

**BEBERAPA CATATAN TENTANG PENENTUAN  
KADAR OKSIGEN DALAM AIR LAUT BERDASARKAN  
METODE WINKLER**

oleh

**Horas P. Hutagalung<sup>1)</sup>, Abdul Rozak<sup>1)</sup> dan Irman Lutan<sup>1)</sup>**

*ABSTRAC*

NOTES ON DETERMINATION OF DISSOLVED OXYGEN IN SEA WATER BY WINKLER METHOD. *Most of the existing data have been obtained by using the WINKLER titrimetric method for measuring dissolved oxygen in sea water, WINKLER is the first scientist who determined dissolved oxygen in water by iodometric method. Several years later, the other scientist found that the WINKLER method could be interferenced by others chemical substances, temperature and phytoplankton ALSTERBERG is the first scientist who can eliminated the nitrite interference, the most common interfering substance in sea water. But several scientists recently told that some problems must be considered for determining dissolved oxygen by the WINKLER method, such as type of water sampler, the added reagents and the storage method.*

**PENDAHULUAN**

Oksigen adalah salah satu unsur kimia penunjang utama kehidupan. Dalam air laut, oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan untuk menguraikan zat organik oleh mikro organisme. Ketiadaan oksigen dalam suatu perairan akan menyebabkan organisme dalam perairan tersebut tidak dapat hidup dalam waktu yang lama. Oleh karena itu salah satu cara untuk menjaga kelestarian kehidupan dalam laut adalah dengan cara memantau kadar oksigen dalam perairan tersebut.

Berbagai cara dapat dilakukan untuk menentukan kadar oksigen dalam air laut, misalnya dengan metode mikro-gasometrik, spektrometrik massa, kromatografi gas, metode WINKLER dan lain-lain. Namun metode yang paling sering dipakai untuk

menentukan kadar oksigen dalam air laut adalah metode WINKLER (CARRITT & CARPENTER 1966). Penentuan kadar oksigen dalam air berdasarkan yodometri diperkenalkan oleh WINKLER pada tahun 1888 (MURRAY *et al.* 1967). Beberapa tahun setelah metode WINKLER diperkenalkan dan diterapkan, ternyata metode ini banyak mendapat gangguan analisis. Hal ini menyebabkan para ahli berusaha menghilangkan gangguan-gangguan tersebut dengan menyempurnakan/memodifikasi metode WINKLER. Modifikasi pertama diperkenalkan oleh ALSTERBERG pada tahun 1925 yang berhasil menghilangkan gangguan garam-garam nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) (COLWELL *et al.* s.a.). Setelah itu timbul beberapa modifikasi, yaitu modifikasi permanganat; - flokulasi alum; dan - flokulasi tembaga sulfat-asam sulfamat. Dari bermacam-macam

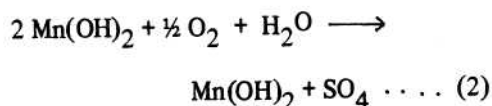
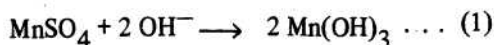
---

1). Pusat Penelitian Ekologi, Lembaga Oseanologi Nasional - LIPI, Jakarta,

modifikasi ini, modifikasi yang paling sering dipakai untuk menentukan kadar oksigen dalam air laut adalah modifikasi ALSTERBERG. Namun pada akhir-akhir ini beberapa ahli menyatakan bahwa untuk mendapatkan nilai ketelitian dan ketepatan analisis yang tinggi dari metode modifikasi ALSTERBERG, masih banyak masalah yang perlu diperhatikan.

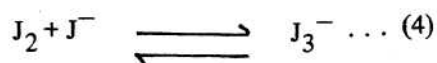
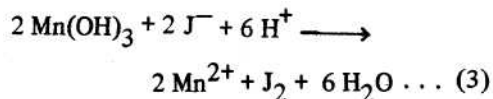
### PRINSIP METODE WINKLER

Prinsip penentuan kadar oksigen dalam air berdasarkan titrasi yodometri yang diperkenalkan oleh WINKLER adalah sebagai berikut : dalam larutan yang bersifat basa kuat,  $\text{MnSO}_4$  bereaksi dengan basa ( $\text{OH}^-$ ) membentuk endapan  $\text{Mn(OH)}_2$  yang berwarna putih. Endapan  $\text{Mn(OH)}_2$  dalam larutan yang bersifat basa kuat, merupakan senyawa yang tidak stabil, sehingga segera dioksidasi oleh oksigen yang terdapat dalam larutan contoh menjadi  $\text{Mn(OH)}_3$ .

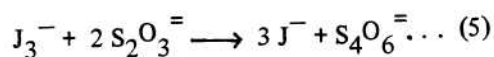


Reaksi oksidasi ini bersifat kuantitatif, yang berarti banyaknya  $\text{Mn(OH)}_3$  yang terbentuk adalah ekuivalen dengan banyaknya  $\text{O}_2$  yang terdapat dalam larutan contoh.

