

Oksigen Terlarut di Perairan Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara

(Dissolved Oxygen in the East Bolaang Mongondow Waters, North Sulawesi)

Simon I. Patty¹, Marenda Pandu Rizqi¹, Rikardo Huwae¹

¹ Pusat Riset Oseanografi, Badan Riset Dan Inovasi Nasional

e-mail: pattysimon@ymail.com

Abstract

Oxygen in seawater comes from the air through diffusion and photosynthesis. This study aims to determine the dissolved oxygen content, NAEC (Normal Atmospheric Equilibrium Concentration), and AOU (Apparent Oxygen Utilization) in East Bolaang Mongondow waters. The analysis showed that the dissolved oxygen content in the surface layer ranged from 6.01-7.05 mg/l; 5.91-6.98 mg/l (5 m depth); and 5.75-6.90 mg/l (near bottom depth). NAEC is closely related to water temperature and implicitly increases with depth. The highest NAEC value of 5.90 mg/l ($t=28.0^{\circ}\text{C}$) was found at the bottom depth, and the lowest NAEC of 5.63 mg/l ($t=30.0^{\circ}\text{C}$) was found at the surface layer. The dissolved oxygen saturation level of more than 100% and the average positive AOU value at 0.59-0.81 mg/l describe the amount of oxygen available in the surface layer.

Keywords: dissolved oxygen; Normal Atmospheric Equilibrium Concentration (NAEC); Apparent Oxygen Utilization (AOU); East Bolaang Mongondow.

Abstrak

Oksigen dalam air laut bersumber dari udara melalui proses difusi dan hasil fotosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan oksigen terlarut, NAEC (*normal atmospheric equilibrium concentration*) dan AOU (*apparent oxygen utilization*) di perairan Bolaang Mongondow Timur. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di lapisan permukaan berkisar antara 6,01-7,05 mg/l; kedalaman 5 meter 5,91-6,98 mg/l dan dekat dasar 5,75-6,90 mg/l. NAEC sangat berhubungan dengan suhu air dan secara implisit konsentrasinya akan semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman. Nilai NAEC tertinggi 5,90 mg/l ($t=28,0^{\circ}\text{C}$) ditemukan pada kedalaman dekat dasar dan NAEC terendah 5,63 mg/l ($t=30,0^{\circ}\text{C}$) ditemukan pada lapisan permukaan. Tingkat kejenuhan oksigen terlarut >100 % dan rata-rata nilai AOU positif (0.59-0.81 mg/l) menggambarkan banyaknya kandungan oksigen yang tersedia pada lapisan permukaan.

Kata kunci: oksigen terlarut; *normal atmospheric equilibrium concentration (NAEC)*; *apparent oxygen utilization (AOU)*; Bolaang Mongondow Timur.

PENDAHULUAN

Perairan Bolaang Mongondow Timur merupakan perairan pantai dengan panjang garis pantai $\pm 122,878$ km. Perairan ini relatif terbuka sehingga mudah terpengaruh oleh massa air yang berasal dari laut lepas, seperti pola aliran arus, pasang surut, gelombang, suhu, salinitas dan topografi dasar perairan maupun dari daratan berupa aliran air tawar dari sungai. Proses pencampuran massa air laut dan penyebarannya yang bersumber dari beberapa aliran sungai yang membawa sampah maupun berbagai limbah ke perairan laut akan dapat mengakibatkan perubahan sifat fisika maupun sifat kimia massa air laut. Kondisi semacam ini terjadi

karena meningkatnya bahan-bahan organik di laut terutama pada musim hujan dan dalam proses degradasinya akan menurunkan kualitas perairan. Salah satu parameter kimia oseanografi yang dapat menunjukkan hal ini adalah oksigen terlarut.

