

**KETERKAITAN SIFAT FISIS DAN DISTRIBUSI NUTRISI DI LAUT MALUKU**  
**CONJUNCTION OF PHYSICAL PROPERTIES WITH THE NUTRIENTS**  
**DISTRIBUTION OF SEAWATER ACROSS MALUKU SEA-INDONESIA**

Idha Y. Ikhsani<sup>\*1</sup>, Gerry G. Salamena<sup>1</sup>, Johanis Lekalette<sup>1</sup>, Malik S. Abdul<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian Laut Dalam-LIPI

\* Corresponding author: [idhayuliakhsani@yahoo.com](mailto:idhayuliakhsani@yahoo.com) dan [idha.yulia.ikhsani@lipi.go.id](mailto:idha.yulia.ikhsani@lipi.go.id)

**ABSTRACT**

The Maluku Sea is a sea that located on eastern part of Indonesian Archipelago that directly connected to the Pacific Ocean, bounded by Celebes and Banda Sea in north and south part, respectively. That sea also surrounded by hundreds of both small and big island i.e. Celebes, Halmahera, Ceram and Buru. There are portion of Indonesian throughflow (ITF), an ocean current that's important for global climate that passed through Maluku Sea, hence create its unique characteristics. However, the detail study and discussion about that sea is limited. Here, we discuss about the physical properties in conjunction with the nutrient distribution, in term of nitrate and phosphate of the seawater across Maluku Sea. The seawater samples were collected from 21 sampling stations by Baruna Jaya VII RV and the nutrients concentration were determined by spectrophotometric method, while the physical properties of seawater such as temperature and salinity were observed by CTD sensors. Ocean Data View software was used to visualize the numerical data obtained. The results showed that nitrate and phosphate concentration was in range of 0.02–11.42 and 0.04–12.46  $\mu\text{mol/L}$ , respectively. While the ratio N/P was ranged from 0.01 to 47.98. The nutrient concentration was depleting in surface water, indicating the high utilization in this area. Meanwhile, nutrients regeneration and remineralization were dominant in the deeper water layer. As shown from temperature and salinity profile, it was known that physical factor such as mixing and elevation of thermocline have high impact on nutrient profile.

**Keywords:** Maluku Sea, nitrate, phosphate, physical processes

**ABSTRAK**

Laut Maluku yang berada di bagian timur negara kepulauan Republik Indonesia merupakan wilayah yang berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik dan Laut Sulawesi di sebelah utara serta Laut Banda di bagian selatan. Banyak pulau, baik besar maupun kecil mengelilingi wilayah ini, seperti Pulau Sulawesi, Halmahera, Seram dan Buru. Kawasan ini juga merupakan pintu masuk jalur timur arus lintas Indonesia (arindo), kombinasi tersebut di atas menjadikan Laut Maluku memiliki karakter yang unik. Namun demikian, ulasan dan pembahasan mengenai Laut Maluku masih sangat jarang ditemukan. Pada tulisan ini akan dipaparkan hubungan antara sifat fisis dengan distribusi nutrisi (fosfat dan nitrat) di 21 stasiun pengamatan sepanjang Laut Maluku. Penelitian dilakukan dengan kapal riset Baruna Jaya VII. Pengumpulan parameter fisis seperti suhu dan salinitas dilakukan secara in-situ dengan sensor CTD, sedangkan analisis nutrisi dilakukan dengan metode spektrofotometri. Perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) digunakan untuk visualisasi data numerik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat dan fosfat berkisar antara 0,02–11,42 dan 0,04–12,46  $\mu\text{mol/L}$ , dengan rasio N:P dari 0,01 hingga 47,98. Konsentrasi nutrisi yang cenderung rendah di permukaan menunjukkan besarnya konsumsi nutrisi pada daerah tersebut. Sedangkan proses regenerasi dan remineralisasi cenderung dominan pada area yang lebih dalam. Berdasarkan profil suhu dan salinitas, diketahui bahwa proses fisis memiliki pengaruh terhadap sebaran nutrisi.

**Kata kunci:** Laut Maluku, nitrat, fosfat, proses fisis

## **I. PENDAHULUAN**

Perairan Indonesia bagian timur merupakan perairan yang sangat menarik untuk dipelajari. Wilayah yang didominasi oleh laut dalam ini merupakan daerah penting bagi Indonesia, baik dari aspek sosial-ekonomi maupun ekologi. Adanya transport massa air dari Samudera Pasifik menuju Hindia yang melewati perairan Indonesia timur merupakan salah satu alasan utama adanya ekspedisi maupun penelitian di kawasan tersebut, mengingat pentingnya arus lintas Indonesia (arlindo) bagi iklim global.

Massa air dari Samudera Pasifik masuk ke perairan Indonesia melalui dua jalur, yaitu barat dan timur. Jalur barat merupakan jalur utama dimulai dari Selat Mindanao bergerak menuju Laut Sulawesi, Selat Makassar dan Laut Banda. Sedangkan Laut Halmahera dan Maluku merupakan jalur timur pintu masuk arlindo (Gordon and Fine, 1996). Massa air dari jalur barat dan timur akan bertemu di Laut Banda sebelum bergerak menuju Samudera Hindia melalui celah Timor dan Selat Ombai (Gordon, 2005). Beberapa penelitian untuk mengkaji arlindo baik dari aspek fisis maupun kimiawi telah dilakukan di Selat Makassar (Wajsowicz *et al.*, 2003; Pujiana *et al.*, 2012; He *et al.*, 2015; Nababan *et al.*, 2016), Laut Banda (Waworuntu *et al.*, 2000; Gordon, 2001, 2005), Laut Halmahera (Basit and Putri, 2013), Laut Timor (Safitri, Cahyarini and Putri, 2012), Selat Alor (Purwandana *et al.*, 2014), Selat Ombai (Suteja, Purba and Atmadipoera, 2015). Namun demikian, literatur mengenai kondisi oseanografis di Laut Maluku sangat terbatas, walaupun kawasan tersebut merupakan salah satu jalur arlindo.

