

ANALISIS DIAGRAM T-S BERDASARKAN PARAMETER OSEANOGRAFIS DI PERAIRAN SELAT LOMBOK

Loecky Harvianto¹, Maxi Parengkuan², Alan F. Koropitan², Teguh Agustiadi³

Department of Environmental Engineering, Surya University
Center for Oceanography & Marine Technology

harveyloecky@gmail.com, maxi.parengkuan@gmail.com,
teguh.agustiadi@gmail.com, alan.koropitan@surya.ac.id

Abstrak

Selat Lombok termasuk salah satu perairan yang unik karena dipengaruhi oleh massa air laut yang berbeda, yaitu dari Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2014 yang bertujuan untuk mengkaji diagram temperatur-salinitas berdasarkan parameter oseanografis Selat Lombok. Diagram temperatur-salinitas memberikan gambaran dari mana massa air yang melewati Selat Lombok berasal. Hasil penelitian menunjukkan Selat Lombok dilewati oleh 2 massa air yang berbeda, yaitu massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) pada kedalaman ~ 150 m dan *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) pada kedalaman ~ 400 m. Terdapat perbedaan nilai salinitas referensi dengan salinitas pengukuran membuktikan bahwa salinitas massa air baik NPSW maupun NPIW bersifat dinamis, dibuktikan dengan nilai salinitas referensi adalah 34,55 Psu pada kedalaman ~ 150 m sedangkan salinitas kelima stasiun berturut-turut 34,63 Psu; 34,65 Psu; 34,65 Psu; 34,57 Psu; 34,52 Psu. Hal tersebut disebabkan oleh adanya proses pencampuran vertikal yang sangat kuat di perairan Indonesia.

Kata kunci: Selat Lombok, Diagram Temperatur-Salinitas, Massa Air, NPSW, NPIW

Lombok Strait is one unique body of water; for, it is located two different ocean masses, i.e; Pasific Indian Oceans. Research of water masses by using conductivity temperature depth are conducted in the Lombok Strait during September 2014 under the Cruise SITE Leg II to Lombok Strait. The aim of the research is to investigate Temperature-Salinity Diagram based on oceanographic parameters in Lombok Strait. Temperature-Salinity Diagram shows the origin of the water masses across Lombok Strait. The results of this research shows water masses across Lombok Strait comes from North Pacific Subtropical Water (NPSW) on ~ 150 m depth and North Pacific Intermediate Water (NPIW) on ~ 400 m depth. The differences values of salinity reference and salinity measurement indicates the properties of NPSW and NPIW are dynamic, verified by the number of salinity reference is 34,55 Psu on ~ 150 m depth, whereas the salinity number of five station in order are 34,63 Psu; 34,65 Psu; 34,65 Psu; 34,57 Psu; 34,52 Psu. The difference of salinity number caused by strong vertical mixing in Indonesian waters.

Keywords: Lombok Strait, Temperature-Salinity Diagram, Water Masses, NPSW, and NPIW

Pendahuluan

Lombok merupakan pulau di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Secara geografis, Lombok terletak di 8°33'54"LS-8°56'50"LS dan 116°21'04"BT- 116°35'10"BT. Lombok memiliki luas wilayah laut 40% dari luas wilayahnya, yaitu mencapai 1.0743,33 km². Perairan Lombok memiliki ciri khas tersendiri karena perairan ini dipengaruhi oleh massa air laut yang berbeda, yaitu dari Samudra Pasifik dan Samudra Hindia. Lombok memiliki selat yang diberi nama Selat Lombok, yang terletak di sebelah barat dari Pulau Lombok dan menjadi pembatas antara Pulau Lombok dan Pulau Bali. Selat Lombok

