0495-0,1802 mg/L dan 0,0247-0,7944 mg/L. Hasil mengindikasikan kandungan nitrat dan fosfat sudah tinggi dan dalam kategori tercemar. Kandungan fosfat dan nitrat yang tinggi pada Monsun Barat diduga disebabkan oleh limpahan nutrisi dari daratan yang masuk ke teluk melalui sungai. Di sisi lain, kandungan nutrisi yang tinggi pada teluk Ambon bagian dalam pada Monsun Timur disebabkan oleh masuknya massa air dari Laut Banda yang kaya akan nutrisi ke dalam teluk.

PENDAHULUAN

Pemahaman mengenai distribusi zat hara di lautan sangat penting untuk menjelaskan siklus rantai makanan. Zat hara yang umum menjadi fokus perhatian di perairan laut adalah fosfor dan nitrogen. Fosfor dalam bentuk orthofosfat (Paytan dan McLaughlin 2007) dan nitrogen dalam bentuk nitrat (Sanusi 1994) merupakan mikronutrien yang memengaruhi produksi primer perairan (Conkright, Gregg, and Levitus 2000).

Konsentrasi zat hara di perairan menggambarkan kondisi kesuburan perairan, semakin tinggi konsentrasi zat hara semakin subur perairan tersebut. Di sisi lain, tingginya konsentrasi fosfat maupun nitrat di perairan mengakibatkan terjadinya eutrofikasi yang dapat memicu ledakan populasi alga (Davidson et al. 2014). Telah banyak laporan mengenai ledakan populasi alga berbahaya (*Harmful Alga Blooming*) di kawasan Asia Tenggara, misalnya ledakan populasi *Dinophysis* spp. di Singapura yang mengakibatkan terjadinya keracunan setelah memakan ikan yang berasal dari perairan yang mengalami blooming *Dinophysis* spp. (Holmes et al. 1999). Ledakan populasi *Pyrodinium bahamense* juga dilaporkan terjadi di Malaysia, Brunai Darussalam, Filipina, dan Indonesia (Azanza et al. 2001). Kematian ikan akibat alga berbahaya jenis *Cochlodinium polykrikoides* juga dilaporkan terjadi di Malaysia (Anton et al. 2008) dan Filipina (Azanza et al. 2008).

Salah satu faktor penyebab tingginya konsentrasi zat hara di suatu perairan adalah sirkulasi massa air. Perairan tertutup cenderung memiliki sirkulasi massa air yang tidak lancar, sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan konsentrasi hara (Grundle, Timothy, and Varela 2009). Teluk Ambon merupakan perairan semi tertutup, antara teluk bagian luar

(TAL) dan dalam (TAD) dipisahkan oleh ambang yang dangkal. Daerah ambang yang dangkal menyebabkan terhambatnya pertukaran massa air di Teluk Ambon bagian dalam (Anderson and Sapulete 1981; Basit, Putri, and Tatipatta 2012).

Mengingat pentingnya konsentrasi zat hara terhadap kesuburan perairan, diperlukan penelitian untuk mengkaji konsentrasi zat hara di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan fosfat dan nitrat di Teluk Ambon bagian dalam, serta membandingkan kandungannya pada Monsun Barat dan Timur.