Setelah proses pengendapan sempurna, larutan diasamkan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Dalam suasana asam kuat, endapan  $\text{Mn(OH)}_3$  larut kembali dan melepaskan  $\text{Mn}^{2+}$ . Ion  $\text{Mn}^{2+}$  yang dilepaskan ini bersifat oksidator kuat, sehingga akan mengoksidasi ion yodida menjadi  $\text{J}_2$  bebas.  $\text{J}_2$  yang dibebaskan dari garam  $\text{NaJ}$  atau  $\text{KJ}$  ini dititrasi dengan natrium tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ).



Larutan tiosulfat dioksidasi menjadi tetrationat dan  $\text{J}_2$  direduksi menjadi  $\text{J}^-$ . Untuk menentukan titik akhir titrasi dipakai indikator kanji. Jodium ( $\text{J}_2$ ) bereaksi dengan kanji membentuk senyawa kompleks yang berwarna biru.



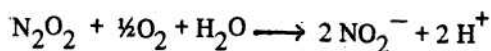
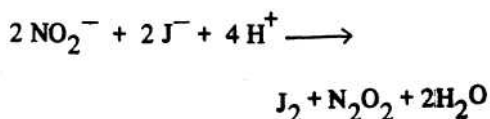
Ikatan antara  $\text{J}_2$  dengan kanji tidak begitu kuat,  $\text{J}_2$  mudah lepas dan bereaksi dengan tiosulfat. Titrasi dihentikan pada saat warna biru hilang dan larutan berubah menjadi tidak berwarna. Banyaknya  $\text{O}_2$  adalah ekuivalen dengan banyaknya  $\text{J}_2$  yang dilepaskan. Banyaknya  $\text{J}_2$  yang dilepaskan adalah ekuivalen dengan banyaknya larutan baku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang diperlukan untuk titrasi. Oleh karena itu kadar oksigen dalam larutan contoh dapat dihitung dari banyaknya larutan baku tiosulfat yang terpakai untuk titrasi.

### GANGGUAN-GANGGUAN PADA METODE WINKLER

Penentuan kadar oksigen dalam air laut dengan metode WINKLER ternyata banyak mendapat gangguan analisis, baik gangguan yang bersifat positif maupun negatif. Gangguan negatif dapat disebabkan oleh adanya zat yang bersifat reduktor dalam larutan contoh, misalnya garam-garam  $\text{Fe}^{2+}$ . Reduktor-reduktor ini akan dioksidasi oleh oksigen yang terdapat dalam larutan contoh, sehingga kadar oksigen yang

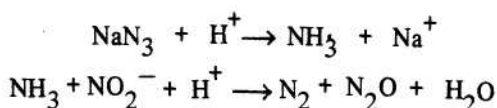
diperoleh akan lebih rendah dari kadar yang sebenarnya. Adanya aktivitas mikro-organisme yang membutuhkan oksigen untuk menguraikan zat organik, juga akan memberikan gangguan negatif. Fitoplankton yang terdapat dalam larutan contoh, dengan bantuan sinar matahari akan berfotosintesis menghasilkan oksigen, sehingga adanya fitoplankton dan sinar matahari akan memberikan gangguan positif (kadar oksigen yang diperoleh lebih tinggi dari kadar yang sebenarnya).

Adanya gangguan-gangguan tersebut mengakibatkan data yang diperoleh kurang tepat. Data yang kurang tepat akan menyebabkan kesimpulan yang diambil dari suatu penelitian, kurang menggambarkan keadaan yang sebenarnya dari perairan yang diteliti. Oleh karena itu para ahli berusaha menyempurnakan/modifikasi metode WINKLER untuk menghilangkan gangguan-gangguan analisis yang ada. Beberapa modifikasi telah berhasil dibuat, yaitu modifikasi asida (untuk menghilangkan gangguan nitrit); — permanganat (menghilangkan gangguan ferro); — flokulasi alum (menghilangkan gangguan fitoplankton dan mikroorganisme). (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION *et al.* 1976). Dari berbagai modifikasi tersebut, modifikasi yang paling sering dipakai adalah modifikasi asida. Hal ini disebabkan gangguan yang paling umum ditemukan pada penentuan kadar oksigen dalam air laut adalah gangguan dari garam-garam nitrit. Garam-garam nitrit dapat memberikan gangguan positif dan negatif pada penentuan kadar oksigen. Hal ini disebabkan garam nitrit akan mengoksidasi garam yodida (NaJ) dan mengikat oksigen yang terdapat dalam larutan contoh, sesuai dengan persamaan reaksi, (COLWELL *et al.* s.a.).



Oleh karena itu gangguan garam nitrit ini harus dihilangkan.