adalah perairan yang dinamis, dari utara mengalir Arus Lintas Indonesia (ARLINDO) yang membawa massa air hangat dari Samudra Pasifik menuju Hindia sepanjang tahun dan mengalir pula Arus Munson Indonesia (ARMUNDO) yang membawa massa air dari Laut Cina Selatan. Pada masa peralihan musim di bulan April/Mei dan November/Desember arus yang bergerak ke selatan berbalik ke utara karena pengaruh masuknya gelombang Kelvin dari ekuator Samudra Hindia (Sprintall *et al.*, 2000). ARLINDO sendiri memasuki perairan Indonesia dari Samudra Pasifik melalui lapisan termoklin (Hautala, *et al.*, 1996). Selat Lombok dan Ombai merupakan pintu-pintu keluar ARLINDO dari perairan Indonesia menuju Samudra Hindia. Pengetahuan tentang parameter oseanografi yang dihubungkan dengan diagram temperatur dan salinitas sangat diperlukan untuk mempelajari karakteristik dan dinamika massa air di Selat Lombok. Diagram Temperatur-Suhu suatu perairan dapat memberikan gambaran dari mana massa air di suatu perairan berasal.

Penelitian T-S diagram Selat Lombok terdahulu dilakukan pada tahun 1995-1998 dengan hasil penelitian mengindikasikan bahwa massa air yang melewati Selat Lombok dipengaruhi langsung oleh massa air dari Pasifik Utara dan nilai rata-rata suhu massa air sebesar 28.77°C dan nilai rata-rata salinitas massa air sebesar 33.25 Psu (Sprintall *et al.*, 2003). Sedangkan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Atmadipoera *et al.* pada tahun 2009 mengindikasikan bahwa massa air yang melalui Selat Lombok via Selat Makassar didominasi oleh massa air Pasifik Utara.

Penelitian ini merupakan rangkaian dari *Cruise SITE (The South China Sea-Indonesia Seas Transport/Exchange) Leg II Lombok Strait* yang diadakan oleh BPOL (Balai Penelitian dan Observasi Laut) Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia dengan *chief scientist* adalah Bapak Teguh Agustiadi. Penelitian tentang parameter oseanografis pada perairan Selat Lombok ini diharapkan dapat memberikan gambaran secara umum dan informasi terkini kondisi perairan Selat Lombok dan diagram suhu-temperatur yang mengindikasikan asal massa air Samudra Pasifik yang melalui Selat Lombok.

Kerangka Penelitian

Berikut ini adalah *theoretical framework* atau kerangka penelitian yang dapat membantu untuk memahami isi penelitian ini secara garis besar. Kerangka penelitian ini terdiri dari:

- a. Latar Belakang Penelitian
- b. Masalah Penelitian
- c. Tujuan Penelitian
- d. Teori Penelitian
- e. Hipotesis Penelitian
- f. Metodologi Penelitian
- g. Data & Sumber Data
- h. Analisis Data
- i. Kesimpulan