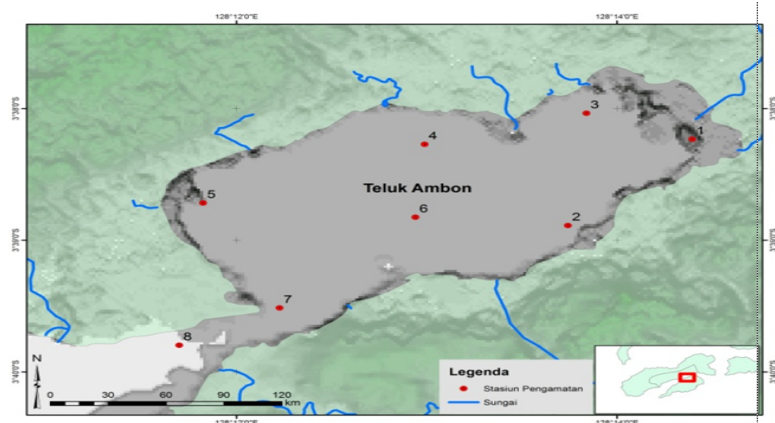
METODE

Observasi Lokasi

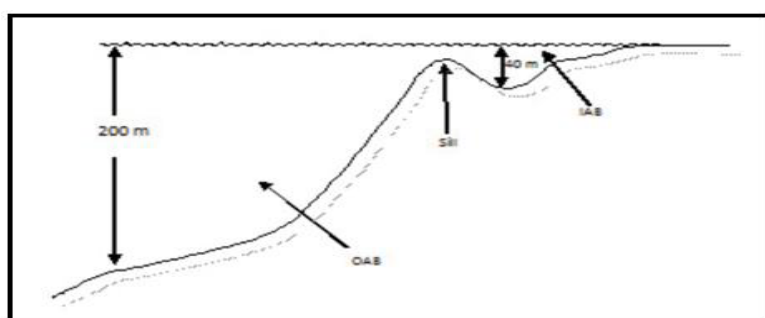
Penelitian ini dilakukan di perairan Teluk Ambon bagian dalam pada tahun 2015. Adapun waktu pengambilan sampel dilakukan pada 25 Februari (mewakili Monsun Barat) dan 27 Agustus (mewakili Monsun Timur). Pengambilan sampel dilakukan

Tabel 1. Profil stasiun pengamatan

Stasiun	Latitude	Longitude	Kedalaman (m)	Keterangan
1	-3.6711	128.2384	32	Dekat sungai di Passo
2	-3.64846	128.2785	23	Dekat sungai di Lata
3	-3.63487	128.2317	14	Dekat sungai di Negeri Lama
4	-3.63784	128.2165	22	Dekat sungai di Waiheru
5	-3.64527	128.1971	14	Muara sungai di Poka (samping PLTD)
6	-3.64707	128.2157	28	Tengah Teluk Dalam
7	-3.65856	128.2038	45	Penyeberangan Feri
8	-3.66328	128.195	17	Ambang, berdekatan dengan Sungai Galala



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel



Gambar 2. Penampang vertikal dari Teluk Ambon (Basit, Putri, and Tatipatta 2012)

pada delapan stasiun di TAD, seperti terlihat pada Gambar 1. Terdapat lebih dari delapan sungai yang bermuara ke Teluk Ambon bagian dalam. Adapun sungai-sungai yang bermuara pada daerah yang berdekatan dengan stasiun pengamatan ditunjukkan pada Tabel 1. TAD memiliki kedalaman maksimum 45 meter, antara teluk dalam dan luar dihubungkan oleh ambang yang sempit dengan kedalaman 17 meter seperti terlihat pada Gambar 2.

Pengambilan Data

Pengukuran kualitas air meliputi nitrat, fosfat, temperatur dan salinitas. Pengukuran temperatur dan salinitas dilakukan dengan menggunakan *Compact Conductivity, Temperature, Depth* (CTD) Model SBE 19PLUS. Akurasi/ketelitian CTD untuk pengukuran temperatur dan salinitas adalah $\pm 0,02$ °C dan $\pm 0,03$ psu. Pengukuran arus pasang di Teluk Ambon bagian dalam dan luar dilakukan satu kali pada tanggal 24–25 Februari 2015. Pengukuran arus

pada kedalaman 5 dan 15 m menggunakan *current* meter model Allec HMR dengan ketelitian ± 2 cm/detik.

Pengambilan sampel air laut dilakukan dengan menggunakan tabung Nansen pada kedalaman 1 m dari permukaan dan 50 cm dari dekat dasar. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam botol polietilen dan disimpan pada suhu 4 °C. Sampel air dibawa ke laboratorium untuk disaring menggunakan saringan millipore® ukuran 0,45 μm dengan bantuan *vacum pump*. Pengukuran konsentrasi zat hara mengikuti metode yang dikemukakan oleh Strickland dan Parsons (1970) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1700, dengan panjang gelombang 543 nm untuk nitrat serta 885 nm untuk fosfat (Strickland and Parsons 1970). Data tambahan berupa curah hujan didapatkan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kota Ambon.

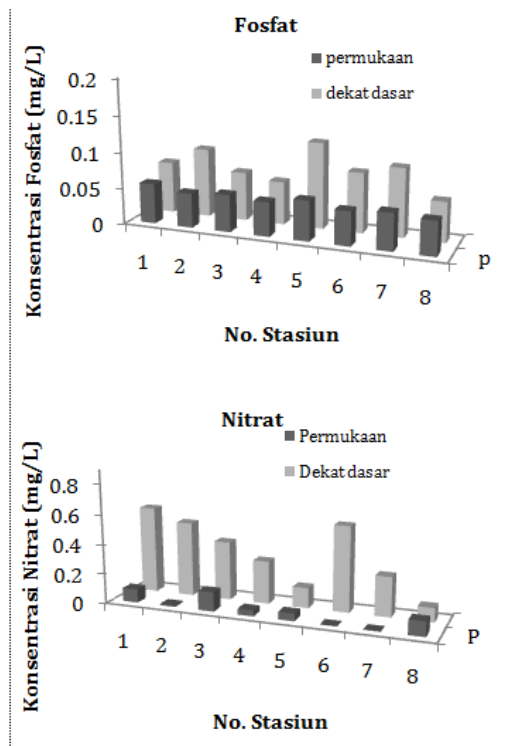
Data konsentrasi fosfat dan nitrat di permukaan dan dekat dasar pada Monsun Barat maupun Monsun Timur diuji dengan metode statistik *paired t-test* dengan *software Microsoft Excel*. Uji statistik *paired t-test* digunakan untuk membedakan apakah ada perbedaan konsentrasi zat hara pada Monsun Barat dan Timur di permukaan dan daerah dekat dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN Monsun Barat (Bulan Februari)