Secara administratif, Laut Maluku terletak di Provinsi Maluku Utara. Laut Maluku berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik dan Laut Sulawesi di bagian utara, dan berhubungan dengan Laut Banda di bagian selatan. Laut ini memiliki topografi bawah laut yang beragam dan dikelilingi oleh banyak pulau baik besar maupun kecil. Hal ini menjadikan perairan ini memiliki karakteristik yang unik, ditambah lagi dengan adanya pors arlindo yang mengalir pada perairan ini. Oleh karena itu, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi keterkaitan antara proses fisis dengan distribusi nutrien serta menambah informasi tentang karakteristik fisika-kimia Laut Maluku yang jarang ditemukan.

## **II. METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laut Maluku menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VII pada 15 Mei hingga 1 Juni 2015. Kegiatan ini merupakan rangkaian kegiatan kerja sama antara Pusat Penelitian Laut Dalam-LIPI dengan Balai Penelitian Perikanan Laut-KKP. Total terdapat 21 stasiun pengambilan sampel pada kegiatan ini, seperti terlihat pada Gambar 1.

Secara administratif, Laut Maluku merupakan bagian dari Provinsi Maluku Utara. Laut yang terletak di sebelah barat Samudera Pasifik ini berbatasan dengan Laut Sulawesi dan Banda di bagian utara dan Selatan. Beberapa pulau juga mengelilingi laut ini, seperti Pulau Sulawesi, Halmahera, Seram dan Buru.

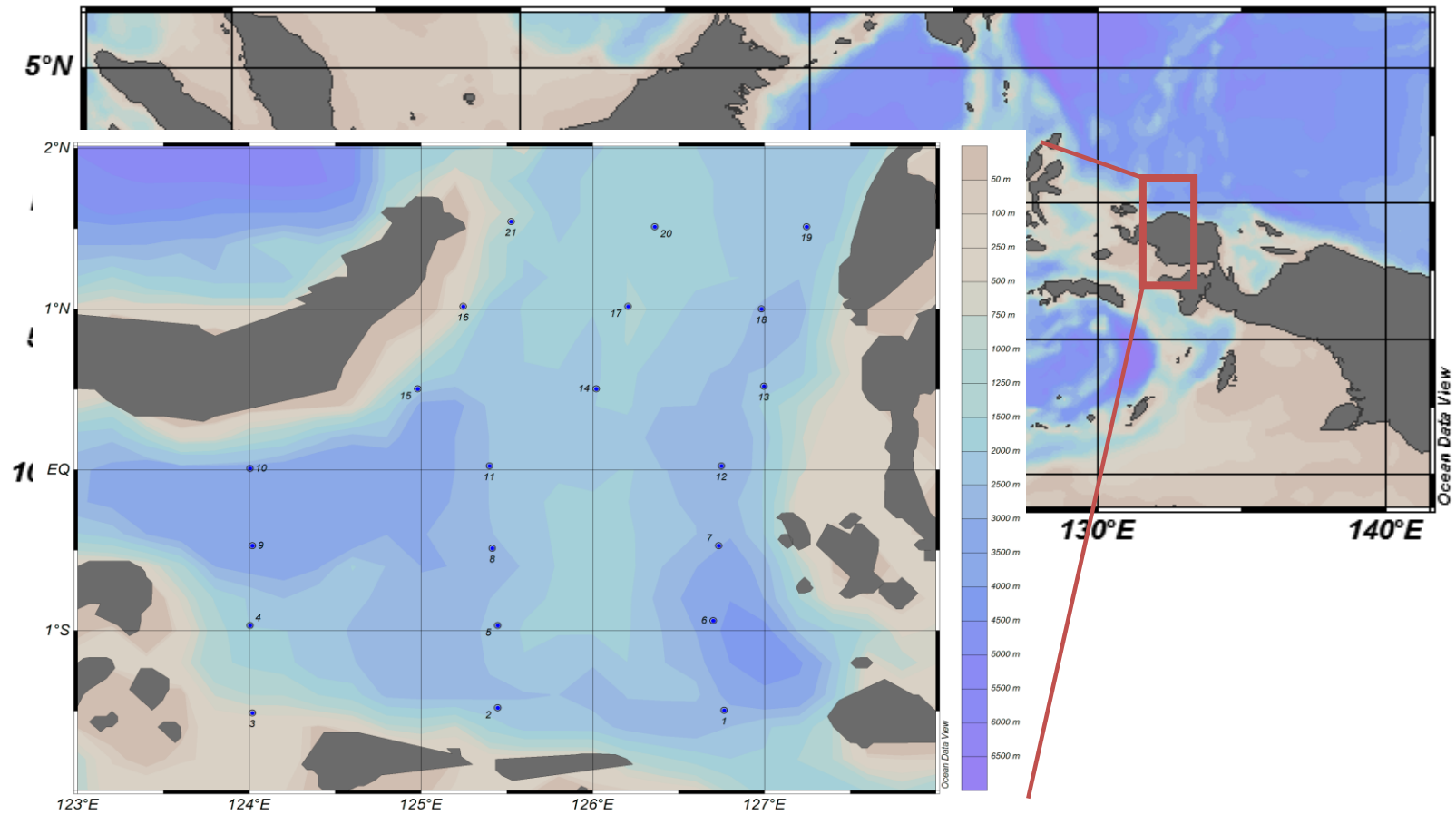
### **Metode Pengambilan dan Analisis Sampel**

