

OKSIGEN TERLARUT DAN *APPARENT OXYGEN UTILIZATION* DI PERAIRAN SELAT LEMBEH, SULAWESI UTARA¹

Dissolved Oxygen and Apparent Oxygen Utilization in Lembeh Strait Waters, North Sulawesi

Simon I. Patty²

² Loka Konservasi Biota Laut Bitung-LIPI

¹Proyek Penelitian Kajian Pencemaran di Perairan selat lembeh, Proyek Penelitian Oseanografi DIKTI, 2016

ABSTRACT

The observation of dissolved oxygen level and Apparent Oxygen Utilization (AOU) in Lembeh Strait Waters was conducted in January, February, June and July 2016. The objective of this research is to know the condition of dissolved oxygen and Apparent Oxygen Utilization (AOU). The results of the analysis showed that dissolved oxygen levels in the surface layer and near the bottom ranged from 6.00-6.56 mg/l and 5.59-6.17 mg/l. Based on the values of temperature and salinity obtained from this study, solubility, oxygen saturation degree and AOU value at the surface layer were calculated. In the surface layer the AOU values are positive, ranging from 0.10-0.72 mg/l, while near the bottom, negative and positive AOU values were balanced, ranging from -0.23-0.42 mg/l. The concentration of dissolved oxygen in the Lembeh Strait waters has not shown negative impact on the aquatic environment and is still in accordance with sea water quality standards for marine biota.

Keywords: *Dissolved oxygen, apparent oxygen utilization (AOU), Lembeh Strait.*

ABSTRAK

Pengamatan kadar oksigen terlarut dan *Apparent Oxygen Utilization* (AOU) di Perairan Selat Lembeh dilaksanakan pada bulan Januari, Februari, Juni dan Juli 2016. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi oksigen terlarut dan *Apparent Oxygen Utilization* (AOU). Hasil analisa menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut di lapisan permukaan dan dekat dasar berkisar antara 6,00-6,56 mg/l dan 5,59-6,17 mg/l. Berdasarkan nilai suhu dan salinitas yang diperoleh dari penelitian ini telah dihitung daya larut, derajat kejenuhan oksigen dan nilai AOU pada lapisan permukaan. Di lapisan permukaan nilai AOU semuanya positif berkisar antara 0,10-0,72 mg/l dan di dekat dasar nilai AOU negatif dan positif berimbang, berkisar antara -0,23-0,42 mg/l. Konsentrasi oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh belum menunjukkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan dan masih sesuai dengan baku mutu air laut untuk biota laut.

Kata Kunci: Oksigen terlarut, *apparent oxygen utilization* (AOU), Selat Lembeh.

PENDAHULUAN

Perairan pantai merupakan suatu ekosistem yang kompleks, dilihat dari kondisi kimianya berkaitan dengan kondisi di daratan

dan di lautan bebas. Salah satu parameter kimia oseanografi yang dapat menunjukkan hal ini adalah kadar oksigen terlarut yang diperlukan oleh organisme perairan untuk pernafasan dan penguraian

bahan-bahan organik. Kandungan oksigen terlarut dapat dijadikan petunjuk untuk kegiatan hidup yang terjadi dalam suatu perairan, misalnya antara lain masuknya zat organik yang mudah terurai dalam suatu perairan dapat menurunkan kadar oksigen terlarut yang menyolok.

Perairan Selat Lembeh menjadi sangat penting artinya, karena di sepanjang pantai telah dibangun berbagai industri, pelabuhan domestik dan pariwisata maupun perikanan. Selain itu dibangunnya pelabuhan peti kemas untuk melayani transportasi laut di kawasan Sulawesi dan Indonesia timur. Sebagai perairan pantai, kondisinya sangat dipengaruhi oleh lingkungan disekitarnya. Aktivitas industri, pelabuhan dan transportasi laut serta sarana pendukung lainnya seperti dermaga dan galangan kapal yang tidak terkontrol dapat mengakibatkan masuknya sampah-sampah maupun limbah industri ke laut. Limbah-limbah organik yang dibuang ke perairan, dalam proses degradasinya akan menurunkan kadar oksigen dalam air. Menurunnya kadar oksigen terlarut akan mengakibatkan berkurangnya aktivitas kehidupan dalam suatu perairan.