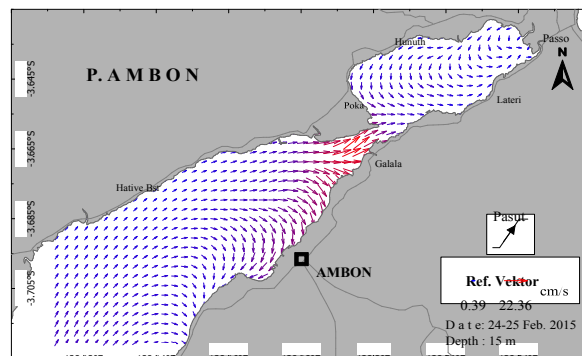
Secara umum, konsentrasi fosfat dan nitrat di dekat dasar perairan lebih tinggi dibandingkan dengan di permukaan (Gambar. 3). Kisaran konsentrasi fosfat di permukaan dan dekat dasar adalah 0,0471–0,0549 dan 0,0549–0,1176 mg/L. Kisaran konsentrasi nitrat di permukaan dan dekat dasar adalah 0–0,0976 dan 0,0956–0,5870 mg/L. Tingginya konsentrasi fosfat di daerah dekat dasar dikarenakan tingginya difusi

fosfat dari sedimen pada daerah dekat dasar (Paytan and McLaughlin 2007). Daerah dekat dasar juga merupakan tempat terjadinya mineralisasi senyawa organik yang berasal dari jasad flora maupun fauna yang mati. Hasil akhir dari proses mineralisasi adalah ion nitrat, fosfat, dan silikat (Zehr and Kudela 2011).

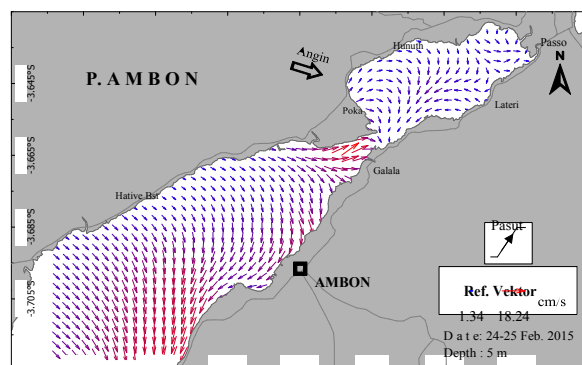
Sebaran konsentrasi fosfat dan nitrat di permukaan cenderung seragam di semua stasiun, dibandingkan dekat dasar. Seragamnya konsentrasi fosfat dan nitrat pada permukaan diduga karena kurang lancarnya sirkulasi massa air di permukaan TAD. Berdasarkan hasil pengukuran arus, sirkulasi massa air di TAD hanya terjadi pada kedalaman 15 meter; pada kedalaman tersebut massa air dari TAL akan bergerak masuk ke TAD (Gambar. 4). Sedangkan pada kedalaman 5 meter, massa air dari TAL yang akan masuk TAD berbelok arah saat membentur daerah ambang dan kembali ke TAL (Gambar. 5).



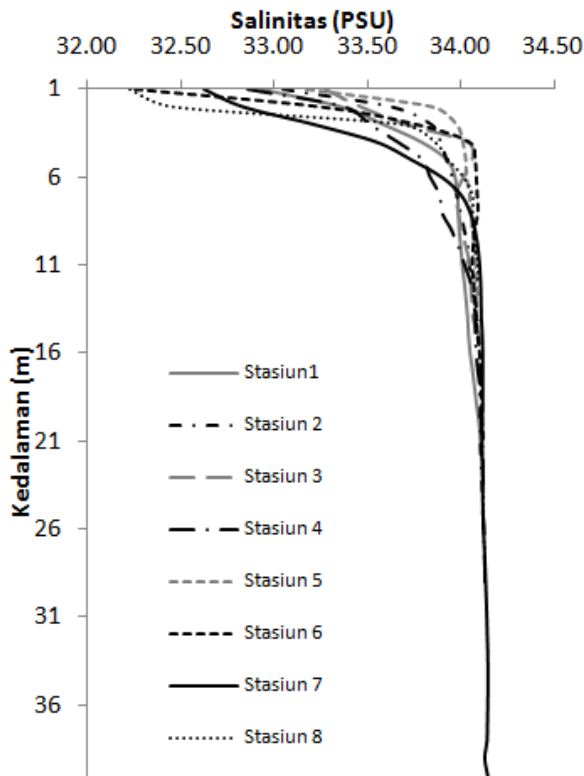
Gambar 3. Konsentrasi fosfat dan nitrat pada musim barat (bulan Februari)



