

Oseana, Volume IX, Nomor 1 : 3-10,1984

PENGUKURAN SALINITAS AIR LAUT DAN PERANANNYA DALAM ILMU KELAUTAN

Oleh
Dharma Arief

ABSTRACT

SALINITY MEASUREMENT OF SEA WATER AND ITS ROLE IN MARINE SCIENCE. *One of the basic parameters in marine sciences is salinity. The concept of salinity and its measurement technique have developed due to progress in technology. Some definitions and methods of measurement of salinity are reviewed with the focus of discussion on measurement of salinity by using salinometer. Some roles of salinity in marine sciences are mentioned briefly.*

PENDAHULUAN

Salah satu besaran dasar dalam bidang ilmu kelautan adalah salinitas air laut. Salinitas seringkali diartikan sebagai kadar garam dari air laut, walaupun hal tersebut tidak tepat karena sebenarnya ada perbedaan antara keduanya. Definisi tentang salinitas pertama kali dikemukakan oleh C. FORCH; M. KNUDSEN dan S.PX. SORENSSEN tahun 1902. Salinitas didefinisikan sebagai berat dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kilo gram air laut jikalau semua brom dan yodium digantikan dengan khlor dalam jumlah yang setara; semua karbonat diubah menjadi oksidanya dan semua zat organik dioksidasikan. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰ atau ppt yaitu singkatan dari part-per-thousand.

DEFANT pada tahun 1961 (MAMAYEV 1975), menunjukkan bahwa salinitas air laut kira-kira 0,14 ‰ lebih kecil dibandingkan dengan kadar garam sesungguhnya yang ada di air laut. Yang dimaksud dengan garam di sini ialah istilah garam dalam pengertian kimia, yaitu semua senyawaan yang terbentuk akibat reaksi asam dan basa. Jadi bukannya garam dalam arti garam dapur saja.

Berdasarkan hasil penelitian terhadap komposisi garam di air laut sejak tahun

1859 oleh FORCHHAMMER, sampai saat ini masih berlaku bahwa air laut mempunyai perbandingan komposisi garam yang sama untuk hampir semua perairan di dunia. Memanfaatkan hal tersebut, maka penentuan salinitas air laut dapat dilakukan melalui pengukuran kadar khlor dalam air laut yang disebut khlorinitas air laut. Definisi tentang khlorinitas diusulkan oleh J.P. JACOBSEN dan M. KNUDSEN tahun 1940 yaitu sebagai jumlah gram dari atom perak yang diperlukan untuk mengendapkan semua halogen dalam 0,325234 kg air laut. Khlorinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dengan lambang ‰ atau ppt.

Hubungan antara salinitas dengan khlorinitas air laut diusulkan oleh M. KNUDSEN pada tahun 1901, dan kemudian diterima secara luas hingga saat ini. Rumus tersebut selanjutnya dikenal sebagai "rumus Knudsen":

$$\text{Salinitas (‰)} = 0,30 + 1,805 \times \text{khlorinitas (‰)}$$

Rumus Knudsen ini berlaku untuk salinitas antara 2,69 ‰ hingga 40,18 ‰ Dalam tahun 1962, The UNESCO Joint Panel on Equiation of Sea Water mengusulkan hubungan baru yang merupakan modifikasi dari rumus Knudsen yaitu :

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

$$\text{Salinitas (\text{‰})} = 1,80655 \times \text{khlorinitas (\text{‰})}$$

Perbedaan antara kedua rumus tersebut adalah sekitar 0,0026 ‰ untuk salinitas antara 32 ‰ 38 ‰. Perbedaan ini dapat diabaikan terhadap ketelitian dalam pengukuran salinitas.

Hubungan umum antara salinitas dengan khlorinitas tersebut tidak berlaku pada beberapa perairan tertentu yang kondisi lingkungannya menyebabkan komposisi garamnya berbeda dengan air laut pada umumnya, atau perairan yang mempunyai nilai salinitas yang tinggi, yaitu di atas 40 ‰. Contoh perairan tersebut adalah Laut Kaspia yang merupakan laut terisolasi oleh daratan sekitarnya. Untuk perairan tersebut berlaku hubungan salinitas dan khlorinitas yang khusus. Sejalan dengan perkembangan teknologi, sejak tahun 1957 daya hantar listrik air laut mulai digunakan dalam penentuan nilai salinitas air laut di dunia. Oleh karena itu definisi mengenai salinitas yang ada sebelumnya perlu dilengkapi lagi mengingat definisi tersebut berdasarkan kepada metode titrasi kimia. Salah satu usulan tentang hal tersebut dilakukan oleh T.M. DAUPHINE, F. CULKIN dan A. POISON (UNESCO 1979) yaitu daya hantar listrik pada 15°C dari kg larutan kalium khlorida yang mengandung 32.4357 g KCl