Pada tahun 1925, yaitu 37 tahun setelah metode WINKLER diperkenalkan, ALSTERBERG dalam COLWELL *et al.* (s.a.) berhasil menghilangkan gangguan garam nitrit ini dengan menggunakan garam natrium asida ( $\text{NaN}_3$ ). Natrium asida dalam suasana asam kuat berubah menjadi  $\text{NH}_3$ . Molekul  $\text{NH}_3$  yang terbentuk ini segera bereaksi dengan nitrit membentuk  $\text{N}_2$  dan  $\text{N}_2\text{O}$  sesuai dengan persamaan reaksi :



Metode modifikasi yang diperkenalkan ALSTERBERG ini tetap berdasarkan metode WINKLER dan lebih dikenal dengan nama modifikasi asida. Beberapa tahun kemudian, ternyata pada metode modifikasi asida inipun masih banyak masalah yang perlu diperhatikan.

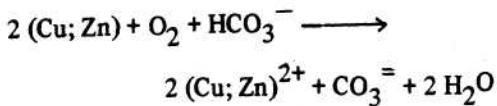
#### MASALAH MASALAH YANG PERLU DIPERHATIKAN

Setiap analisis kimia kuantitatif harus mempunyai nilai ketelitian dan ketepatan analisis yang tinggi agar data yang diperoleh sesuai dengan kadar yang sebenarnya dalam media yang diamati. Untuk mendapatkan data oksigen dalam air laut yang mempunyai nilai ketelitian dan ketepatan analisis yang tinggi, maka perlu diperhatikan beberapa masalah. Masalah ini meliputi; alat pengambilan contoh air; pengaruh pereaksi kimia yang dipakai, titrasi serta pengawetan contoh air.

### Alat pengambilan contoh air (Water sampler)

Pada tahun 1961, "SCOR-UNESCO" pernah melakukan uji inter kalibrasi antara peneliti Rusia dan Inggris di perairan Hawaii pada kedalaman 3700 - 4000 m. Pihak Rusia memakai "Water sampler" Nansen yang terbuat dari logam, sedangkan pihak Inggris memakai "Water sampler" dari bahan plastik. Ternyata data yang diperoleh tidak sama. Data yang didapat oleh pihak Rusia, rata-rata 0,31 ml/l lebih rendah dari yang didapat pihak Inggris.

"Water sampler" Nansen umumnya terbuat dari campuran Cu dan Zn, Kedua unsur logam ini bereaksi dengan oksigen, sesuai dengan persamaan reaksi;



Adanya reaksi ini mengakibatkan kadar oksigen dalam kolom contoh air berkurang (kesalahan negatif). Hal inilah yang menyebabkan data yang diperoleh pihak Rusia lebih rendah dari data yang diperoleh pihak Inggris (ROCHFORD dalam PARK 1968). Hasil interkalibrasi tersebut menunjukkan bahwa pengambilan contoh air untuk penentuan kadar oksigen dengan memakai "water sampler" Nansen ternyata kurang baik. Pengambilan contoh air yang paling baik adalah dengan memakai alat yang terbuat dari plastik atau PVC (pralon).

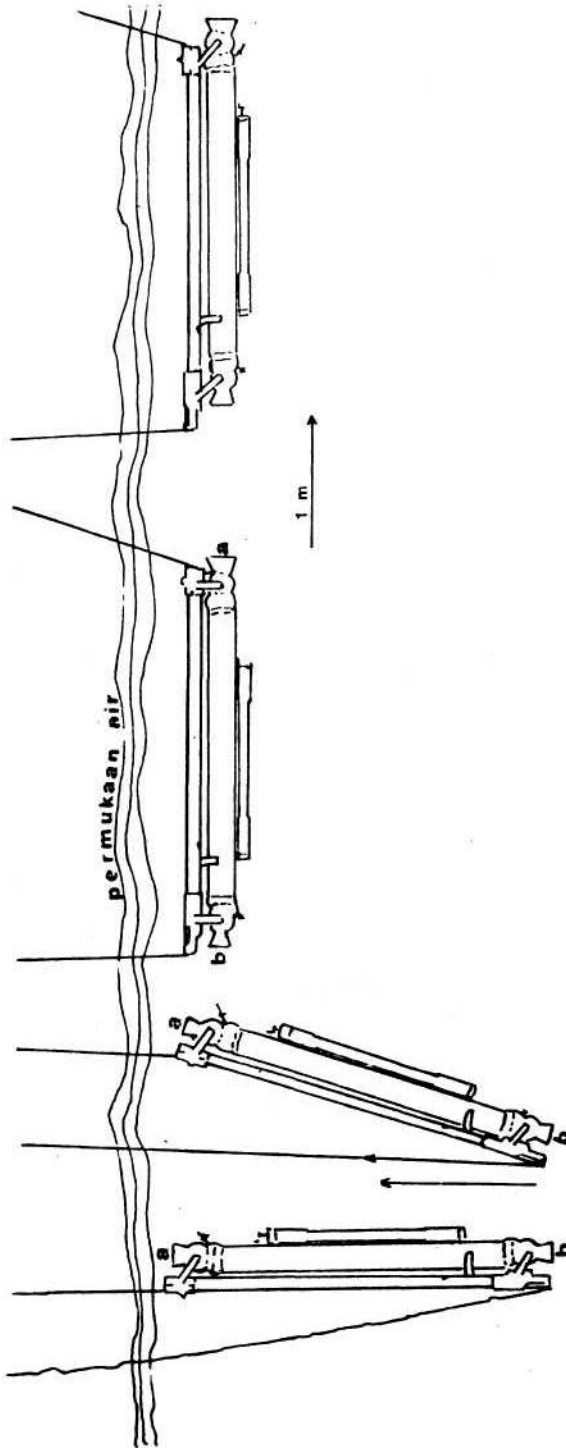
### Cara pengambilan contoh air.