Gambar 4. Pola arus pada kedalaman 15 m

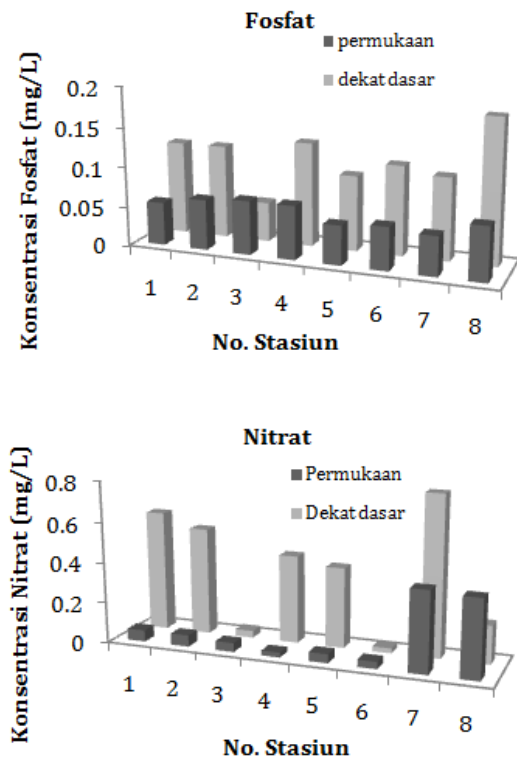


Gambar 5. Pola arus pada kedalaman 5 m



Gambar 6. Salinitas setiap stasiun pada Monsun Barat (bulan Februari)

Pada stasiun 6, 7, dan 8 di dekat dasar terlihat kecenderungan menurunnya konsentrasi nitrat dan fosfat seiring dekatnya stasiun dengan teluk bagian luar. Akan tetapi hal yang sebaliknya terjadi di permukaan, yaitu kecenderungan meningkatnya konsentrasi fosfat dan nitrat pada stasiun 6, 7, dan 8. Semakin rendahnya kadar zat hara di bagian dekat dasar pada stasiun yang dekat dengan ambang diduga karena pengenceran (Ferentinos et al. 2010) akibat pergantian massa air TAD dengan TAL yang terjadi pada kedalaman 15 m. Konsentrasi nitrat di permukaan pada stasiun 1 (0,058 mg/L), 3 (0,0989 mg/L), dan 8 (0,0682 mg/L) menunjukkan nilai yang lebih tinggi dari stasiun lainnya. Hal ini diduga karena limpasan nutrient dari darat yang terbawa oleh sungai (Sediadi dan Manik 1994; Pello et al. 2014). Dugaan tersebut diperkuat oleh data salinitas permukaan dari stasiun-stasiun tersebut

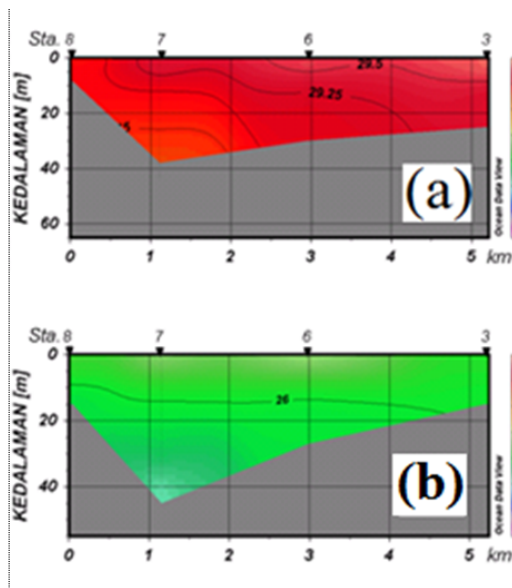


Gambar 7. Konsentrasi fosfat dan nitrat pada Monsun Timur (bulan Agustus)

yang lebih rendah dari lapisan di bawahnya (Gambar. 6). Sedangkan pada daerah dekat dasar, stasiun 1 dan 6 menunjukkan konsentrasi nitrat yang tinggi yaitu 0,5871 dan 0,5768 mg/L hal ini diduga karena terjadinya mineralisasi sedimen yang terjadi pada dasar perairan (Kristensen et al. 2000).