Oksigen merupakan unsur kimia penting bagi kehidupan organisme di laut. Oksigen bersumber dari difusi antara air dengan udara (Nybakken 1988; Libes, 1992) dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan. Proses ini sangat tergantung dari sederetan faktor yang mempengaruhinya, seperti tekanan atmosfer, kecerahan air laut dan tingkat kesuburan atau kandungan

kepadatan populasi fitoplankton dan flora laut lainnya. Kenaikan suhu, salinitas, pergerakan air permukaan dan pencampuran massa air yang berbeda juga dapat mempengaruhi kelarutan oksigen (Alekin *dalam* Sapulete & Birowo, 1990). Saat oksigen berada dalam kondisi kesetimbangan laju perubahan antara atmosfer dan air terjadi bersifat bolak balik (*reversible*), maka kelarutan oksigen dari atmosfer akan bergerak menuju lapisan permukaan dan dikenal dengan istilah *normal atmospheric equilibrium concentration/NAEC* (Hamzah dan Trenggono, 2014). Proses tersebut hanya berlaku pada lapisan eufotik saja, dimana terdapat cahaya matahari yang cukup untuk mendukung terjadinya kegiatan fotosintesis.

Pada lapisan yang lebih dalam, kandungan oksigen akan semakin menurun sampai pada kedalaman yang disebut "*Compensation Depth*", yaitu kedalaman tempat oksigen yang dihasilkan melalui proses fotosintesis (Sverdrup, *et al.*, 1942). Di perairan laut, oksigen dimanfaatkan saat massa air berada di lapisan permukaan terutama untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme. Oksigen akan tetap rendah pada lapisan ini dikarenakan digunakan untuk menguraikan bahan-bahan organik yang terdekomposisi dari lapisan permukaan. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme dinyatakan dengan *Apparent Oxygen Utilization* (AOU). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi oksigen terlarut, NAEC (*normal atmospheric equilibrium concentration*) dan AOU (*apparent oxygen utilization*) di perairan Bolaang Mongondow Timur.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2020 di perairan Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. Penentuan posisi masing-masing stasiun penelitian dilakukan dengan menggunakan handportable GPS (*Global Positioning System*) dan disajikan dalam Gambar 1.

Sampel air laut diambil dari lapisan permukaan (0 meter), kedalaman 5 meter dan dekat dasar (10-20 meter) pada 30 stasiun pengamatan. Pengukuran kandungan oksigen terlarut dilakukan secara *in situ*, ditentukan dengan cara metoda elektrokimia menggunakan alat DO meter AZ 8563 dan nilainya dinyatakan dalam mg/l. Konsentrasi oksigen terlarut disajikan dalam bentuk peta sebaran dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dan Golden Software Surfer versi 8, serta analisa statistik dengan SPSS 16. Nilai kelarutan oksigen (O_2') pada saat setimbang (NAEC), derajat kejenuhan dan AOU (*Apparent Oxygen Utilization*) dihitung berdasarkan pendekatan empiris (Alekin *dalam* Sapulete & Birowo, 1990) dengan menggunakan data suhu air dan salinitas yang terukur:

$$O_2' \text{ (mg/l)} = 14.161 - 0.3943t + 0.00714t^2 - 0.0000646t^3 - S(0.0841 - 0.00256t + 0.0000374t^2)$$

Keterangan:

t=suhu (°C),

S=salinitas (‰)

Derajat kejenuhan oksigen dihitung dari perbandingan kandungan oksigen terukur dengan nilai kelarutannya dan dinyatakan dalam (%). Jumlah pemakaian dan produksi oksigen dapat diperkirakan dalam bentuk AOU yang merupakan selisih antara kandungan oksigen terukur dengan nilai kelarutan oksigen (NAEC).