Sumber utama oksigen dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat hara yang masuk kedalam tubuhnya (Nybakken, 1988). Kecepatan difusi oksigen dari udara ke dalam air berlangsung sangat lambat, oleh sebab itu fitoplankton merupakan sumber utama penyediaan oksigen terlarut dalam perairan (Suswanto

dalam Edward dan Pulumahuny, 2003]. Oksigen dalam air dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi an-organik oleh mikro organisme. Banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk proses respirasi dan penguraian zat-zat organik oleh mikro organisme dinyatakan dengan *Apparent Oxygen Utilization* (AOU). Dalam suatu perairan yang masih alami, nilai AOU umumnya positif. Namun untuk perairan yang banyak mengandung zat-zat organik, nilai AOU menjadi negatif yang berarti jumlah oksigen yang dibutuhkan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah oksigen yang tersedia (Simanjuntak, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi oksigen terlarut dan *Apparent Oxygen Utilization* (AOU) serta faktor-faktor yang mempengaruhinya di perairan Selat Lembeh.

METODE PENELITIAN

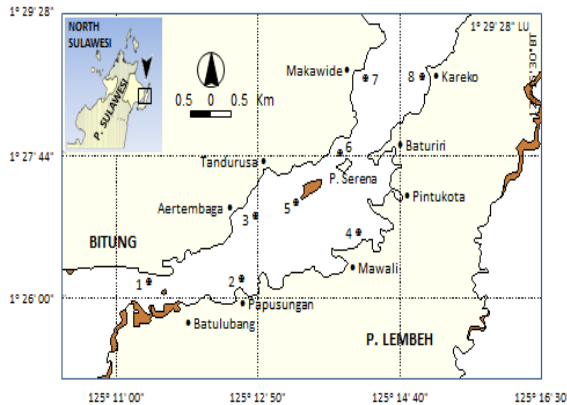
Penelitian dilaksanakan di perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara selama 4 bulan yaitu Januari, Februari, Juni dan Juli 2016. Bulan-bulan tersebut dianggap mewakili musim barat (Januari-Februari) dan musim timur (Juni-Juli). Sampel air laut diambil dengan menggunakan tabung Nansen pada lapisan permukaan dan dekat dasar. Penentuan posisi masing-masing stasiun penelitian dilakukan dengan menggunakan Garmin handportable GPS Map 60 CSx, disajikan dalam Gambar 1.

Pengukuran kadar oksigen terlarut ditentukan dengan metoda elektrokimia menggunakan alat DO meter AZ 8563 dan nilainya dinyatakan dalam mg/l. Nilai kelarutan oksigen, derajat kejenuhan dan AOU (*Apparent Oxygen Utilization*) dihitung berdasarkan pendekatan empiris Alekin (dalam Sapulete & Birowo, 1990)

berdasarkan data suhu air dan salinitas yang terukur:

$$O_2 \text{ (mg/l)} = 14.161 - 0.3943 t + 0.00714 t^2 - 0.0000646 t^3 - S(0.0841 - 0.00256 t + 0.0000374 t^2)$$

Keterangan: t = suhu ($^{\circ}\text{C}$),
 S = salinitas (‰)



Gambar 1. Peta stasiun penelitian.

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Oksigen Terlarut

Hasil analisis oksigen terlarut dalam contoh air disajikan dalam Tabel 1. Secara keseluruhan kadar oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh berkisar antara 6,00-6,56 mg/l untuk lapisan permukaan dan dekat dasar 5,64-6,17 mg/l. Kadar oksigen terlarut lapisan permukaan terendah 6,00 mg/l ditemukan di stasiun 3 pada pengamatan bulan Juli, dan kadar tertinggi 6,56 mg/l ditemukan di stasiun 8 pada pengamatan bulan Februari. Sedangkan kadar oksigen terlarut dekat dasar terendah 5,64 mg/l ditemukan di stasiun 3 pada

pengamatan bulan Januari dan Juli dan kadar tertinggi 6,17 mg/l ditemukan di stasiun 8 pada pengamatan bulan Januari. Pada hasil pengamatan terlihat kadar oksigen lapisan permukaan lebih tinggi bila dibandingkan dengan dekat dasar (Gambar 2), hal ini disebabkan karena proses pelarutan oksigen yang berasal dari atmosfer terjadi pada lapisan permukaan. Pada lapisan permukaan, kadar oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis (Salmin, 2005). Dengan bertambahnya kedalaman akan terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, karena proses fotosintesis semakin berkurang dan kadar oksigen yang ada banyak digunakan untuk pernapasan dan oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik.