Monsun Timur (Bulan Agustus)

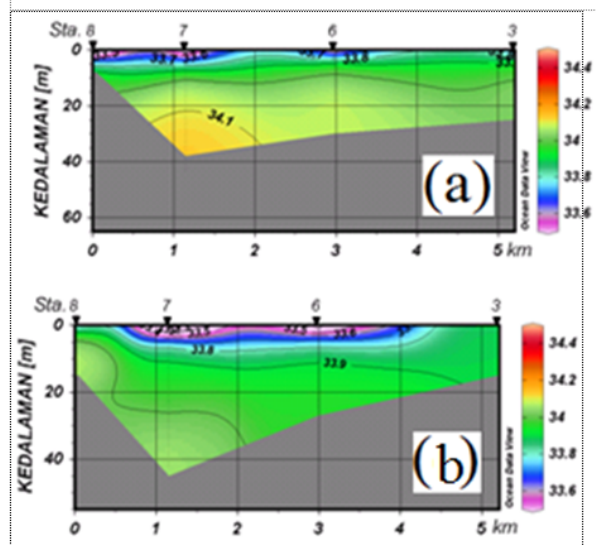
Kisaran konsentrasi fosfat dan nitrat di permukaan 0,0495–0,0676 mg/L dan 0,0247–0,4019 mg/L, sedangkan di daerah dasar adalah 0,0495–0,1802 mg/L dan 0,0247–0,7944 mg/L (Gambar 7). Nilai ini lebih rendah dari konsentrasi fosfat di TAD yang dilaporkan pula oleh Pello et al. (2014), yaitu 0,0475–0,2783 mg/L pada Monsun Timur. Hal ini diduga karena terjadinya fenomena *el Nino* pada tahun 2015 sehingga curah hujan lebih rendah



Gambar 8. Profil vertikal temperatur di TAD pada (a) Monsun Barat (bulan Februari) dan (b) Timur (bulan Agustus)

dari tahun 2014 (Sathicq, Bauer, and Gómez 2015). Curah hujan yang lebih rendah pada tahun 2015 mengakibatkan lebih sedikitnya limpasan zat hara dari daratan yang masuk ke TAD.

Kandungan fosfat dan nitrat pada Monsun Timur baik di permukaan maupun dekat dasar cenderung semakin besar pada stasiun yang semakin dekat dengan teluk bagian luar, kecuali pada stasiun 3 dan 6 dimana konsentrasi nitrat baik di dekat dasar maupun permukaan sangat kecil (Gambar. 7). Rendahnya konsentrasi nitrat pada stasiun 3 dan 6 diduga karena konsumsi nitrat oleh fitoplankton (PPLD-LIPI, 2015). Semakin tingginya konsentrasi zat hara pada stasiun yang semakin dekat dengan teluk bagian luar diduga karena masuknya massa air dari Laut Banda yang kaya akan zat hara ke TAD melalui ambang (Anderson and Sapulete 1981). Laut Banda mengalami pembalikan massa air pada musim timur, sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah zat hara di daerah permukaan. Massa air yang kaya zat hara dari Laut Banda akan menggantikan massa air di TAD.



Gambar 9. Profil vertikal salinitas di TAD pada (a) Monsun Barat (bulan Februari) dan (b) Timur (bulan Agustus)

Karakteristik massa air dari Laut Banda selain kaya akan zat hara adalah memiliki densitas yang besar tetapi suhu dan salinitas yang rendah (Wetsteyn, Ilahude, and Baars 1990). Perbedaan densitas antara massa air TAD dan Laut Banda mengakibatkan massa air Laut Banda mengalami penenggelaman dan menempati daerah dasar TAD. Masuknya massa air dari Laut Banda dibuktikan dengan profil suhu yang lebih dingin dan salinitas yang lebih rendah di daerah dasar pada musim timur daripada musim barat (Gambar 8 dan 9).

Konsentrasi fosfat dan nitrat di TAD, baik permukaan maupun dekat dasar telah melebihi baku mutu yang ditetapkan *ASEAN Marine Water Quality* (Anonymous, 2008). Kandungan fosfat dan nitrat di TAD juga lebih besar dari kandungan fosfat dan nitrat di Teluk Hurun (Santoso 2006; Santoso 2007), Teluk Banten (Adiwilaga, Damar, dan Harris 2009) dan Karimunjawa (Ulqodry et al. 2010). Hal ini diduga karena sirkulasi massa air di Teluk Hurun, Teluk Banten, dan Karimunjawa lebih lancar dari TAD, mengingat ketiga

Tabel 2. Perbandingan rata-rata konsentrasi fosfat dan nitrat di berbagai perairan