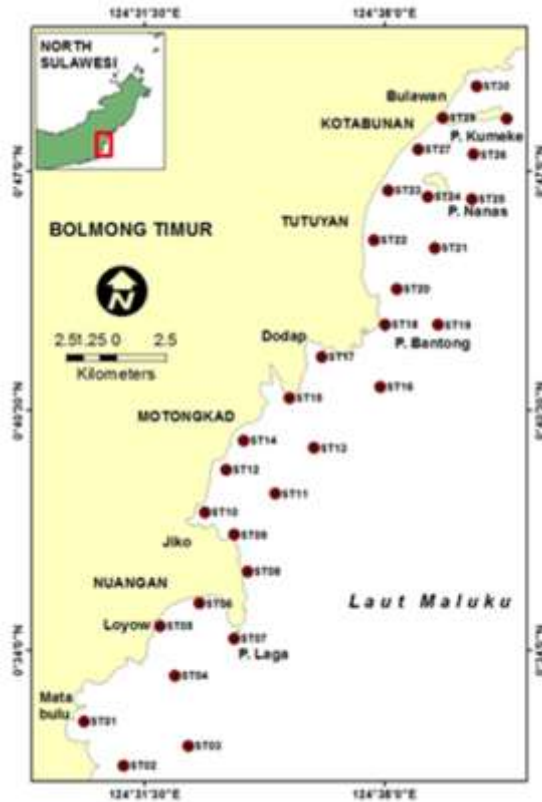
HASIL DAN PEMBAHASAN

Oksigen Terlarut

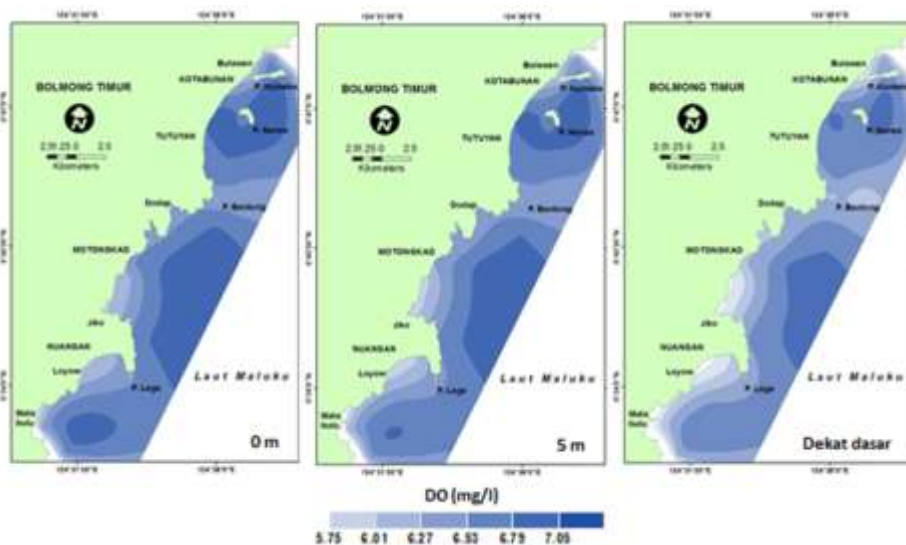
Kandungan oksigen terlarut di Perairan Bolaang Mongondow Timur berkisar antara 5,75-7,05 mg/l, konsentrasi oksigen < 6,53 mg/l mendominasi perairan (Gambar 2). Dari Gambar 2, terlihat dengan jelas bahwa konsentrasi oksigen terendah sebarannya mendekati ke arah pantai. Rendahnya oksigen terlarut pada stasiun dekat pantai erat kaitannya dengan tingginya kekeruhan air, juga disebabkan pengaruh buangan zat-zat organik yang berasal dari daratan, terutama keberadaan sampah ataupun limbah organik. Dengan demikian banyak oksigen yang diperlukan untuk penguraiannya, baik secara biologis maupun kimiawi. Kandungan oksigen

terlarut dalam suatu perairan akan menurun akibat proses pembusukkan bahan organik, respirasi, dan reaerasi terhambat (Klein dalam Andriani,1999). Kandungan oksigen sangat dipengaruhi oleh meningkatnya bahan-bahan organik yang masuk ke perairan (Welch dalam Simanjuntak, 2007), disamping faktor-faktor lainnya diantaranya kenaikan suhu,

salinitas, respirasi, adanya lapisan di atas permukaan air, senyawa yang mudah teroksidasi dan tekanan atmosfer. Sebaliknya pada stasiun yang jauh dari pantai kandungan oksigen tinggi, karena pada saat pengamatan kondisi airnya jernih dan bersih sehingga proses fotosintesis bisa berlangsung dengan baik.



Gambar 1. Peta stasiun penelitian.