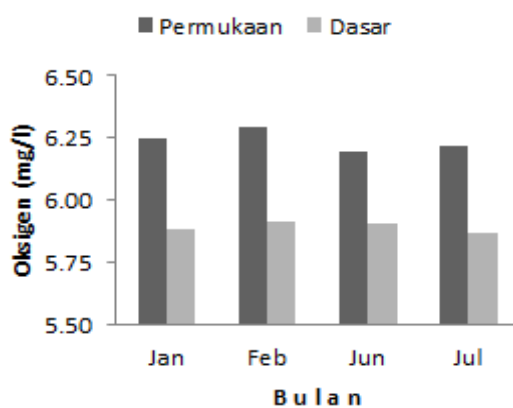
Tabel 1. Kadar oksigen terlarut (mg/l) di perairan Selat Lembeh.

St	Permukaan				Dekat Dasar			
	Jan	Feb	Jun	Jul	Jan	Feb	Jun	Jul
1	6.16	6.19	6.16	6.01	5.79	5.80	5.81	5.90
2	6.26	6.24	6.19	6.10	5.80	5.89	5.89	5.84
3	6.13	6.16	6.09	6.00	5.64	5.67	5.79	5.64
4	6.16	6.20	6.19	6.13	5.73	5.87	5.84	5.76
5	6.19	6.26	6.16	6.24	5.87	5.90	5.90	5.79
6	6.21	6.27	6.24	6.34	5.99	5.96	5.94	6.04
7	6.49	6.50	6.31	6.53	6.10	6.16	6.07	5.99
8	6.39	6.56	6.21	6.36	6.17	6.06	5.99	6.01
Min	6.13	6.16	6.09	6.00	5.64	5.67	5.79	5.64
Max	6.49	6.56	6.31	6.53	6.17	6.16	6.07	6.04
Rerata	6.25	6.30	6.19	6.21	5.89	5.91	5.90	5.87

Dari Tabel 1, terlihat bahwa pada bulan Januari-Februari (musim barat) nampak kadar oksigen cenderung lebih tinggi berkisar antara 6,13-6,56 mg/l untuk lapisan permukaan dan dekat dasar berkisar antara 5,64-6,17 mg/l. Tingginya kadar oksigen terlarut

pada bulan Januari dan Februari mungkin disebabkan terjadinya proses fotosintesis pada kedua bulan tersebut meningkat akibat besarnya jumlah klorofil dan lancarnya proses difusi dari atmosfer. Kadar oksigen yang tinggi pada musim ini pada umumnya ditemukan di stasiun 8. Hal ini kemungkinan karena dangkalnya perairan di sekitar stasiun 8 dan kemungkinan lainnya yang dapat mempengaruhi terhadap kandungan oksigen dalam suatu perairan, antara lain suhu, tekanan atmosfer dan salinitas dalam perairan ini.

Pada bulan Juni-Juli (musim timur) kadar oksigen berkisar antara 6,00-6,53 mg/l untuk lapisan permukaan dan dekat dasar berkisar antara 5,64-6,07 mg/l. Pada umumnya kadar oksigen yang rendah ditemukan di stasiun 3. Hal ini mungkin disebabkan pengaruh buangan zat-zat organik yang berasal dari perkotaan dan industri yang berada di sekitar kota Bitung. Kadar oksigen dalam musim timur ini pada umumnya menurun dibandingkan dengan musim barat.



Gambar 2. Nilai rata-rata oksigen terlarut (mg/l) pada lapisan permukaan dan dekat dasar di perairan Selat Lembeh.

Kecenderungan menurunnya kadar oksigen pada musim timur (Juni-Juli) ada kaitannya dengan tingkat kebersihan perairan saat itu. Musim timur di perairan Selat Lembeh ditandai dengan bertiupnya angin selatan yang sangat kencang disertai arus dan gelombang serta hujan menyebabkan air lautnya keruh (proses sedimentasi). Disamping itu keberadaan sampah di perairan ini cukup banyak yang pada gilirannya banyak membutuhkan oksigen untuk penguraiannya. Kadar oksigen akan semakin rendah kadarnya seiring dengan semakin tingginya kekeruhan air dan mungkin disebabkan semakin meningkatnya aktivitas mikro-organisme untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik yang menggunakan oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan akan menurun akibat proses pembusukkan bahan organik, respirasi, dan reaerasi terhambat (Klein dalam Andriani,1999). Menurut Reid, 1961; Welch, 1980 dalam Simanjuntak (2007) kadar oksigen dalam suatu perairan sangat dipengaruhi oleh meningkatnya bahan-bahan organik yang masuk ke perairan disamping faktor-faktor lainnya diantaranya kenaikan suhu, salinitas, respirasi, adanya lapisan di atas permukaan air, senyawa yang mudah teroksidasi dan tekanan atmosfer.