Penelitian	Rata-rata konsentrasi (PO ₄) ³⁻ (mg/L)		Rata-rata konsentrasi (NO ₃) ⁻ (mg/L)	
	Monsun Barat (kemarau)	Monsun Timur (penghujan)	Monsun Barat (kemarau)	Monsun Timur (penghujan)
Hasil penelitian ini	0,05 (P) 0,08 (D)	0,06 (P) 0,11 (D)	0,05 (P) 0,36 (D)	0,13 (P) 0,38 (D)
Teluk Hurun, Lampung (Santoso 2006; Santoso 2007)	0,0037 (P) 0,0036 (D)	0,0042 (P) 0,0035 (D)	0,001 (P)	-
Teluk Banten (Adiwilaga, Damar, dan Harris 2009)	0,05 (P)	0,007 (P)	0,16 (P)	0,001 (P)
Perairan Karimunjawa (Ulqodry et al. 2010)	0,11 (P) 0,14 (D)	-	0,37 (P) 0,16 (D)	-
Teluk Ujungbatu Jepara (Romdhoni et al. 2015)	-	0,2 (P)	-	0,51 (P)
Teluk Bangpakong, Thailand (Bordalo, Chalermwat, and Teixeira 2016)	3,45 (P)	1,00 (P)	0,34 (P)	0,07 (P)
Teluk Jakarta (Yuliana 2012)		0,23* (P)		0,06* (P)
Baku Mutu: ASEAN Marine Water Quality for Coastal Area (Anonimous 2008)			0,015 (fosfat)	0,06 (nitrat)

Keterangan: *rata-rata konsentrasi sepanjang tahun, P = permukaan, D = dasar

perairan ini langsung berhadapan dengan laut lepas. Tingginya konsentrasi fosfat dan nitrat dibanding teluk lainnya mengindikasikan telah terjadinya pencemaran di TAD. Walaupun terindikasi telah tercemar, tetapi konsentrasi fosfat dan nitrat di TAD lebih rendah dari Teluk Ujungbatu (Romdhoni et al. 2015), Teluk Bangpakong (Bordalo, Chalermwat, and Teixeira 2016) dan Teluk Jakarta (Yuliana 2012). Hal ini diduga karena lebih besarnya masukan zat hara dari daratan yang masuk ke Teluk Jakarta, Teluk Bangpakong, dan Teluk Ujungbatu, mengingat daratan yang mengelilingi ketiga teluk tersebut jauh lebih besar dengan aktivitas antropogenik yang lebih banyak dan beragam dibanding TAD. Perbandingan zat hara di berbagai perairan, ditampilkan pada tabel 2.

Untuk melihat apakah ada perbedaan konsentrasi fosfat dan nitrat pada Monsun Barat dan Timur, data hasil penelitian diuji dengan *paired t-test*. Nilai *P-value* hasil analisis *paired t-test* untuk konsentrasi fosfat dan nitrat di permukaan adalah 0,045 dan 0,1; sedangkan untuk fosfat dan nitrat di dekat dasar adalah 0,09 dan 0,86. Hasil uji statistik menyatakan bahwa tidak ada

perbedaan konsentrasi zat hara baik di permukaan maupun dekat dasar pada Monsun Barat maupun Timur (*P value* > 0,05) kecuali untuk data konsentrasi fosfat di permukaan (*P value* < 0,05). Konsentrasi fosfat di permukaan pada Monsun Barat umumnya kecil karena sumber utama fosfat berasal dari mineralisasi sedimen. Oleh karena itu, pada saat Monsun Timur, dimana massa air yang kaya nutrien dari Laut Banda masuk ke TAD, diduga terdapat penambahan konsentrasi fosfat di permukaan yang mengakibatkan ada perbedaan konsentrasi fosfat antara Monsun Barat dan Timur. Tidak berbedanya konsentrasi nitrat dan fosfat di dekat dasar serta nitrat di permukaan antara Monsun Barat dan Timur diduga karena perbedaan curah hujan pada musim tersebut. Pada bulan Februari (Monsun Barat) curah hujan Kota Ambon (BMKG) sebanyak 196 mm, sedangkan pada bulan Agustus (Monsun Timur) 70 mm. Menurut Wyrski (1961) karakteristik Monsun Timur yang dipengaruhi oleh angin Monsun Tenggara adalah membawa banyak curah hujan. Akan tetapi *el Nino* yang melanda Indonesia pada tahun 2015 diduga menjadi penyebab

rendahnya curah hujan pada bulan Agustus sehingga sumber masukan zat hara di TAD pada Monsun Timur diduga lebih dominan berasal dari Laut Banda, sedangkan pada Monsun Barat adalah limpasan zat hara dari darat.