Parameter fisik seperti suhu dan salinitas diukur dengan sensor CTD Sea Bird model SBE 19Plus (*Conductivity-Temperature-Depth Sea Bird Electronics SBE 19Plus*). Akurasi pengukuran suhu, konduktivitas dan tekanan berturut-turut adalah  $0,001 \pm 0,0002$  °C;  $0,0003 \pm 0,00004$  S/m dan  $0,015 \pm 0,001\%$ . Pengukuran suhu dan salinitas dimulai pada

kedalaman 1 hingga 1000 m untuk mewakili 3 lapisan, yaitu: tercampur, termoklin dan dalam

Sampel air diambil dengan botol *rosette* yang terangkai pada CTD. Pada setiap stasiun, pengambilan sampel untuk analisis nutrient dilakukan pada kedalaman 5, 25, 50, 100, 300, 500, 750 dan 1000 m. Keterwakilan 3 lapisan kedalam tetap diperhatikan, walaupun tidak semua stasiun memiliki kedalaman yang sama. Penyaringan sampel air dilakukan di atas kapal dengan saringan berukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Sampel air yang telah disaring dimasukkan dalam botol polietilen kemudian disimpan pada suhu 4  $^{\circ}\text{C}$  untuk analisis lebih lanjut (Hutagalung et al., 1997).

Penentuan konsentrasi nutrient dilakukan di Laboratorium Kimia Oseanografi Pusat Penelitian Laut Dalam-LIPI di Ambon. Analisis nitrat dan fosfat dilakukan secara manual mengikuti metode yang dikemukakan oleh Strickland dan Parsons (Strickland and Parsons, 1972), kemudian diukur absorbansinya dengan Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1700 pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang untuk nitrat adalah 543 nm, sedangkan fosfat diukur pada 880 nm. Air laut buatan dan air suling ganda digunakan sebagai standar dalam pengukuran ini. Nilai absorbansi sampel diinterpolasi dalam persamaan garis kurva kalibrasi, sehingga didapatkan nilai konsentrasi nutrien.



Gambar 1. Peta lokasi Penelitian

## Analisis Data

Pembuatan profil vertikal suhu dan salinitas bertujuan untuk mengetahui kondisi fisis perairan, oleh karena itu perlu dibuat diagram suhu-salinitas (TS diagram). Untuk mengetahui pola sebaran nutrient, dibuat pula profil vertikal maupun horizontal. Profil vertikal suhu, salinitas dan nutrien divisualisasi dengan cara menarik stasiun garis lurus dari utara ke selatan, yaitu stasiun 19, 18, 13, 12, 7, 6 dan 1 dengan peangkat lunak *Ocean Data View* (Schlitzer, 2002). Perangkat lunak yang sama juga digunakan untuk membuat diagram TS serta profil horizontal nutrien pada kedalaman 0, 100, 300 dan 500 m.

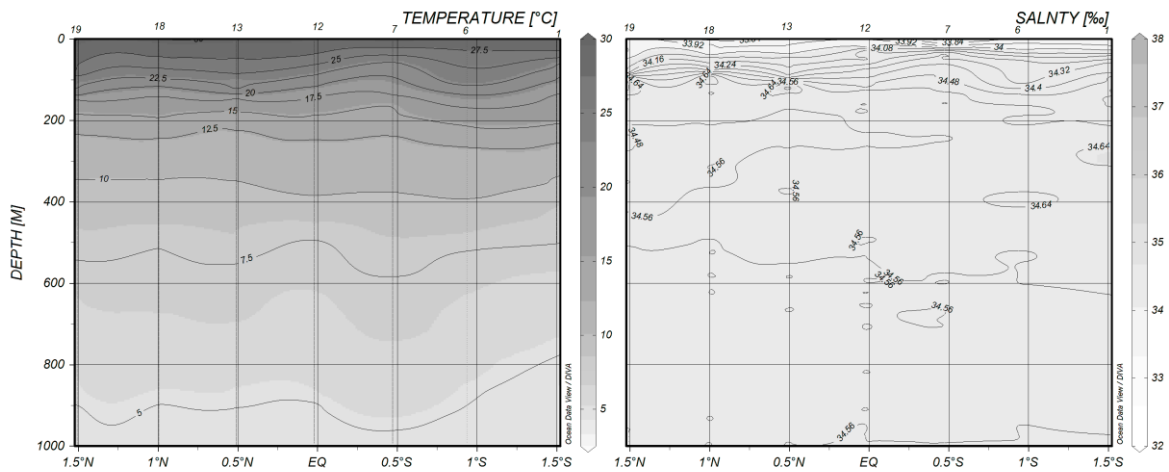
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakter fisis massa air pada lokasi penelitian