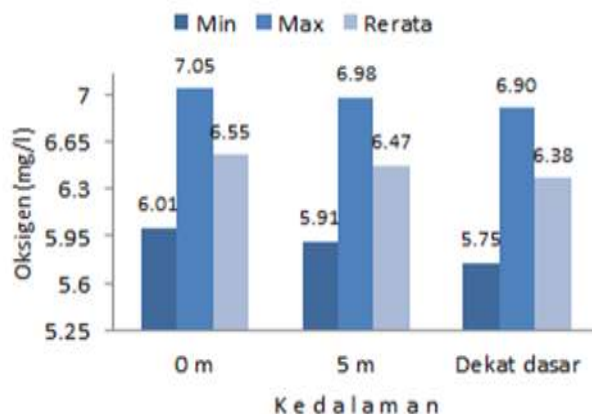


Gambar 2. Sebaran oksigen terlarut (mg/l) pada lapisan permukaan, 5 meter dan dekat dasar.

Rata-rata kandungan oksigen lapisan permukaan nilainya lebih tinggi bila dibandingkan dengan 5 meter maupun dekat dasar (Gambar 3), hal ini disebabkan karena proses fotosintesis maupun difusi oksigen dari udara kedalam air sangat lambat akibat kekeruhan dan kurangnya sinar matahari mendekati dasar. Hasil analisis statistik dengan menggunakan uji-t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan ($t\text{-hit} > t\text{-tab}$) antara oksigen lapisan permukaan dengan oksigen di kedalaman 5 meter maupun dekat dasar (Tabel 1).

Pada lapisan permukaan, kandungan oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis (Salmin, 2005). Sedangkan pada lapisan yang lebih dalam atau mendekati dasar akan terjadi penurunan kandungan oksigen terlarut, karena proses fotosintesis semakin berkurang dan kandungan

oksigen yang ada banyak digunakan untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Penurunan kandungan oksigen terlarut rata-rata (0.08 mg/l) diperoleh pada lapisan permukaan sampai kedalaman 5 meter dan (0.09 mg/l) diperoleh pada kedalaman 5 meter sampai dekat dasar. Kondisi ini diduga disebabkan proses fotosintesis maupun difusi oksigen dari udara kedalam air sangat lambat akibat kekeruhan perairan dan kurangnya sinar matahari serta pemanfaatan oksigen terlarut oleh mikroorganisme optimum dari lapisan permukaan sampai dekat dasar. Pengaruh yang terbesar yang mempengaruhi fluktuasi oksigen terlarut dalam suatu perairan adalah banyaknya biota laut (plankton) yang menggunakan oksigen terlarut untuk respirasi, kurang lancarnya proses difusi dari atmosfer dan proses fotosintesis (Simanjuntak, 2007).



Gambar 3. Nilai minimum, maksimum dan rerata oksigen terlarut (mg/l) di perairan Bolaang Mongondow Timur.

Tabel 1. Analisis uji-t terhadap oksigen terlarut.

Oksigen terlarut	Sig. (2-tailed)	t-hit	df	t-tab	
				5%	1%
0 meter-5 meter	0,000	9,270*	29	2,045	2,756
5 meter-dekat dasar	0,000	12,181*	29	2,045	2,756
0 meter-dekat dasar	0,000	11,562*	29	2,045	2,756

Keterangan: * berbeda sangat nyata

Menurut Sutamihardja (1987), kadar oksigen di perairan laut yang normal berkisar antara 5,7-8,5 mg/l. Kadar oksigen ini relatif sama bila dibandingkan dengan hasil penelitian yaitu 5,75-7,05