KESIMPULAN

Konsentrasi fosfat dan nitrat pada Monsun Barat di permukaan berkisar antara 0,0471–0,0549 dan 0–0,0976 mg/L, di dekat dasar 0,0549–0,1176 dan 0,0956–0,5870 mg/L. Sedangkan pada Monsun Timur, konsentrasi fosfat dan nitrat di permukaan berkisar antara 0,0495–0,0676 dan 0,0247–0,4019 mg/L, untuk daerah dekat dasar berkisar antara 0,0495–0,1802 dan 0,0247–0,7944 mg/L. Hasil uji statistik menyatakan tidak ada perbedaan konsentrasi zat hara antara Monsun Barat dan Timur, kecuali fosfat di permukaan. Konsentrasi zat hara di TAD pada Monsun Barat dipengaruhi oleh adanya beban masukan nutrisi dari daratan melalui limpasan sungai, sedangkan pada Monsun Timur dipengaruhi oleh massa air yang kaya nutrisi dari Laut Banda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Monitoring Teluk Ambon yang didanai oleh dana DIPA P2LD LIPI. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Monitoring Teluk Ambon, khususnya Bapak Hanung Agus Mulyadi selaku koordinator kegiatan MTA. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim Kimia Oseanografi (Pak Is dan Pak Im), teman-teman DJFP Tk. 1 Gel. 4 khususnya Heri P2G-LIPI yang telah membuat peta lokasi penelitian. Terima kasih pula pada Ibu Cyntia Henny atas arahan, bimbingan, dan motivasi dalam penulisan KTI ini.

DAFTAR ACUAN

- Adiwilaga, Enan M., Ario Damar, dan Enang Harris. 2009. "Pengukuran Nutrien Inorganik Terlarut di Zona Eufotik Perairan Teluk Banten." *Indo.J.Chem.* 9 (2): 217–25.
- Anderson, J.J., and Daniel Sapulete. 1981. "Deep Water Renewal in Ambon Bay, Ambon, Indonesia". *Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium*. 1:369-374.
- Anonimous. 2008. *Marine Water Quality Management Guidelines and Monitoring Manual*. Jakarta: Public Affairs Office.
- Anton, A., P. L. Teoh, S. R. Mohd-Shaleh, and N. Mohammad-Noor. 2008. "First Occurrence of *Cochlodinium* Blooms in Sabah, Malaysia." *Harmful Algae* 7 (3): 331–36. doi:10.1016/j.hal.2007.12.013.
- Azanza, Rhodora V., Laura T. David, Roselle T. Borja, Iris U. Baula, and Yasuwo Fukuyo. 2008. "An Extensive *Cochlodinium* Bloom along the Western Coast of Palawan, Philippines." *Harmful Algae* 7(3):324-330. doi:10.1016/j.hal.2007.12.011.
- Basit, Abdul, Mutiara Rahmat Putri, and Willem M Tatipatta. 2012. "Estimation of Seasonal Vertically Integrated Primary Productivity in Ambon Bay Using the Depth-Resolved, Time-Integrated Production Model." *Mar. Res. Indonesia* 37 (1).
- Bordalo, Adriano A., Kashane Chalermwat, and Catarina Teixeira. 2016. "Nutrient Variability and Its Influence on Nitrogen Processes in a Highly Turbid Tropical Estuary (Bangpakong, Gulf of Thailand)." *Journal of Environmental Sciences*. Elsevier B.V., 1–12. doi:10.1016/j.jes.2016.01.011.
- Conkright, M. E., W. W. Gregg, and S. Levitus. 2000. "Seasonal Cycle of Phosphate in the Open Ocean." *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 47 (2): 159–75. doi: 10.1016/S0967-0637(99)00042-4.