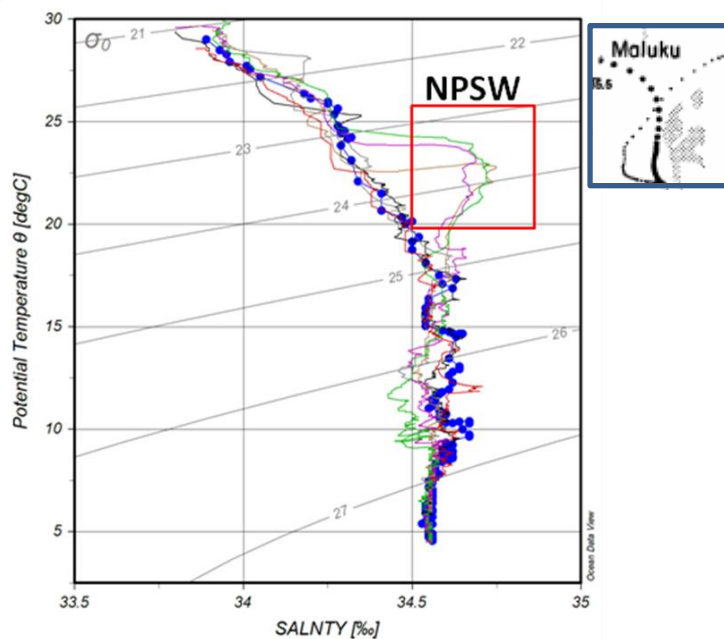
Variasi sebaran suhu dan salinitas pada kedalaman di atas 1000 m dari 1,5°LU hingga 1,5°LS dapat dilihat pada gambar 2. Secara umum, profil vertikal suhu dari 150-1000 m memiliki pola yang sama di semua lapisan kedalaman. Namun, pada daerah permukaan hingga 150 m, terjadi perubahan pola termoklin dari ujung utara hingga akhir transek. Lapisan termoklin berada pada kedalaman sekitar 80 m dan semakin dangkal saat mendekati garis khatulistiwa. Suhu tertinggi yang terekam adalah 29,9°C dan yang terendah adalah 4,9°C. Pada semua titik sampling, *isothermal* mengalami kenaikan secara gradual dari utara menuju selatan dengan elevasi tertinggi di sekitar ekuator. Misalnya, suhu 27,5°C yang terekam pada kedalaman 80 m di ujung transek yaitu pada 1,5°LU. Semakin mendekati ekuator, massa air semakin meningkat dan terdeteksi pada kedalaman kurang dari 50 m dari ekuator hingga 1,5°LS.

Hasil pengukuran menunjukkan salinitas terendah 33,8‰ sedangkan nilai tertinggi adalah 34,75‰. Massa air dengan salinitas rendah (33,8-33,9 ‰) terdeteksi pada daerah permukaan karena adanya limpasan air tawar dari daratan dan hujan. Kecenderungan yang sama dengan pola sebaran vertikal suhu, yaitu meningkat secara gradual dari utara ke selatan yang terekam pada lapisan di atas 100 m. Pola yang sama juga dilaporkan oleh Sardesai *et al.* (Sardesai *et al.*, 2010) di daerah khatulistiwa pada Samudera Hindia. Pada 1,5°LU di kedalaman 80 m terekam salinitas 34,2‰ dan mengalami peningkatan dengan elevasi tertinggi pada 0,5°LU hingga kedalaman 25 m.

Penggambaran diagram Tpot-Salinitas (gambar 3) mengungkapkan bahwa hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ffield & Gordon, 1991 tentang adanya vertikal *mixing* pada daerah termoklin di Laut Maluku. Profil diagram TS di lokasi penelitian juga memiliki kemiripan dengan profil diagram TS Laut Maluku dengan yang dikemukakan oleh Ffield & Gordon, 1991. Massa air Laut Maluku merupakan massa air yang dominan, walaupun demikian masih terlihat adanya kontribusi massa air lain seperti *North Pacific Subtropical water* (NPSW) yang ditemukan pada kedalaman 80-130 m dicirikan dengan temperatur 20-24°C dan salinitas 34,6-34,8‰ (Wyrski, 1961; Radjawane and Hadipoetranto, 2014) dan ditemukan di stasiun 19, 18 dan 13 (utara ekuator).



Gambar 2. Profil vertikal salinitas dan suhu



Gambar 3. Diagram Tpotensial-Salinitas pada lokasi penelitian, kotak inset warna biru menunjukkan massa air Laut Maluku (Ffield and Gordon, 1991), dalam kotak merah merupakan massa air NPSW

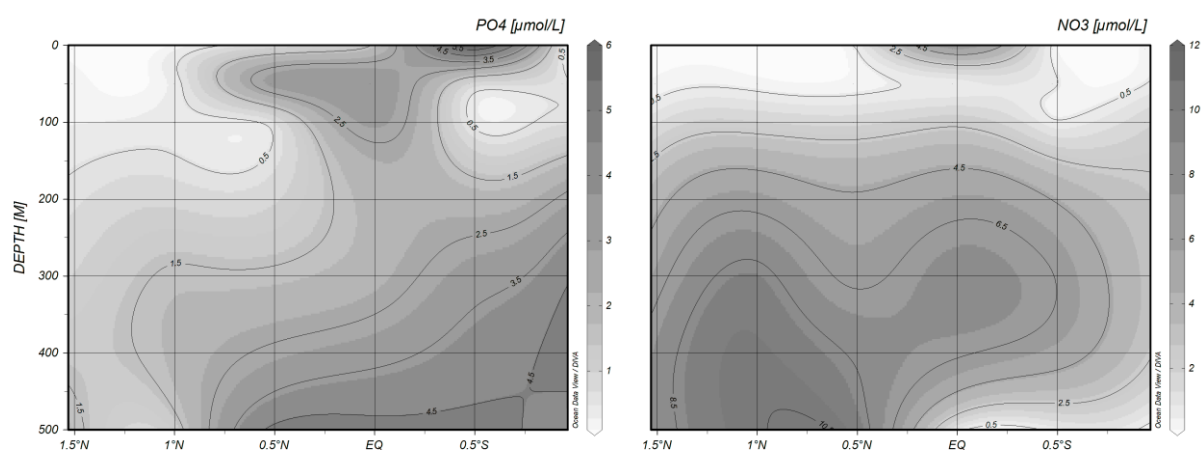
### Sebaran Vertikal Nutrien

Transek vertikal dari utara ke selatan juga dilakukan untuk mengetahui distribusi nutrient di berbagai lapisan. Berdasarkan gambar 4, profil vertikal fosfat dan nitrat menunjukkan nilai yang rendah di permukaan, kemudian meningkat dengan bertambahnya kedalaman. Fitoplankton memanfaatkan nutrient, baik nitrat maupun fosfat di daerah eufotik. Nitrat digunakan untuk produktivitas primer sedangkan fosfat untuk pembuatan jaringan lunak organisme. Pada lapisan termoklin hingga dalam, terjadi peruraian fitoplankton maupun organisme mati yang mengakibatkan bertambahnya konsentrasi fosfat dan nitrat. Proses *scavenging* dan difusi serta dekomposisi menambahnya jumlah nutrient seiring dengan meningkatnya kedalaman (Riley&Chester 1971).

