

OKSIGEN TERLARUT (DO) DAN KEBUTUHAN OKSIGEN BIOLOGI (BOD) SEBAGAI SALAH SATU INDIKATOR UNTUK MENENTUKAN KUALITAS PERAIRAN

Oleh :

Salmin¹⁾

ABSTRACT

DISSOLVED OXYGEN (DO) AND BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOO) AS INDICATOR TO DETERMINE WATER QUALITY. *All animal need oxygen for the metabolism in their cells. Oxygen takes apart in oxydation and reduction process of chemical matter to be the simple compound. Atmosphere and photosynthesis by product are the main source of oxygen in waters. Dissolved oxygen (DO) and biological oxygen demand (BOO) are the most important parameter of water quality. DO and BOD are determined by iodometry titration or electro chemical with DO meter apparatus.*

PENDAHULUAN

Estuarin merupakan daerah ekosistem pesisir yang produktif, tapi lingkungannya paling mudah terganggu akibat dari kegiatan manusia, maupun proses alamiah. Kegiatan manusia sebagai bentuk kegiatan pembangunan akan berdampak pada ekosistem, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dampak yang tidak langsung akan dirasakan sebagai adanya kerusakan pada ekosistem, misalnya pencemaran dari air buangan. Hampir semua air yang digunakan oleh manusia, baik yang digunakan untuk konsumsi maupun industri akan menghasilkan air buangan yang pada gilirannya jika tidak diproses secara benar akan menimbulkan dampak pencemaran.

Perairan estuarin adalah sebagai tujuan akhir dari suatu aliran sungai, sehingga di

daerah estuarin ini kondisi perairannya dinamis karena menerima beban dari daratan dan debit air sungai. Pada daerah ini akan terjadi proses fisika dan kimia. Bahan organik dan anorganik yang terbawa aliran sungai menjadikan estuarin sebagai perairan yang subur. Sesuai dengan perkembangan penduduk dan pembangunan, maka fungsi sungai akan mendapat beban limbah rumah tangga, pertanian, perikanan, industri dan transportasi. Limbah ini tujuan akhirnya ke perairan estuarin.

Pencemaran air adalah penambahan unsur atau organisme laut kedalam air, sehingga pemanfaatannya dapat terganggu. Pencemaran air dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan sosial, karena adanya gangguan oleh adanya zat-zat beracun atau muatan bahan organik yang berlebih. Keadaan ini akan menyebabkan oksigen terlarut dalam air pada kondisi yang

¹⁾ Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI, Jakarta

kritis, atau merusak kadar kimia air. Rusaknya kadar kimia air tersebut akan berpengaruh terhadap fungsi dari air. Besarnya beban pencemaran yang ditampung oleh suatu perairan, dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah polutan yang berasal dari berbagai sumber aktifitas air buangan dari proses-proses industri dan buangan domestik yang berasal dari penduduk.

Telah banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh air buangan industri dan limbah penduduk terhadap organisme perairan, terutama pengaruhnya terhadap ikan. Akibat yang ditimbulkan antara lain dapat menyebabkan kelumpuhan ikan, karena otak tidak mendapat suplai oksigen serta kematian karena kekurangan oksigen (*anoxia*) yang disebabkan jaringan tubuh ikan tidak dapat mengikat oksigen yang terlarut dalam darah (JONES, 1964). Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia, seperti oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen = DO*) dan kebutuhan oksigen biologis (*Biological Oxygen Demand = BOD*). Tulisan ini lebih difokuskan pada dua parameter dimaksud.

OKSIGEN TERLARUT (DO)

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen = DO*) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (SALMIN, 2000). Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung dari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut. ODUM (1971) menyatakan bahwa

kadar oksigen dalam air laut akan bertambah dengan semakin rendahnya suhu dan berkurang dengan semakin tingginya salinitas. Pada lapisan permukaan, kadar oksigen akan lebih tinggi, karena adanya proses difusi antara air dengan udara bebas serta adanya proses fotosintesis. 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. Keperluan organisme terhadap oksigen relatif bervariasi tergantung pada jenis, stadium dan aktifitasnya. Kebutuhan oksigen untuk ikan dalam keadaan diam relatif lebih sedikit apabila dibandingkan dengan ikan pada saat bergerak atau memijah. Jenis-jenis ikan tertentu yang dapat menggunakan oksigen dari udara bebas, memiliki daya tahan yang lebih terhadap perairan yang kekurangan oksigen terlarut (WARDYO, 1978). Kandungan oksigen terlarut (DO) minimum adalah 2 ppm dalam keadaan normal dan tidak tercemar oleh senyawa beracun (*toksik*). Kandungan oksigen terlarut minimum ini sudah cukup mendukung kehidupan organisme (SWINGLE, 1968). Idealnya, kandungan oksigen terlarut tidak boleh kurang dari 1,7 ppm selama waktu 8 jam dengan sedikitnya pada tingkat kejenuhan sebesar 70 % (HUET, 1970). KLH menetapkan bahwa kandungan oksigen terlarut adalah 5 ppm untuk kepentingan wisata bahari dan biota laut (ANONIMOUS, 2004).

Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Selain itu, oksigen juga menentukan jenis biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan

mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami maupun secara perlakuan aerobik yang ditujukan untuk memurnikan air buangan industri dan rumah tangga.

Sebagaimana diketahui bahwa oksigen berperan sebagai pengoksidasi dan pereduksi bahan kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Disamping itu, oksigen juga sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pernapasan. Organisme tertentu, seperti mikroorganisme, sangat berperan dalam menguraikan senyawa kimia beracun menjadi senyawa lain yang lebih sederhana dan tidak beracun. Karena peranannya yang penting ini, air buangan industri dan limbah sebelum dibuang ke lingkungan umum terlebih dahulu diperkaya kadar oksigennya.

ANALISIS OKSIGEN TERLARUT (DO)

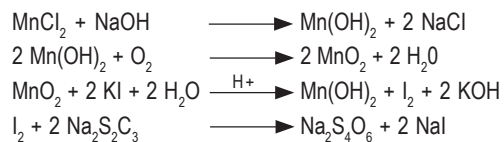
Oksigen terlarut dapat dianalisis atau ditentukan dengan 2 macam cara, yaitu :

1. Metoda titrasi dengan cara WINKLER
2. Metoda elektrokimia

1. Metoda titrasi dengan cara WINKLER

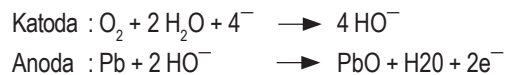
Metoda titrasi dengan cara WINKLER secara umum banyak digunakan untuk menentukan kadar oksigen terlarut. Prinsipnya dengan menggunakan titrasi iodometri. Sampel yang akan dianalisis terlebih dahulu ditambahkan larutan $MnCl_2$ dan $NaOH - KI$, sehingga akan terjadi endapan MnO_2 . Dengan menambahkan H_2SO_4 atau HCl maka endapan yang terjadi akan larut kembali dan juga akan membebaskan molekul iodium (I_2) yang ekuivalen dengan oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan ini selanjutnya dititrasi dengan

larutan standar natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan menggunakan indikator larutan amilum (kanji). Reaksi kimia yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut :



2. Metoda elektrokimia

Cara penentuan oksigen terlarut dengan metoda elektrokimia adalah cara langsung untuk menentukan oksigen terlarut dengan alat DO meter. Prinsip kerjanya adalah menggunakan probe oksigen yang terdiri dari katoda dan anoda yang direndam dalam larutan elektrolit. Pada alat DO meter, probe ini biasanya menggunakan katoda perak (Ag) dan anoda timbal (Pb). Secara keseluruhan, elektroda ini dilapisi dengan membran plastik yang bersifat semi permeable terhadap oksigen. Reaksi kimia yang akan terjadi adalah :



Aliran reaksi yang terjadi tersebut tergantung dari aliran oksigen pada katoda. Difusi oksigen dari sampel ke elektroda berbanding lurus terhadap konsentrasi oksigen terlarut.

Penentuan oksigen terlarut (DO) dengan cara titrasi berdasarkan metoda WINKLER lebih analitis apabila dibandingkan dengan cara alat DO meter. Hal yang perlu diperhatikan dalam titrasi iodometri ialah penentuan titik akhir titrasinya, standarisasi larutan tiosulfat dan pembuatan larutan standar kaliumbikromat yang tepat. Dengan mengikuti prosedur penimbangan kaliumbikromat dan standarisasi tiosulfat secara analitis, akan diperoleh hasil penentuan oksigen terlarut yang lebih akurat. Sedangkan penentuan oksigen terlarut dengan

cara DO meter, harus diperhatikan suhu dan salinitas sampel yang akan diperiksa. Peranan suhu dan salinitas ini sangat vital terhadap akurasi penentuan oksigen terlarut dengan cara DO meter. Disamping itu, sebagaimana lazimnya alat yang digital, peranan kalibrasi alat sangat menentukan akurasi hasil penentuan. Berdasarkan pengalaman di lapangan, penentuan oksigen terlarut dengan cara titrasi lebih dianjurkan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Alat DO meter masih dianjurkan jika sifat penentuannya hanya bersifat kisaran.