- Davidson, Keith, Richard J. Gowen, Paul J. Harrison, Lora E. Fleming, Porter Hoagland, and Grigorios Moschonas. 2014. "Anthropogenic Nutrients and Harmful Algae in Coastal Waters." *Journal of Environmental Management* 146. Elsevier Ltd: 206–16. doi:10.1016/j.jenvman.2014.07.002.
- Ferentinos, George, George Papatheodorou, Maria Geraga, Margarita Iatrou, Elias Fakiris, Dimitris Christodoulou, Evangelos Dimitriou, and Constantin Koutsikopoulos. 2010. "Fjord Water Circulation Patterns and Dysoxic/anoxic Conditions in a Mediterranean Semi-Enclosed Embayment in the Amvrakikos Gulf, Greece." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 88 (4). Elsevier Ltd: 473–81. doi:10.1016/j.ecss.2010.05.006.
- Grundle, Damian S., David A. Timothy, and Diana E. Varela. 2009. "Variations of Phytoplankton Productivity and Biomass over an Annual Cycle in Saanich Inlet, a British Columbia Fjord." *Continental Shelf Research* 29 (19). Elsevier: 2257–69. doi:10.1016/j.csr.2009.08.013.
- Holmes, Michael James, Serena Lay Ming Teo, Fu Chin Lee, and Hong Woo Khoo. 1999. "Persistent Low Concentrations of Diarrhetic Shellfish Toxins in Green Mussels *Perna viridis* from the Johor Strait, Singapore: First Record of Diarrhetic Shellfish Toxins from South-East Asia." *Marine Ecology Progress Series* 181: 257–68. doi:10.3354/meps181257.
- Kristensen, E., Frede Ø. Andersen, Nikolaj Holmboe, Marianne Holmer, and Naline Thongtham. 2000. "Carbon and nitrogen mineralizations in sediments of the Bangrong mangrove area, Phuket, Thailand". *Aquatic Microbial Technology* 22: 199-213.
- Paytan, Adina, and Karen McLaughlin. 2007. "The Oceanic Phosphorus Cycle." *Chemical Reviews* 107 (2): 563–76. doi:10.1021/cr0503613.
- PPLD-LIPI. 2015. "Lanjutan Monitoring Teluk Ambon. Laporan Penelitian PPLD-LIPI Tahun 2015". Pusat Penelitian Laut Dalam-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 82 hlm.
- Pello, F. S., E. M. Adiwilaga, N. V. Huliselan, dan A. Damar. 2014. "Pengaruh Musim Terhadap Beban Masukan Nutrien di Teluk Ambon Dalam". *Jurnal Bumi Lestari*. 14 (1):63-73.
- Romdhoni, Ahmad, Fauzan Karil, Muh. Yusuf, and Lilik Maslukah. 2015. "Studi Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Perairan Teluk Ujungbatu Jepara." *Jurnal Oseanografi* 4: 386–92.
- Santoso, A. D. 2006. "Kualitas Nutrien Perairan Teluk Hurun, Lampung." *J. Tek. Ling*, no. 2: 140–44.
- . 2007. "Kandungan Zat Hara Fosfat Pada Musim Barat dan Timur di Teluk Hurun Lampung." *J. Tek. Ling* 8 (3): 207–10.
- Sanusi, Harpasis S. 1994. "Chemical Characteristic and Fertility of Pelabuhan Ratu Bay Waters at East and West Monsoon." *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia* 11 (2): 93–100.
- Sathicq, María Belén, Delia Elena Bauer, and Nora Gómez. 2015. "Influence of El Niño Southern Oscillation Phenomenon on Coastal Phytoplankton in a Mixohaline Ecosystem on the Southeastern of South America: Río de La Plata Estuary." *Marine Pollution Bulletin* 98 (1-2): 26–33. doi:10.1016/j.marpolbul.2015.07.017.
- Sediadi, A. dan J. M. Manik. 1994. "Fluktuasi Oksigen Terlarut dalam Kaitannya dengan Proses Sedimentasi di Perairan Teluk Ambon Dalam". Disajikan dalam Seminar Nasional Dampak Pembangunan Terhadap wilayah Pesisir. Serpong. Indonesia.

- Strickland, J. D., and T. R. Parsons. 1970. "J. D. H. Strickland and T. R. Parsons: A Practical Handbook of Seawater Analysis. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167, 1968. 293 Pp. \$ 7.50." *In Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie Und Hydrographie*, 55:167–167. doi:10.1002/iroh.19700550118.
- Ulqodry, T. Zia, Yulisman, Muhammad Syahdan, and Santoso. 2010. "Karakteristik dan Sebaran Nitrat, Fosfat, dan Oksigen Terlarut di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah." *Jurnal Penelitian Sains* 13 (D): 36.
- Wetsteyn, F. J., Ilahude, A. G., Baars, M. A. 1990. "Nutrients Distribution in the Upper 300 M of the Eastern Banda Sea and Northern Arafura Sea During and After the Upwelling Season." *Netherlands Journal of Sea Research* 25 (4): 449–64.
- Wyrtki, Klaus. 1961. *In Physical Oceanography of the Southeast Asean Waters*. 29-36. The University of California. La Jolla, California.
- Yuliana. 2012. "Implikasi Perubahan Ketersediaan Nutrien Terhadap Perkembangan Pesat Fitoplankton di Teluk Jakarta." *Desertasi: Bogor Agricultural University*, 1–178.
- Zehr, Jonathan P, and Raphael M Kudela. 2011. "Nitrogen Cycle of the Open Ocean: from Genes to Ecosystems." *Annual Review of Marine Science* 3: 197–225. doi:10.1146/annurev-marine-120709-142819.