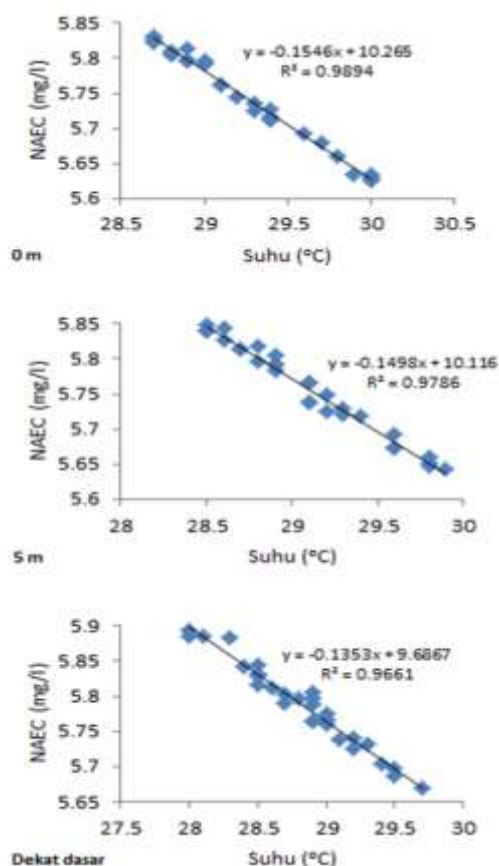
mg/l. Namun bila dibandingkan dengan kadar oksigen terlarut di perairan Sulawesi Utara umumnya berkisar antara 3,91-4,46 ml/l atau 5,59-6,37 mg/l (Simanjuntak, 2006), maka kadar oksigen yang

ditemukan di perairan Bolaang Mongondow Timur lebih tinggi. Secara umum kandungan oksigen di perairan ini masih dalam ambang batas untuk kehidupan biota laut yaitu ≥ 5 mg/l (Kepmen LH No 51 Tahun 2004), namun masih dalam kategori tercemar ringan yaitu 4,5 – 6,4 mg/l (Lee *et. al.*, 1978).

Kelarutan Oksigen (NAEC)

Kelarutan oksigen dari atmosfer akan bergerak menuju lapisan permukaan dikenal dengan istilah *normal atmospheric equilibrium concentration/NAEC*. Kelarutan oksigen di lapisan permukaan sangat tergantung pada suhu air dan salinitas, semakin tinggi suhu dan salinitas, maka NAEC akan menurun. Selain itu, kedalaman perairan secara implisit mempengaruhi nilai daya larut/NAEC (Hamzah dan Trenggono, 2014; Patty *et.al.*, 2019). Satu hal yang menarik dalam penelitian ini adalah ditemukan korelasi negatif antara NAEC dengan suhu

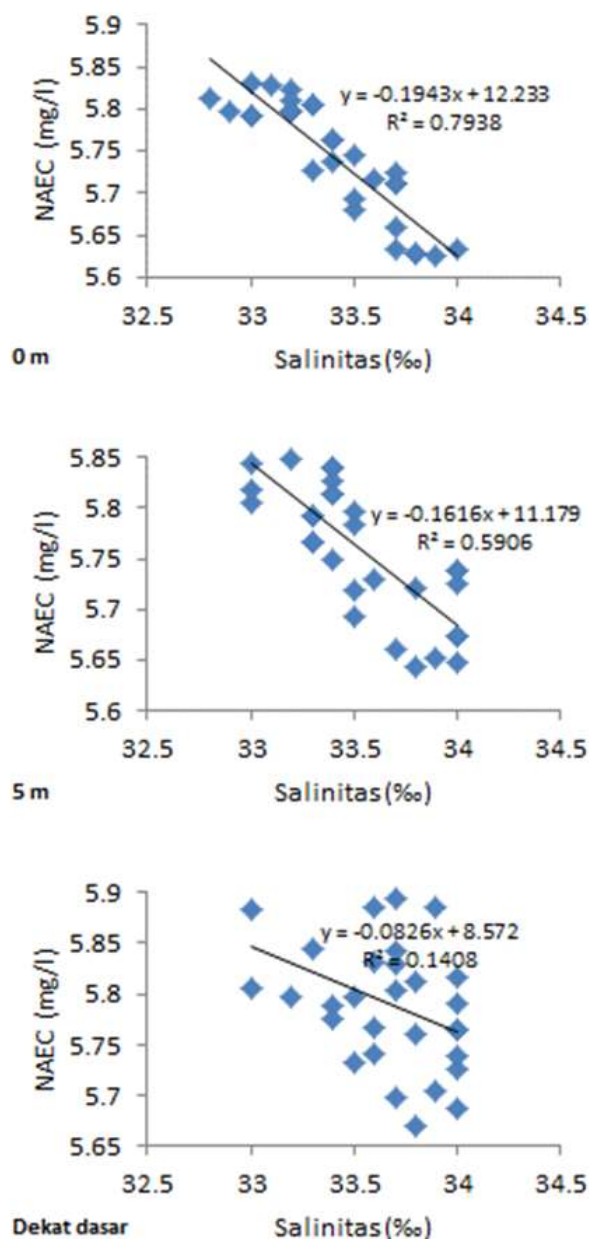
(Gambar 4). Dari gambar tersebut terlihat semakin rendah suhu, maka konsentrasi kelarutan oksigen akan semakin tinggi, namun sebaliknya jika suhu tinggi nilai konsentrasi kelarutannya akan rendah, dimana keduanya mempunyai nilai korelasi untuk lapisan permukaan (0,9894); kedalaman 5 meter (0,9786) dan dekat dasar (0,9661). Kondisi demikian menunjukkan bahwa suhu air sangat berpengaruh terhadap kedalaman yang secara implisit mempengaruhi nilai NAEC. Nilai NAEC tertinggi 5,90 mg/l ($t=28,0^{\circ}\text{C}$) ditemukan pada kedalaman dekat dasar dan nilai NAEC terendah 5,63 mg/l ($t=30,0^{\circ}\text{C}$) ditemukan pada lapisan permukaan. Nilai NAEC akan semakin tinggi konsentrasinya dengan bertambahnya kedalaman. Proses ini dapat terjadi dikarenakan penetrasi cahaya matahari makin berkurang dengan bertambahnya kedalaman yang menyebabkan suhu air semakin rendah.