METODE PENGUKURAN SALINITAS AIR LAUT

Penentuan nilai salinitas air laut dapat dilakukan melalui berbagai cara, baik yang berdasarkan metode kimia maupun metode fisika. Diantaranya yang umum dilakukan adalah :

a. Metode titrasi khlor.

Metode titrasi khlor merupakan metode klasik dalam pengukuran salinitas air laut. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh OTTO PATTERSON yang kemudian metode tersebut disempurnakan oleh M. KNUDSEN.

Metode ini hingga sekarang dikenal sebagai "Metode Knudsen" (U.S. HYDROGRAPHIC OFFICE 1959). Dalam metode ini ion khlor diikat oleh ion perak sehingga terbentuk garam perak yaitu perak khlorida (AgCl_2) yang akan mengendap. Sebagai indikator reaksi tersebut digunakan garam khromat (K_2CrO_4). Jumlah ion perak yang dinyatakan dalam jumlah gram perak nitrat yang diperlukan dalam reaksi tersebut menunjukkan besarnya nilai salinitas setelah dihitung melalui rumus konversi. Perincian selengkapnya mengenai persiapan pereaksi dan pelaksanaan pengukuran dapat dibaca dalam U.S. HYDROGRAPHIC OFFICE A (1959) Publication 607.

Ketelitian pengukuran berdasarkan metode Knudsen adalah 0,02 ‰ (MAMAYEV 1975), dan metode ini sudah jarang digunakan oleh karena kurang praktis untuk dilakukan di lapangan dan besar biayanya.

b. Metode berat jenis

Berat jenis air laut tergantung pada nilai suhu dan salinitasnya . Dengan menentukan berat jenis dan suhu suatu air laut, maka nilai salinitas air laut tersebut dapat ditentukan. Alat ukur yang menggunakan metode ini disebut Hydrometer. Ada dua jenis hydrometer yaitu "density hydrometer" yang mengukur berat jenis air laut dan nilai salinitas dihitung dari tabel alat tersebut, dan "salinity hydrometer" yang langsung menunjukkan nilai salinitas air laut yang bersangkutan. Ketelitian hydrometer hingga 0,10 ‰. Alat ini biasanya digunakan sebagai alat ukur penguji sementara dan untuk pengukuran salinitas secara kasar.

c. Metode pembiasan cahaya

Cahaya yang menembus permukaan antara dua zat yang berbeda berat jenisnya akan mengalami pembelokan arah penjalaraannya. Peristiwa ini dikenal dengan nama pembiasan cahaya. Perbandingan antara sinus sudut datang dan sinus sudut bias cahaya disebut indeks bias. Indeks bias air

laut merupakan fungsi dari suhu dan salinitas serta panjang gelombang cahaya. Dengan mengukur suhu dan indeks bias air laut untuk suatu panjang gelombang cahaya tertentu, nilai salinitas air laut dapat ditentukan. Alat ukur yang berdasarkan metode ini dinamakan "refraktometer". Refraktometer memerlukan contoh air laut antara beberapa tetes hingga sekitar 15 ml, tergantung pada jenis alatnya. Ketelitian alat ukur ini berkisar antara 0,5 ‰ hingga 0,05 ‰. Alat ukur ini ringkas dan sangat praktis untuk digunakan di lapangan.

d. Metode daya hantar listrik

Air laut merupakan suatu larutan elektrolit yang artinya dapat menghantarkan aliran listrik. Sifat daya hantar listrik ini bergantung pada nilai salinitas dan suhu air laut. Hubungan antara salinitas dengan daya hantar listrik air laut pada 15° C adalah :

Saiinitas ‰ =

$$- 0,08996 + 28,79720R_{15} - 12,800832R_{15}^2$$

$$- 10,67869R_{15}^3 + 5,98624R_{15}^4 - 1,32311R_{15}^5$$

dimana R_{15} adalah perbandingan antara daya hantar listrik air laut yang diukur terhadap hantar air laut bersalinitas 35 ‰ pada suhu pengukuran 15° C.