Oksigen yang terkandung dalam air laut, berasal dari udara melalui proses difusi dan dari hasil proses fotosintesis. Oleh karena sebagian besar oksigen yang terlarut dalam air berasal dari udara, maka kadar oksigen di lapisan permukaan lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Hal ini perlu diperhatikan. Terutama untuk pengambilan contoh air permukaan di perairan dangkal. Di perairan dangkal, kedudukan "water sampler" dalam air sebaiknya horison

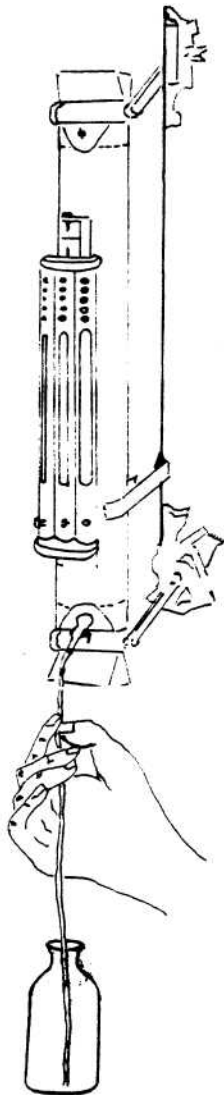
tal. "Water sampler" dengan posisi vertikal dimasukkan pelan-pelan ke dalam air. Setelah kedua ujung "water sampler" masuk ke dalam air, ujung yang paling bawah diangkat ke atas, sampai letak kedua ujungnya sejajar. Kemudian "Water sampler" digerakkan ke depan kira-kira 1 m, tetapi harus diusahakan agar "water sampler." tetap berada di bawah permukaan air (Gambar 1). Kedua ujung "water sampler" ditutup, kemudian diangkat ke atas perahu. Setelah contoh air sampai di atas perahu, contoh air harus segera dipindahkan ke botol BOD melalui selang karet atau plastik (Gambar 2). Selang karet ini harus sampai ke dasar botol BOD.

Dalam analisis kimia, biasanya tempat contoh dibilas dulu sebanyak 2 - 3 kali dengan contoh air, setelah itu baru diisi dengan contoh air. Khusus contoh air untuk analisis kadar oksigen, pembilasan botol tidak boleh dilakukan. Bila. botol BOD dibilas dengan contoh air, maka air pembilas ini akan melarutkan oksigen atmosferik yang terdapat dalam botol. Setelah air pembilas di buang, sejumlah kecil air pembilas masih tetap tertinggal dalam botol BOD. Sebagai contoh, botol BOD yang volumenya 100 ml bila dibilas dengan contoh air, maka jumlah air pembilas yang masih tertinggal dalam botol BOD adalah 0,8 + 0,1 ml. Air yang tertinggal ini jenuh dengan oksigen atmosferik (HORIBE *et al.* 1972). Oleh karena itu pembilasan botol BOD akan menghasilkan kesalahan positif.

Oksigen yang terkandung dalam udara jauh lebih banyak dibandingkan dengan oksigen yang terlarut dalam air. Satu liter udara mengandung 210 ml oksigen, sedangkan 1 liter air laut mengandung 5 - 6 ml oksigen. Keadaan ini menyebabkan pengambilan air laut untuk analisis kadar oksigen harus dilakukan dengan berhati-hati. Tidak boleh ada udara terperangkap baik dalam selang plastik maupun dalam botol BOD (STRICKLAND & PARSONS 1972). Melalui selang plastik, botol BOD diisi dengan contoh air sampai meluber (over flow). Hal ini



Gambar 1. Tahapan pengambilan contoh air permukaan.  
1. Botol Nansen dimasukkan dalam air. 2. Ujung bawah diangkat ke atas.  
3. Kedua ujung Nansen dibuat sejajar. 4. Botol Nansen digeser kedepan + 1 m, kemudian ditutup.