Pola distribusi fosfat dan nitrat memiliki kesamaan pada kedalaman di atas 100 m. Dari ujung utara transek (1,5°LU) tercatat konsentrasi nutrient di permukaan yang sangat

rendah. Namun semakin mendekati ekuator, konsentrasinya semakin besar. Untuk fosfat, konsentrasi 0,5  $\mu\text{mol/L}$  terdeteksi di kedalaman 170 m pada 1,5°LU; *isolines* ini terangkat saat menuju selatan dan terdeteksi di permukaan pada 0,5°LU. *Isolines* nitrat dengan konsentrasi 0,5  $\mu\text{mol/L}$  terekam pada kedalaman 90 m di bagian utara transek, namun terdeteksi pada kedalaman sekitar 50 m di ujung selatan transek. Sebaran vertikal fosfat maupun nitrat yang memiliki pola yang sama dengan salinitas, yang menunjukkan pencampuran pada daerah termoklin berpengaruh terhadap profil nutrient. Disamping itu adanya gaya fisik berupa elevasi termoklin menuju kedalaman yang lebih dangkal di ekuator diduga sebagai faktor lain yang berkontribusi dalam sebaran vertikal nutrient (Evans, Strutton and Chavez, 2009; Sardesai *et al.*, 2010; Strutton *et al.*, 2011).

Fosfat dan nitrat yang diukur pada penelitian ini menunjukkan nilai terendah sebesar 0,04 dan 0,02  $\mu\text{mol/L}$ , sedangkan nilai tertinggi berturut-turut 12,46 dan 11,42  $\mu\text{mol/L}$ . Nilai ini lebih tinggi dari konsentrasi fosfat dan nitrat di Teluk Weda (Hamzah, Basit and Triyulianti, 2015) yaitu 0,22-18,48 nmol/L dan 0,31-50,52 nmol/L; serta Perairan Tambelan & Serasan (Prayitno and Suherman, 2012) yaitu 0,21-1,26 nmol/L untuk fosfat dan 6,08-35,77 nmol/L untuk nitrat. Namun konsentrasi nitrat di Laut Maluku lebih rendah dari perairan ekuator Samudera Hindia (Sardesai *et al.*, 2010) yang memiliki konsentrasi sebesar 1-29  $\mu\text{mol/L}$ .