Kadar oksigen terlarut di dalam massa air nilainya adalah relatif, biasanya berkisar antara 6-14 ppm (W.D. Connel dan G.J. Miller, 1995). Menurut Sutamihardja (1987), kadar oksigen di perairan laut yang normal berkisar antara 5,7-8,5 mg/l. Kadar oksigen ini relatif lebih tinggi bila dibandingkan

dengan hasil penelitian ini, 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 Selet Lembeh lebih tinggi.

Tabel 2. Kriteria kualitas air berdasarkan kadar oksigen terlarut.

Oksigen terlarut (mg/l)	Kriteria
> 6,5	Tidak tercemar
4,5 – 6,4	Tercemar ringan
2 – 4,4	Tercemar sedang
< 2	Tercemar berat

Sumber : Lee, *et. al.*, 1978.

Secara umum kadar oksigen di perairan Selat Lembeh masih sesuai dengan baku mutu air laut untuk biota laut, Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, KLH (2004) yaitu ≥ 5 mg/l dan bila dibandingkan dengan kriteria kualitas air, termasuk pada kriteria tercemar ringan (Tabel 2). Kadar oksigen di perairan laut yang tercemar ringan adalah 5 mg/l (Sutamihardja, 1987). Rivai, 1983 mengatakan bahwa pada umumnya kandungan oksigen sebesar 5 mg/l dengan suhu air berkisar antara 20-30 °C relatif masih baik, bahkan apabila dalam perairan tidak terdapat senyawa-senyawa yang bersifat toksik (tidak tercemar) kandungan oksigen sebesar 2 ppm sudah cukup untuk mendukung kehidupan organisme perairan (Swingle dalam Salmin, 2005).

2. Apparent Oxygen Utilization (AOU)

Apparent Oxygen Utilization (AOU) ialah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk proses respirasi dan

penguraian zat-zat organik oleh mikro-organisme. Nilai AOU merupakan perkiraan kasar tentang pemakaian oksigen oleh aktivitas biologi dan oksidasi zat-zat organik. Secara keseluruhan nilai AOU di lapisan permukaan berkisar antara 0,10-0,72 mg/l dan dekat dasar berkisar antara (-0,28)-0,42 mg/l (Tabel 3).

Tabel 3. Daya larut, tingkat kejenuhan dan Apparent Oxygen Utilization (AOU) di perairan Selat Lembeh.

Bulan	Lapisan	Daya Larut (mg/l)			Kejenuhan (%)			AOU (mg/l)		
		Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata	Min	Max	Rerata
Januari	Permukaan	5.63	5.77	5.73	106.43	112.44	109.01	0.37	0.72	0.52
	Dekat Dasar	5.66	5.80	5.74	98.91	107.34	102.24	-0.06	0.42	0.13
Februari	Permukaan	5.72	5.85	5.79	106.95	112.27	108.83	0.40	0.72	0.51
	Dekat Dasar	5.74	5.88	5.81	98.79	104.76	101.74	-0.07	0.28	0.07
Juni	Permukaan	5.76	5.91	5.85	101.70	111.19	106.31	0.10	0.66	0.37
	Dekat Dasar	5.77	5.91	5.86	96.16	102.46	100.27	-0.28	0.15	0.01
Juli	Permukaan	5.74	5.89	5.83	103.29	109.49	106.21	0.19	0.55	0.36
	Dekat Dasar	5.77	5.90	5.85	98.00	104.00	100.87	-0.12	0.23	0.05

Pada lapisan permukaan nilai AOU semuanya positif (100 %), hal ini menunjukkan bahwa pada lapisan permukaan produksi oksigen dari proses fotosintesis berjalan cukup lancar dibandingkan dengan proses respirasi yang membutuhkan oksigen sehingga nilai AOU yang diperoleh positif. Sedangkan di dekat dasar nilai AOU negatif dan positif berimbang, hal ini menggambarkan pemakaian dan produksi oksigen berimbang di dekat dasar. Tidak lancarnya proses fotosintesa juga dapat terjadi pada lapisan permukaan yang keruh dan pada lapisan yang lebih dalam dari daya tembus matahari serta pada malam hari (Simanjuntak, 2007). Nilai AOU positif di perairan Selat Lembeh lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai AOU positif di Teluk Bayur dan Teluk Bungus (Simanjuntak, 1999); Teluk Ambon (Sapulete dan Birowo, 1989) dan Teluk Jakarta (Legowo *et. al.*, 1980). Namun lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Teluk Klabat, P.

Bangka (Simanjuntak, 2007) dan perairan KAPPEL Jawa (Simanjuntak, 2006) (Tabel 4).

Tabel 4. Kisaran dan rata-rata kadar oksigen terlarut dan nilai AOU pada lapisan permukaan di berbagai perairan lainnya di Indonesia.