Gambar 2. Cara memindahkan contoh air ke dalam botol Nansen. Selang karet harus sampai ke dasar botol.

perlu dilakukan untuk menghilangkan gangguan difusi oksigen dari udara. Volume air yang meluber sebaiknya lebih banyak dari volume air contoh yang akan diambil. Bila volume air yang meluber ini hanya 1/3 volume air contoh, maka masih terdapat kesalahan positif sebesar 0,05 ppm yang berasal dari difusi oksigen atmosferik (HORIBE *et al.* 1972).

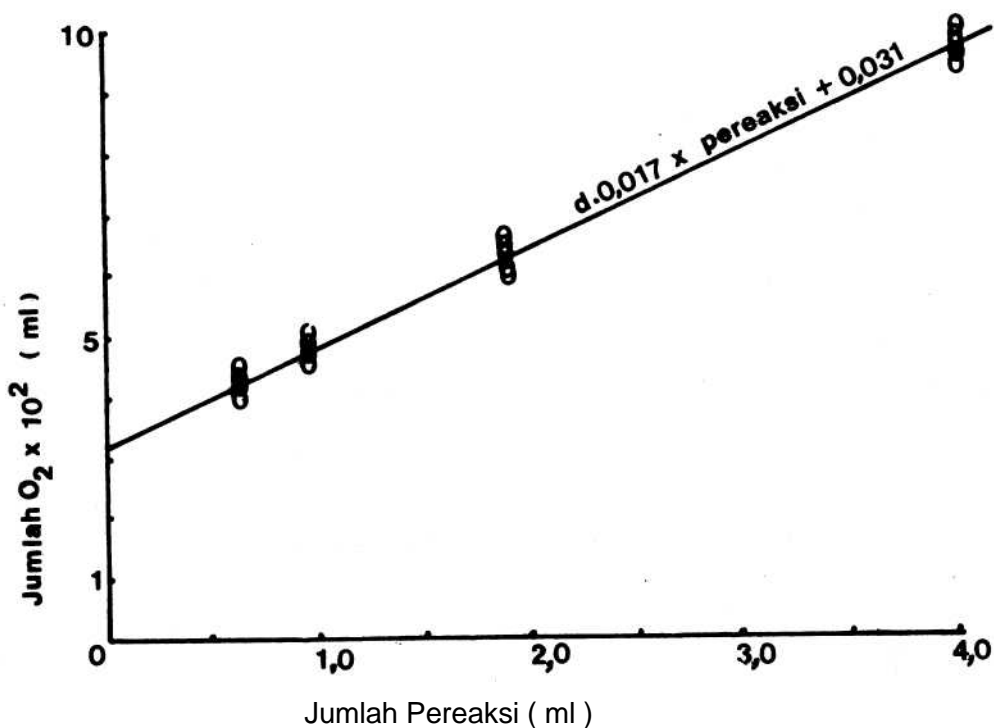
#### Pengaruh pereaksi kimia.

Semua pereaksi kimia yang dipakai untuk menentukan kadar oksigen dalam air laut dilarutkan dalam air suling. Air suling ini mengandung oksigen, walaupun kadarnya rendah. Kelarutan oksigen dalam  $\text{MnSO}_4$  (480 g  $\text{MnSO}_4$  4  $\text{H}_2\text{O}/1$ ); dalam  $\text{MnCl}_2$  (600 g  $\text{MnCl}_2$  4  $\text{H}_2\text{O}/1$ ) dan dalam pereaksi jodida (320 g  $\text{NaOH}$  dan 600 g  $\text{NaJ}/1$ ) berturut-turut adalah 13,6 mg; 11,5 mg dan 0,27 mg  $\text{O}_2$  (CARPENTER 1965 dalam MURRAY *et al.* 1967). Hasil penelitian POMEREY & KIRSCHMAN dalam MURRAY *et al.* (1967) menunjukkan bahwa kelarutan oksigen dalam pereaksi jodida (400 g  $\text{NaOH}$  dan 900 g  $\text{NaJ}/1$ ) adalah 0,3 mg. Hasil penelitian HORIBE *et al.* (1967) menunjukkan bahwa ada korelasi linier yang positif antara jumlah pereaksi kimia yang ditambahkan dengan kadar oksigen yang diperoleh dari analisis (Gambar 3). Dari gambar 3 terlihat bahwa penambahan 0,5 ml  $\text{MnCl}_2$  dan 0,5 ml jodida mengakibatkan pemasukan oksigen ke dalam contoh air sebanyak 0,017 ml/1. Oleh karena itu kadar oksigen yang sebenarnya dalam contoh air adalah hasil analisis dikurangi dengan faktor koreksi sebesar 0,017 ml/1.