Gambar 4. Profil vertikal fosfat dan nitrat

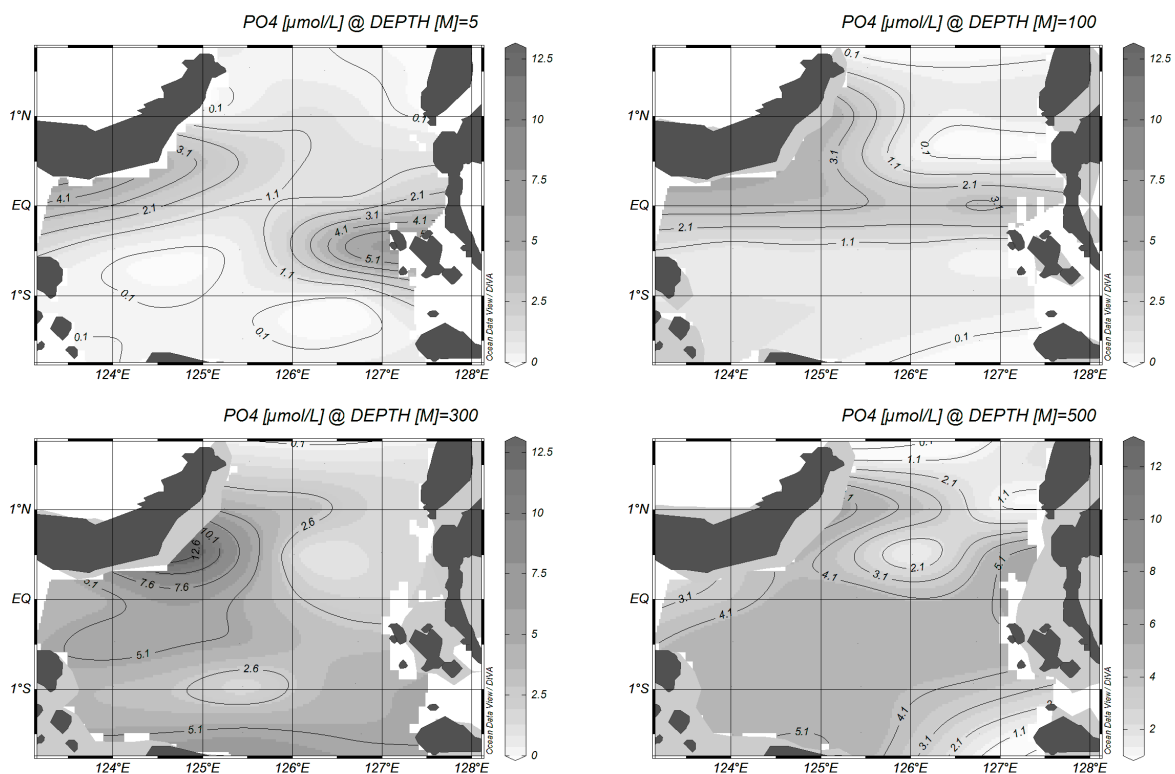
### Sebaran Horizontal Nutrien

Untuk nutrien, pengamatan dimulai pada kedalaman 5 m hingga 1000 m. Namun tidak semua stasiun memiliki kedalaman yang sama, sehingga ada beberapa stasiun yang diambil pada kedalaman kurang dari 1000 m. Visualisasi sebaran horizontal nutrient dilakukan pada kedalaman 5, 100, 300 dan 500 m seperti terlihat pada gambar 5 dan 6. Konsentrasi fosfat dan nitrat pada kedalaman 5 m cenderung tinggi pada daerah yang dekat daratan. Peningkatan konsentrasi fosfat dan nitrat di daerah pesisir diduga karena pengaruh aktivitas manusia, seperti yang dilaporkan di beberapa perairan di Indonesia misalnya Teluk Ambon (Ikhsani, Abdul and Lekalette, 2016), Teluk Weda (Hamzah, Basit and Triyulianti, 2015), Perairan Matasiri (Risamasu *et al.*, 2011), Belitung Timur (Simanjuntak, 2009). Hal lain yang mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi nutrien di pesisir adalah adanya

aliran air tawar, air payau dan air laut dari daratan menuju laut atau sebaliknya yang dikenal dengan istilah *submarine groundwater discharge* (Uchiyama *et al.*, 2000). Secara umum distribusi horizontal fosfat dan nitrat pada kedalaman 5 m berkisar antara 0,1 - 5,97  $\mu\text{mol/L}$  dan 0,1 - 11,34  $\mu\text{mol/L}$ . Pada kedalaman 100 dan 300 m konsentrasi fosfat berturut-turut 0,04-3,76  $\mu\text{mol/L}$  dan 0,89-12,46  $\mu\text{mol/L}$ , sedangkan untuk nitrat adalah 0,18-4,18  $\mu\text{mol/L}$  dan 0,07-9,46  $\mu\text{mol/L}$ . Sedangkan pada kedalaman 500 m kisaran konsentrasi fosfat dan nitrat sebesar 1,09-5,57  $\mu\text{mol/L}$  dan 0,31-11,42  $\mu\text{mol/L}$ .