Gambar 4. Hubungan antara NAEC dengan suhu ($^{\circ}\text{C}$).

Pada Gambar 5, terlihat bahwa hubungan antara NAEC dengan salinitas makin tidak begitu jelas atau sangat lemah dengan bertambahnya kedalaman atau mendekati dasar, dimana keduanya mempunyai nilai korelasi untuk lapisan permukaan (0.7938); kedalaman 5 meter (0,5906) dan dekat dasar (0,1408). Sangat lemahnya hubungan antara kelarutan oksigen dengan salinitas di dekat dasar

dikarenakan nilai salinitas tidak bervariasi (homogen). Hal ini diduga akibat proses pengadukan massa air terjadi cukup efektif di dekat dasar yang mengakibatkan salinitas menjadi homogen. Salinitas sering memiliki sifat yang berbanding terbalik dengan suhu, karena salinitas merupakan salah satu parameter oseanografi yang relatif konstan nilainya.



Gambar 5. Hubungan antara NAEC dengan salinitas (‰).

Tabel 2. Kelarutan oksigen (NAEC), tingkat kejenuhan dan AOU di perairan Bolaang Mongondow Timur.

Lapisan	NAEC (mg/l)			Kejenuhan (%)			AOU (mg/l)		
	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata
Permukaan	5.63	5.83	5.74	103.76	122.56	114.14	0.22	1.29	0.81
5 meter	5.64	5.85	5.76	101.98	120.87	112.43	0.11	1.20	0.71
Dekat Dasar	5.67	5.90	5.79	98.75	119.71	110.16	-0.07	1.14	0.59

Hasil perhitungan kelarutan oksigen berdasarkan pendekatan empiris Alekin memberikan gambaran mengenai tingkat kejenuhan. Tingkat kejenuhan tertinggi pada lapisan permukaan 122.56 % dan terendah di kedalaman dekat dasar yaitu 98.75 % (Tabel 2). Rendahnya tingkat kejenuhan di dekat dasar menunjukkan bahwa kandungan oksigen lebih banyak dikonsumsi oleh biota yang hidup di kedalaman tersebut. Nilai kejenuhan yang tinggi di perairan ini umumnya diperoleh pada stasiun yang jauh dari pantai. Rata-rata tingkat kejenuhan oksigen terlarut lapisan permukaan, 5 meter sampai kedalaman dekat dasar >100 %, mengindikasikan bahwa proses fotosintesis berjalan cukup lancar. Proses fotosintesis yang berjalan lancar akan menghasilkan oksigen yang banyak sehingga tingkat kesuburan perairan bertambah (Wyrski, 1961).