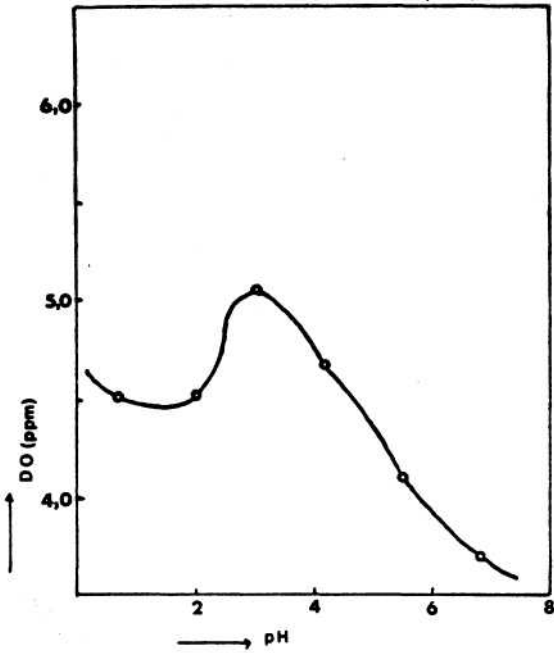
Dari persamaan reaksi 3, terlihat bahwa  $\text{Mn}(\text{OH})_3$  mengoksidasi garam jodida menjadi  $\text{J}_2$ . Jumlah  $\text{J}_2$  yang dibebaskan adalah ekuivalen dengan jumlah oksigen yang terdapat dalam contoh air. Reaksi oksidasi ini sangat tergantung pada keasaman (pH) larutan, dengan perkataan lain adalah jumlah  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang ditambahkan. Penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang terlalu sedikit, menye-

babkan jumlah  $J_2$  yang dibebaskan lebih sedikit dibandingkan jumlah oksigen dalam contoh air (kesalahan negatif). Bila  $H_2SO_4$  yang ditambahkan terlalu banyak maka sebagian tio-sulfat akan berubah menjadi belerang,  $H_2SO_3$  atau  $SO_2$ . Dengan demikian jumlah tio-sulfat yang terpakai untuk titrasi akan bertambah banyak (kesalah-

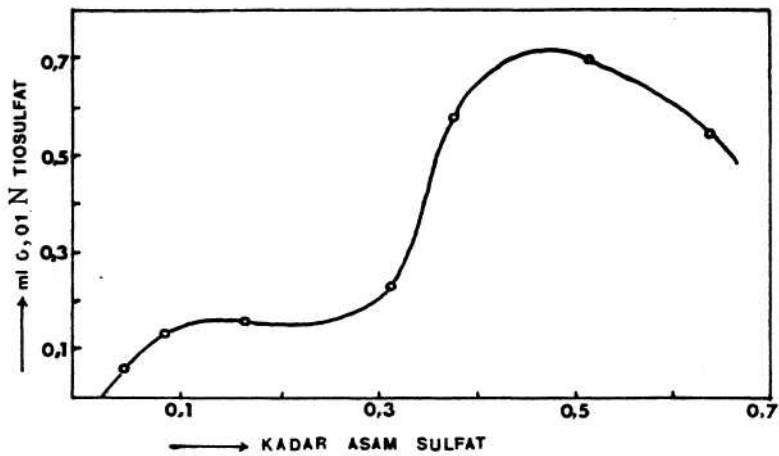
an positif). Keasaman yang baik untuk reaksi 3 adalah sekitar 2,8 (Gambar 4) (COLWELL *et al.* s.a) atau dengan menam bahkan  $H_2SO_4$  sebanyak 0,5 ml untuk contoh air laut sebanyak + 125 ml. Hubungan antara jumlah asam sulfat dengan tio-sulfat disajikan pada Gambar 5. (CARRITT & CARPENTER 1966).



Gambar 3. Hubungan antara jumlah pereaksi yang ditambahkan dengan jumlah pemasukan  $O_2$  dari pereaksi. Sumber : HORIBE *et al.* (1967)



Gambar 4. Hubungan antara pH larutan dengan kadar oksigen (COLWELL *et al.* (s.a.)



Gambar 5. Hubungan antara jumlah asam sulfat dengan tio sulfat yang terpakai untuk titrasi (CARRET & CARPENTER 1966).



## TITRASI

Penambahan  $H_2SO_4$  ke dalam air selalu menghasilkan panas. Panas ini menyebabkan temperatur air naik. Kelarutan gas  $J_2$  dalam air berkurang bila temperatur naik. Kenaikan temperatur air menyebabkan gas  $J_2$  menguap (ke luar dari contoh air). Oleh karena itu setelah  $H_2SO_4$  ditambahkan, larutan contoh tidak boleh langsung dititrasi, harus dibiarkan dulu beberapa saat ( $\pm 1$  jam) ditempat gelap sampai temperturnya kembali normal (INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION 1983). Penyimpanan botol di tempat gelap sangat perlu untuk menghindari kontak dengan sinar matahari. Adanya kontak dengan sinar matahari dapat menyebabkan  $J^-$  teroksidasi menjadi  $J_2$ .