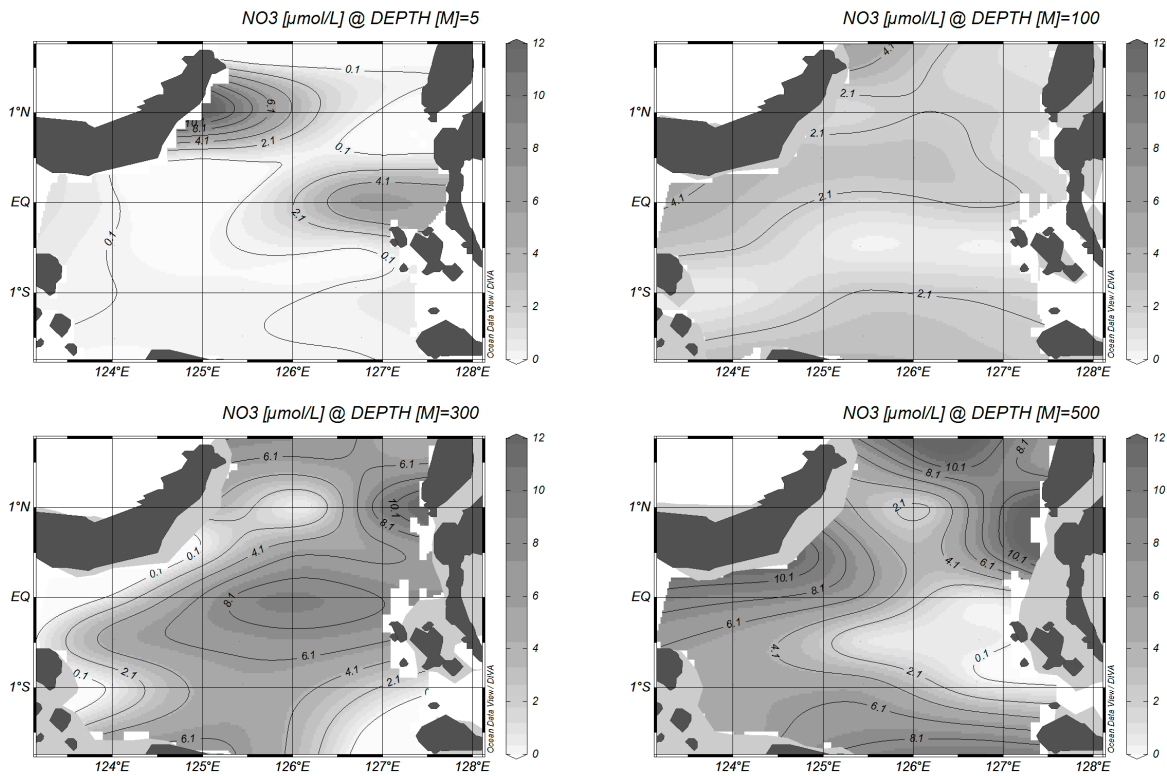
### Rasio N/P

Oksidasi senyawa organik dalam perairan akan menghasilkan nutrisi dengan proporsi mendekati yang diajukan oleh Redfield pada tahun 1963 yaitu C:N:P=106:16:1. Beberapa simpangan dari rasio Redfield juga pernah dilaporkan, dan umumnya simpangan tersebut disebabkan oleh proses fisis seperti pembalikan (*upwelling*) dan pencampuran (*mixing*) massa air. Rasio Redfield ini biasanya digunakan sebagai pendekatan untuk melihat produktivitas perairan. Jika nilai rasio N:P diatas 16, artinya konsentrasi nitrat dalam perairan tersebut cukup tinggi. Namun sebaliknya, jika rasio N:P < 16 menandakan konsentrasi nitrat yang rendah, sehingga dapat dikatakan nitrat sebagai faktor pembatas produktivitas perairan. Gambar 7 A menunjukkan rasio N:P di Laut Maluku, yang ternyata sebagian besar berada di bawah garis 16:1. Rasio N:P di Laut Maluku berkisar antara 0,02-47,98 dengan rata-rata rasio 2,86. Secara umum, rasio N:P menunjukkan nilai yang kecil di permukaan, hal ini diduga karena tingginya tingkat konsumsi fitoplankton.



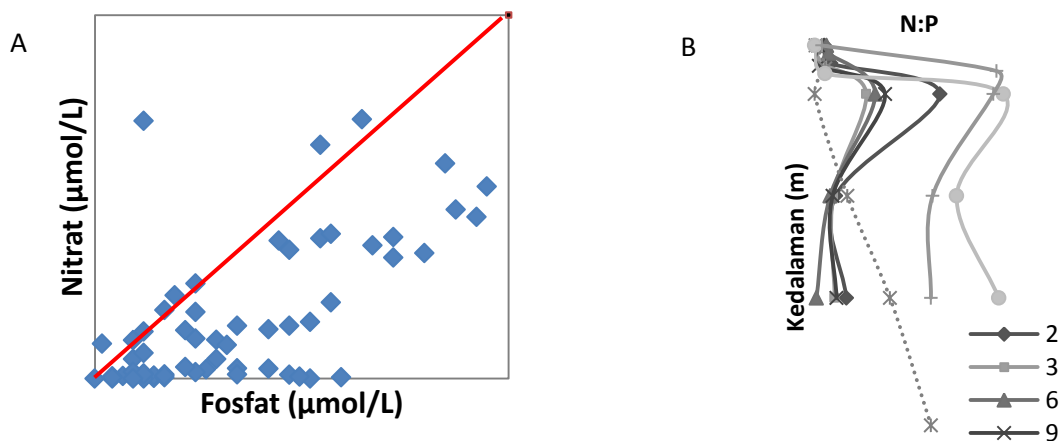
Gambar 5. Sebaran horizontal fosfat pada kedalaman 5, 100, 300 dan 500 m





Gambar 6. Sebaran horizontal nitrat pada kedalaman 5, 100, 300 dan 500 m

Proses-proses fisik yang terjadi di perairan sangat berpengaruh terhadap sebaran nutrisi. Umumnya proses fisik di lautan akan membentuk 3 lapisan, yaitu permukaan, termoklin dan dalam. Profil sebaran nutrisi pada ketiga kolom air tersebut berhubungan erat dengan sumber dan pemanfaatan nutrisi, seperti terlihat pada gambar 7B. Pada lapisan tercampur, fitoplankton akan memanfaatkan nutrisi untuk proses fotosintesis, pembentukan cangkang dan lain-lain. Sehingga konsentrasinya pada lapisan ini cenderung rendah, dikenal dengan istilah *nutrient depletion*. Hal berbeda terjadi pada lapisan termoklin, dimana mulai terjadi regenerasi unsur hara dari hasil peruraian organisme yang mati. Pemanfaatan nutrisi semakin berkurang dengan bertambahnya kedalaman, sehingga konsentrasi cenderung tinggi.



Gambar 7. Rasio konsentrasi fosfat dan nitrat, garis merah merupakan garis rasio Redfield (sitasi) N:P=16:1 (A) dan Profil distribusi N:P di Laut Maluku (B)