KEBUTUHAN OKSIGEN BIOLOGI (BOD)

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (PESCOD, 1973).

Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan. Penentuan BOD sangat penting untuk menelusuri aliran pencemaran dari tingkat hulu ke muara. Sesungguhnya penentuan BOD merupakan suatu prosedur *bioassay* yang menyangkut pengukuran banyaknya oksigen yang digunakan oleh organisme selama organisme tersebut menguraikan bahan organik yang ada dalam suatu perairan, pada kondisi yang hampir sama dengan kondisi yang ada di alam. Selama pemeriksaan BOD, contoh yang diperiksa harus bebas dari udara luar untuk mencegah kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas. Konsentrasi air buangan/sampel tersebut juga harus berada pada suatu tingkat pencemaran tertentu, hal ini untuk menjaga supaya oksigen terlarut selalu ada selama pemeriksaan. Hal ini penting diperhatikan mengingat kelarutan oksigen dalam air terbatas dan hanya berkisar ± 9 ppm pada suhu 20°C (SAWYER & MC CARTY, 1978).

Penguraian bahan organik secara biologis di alam, melibatkan bermacam-macam organisme dan menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Pemeriksaan BOD tersebut dianggap sebagai suatu prosedur oksidasi dimana organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan bahan organik menjadi CO_2 dan H_2O . Reaksi oksidasi selama pemeriksaan BOD merupakan hasil dari aktifitas biologis dengan kecepatan reaksi yang berlangsung sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan suhu. Karenanya selama pemeriksaan BOD, suhu harus diusahakan konstan pada 20°C yang merupakan suhu yang umum di alam. Secara teoritis, waktu yang diperlukan untuk proses oksidasi yang sempurna sehingga bahan organik terurai menjadi CO_2 dan H_2O adalah tidak terbatas. Dalam prakteknya dilaboratorium, biasanya berlangsung selama 5 hari dengan anggapan bahwa selama waktu itu persentase reaksi cukup besar dari total BOD. Nilai BOD 5 hari merupakan bagian dari total BOD dan nilai BOD 5 hari merupakan 70 - 80% dari nilai BOD total (SAWYER & MC CARTY, 1978). Penentuan waktu inkubasi adalah 5 hari, dapat mengurangi kemungkinan hasil oksidasi ammonia (NH_3) yang cukup tinggi. Sebagaimana diketahui bahwa, ammonia sebagai hasil sampingan ini dapat dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat, sehingga dapat mempengaruhi hasil penentuan BOD. Reaksi kimia yang dapat terjadi adalah :



Oksidasi nitrogen anorganik ini memerlukan oksigen terlarut, sehingga perlu diperhitungkan.

Dalam praktek untuk penentuan BOD yang berdasarkan pada pemeriksaan oksigen terlarut (DO), biasanya dilakukan secara langsung atau dengan cara pengenceran. Prosedur secara umum adalah menyesuaikan

sampel pada suhu 20°C dan mengalirkan oksigen atau udara kedalam air untuk memperbesar kadar oksigen terlarut dan mengurangi gas yang terlarut, sehingga sampel mendekati kejenuhan oksigen terlarut. Dengan cara pengenceran pengukuran BOD didasarkan atas kecepatan degradasi biokimia bahan organik yang berbanding langsung dengan banyaknya zat yang tidak teroksidasi pada saat tertentu. Kecepatan dimana oksigen yang digunakan dalam pengenceran sampel berbanding lurus dengan persentase sampel yang ada dalam pengenceran dengan anggapan faktor lainnya adalah konstan. Sebagai contoh adalah 10 % pengenceran akan menggunakan sepersepuluh dari kecepatan penggunaan sampel 100% (SAWYER & MC CARTY, 1978). Dalam hal dilakukan pengenceran, kualitas airnya perlu diperhatikan dan secara umum yang dipakai aquades yang telah mengalami demineralisasi. Untuk analisis air laut, pengencer yang digunakan adalah *standard sea water* (SSW). Oerajat keasaman (pH) air pengencer biasanya berkisar antara 6,5 - 8,5 dan untuk menjaga agar pH-nya konstan bisa digunakan larutan penyangga (*buffer*) fosfat. Untuk menentukan BOD, terlebih dahulu diukur DO nya (DO 0 hari), sementara sampel yang lainnya diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C, selanjutnya setelah 5 hari diukur DO nya (DO 5 hari). Kadar BOD ditentukan dengan rumus :

$$5 X [\text{kadar } \{ \text{DO}(0 \text{ hari}) - \text{DO}(5 \text{ hari}) \}] \text{ ppm}$$