AOU (Apparent Oxygen Utilization)

Banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikroorganisme dinyatakan dalam AOU. Nilai AOU lapisan permukaan, 5 meter dan dekat dasar masing-masing berkisar antara (0.22-1.29 mg/l; 0.11-1.20 mg/l dan (-0.07)-1,149 mg/l (Tabel 2). Nilai AOU negatif di dekat dasar terdapat pada stasiun-stasiun dekat pantai, menandakan oksigen yang dibutuhkan lebih banyak daripada oksigen yang tersedia. Hal ini menunjukkan bahwa di stasiun-stasiun tersebut jumlah oksigen cukup banyak dibutuhkan untuk keperluan respirasi dan aktivitas mikroorganisme. Sedangkan nilai AOU positif pada lapisan permukaan dan kedalaman 5 meter disebabkan proses fotosintesis berjalan cukup lancar dibandingkan dengan proses respirasi yang membutuhkan oksigen. Nilai rata-rata AOU positif pada lapisan permukaan, 5 meter dan dekat dasar

menggambarkan bahwa banyaknya jumlah oksigen yang tersedia daripada oksigen yang dibutuhkan di perairan ini.

KESIMPULAN

Oksigen terlarut di perairan Bolaang Mongondow Timur cukup bervariasi, kandungan oksigen tertinggi ditemukan pada lapisan permukaan dan kandungan oksigen terendah ditemukan dekat dasar. Daya larut oksigen (NAEC) sangat berhubungan erat dengan nilai suhu air dibandingkan dengan nilai salinitas. Tingkat kejenuhan oksigen terlarut >100 % menunjukkan proses fotosintesis berjalan cukup lancar dan akan menghasilkan oksigen. Nilai rata-rata AOU positif menggambarkan banyaknya jumlah oksigen yang tersedia daripada oksigen yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, E. D., 1999. Kondisi Fisika-Kimiawi Air Perairan Pantai Sekitar Tambak Balai Budidaya Air Payau (BBAP) Jepara, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Hamzah, F. dan Trenggono, M., 2014. Oksigen terlarut di Selat Lombok. *Jurnal Kelautan Nasional*: 9(1),21-35.
- Lee, C.D, S.B. Wang, and C.L. Kuo, 1978. Benthic Macro Invertebrate and Fish as Biological Indicator of Water Quality, With Reference to Community Diversity Index In Onano, E. A. R., B.N. Lohani and Thanh. *Water Pollution Control in Developing Countries*. The Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Libes, S. M., 1992. *An Introduction To Marine Biogeochemistry*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

- Menteri Negara KLH., 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut Untuk Biota Laut. Jakarta, hal. 32.
- Nybakken, J.W., 1988. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Gramedia, Jakarta: 459 hal.
- Patty, S.I., Ibrahim, P.S dan F.Y. Yalindua, 2019. Oksigen terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Waigeo Barat, Raja Ampat. *Jour. Technopreneur*. 7(2),52-57.
- Salmin, 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, Vol.XXX (3): 21 - 26.
- Sapulete, D dan S. Birowo, 1989. Kandungan oksigen di Teluk Ambon. *Dalam: "Perairan Maluku dan sekitarnya"*. (D. P. Praseno, W. S. Atmaja, I. Supangat, Ruyitno dan B. S. Sudibjo, eds). Balitbang Sumberdaya Laut P3O-LIPI, Ambon : 199 – 204.
- Simanjuntak, M 2006. Kondisi oksigen terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Kawasan Pengelolaan dan Pengembangan Laut (Kappel) Jawa. Seminar Nasional Kimia dan Kongres Nasional Himpunan Kimia Indonesia. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Jenderal Gatot Subroto No. 10, Jakarta Selatan, 13 hal.
- Simanjuntak, M., 2007. Oksigen terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *Jour. Mar. Sci. Ilmu Kelautan*. Univ. Diponegoro 12(2):59-66.
- Sverdrup, H.V., M.W. Johnson and R.H. Fleming, 1942. *The ocean, their physics, chemistry and general biology*. Prentice hall. New York: 1087 pp.
- Wyrski, K., 1961. *Physical Oseanography of the South East Asian Waters*. Naga Report, Vol. 2: 196 pp.