Lokasi	Oksigen (mg/l)		AOU (mg/l)	
	Kisaran	Rata-rata	Kisaran	Rata-rata
Perairan Teluk Klabat, P. Bangka (Simanjuntak, 2007)	5,06 - 5,83	5,41	-0,61 - 0,13	-0,01
Perairan Kawasan Pengelolaan dan Pengembangan Laut KAPPEL Jawa (Simanjuntak, 2006)	5,07 - 6,01	5,63	-0,14 - 0,46	0,30
Perairan Teluk Bayur dan Teluk Bungus, Sumatera Barat (Simanjuntak, 1999)	4,37 - 7,06	5,84	-1,31 - 1,04	0,06
Perairan Teluk Ambon (Sapulete dan Birowo, 1990)	4,40 - 6,31	5,70	-1,29 - 1,07	-0,17
Perairan Teluk Jakarta (Legowo <i>et. al.</i> , 1980)	4,49 - 7,64	6,37	-1,31 - 1,91	0,17

Hasil perhitungan daya larut berdasarkan pendekatan empiris Alekin memberi gambaran mengenai tingkat kejenuhan oksigen di perairan Selat Lembeh. Derajat kejenuhan yang rendah (<100%) diperoleh pada lapisan dekat dasar, sedangkan derajat kejenuhan yang tinggi (>100%) diperoleh pada lapisan permukaan. Tingkat kejenuhan oksigen terlarut tertinggi mencapai 112,44% dan 112,27% terjadi pada bulan Januari-Februari (musim barat), mengindikasikan bahwa pada musim ini proses fotosintesis yang berjalan cukup lancar. Proses fotosintesis yang berjalan lancar akan menghasilkan oksigen yang banyak sehingga tingkat kesuburan perairan bertambah (Wyrski, 1961). Berbeda dengan bulan Juni-Juli (musim timur) dimana derajat kejenuhannya terendah mencapai 96,16% dan 98,00% pada lapisan dekat dasar, menunjukkan bahwa kandungan oksigen lebih banyak dikonsumsi oleh biota yang hidup di lapisan dekat dasar, karena proses metabolisme organisme laut berlangsung cukup aktif. Umumnya di musim timur, jumlah oksigen terlarut untuk keperluan respirasi dan aktivitas mikroorganisme cukup banyak

dibandingkan dengan musim barat. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada musim timur produksi oksigen terlarut dari proses fotosintesis tidak berjalan lancar sehingga kebutuhan oksigennya lebih besar daripada produksi oksigen yaitu produksi oksigen yang berasal dari udara dan proses fotosintesis.

KESIMPULAN

Kadar oksigen terlarut dalam musim timur umumnya lebih rendah dibandingkan dengan musim barat. Rendahnya kadar oksigen terlarut pada musim timur diakibatkan proses sedimentasi, semakin tingginya kekeruhan air laut sehingga proses fotosintesis dan proses difusi udara tidak berjalan lancar.

Pada lapisan permukaan diperoleh nilai AOU semuanya positif (100 %), sedangkan dekat dasar nilai AOU negatif dan positif berimbang, hal ini menggambarkan pemakaian dan produksi oksigen berimbang di dekat dasar. Dari nilai AOU (*Apparent Oxygen Utilization*) yang diperoleh menunjukkan kondisi kadar oksigen terlarut di perairan Selat Lembeh masih baik untuk kehidupan biota laut.

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.
- Connel, W.D. dan G. J. Miller, 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Terjemahan, Penerbit Universitas Indonesia:520.

- Edward dan F.S. Pulumahuny, 2003. Kadar oksigen terlarut di Perairan Raha, Pulau Muna, Sulawesi Tenggara. Pesisir dan Pantai Indonesia VIII, Puslit Oseanografi-LIPI, Jakarta: 25-31.
- 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.
- Legowo, E., M. Muchtar dan D. Arief 1980. Oksigen di lapisan permukaan perairan Teluk Jakarta pada Musim Barat dan Musim Timur tahun 1976, 1977 dan 1978. *Dalam*: "Teluk Jakarta, Pengkajian fisika, kimia, biologi dan geologi " (A. Nontji dan A. Djamali, eds). Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI: 49 – 58.
- 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.
- Riva'i, R.S. dan Pertagunawan, K., 1983. Biologi Perikanan I, Penerbit CV. Kayago, Jakarta, 143 hal.
- 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
- Sutamiharja, R.T.M., 1987. Kualitas dan Pencemaran Lingkungan. Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor: 92 hal.
- Wyrcki, K., 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian Waters. *Naga Report 2*, University of California: 1-195.