Selama penentuan oksigen terlarut, baik untuk DO maupun BOD, diusahakan seminimal mungkin larutan sampai yang akan diperiksa tidak berkontak dengan udara bebas. Khusus untuk penentuan BOD, sebaiknya digunakan botol sampel BOD dengan volume 250 ml dan semua isinya dititrasi secara langsung. Perhitungan kadar DO nya :

$$\text{DO,ml/L} = \frac{B}{B-2} \times 5,6 \times 10 \times N \times V$$

Dimana :

- B = volume botol sampel BOD = 250 ml
- B - 2 = volume air dalam botol sampel setelah ditambah 1 ml larutan MnCl₂ dan 1 ml NaOH - KI.
- 5,6 = konstanta yang sama dengan ml oksigen ~ 1 mgrek tiosulfat
- 10 = volume K₂Cr₂O₇ 0,01 N yang ditambahkan
- N = normalitas tiosulfat
- V = volume tiosulfat yang dibutuhkan untuk titrasi.

Berikut ini adalah tabel nilai DO dan BOD untuk tingkat pencemaran perairan.

Tabel 1. Tingkat pencemaran perairan berdasarkan nilai DO dan BOD

Tingkat pencemaran	Parameter	
	DO (ppm)	BOD
Rendah	> 5	0 -10
Sedang	0 - 5	10 - 20
Tinggi	0	25

Sumber : WIROSARJONO (1974)

KESIMPULAN

1. Oksigen sangat dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan dan proses metabolisme. Dalam perairan oksigen berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan kimia menjadi senyawa yang lebih sederhana sebagai nutrisi yang sangat dibutuhkan organisme perairan. Sumber utama oksigen di perairan berasal dari proses difusi udara bebas dan hasil proses fotosintesis.
2. Untuk mengetahui kualitas suatu perairan, parameter oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biokimia (BOD) memegang peranan penting. Prinsip penentuannya bisa dilakukan dengan cara

- titrasi iodometri atau langsung dengan alat DO meter.
3. Suatu perairan yang tingkat pencemarannya rendah dan bisa dikategorikan sebagai perairan yang baik, maka kadar oksigen terlarutnya (DO) > 5 ppm dan kadar oksigen biokimianya (BOD) berkisar 0 - 10 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- ANONIMOUS. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. No. 51 Tahun 2004. Tentang : *Baku Mutu Air Laut*. 2004. 11 hal.
- HUET, H.B.N. 1970. Water Quality Criteria for Fish Life Biological Problems in Water Pollution. PHS. Publ. No. 999-WP-25. 160-167 pp.
- JONES, H.R.E. 1964. *Fish and River Pollution*. Buther Worth. London : 203 pp.
- ODUM, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. W.B. Saunder Com. Philadelphia 125 pp.
- PESCOD, M. D. 1973. Investigation of Rational Effluen and Stream Standards for Tropical Countries. A.I.T. Bangkok, 59 pp
- SALMIN. 2000. Kadar Oksigen Terlarut di Perairan Sungai Dadap, Goba, Muara Karang dan Teluk Banten. *Dalam* : Foraminifera Sebagai Bioindikator Pencemaran, Hasil Studi di Perairan Estuarin Sungai Dadap, Tangerang (Djoko P. Praseno, Ricky Rositasari dan S. Hadi Riyono, eds.) P3O - LIPI hal 42 - 46
- SAWYER, C.N and P.L., MC CARTY, 1978. *Chemistry for Environmental Engineering*. 3rd ed. Mc Graw Hill Kogakusha Ltd.: 405 - 486 pp.
- SWINGLE, H.S. 1968. Standardization of Chemical Analysis for Water and Pond Muds. F.A.O. Fish, Rep. 44, 4 , 379 - 406 pp.
- WARDOYO, S.T.H. 1978. Kriteria Kualitas Air Untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan. *Dalam* : Prosiding Seminar Pengendalian Pencemaran Air. (eds Dirjen Pengairan Dep. PU.), hal 293-300.
- WIROSARJONO, S. 1974. Masalah-masalah yang dihadapi dalam penyusunan kriteria kualitas air guna berbagai peruntukan. PPMKL-DKI Jaya, *Seminar Pengelolaan Sumber Daya Air*, eds. Lembaga Ekologi UNPAD. Bandung, 27 - 29 Maret 1974, hal 9 - 15