Hampir semua pengukuran saiinitas dewasa ini menggunakan metode daya hantar listrik. Metode ini memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan metode lain, antara lain pengukuran menjadi sangat praktis dengan ketelitian yang tinggi. Ketelitian alat ukur ini sangat bervariasi yaitu antara 0,1 ‰ hingga 0,003 ‰ tergantung pada tujuan pengukuran yang dilakukan. Untuk studi biologi kelautan ketelitian sebesar 0,1 ‰ umumnya sudah dianggap sudah mencukupi, tetapi untuk studi dinamika massa air diperlukan ketelitian minimal 0,01 ‰.

Untuk mencapai ketelitian yang tinggi di-

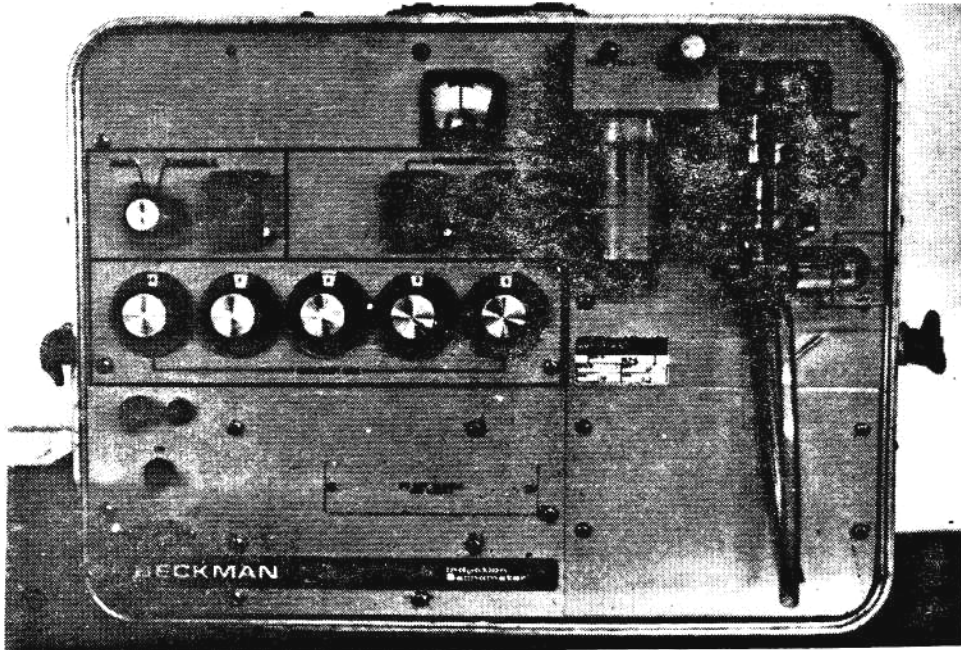
perluan sistem alat ukur yang sangat peka dan hal ini berkaitan erat dengan harga alat ukur tersebut.

Alat ukur ini dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Alat ukur yang langsung mengukur nilai saiinitas ketika alat tersebut dicelupkan ke dalam air. Umumnya di samping mengukur saiinitas, alat ini mengukur pula suhu air laut dan kedalaman pengukuran atau sejumlah besaran lainnya seperti pH, kadar oksigen terlarut, kejernihan air dan kecepatan suara di air tergantung dari tipe alat ukurnya. Alat ukur yang termasuk dalam kelompok ini misalnya STD meter (Salinity, Temperature, Depth meter), salithermograph (hanya mengukur saiinitas dan suhu air) dan jenis "water quality checker" seperti Horiba.
2. Alat ukur yang memerlukan contoh air laut. Alat ukur ini disebut "salinometer", dan pada umumnya salinometer mempunyai ketelitian yang lebih baik dibandingkan dengan alat ukur kelompok pertama. Gambar 1 adalah contoh dari salinometer.