Kelarutan  $J_2$  dalam air laut sangat rendah, sehingga mudah menguap (ke luar dari contoh air). Adanya penggoyangan larutan contoh dengan tangan atau "magnetik stirrer" akan mempermudah penguapan  $J_2$ . Oleh karena itu titrasi dengan larutan baku tio-sulfat harus dilakukan dengan cepat (STRICKLAND & PARSONS 1972). Dalam titrasi ini semua larutan contoh air yang terdapat dalam botol BOD harus dititrasi, tidak boleh hanya sebagian saja. (CARROT & CARPENTER 1972).

## PENGAWETAN DAN PENYIMPANAN CONTOH AIR

Kelarutan oksigen dalam air laut sangat tergantung pada temperatur air laut. Makin tinggi temperatur air laut, makin rendah kelarutan oksigen. Oleh karena itu setelah tiba di atas kapal, contoh air harus segera dipindahkan ke dalam botol BOD. Penambahan pereaksi  $MnSO_4$  dan alkali jodida, juga harus segera dilakukan. Penambahan  $H_2SO_4$  akan menyebabkan endapan  $Mn(OH)_3$  larut dan gas  $J_2$  dibebaskan (persamaan reaksi 3). Gas  $J_2$  ini dapat keluar melalui celah-celah antara tutup dan botol BOD. Oleh karena itu

bila titrasi tidak dapat dilakukan dengan segera, maka penambahan  $H_2SO_4$  tidak boleh dilakukan (INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION 1983).

Persamaan reaksi 2 sangat dipengaruhi oleh temperatur. Kenaikan temperatur menyebabkan oksigen yang telah diikat oleh  $Mn(OH)_2$  bisa lepas kembali. Oleh karena itu, bila larutan contoh harus disimpan beberapa hari atau setelah kapal tiba, maka larutan contoh beserta endapannya harus dimasukkan dalam ember yang berisi air (Gambar 6). Permukaan air dalam ember harus lebih tinggi dari permukaan botol BOD (INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION 1983).



Gambar 6. Pengawetan dan penyimpanan larutan contoh. Warna gelap di dasar adalah endapan  $Mn(OH)_3$ .

## PROSEDUR ANALISIS

Prosedur analisis yang tercantum dibawah ini merupakan gabungan prosedur analisa yang diusulkan oleh STRICKLAND PARSONS (1972); AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION *et al.* (1976); CARROT & CARPENTER (1976) dan INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION (1983). Prosedur yang diusulkan adalah sebagai berikut:

1. Botol BOD (300 ml) diisi dengan contoh air melalui selang karet. Pengisian botol BOD dengan contoh air dilakukan sampai meluber (over flow). Botol BOD ditutup pelan-pelan.
2. Buka tutup botol BOD, tambahkan 1 ml larutan  $MnSO_4$ , setelah itu tambahkan 1 ml larutan alkali yodida. Penambahan larutan  $MnSO_4$  dan alkali yodida dilakukan dengan memakai pipet otomatis. Ujung pipet berada kira-kira 2 cm dari leher botol ke dalam botol.
3. Tutup kembali dengan pelan-pelan supaya tidak ada gelembung udara terperangkap. Larutan dalam botol diaduk dengan cara membolak-balik botol sebanyak 15 kali. Endapan dibiarkan turun ke dasar botol.
4. Setelah 2 - 3 menit endapan turun ke dasar botol, ulangi membolak-balik botol. Kemudian endapan dibiarkan turun kembali ke dasar botol.
5. Tambahkan 1 ml  $H_2SO_4$  pekat. Botol ditutup kembali. Botol BOD dibolak-balik lagi sampai semua endapan larut.
6. Setelah semua endapan larut, larutan disimpan di tempat gelap ( $\pm$  1 jam).
7. Setelah temperatur larutan kembali normal, semua larutan dipindahkan ke dalam erlemeyer 500 ml. Botol BOD dibilas dengan air suling. Air pembilas dituangkan kembali ke dalam erlemeyer yang berisi larutan contoh.
8. Titrasi dengan 0,0250 N tio-sulfat. Titrasi dilakukan dengan cepat sampai larutan berwarna kuning pucat.

9. Tambahkan 0,5 ml larutan indikator kanji. Titrasi diteruskan dengan pelan-pelan sampai warna biru hilang dan larutan tidak berwarna.