#### IV. Kesimpulan

Laut Maluku merupakan pintu masuk arlindo melalui jalur timur. Dalam penelitian ini terlihat bahwa massa air Laut Maluku merupakan massa air yang utama. Walaupun begitu, terdapat massa air lain yang ditemukan, yaitu *North Pacific Subtropical Water*. NPSW menempati kedalaman 80-130 m dengan ciri temperatur berkisar 20-24°C dan salinitas 34,6-34,8‰. Konsentrasi fosfat dan nitrat di Laut Maluku berturut-turut adalah 0,04-12,46 µmol/L dan 0,02-11,42 µmol/L. Konsentrasi nitrat dan fosfat menunjukkan perbandingan N:P sebesar 0,02-47,98 dengan rata-rata 2,86. Distribusi nutrien di Laut Maluku sangat dipengaruhi oleh proses fisis, seperti vertikal *mixing* dan elevasi termoklin menuju kedalaman yang lebih dangkal di ekuator.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim Balai Penelitian dan Perikanan Laut-KKP serta Pusat Penelitian Laut Dalam-LIPI atas terselenggaranya kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan pada seluruh tim dan kru kapal riset Baruna Jaya VII yang telah membantu dalam pengambilan dan analisis sampel baik di lapangan maupun di laboratorium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basit, A. and Putri, M. R. (2013) 'Water mass characteristics of Weda Bay, Halmahera Island, North Maluku', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(2), pp. 365–376.
- Evans, W., Strutton, P. G. and Chavez, F. P. (2009) 'Deep-Sea Research I Impact of tropical instability waves on nutrient and chlorophyll distributions in the equatorial Pacific', 56, pp. 178–188. doi: 10.1016/j.dsr.2008.08.008.
- Ffield, A. and Gordon, A. L. (1991) 'Vertical mixing in the Indonesian thermocline', *Journal of Physical Oceanography*, 22, pp. 184–195.
- Gordon, A. L. (2001) 'Banda sea surface layer divergence', (August), pp. 2–10.
- Gordon, A. L. (2005) 'Oceanography of the Indonesian seas and their throughflow', *Oceanography*, 18(4), pp. 14–27. doi: 10.5670/oceanog.2005.18.
- Gordon, A. L. and Fine, R. (1996) 'Pathways of water between the Pacific and Indian oceans in the Indonesian seas', *Nature*, pp. 146–149. doi: 10.1038/379146a0.
- Hamzah, F., Basit, A. and Triyulianti, I. (2015) 'Pola sebaran vertikal nutrien pada musim peralihan di Teluk Weda, Maluku Utara', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2), pp. 415–432.
- He, Z. *et al.* (2015) 'Contribution of the Karimata Strait transport to the Indonesian Through flow as seen from a data assimilation model', *Continental Shelf Research*. Elsevier, 92, pp. 16–22. doi: 10.1016/j.csr.2014.10.007.
- Hutagalung, H.P., D. Setiapermana and S.H. Riyono. (1997) 'Metode analisis air laut, sedimen dan biota. Buku kedua. P3O-LIPI, Jakarta, 75-79p
- Ikhsani, I. Y., Abdul, M. S. and Lekalette, J. D. (2016) 'Distribusi fosfat dan nitrat di Teluk Ambon Bagian Dalam pada monsun barat dan timur', *Widyariset*, 2(2), pp. 86–95.
- Nababan, B. *et al.* (2016) 'The seasonal variability of sea surface temperature and chlorophyll-a concentration in the south of Makassar Strait'. Elsevier B.V., 33, pp. 583–599. doi: 10.1016/j.proenv.2016.03.112.
- Prayitno, B. and Suherman (2012) 'Hubungan antara rasion N/P dan konsentrasi silikat di perairan Kepulauan Tambelan dan Kepulauan Serasan', *Jurnal Segara*, 8(1), pp. 19–26.
- Pujiana, K. *et al.* (2012) 'Dynamics of Atmospheres and Oceans The Makassar Strait pycnocline variability at 20 – 40 days', *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. Elsevier B.V., 53–54, pp. 17–35. doi: 10.1016/j.dynatmoce.2012.01.001.
- Purwandana, A. *et al.* (2014) 'Distribusi Percampuran Turbulen di Perairan Selat Alor', *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 19(1), pp. 43–54. doi:

10.14710/ik.ijms.19.1.43-54.

- Radjawane, I. M. and Hadipoetranto, P. P. (2014) 'Karakteristik massa air di percabangan arus lintas Indonesia perairan Sangihe Talaud menggunakan data INDEX SATAL 2010', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), pp. 525–536.
- Redfield, A.C. (1963) 'The influence of organism on the composition os seawater. In: The Sea Vol. II. Hill, M.N. (ed), John Wiley, New York, 26-77p.
- Riley, J.P. and Chester, R. (1971) 'Introduction to marine chemistry. Academic Prees, London, 465p.
- Risamasu, F. J. L. *et al.* (2011) 'Kajian zat hara fosfat, nitrit, nitrat dan silikat di erairan Kepulauan Matasiri, Kalimantan Selatan', *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(September), pp. 135–142.
- Safitri, M., Cahyarini, S. Y. and Putri, M. R. (2012) 'Variasi Arus ARLINDO dan Parameter Oseanografi di Laut Timor sebagai Indikasi Kejadian ENSO', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), pp. 369–377.
- Sardessai, S. *et al.* (2010) 'Nutrient characteristics of the water masses and their seasonal variability in the eastern equatorial Indian Ocean', *Marine Environmental Research*. Elsevier Ltd, 70(3–4), pp. 272–282. doi: 10.1016/j.marenvres.2010.05.009.
- Schlitzer, R. (2002) 'Interactive analysis and visualization of geoscience data with Ocean Data View', *Computers and Geosciences*, 28(10), pp. 1211–1218. doi: 10.1016/S0098-3004(02)00040-7.
- Simanjuntak, M. (2009) 'Hubungan faktor lingkungan kimia, fisika terhadap distribusi plankton di perairan Belitung Timur, Bangka Belitung', *Jurnal Perikanan*, XI(1), pp. 31–45.
- Strickland, J. D. H. and Parsons, T. R. (1972) *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. 2nd edn. Edited by J. C. Stevenson et al. Ottawa: Fisheries Research Board Of Canada. doi: 10.1002/iroh.19700550118.
- Strutton, P. G. *et al.* (2011) 'Deep-Sea Research II The impact of equatorial Pacific tropical instability waves on hydrography and nutrients : 2004-2005', *Deep-Sea Research Part II*. Elsevier, 58(3–4), pp. 284–295. doi: 10.1016/j.dsr2.2010.08.015.
- Suteja, Y., Purba, M. and Atmadipoera, A. S. (2015) 'Percampuran turbulen di Selat Ombai', *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1), pp. 71–82.
- Uchiyama, Y. *et al.* (2000) 'Submarine groundwater discharge into the sea and associated nutrient transport in a sandy beach', *Water Resources Reserach*, 36(6), pp. 1467–1479.
- Wajsowicz, R. C. *et al.* (2003) 'Estimating transport in Makassar Strait', 50, pp. 2163–2181. doi: 10.1016/S0967-0645(03)00051-1.
- Waworuntu, J. M. *et al.* (2000) 'Recipe for Banda Sea water', *Journal of Marine Research*, 58, pp. 547–569. doi: 10.1357/002224000321511016.
- Wyrtki, K. (1961) *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. La Jolla, California: The University Of California Scripps Institution of Oceanography.