PEMAKAIAN SALINOMETER UNTUK MENGUKUR SALINITAS

Pemakaian salinometer dalam pengukuran saiinitas memerlukan adanya contoh air laut, umumnya berkisar antara 50 ml hingga 100 ml. Umumnya contoh air laut yang dikumpulkan selama suatu kegiatan lapangan meliputi contoh air laut di bagian permukaan air dan pada beberapa kedalaman tertentu. Pengambilan air laut tersebut dilakukan dengan menggunakan alat khusus terutama untuk contoh air bukan pada permukaan air. Contoh alat khusus tersebut diantaranya botol Nansen (Gambar 2). Seringkali disebabkan oleh adanya berbagai keterbatasan kerja di lapangan, contoh air laut yang diambil tidak langsung diukur salinitasnya melainkan diukur setelah bebe-



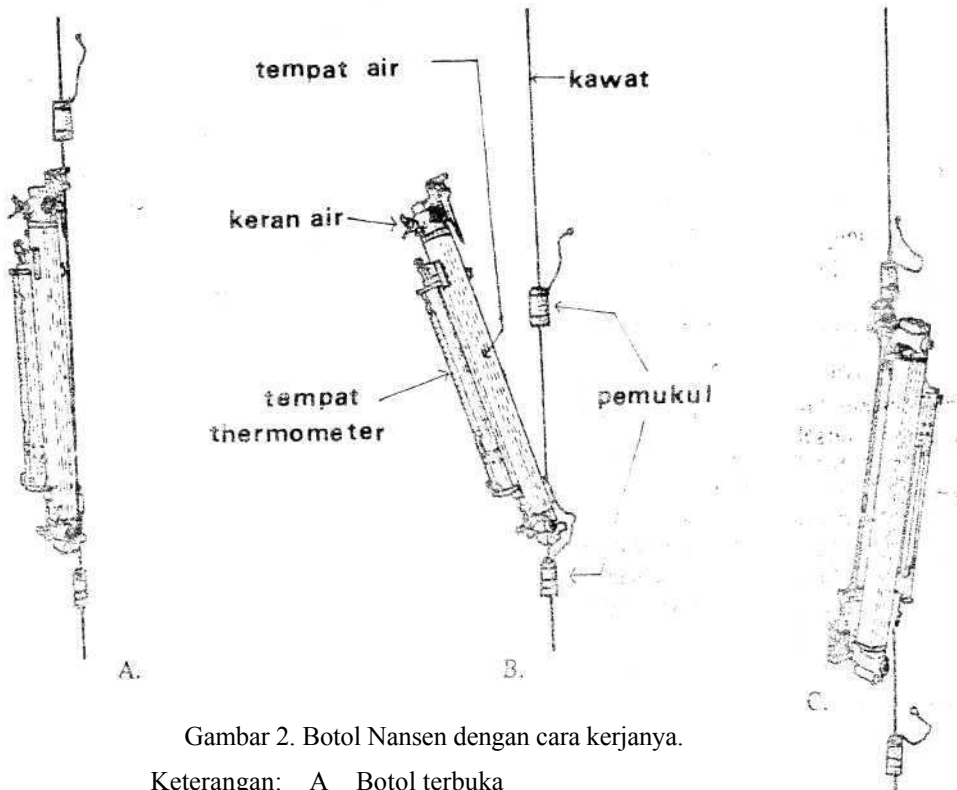
Gambar 1. Salinometer

rapa hari sejak pengambilannya. Oleh karena itu contoh air lau biasanya disimpan dalam botol gelas yang tertutup rapat untuk menghindarkan terjadinya penguapan. Perubahan nilai salinitas akibat penyimpanan air laut tersebut biasanya masih dalam batas ketelitian yang dikehendaki oleh maksud pengukuran salinitas tersebut. Untuk air laut yang telah disaring dan disimpan dengan baik, perubahan nilai salinitasnya diketahui kurang dari 0,01 % per bulan.

Dalam melakukan pengukuran salinitas dengan salinometer diperlukan adanya air laut yang telah diketahui nilai salinitasnya dengan sangat teliti dan mendekati nilai 35 ‰ Air laut yang demikian itu dikenal dengan nama air laut baku ("standard sea water") dan dihasilkan oleh beberapa instansi tertentu yang diakui secara internasional. Dewasa ini air laut baku yang digunakan oleh Lembaga Oseanologi Nasional - LIPI dikeluarkan oleh Institute of Oceanographic Sciences, Wormley, Go-

dalming, Surrey - Inggris. Air laut baku tersebut dikemas dalam ampul gelas bervolume 300 ml. Air laut baku harganya cukup mahal dan biasanya tersedia dalam jumlah terbatas, oleh karena itu pemakaian air laut baku ini seringkali dibantu dengan air laut yang disebut air laut anak baku "(sub standard sea water)". Air laut anak baku adalah air laut yang diambil pada jarak yang cukup jauh dari daratan, mempunyai variasi salinitas yang kecil dan nilainya 35 ‰, jernih dan mengandung sedikit mungkin organisme seperti plankton. Air laut yang memenuhi syarat tersebut biasanya dapat diperoleh pada kedalaman lebih 200 meter. Air laut anak baku tersebut setelah disaring terlebih dahulu dapat digunakan untuk pengukuran salinitas lebih dari 2 bulan kemudian.