## PERHITUNGAN KADAR OKSIGEN

Kadar oksigen dalam larutan contoh dapat dihitung dengan persamaan:

$$DO \text{ (ppm)} = \frac{A \cdot N \cdot 8000}{V - 2}$$

A = ml  $Na_2SO_3$  untuk titrasi

N = Normalitas  $Na_2S_2O_3$

V = volume botol BOD

2 = faktor koreksi penambahan  
1 ml  $MnSO_4$  dan 1 ml asida

Kadar oksigen dalam air dapat dinyatakan dalam berbagai satuan, yaitu ppm ; ml/1 atau mg-atom/1. Kadar oksigen dalam mg/1 biasa dikenal sebagai ppm (part per million). Kadar oksigen dalam ppm berubah menjadi ml/1 bila besaran ppm dikalikan dengan 0,7 dan berubah menjadi mg-atom/1 bila ppm dibagi dengan 16.

## ZAT PEREAKSI

1. Mangan klorida:  
larutkan 400 g  $MnCl_2 \cdot 5H_2O$  dalam air suling, setelah larut volumenya di tepatkan menjadi 1 liter dengan air suling.  $MnSO_4$  dapat juga dipakai sebagai pengganti  $MnCl_2$ . Larutkan 480 g  $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ ; 400 g  $MnSO_4 \cdot 2H_2O$  atau 364 g  $MnSO_4 \cdot H_2O$  dalam air suling, saring (bila perlu) dan encerkan menjadi 1 liter. Larutan ini ( $MnCl_2$  atau  $MnSO_4$ ) tidak boleh menghasilkan warna bila diasamkan dan ditambah KJ. Disimpan dalam botol plastik.

2. Larutan alkali-yodida :
- Larutkan 500 g NaOH (atau 700 g KOH); 115 g NaJ (150 g KJ) dalam air suling.
  - Larutkan 10 g  $\text{NaN}_3$  dalam 40 ml air suling. Larutan a dicampur dengan larutan b, kemudian volumenya ditetapkan dengan air suling menjadi 1 liter. Disimpan dalam botol plastik.

$V_1$  = volume  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (20,0 ml)  
 $N_2$  = normalitas  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$V_2$  = jumlah  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang dibutuhkan untuk titrasi.

3.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

4. Larutan kanji:

Larutkan 5 g kanji dalam 800 ml air mendidih, encerkan menjadi 1 liter. Didihkan lagi beberapa menit, setelah itu biarkan semalam. Kemudian larutan yang jernih di ambil dan ditambahkan beberapa tetes toluen sebagai pengawet.

5. a. Larutan induk natrium tio-sulfat : 0,10 N.

larutkan 24,82 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dalam air suling, kemudian diencerkan menjadi 1,00 liter. Tambahkan 5 ml  $\text{CHCl}_3$  atau 1 g Na OH sebagai pengawet.

b. Larutan baku natrium tio-sulfat : 0,025 N

larutan ini dibuat dengan mengencerkan 250,0 ml larutan induk menjadi 1000,0 ml. Larutan baku ini harus dibakukan dulu pada setiap pemakaian. Larutkan 2,9 g KJ dalam erlemeyer 100 ml, kemudian tambahkan 10 ml (1 + 9)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan 20,0 ml  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,0250 N. Biarkan dalam tempat gelap selama 5 menit. Setelah itu diencerkan menjadi 400 ml dan dititrasi dengan larutan baku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Normalitas  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  dapat dihitung dari persamaan:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$N_1 = \text{Normalitas } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \\ (0,0250 \text{ N})$$

## DAFTAR PUSTAKA

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION dan WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION 1975. *Standard methods for the examination of water and waste water*. APHA-AWWA-WPCF. 14th ed: 440-450.

CARRITTD.E. dan J.H. CARPENTER 1966. Comparison and evaluation of currently modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in sea water ; A NASCO report. *J. Mar. Res* (24) . 3 : 286 - 318.

COLWELL R.R; R.K. SIZEMORE; J.F. CARNEY; J.D. NELSON. Jr; J.H. PICKAR; J. SCHWARZ; J.D. WALKER; R.Y. MORITA ; S.D. VANVALKENBURG dan R.T. WRIGHT s.a. *Marine and estuarine microbiology laboratory manual*. University Park Press. Baltimore, London, Tokyo : 11-13.

HORIBE Y; Y. KODAMA dan K. SHIGEHARA 1972. Error in sampling procedure for the determination of dissolved oxygen by WINKLER method. *J. Oceanographical of Japan* 28 : 203-206.

INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION 1983. *Chemical methods for use in marine environmental monitoring manuals and guides*. 12 UNESCO : 6-10.

- MURRAY C.N; J P. RILEY dan T.R.S. WILSON 1968. The solubility of oxygen in WINKLER reagents used for the determination of dissolved oxygen. *Deep sea research*. 15 : 237 -238.
- PARK P.K. 1968. Alteration of alkalinity pH and salinity of sea water by metallic water sampler. *Deep sea research*. (15) 6 : 721-722.
- STRICKLAND J.D.H. dan T.R. PARSONS 1972. Determination of dissolved oxygen. *A practical hand book of sea water analisis*. Bulletin 167. Fisheries research board of Canada. Ottawa 1968: 21 -27.