Setiap kali akan dipakai, salinometer harus diuji terlebih dahulu kondisinya sesuai dengan prosedur yang dianjurkan dalam buku petunjuk alat. Tahap selanjutnya ada



Gambar 2. Botol Nansen dengan cara kerjanya.

- Keterangan: A Botol terbuka
B Botol telah tertutup
C Botol yang tertutup dan pemukul menuju botol Nansen berikutnya

lah melakukan pembakuan selinometer tersebut terhadap air laut baku. Air laut anak baku harus ditentukan salinitasnya dengan teliti setelah sebelumnya sel salinometer untuk contoh air laut dibilas beberapa kali dengan menggunakan air laut anak baku tersebut.

Pada umumnya nilai yang diperoleh dari salinometer adalah nilai yang menyatakan perbandingan daya hantar listrik antara contoh air laut yang diukur terhadap air laut bersalinitas 35‰, pada suhu pengukuran. Nilai ini disebut sebagai daya hantar ratio dari contoh air tersebut. Jikalau suhu air laut pada waktu pengukuran dilakukan tidak sama dengan 15°C, misalnya t°C, maka daya hantar ratio yang diperoleh yaitu R_t harus dikonversikan dahulu menjadi daya hantar ratio pada suhu 15°C yaitu R₁₅, dengan faktor koreksi dR sebesar ;

$$dR = R_{15} - R_t = 10^{-5} R_t (R_t - 1) (t - 15)$$

$$(96,7 - 72,0 R_t + 37,3 R_t^2) -$$

$$(0,63 + 0,21 R_t^2)(t - 15) \text{ sehingga}$$

$$\text{diperoleh } R_{15} = R_t + dR$$

Dengan menggunakan rumus hubungan antara salinitas dengan R₁₅ dari UNESCO, maka nilai salinitas air laut dapat dihitung. Untuk mendapatkan ketelitian pengukuran yang tinggi, pengukuran suhu contoh air laut perlu dilakukan dan dicatat. Untuk pengukuran contoh air laut, nilai selintas yang telah diperoleh tersebut masih harus ditambahkan dengan dua macam koreksi (BECKMAN INC) yaitu :

1. Koreksi drift salinometer (S_d)

Yang dimaksud dengan "drift salinometer" adalah perbedaan hasil pengukuran untuk air laut yang sama akibat adanya perbedaan waktu pengukuran yang disebabkan oleh kondisi salinometer tersebut. Untuk mengoreksi drift salinometer tersebut perlu dilakukan pengukuran ulang dari air laut anak baku secara berkala dengan teliti, misalnya tiap 10 atau 20 kali pengukuran contoh air laut. Sebelum dilakukan pengukuran tersebut, sel salinometer harus dibilas dulu beberapa kali dengan air laut anak baku tersebut. Jika terdapat perbedaan nilai salinitas antara 2 pengukuran air laut anak baku yang terturutan dan dengan menganggap bahwa drift salinometer tersebut terjadi secara linier terhadap waktu, maka nilai koreksi yang harus ditambahkan kepada nilai salinitas contoh air laut adalah :

$$S_d = i/(n+1)(S_{sub1} - S_{sub2})$$

dimana: i adalah pengukuran contoh air laut ke i

n adalah jumlah pengukuran contoh air laut antara 2 pengukuran air laut anak baku yang berturutan.

S_{sub1} dan S_{sub2} adalah salinitas air laut anak baku hasil pengukuran ke 1 dan 2

Dalam melakukan koreksi ini lama waktu yang sama untuk tiap kali pengukuran akan memberikan nilai koreksi yang lebih baik. Kebutuhan akan air anak baku sebagai pengukuran ada tidaknya drift salinometer memerlukan kondisi air laut anak baku tersebut yang sama dalam tiap kali pengukuran. Oleh karena itu penyiapan air laut anak baku yang cukup dan menghindarkannya dari penguapan merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi. Pemakaian air laut baku dalam hal ini akan lebih baik, tetapi akan memerlukan air laut baku dalam jumlah banyak

2. Koreksi kontaminasi (S_k)

Yang dimaksud dengan kontaminasi disini adalah pencampuran antara sisa air laut dalam sel salinometer dari pengukuran sebelumnya dengan air laut yang akan diukur kemudian. Walaupun sisa air laut tersebut sedikit, sedangkan perbedaan salinitas antara kedua air laut tersebut cukup besar, maka efek kontaminasi tersebut akan lebih besar daripada ketelitian salinometer. Jadi hal tersebut tidak dapat diabaikan. Koreksi ini hanya perlu dilakukan tanpa melakukan pembilasan sel salinometer terlebih dahulu dengan air laut yang akan diukur. Untuk menghitung kontaminasi ini (BECKMAN INC) perlu ditentukan dulu koefisien kontaminasi C yaitu :

$$C = (S_{sub} - S_{sub}')/S_{sub}$$

dimana S_{sub} adalah salinitas air laut anak baku S_{sub}' adalah salinitas air laut anak baku yang diukur tanpa membilas terlebih dahulu sel salinometer yang sebelumnya telah dibilas beberapa kali dengan aquadest Salinitas aquadest dianggap sama dengan nol.

Kemudian nilai koreksi kontaminasi S_k dihitung yaitu :

$$S_k = C (S_i' - S_i - 1)$$

dimana S_{i-1} adalah nilai salinitas yang telah dikoreksi terhadap suhu, drift salinometer dan kontaminasi.

S_i' adalah nilai salinitas yang telah dikoreksi terhadap suhu dan drift salinometer untuk pengukuran contoh air laut ke i .

PERANAN SALINITAS AIR LAUT

Apa yang terjadi di alam umumnya merupakan suatu proses yang rumit dan merupakan rangkaian berbagai peristiwa yang

saling berkaitan. Peristiwa-peristiwa tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor yang tidak berdiri sendiri, tetapi berinteraksi. Hal yang sama juga terjadi di lingkungan Laut. Oleh karena itu walaupun salinitas merupakan suatu besaran yang penting dalam ilmu kelautan, besar - besaran lainnya seperti suhu, kandungan oksigen dalam air laut, kandungan zat hara di air laut dan sebagainya tidak dapat diabaikan. Walaupun demikian pada beberapa hal peranan salinitas tersebut memang menonjol dibandingkan dengan besaran-besaran lainnya. Pengukuran salinitas dapat dipakai untuk berbagai tujuan seperti berikut.

1. Studi massa air.

a. Percampuran air sungai dan air laut

Seperti telah kita ketahui, air tawar mempunyai nilai salinitas yang rendah umumnya kurang dari 3 ‰, sedangkan air laut mempunyai nilai salinitas di atas 33 ‰. Aliran air sungai ke laut akan menimbulkan proses percampuran antara air sungai dan air laut. Dalam proses percampuran tersebut nilai salinitas akan berkisar antara nilai salinitas air tawar dan salinitas air laut. Jika kita melakukan sejumlah pengukuran salinitas di daerah percampuran massa air tersebut, maka hanya dari data salinitas dapat diperoleh gambaran mengenai keadaan dan sifat dari proses percampuran tersebut. Demikian pula halnya dengan peristiwa masuknya air laut ke dalam sungai yang umumnya terjadi di daerah muara sungai.

b. Percampuran antar air laut.

Jika terjadi percampuran dari dua atau lebih air laut yang berasal dari perairan yang berbeda, maka pengukuran salinitas belaka tidak cukup untuk mempelajari proses percampuran tersebut. Hal ini disebabkan nilai salinitas air laut umumnya mempunyai kisaran salinitas yang hampir sama. Untuk mengatasi

hal demikian, kita perlu mempunyai juga data suhu air laut. Hal itu disebabkan karena tiap jenis massa air laut yang berasal dari suatu perairan mempunyai bentuk hubungan suhu-salinitas yang tertentu. Sebagai contoh dari hubungan suhu dan salinitas diketahui bahwa di perairan Indonesia menalar beberapa jenis air laut yang berasal dari tempat yang berbeda di dunia yang dikenal dengan nama asal massa air laut tersebut. Massa air sub-tropik utara dan massa air sub-tropik selatan berasal dari daerah sub-tropik, mengalir ke perairan Indonesia timur pada kedalaman sekitar 100 - 200 meter (BIROWO *et al.* 1975). Pada percampuran antar massa air, hubungan antara suhu dengan salinitas massa air campuran tersebut akan menunjukkan intensitas dan daerah terjadinya percampuran. Sehingga dengan mempelajari hubungan suhu dan salinitas proses campuran yang terjadi dapat diketahui.

c. Aliran massa air

Studi aliran massa air dapat dilakukan dengan dua cara. Cara pertama secara langsung dengan mengukur kecepatan aliran air laut, cara kedua yaitu dengan cara tidak langsung yaitu menghitung kecepatan aliran air laut dari data pengukuran suhu, salinitas, kedalaman dan besaran-besaran lain. Cara kedua ini sering dilakukan oleh karena untuk mengukur suhu, salinitas dan besaran dasar lainnya jauh lebih mudah dibandingkan dengan pengukuran arus laut. Azas yang digunakan dalam cara kedua ini adalah azas kesetimbangan hidrodinamik. Jika pada dua titik yang mendatar dari kolom air terdapat perbedaan tekanan, maka akan terjadi aliran pada kedua titik tersebut. Peranan salinitas dan suhu dalam hal ini ialah memberikan nilai berat jenis air laut yang berhubungan dengan tekanan hidrostatik air laut Walaupun demikian hal ini bukanlah merupakan suatu masalah yang sederhana, oleh karena yang mempengaruhi aliran air laut sangat-

banyak, misalnya bentuk dan keadaan dasar peraliran, rotasi bumi, dan kecepatan angin.

2. Sebagai data dasar menghitung besaran lainnya.

Beberapa besaran ilmu kelautan dapat dihitung berdasarkan nilai pengukuran besaran lainnya. Hal ini dilakukan oleh sebab sulitnya atau mahalny melakukan pengukuran tersebut, sedangkan bagi besaran lainnya pengukuran sudah merupakan hal yang rutin. Selain itu, berdasarkan suatu penelitian diperoleh rumus hubungan antara besaran-besaran tersebut dengan ketelitian yang tinggi. Besaran ilmu kelautan yang dapat dihitung berdasarkan nilai salinitas antara lain berat jenis air laut, kecepatan rambat suara dalam air laut, dan kelarutan jenuh oksigen dalam air laut.

3. Studi ekologi laut.

Sistem kehidupan di laut merupakan suatu sistem yang sangat kompleks dan saling bergantung satu sama lain baik antara organisme dengan lingkungannya. Salah satu di antara besaran yang berperan penting dalam sistem ekologi laut adalah salinitas air laut. Beberapa jenis organisme ada yang tahan dengan perubahan nilai salinitas yang besar dan ada pula yang hanya menghendaki perubahan nilai salinitas kecil saja. Perbedaan salinitas antara dua perairan dapat menyebabkan perbedaan yang besar dari sistem ekologi kedua perairan tersebut, Peranan salinitas ini akan menjadi penting misalnya dalam pembiakan dan pemeliharaan udang yang sekarang ini sudah mulai

berkembang di Indonesia. Pengetahuan mengenai sifat udang terhadap salinitas dan kemampuan mengatur nilai salinitas dari kolam pemeliharaan udang tersebut dapat menentukan berhasil tidaknya usaha tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- BECKMAN INC. INSTRUCTION MANUAL. Model RS7—c*Portable Induction Salinometer* Beckman Instrumen Inc. New Jersey.
- BIROWO, S., A.G. ILHUDE dan A. NONTJI 1975. Staus pengetahuan dalam ilmu laut di Indonesia dewasa ini. *Dalam: Atlas Oseanologi perairan Indonesia dan sekitarnya* (A. SOEGHIARTO dan S. BIROWO eds.) Lembaga Oseanologi Nasional - LIPI : 79 hal.
- MAMAYEV O.I. 1975. *Temperature - Salinity Analysis of World Ocean Waters*. Elsevier Scientific Publ. C.: 374 hal.
- UNESCO 1966. *International Oceanographic Tables*. National Institute of Oceanography of Great Britain and UNESCO: 118 hal.
- UNESCO 1979. *Ninth Report of the Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards*. Unesco Technical papers in Marine Science no 30. UNESCO: 32 hal.
- U.S. HYDROGRAPHIC OFFICE 1959. *Instruction Manual for Oceanographic Observation*. H.O. PUB. No. 607. Washington D.C.