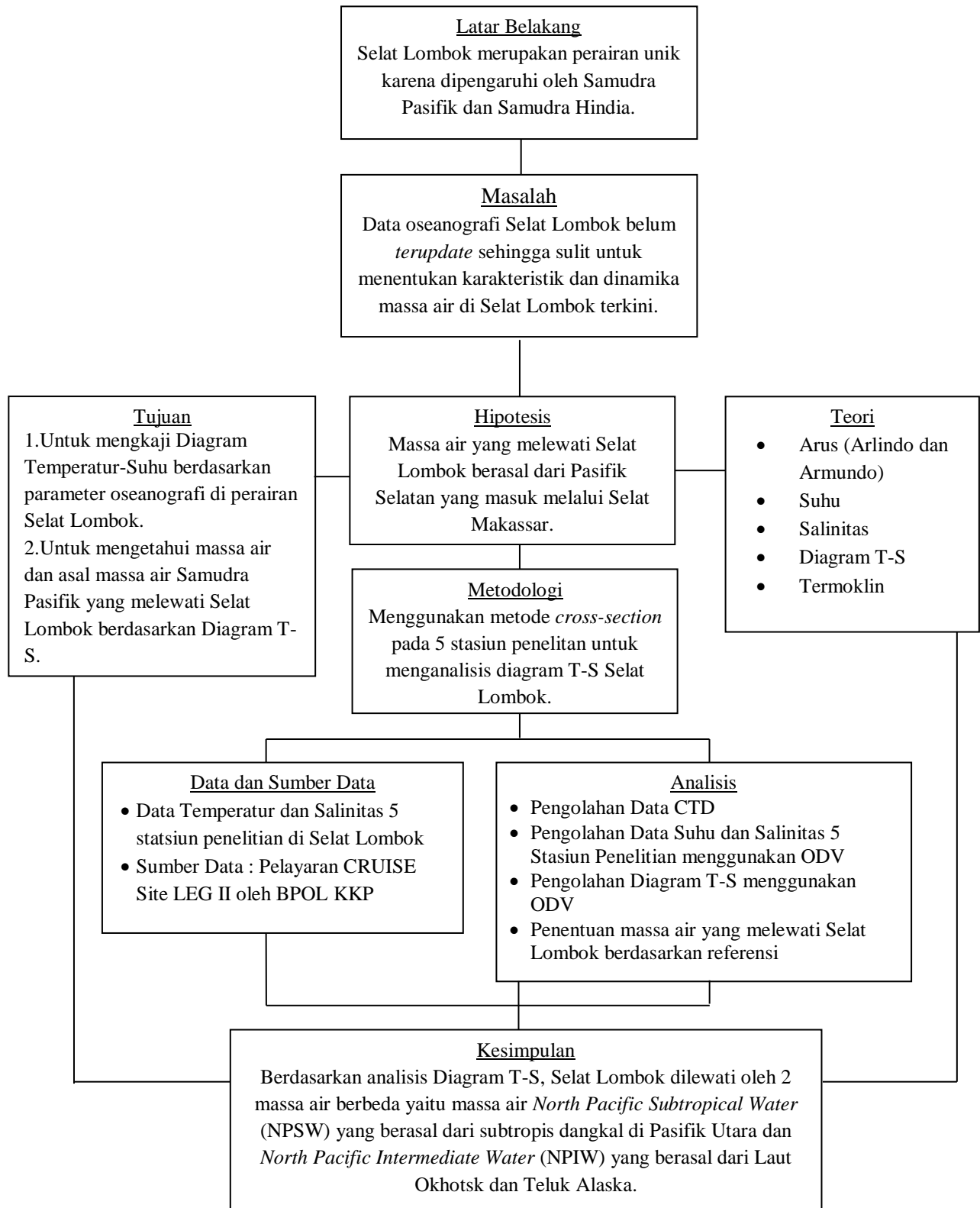


Diagram 1. Kerangka Penelitian Analisis Diagram T-S Berdasarkan Parameter Oseanografis Di Perairan Selat Lombok

Teori

Parameter Oseanografis - Arus

Arus Lintas Indonesia (ARLINDO)

Fenomena Arus Lintas Indonesia (Arlindo) merupakan salah satu ciri khas sistem arus di Indonesia. Arlindo merupakan suatu sistem sirkulasi laut di perairan Indonesia dimana terjadi lintasan arus yang membawa massa air dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia. Massa air Pasifik tersebut terdiri atas massa air Pasifik Utara dan Pasifik Selatan (Wyrтки, 1961 dalam Fieux *et al.*, 1996). Arlindo terjadi disebabkan oleh perbedaan tinggi muka laut antara Lautan Pasifik dan Lautan Hindia, yaitu permukaan bagian tropik Lautan Pasifik Barat lebih tinggi dari pada Lautan Hindia bagian timur, sehingga terjadi gradien tekanan yang mengakibatkan mengalirnya arus dari Lautan Pasifik ke Lautan Hindia (Hasanudin, 1998). Arlindo membawa massa air Samudra Pasifik memasuki perairan Indonesia melalui dua jalur, yaitu jalur barat yang masuk melalui Laut Sulawesi lalu ke Selat Makassar, Laut Flores, dan ke Laut Banda. Jalur kedua adalah jalur timur yang melalui Laut Maluku dan Laut Halmahera lalu ke Laut Banda. Massa air ini akan keluar menuju Samudra Hindia terutama melalui Laut Timor. Jalur keluar lainnya melalui Selat Ombai, yaitu selat antara Alor dan Timor, serta melalui Selat Lombok (Fieux, *et al.*, 1996).

Dari beberapa penelitian mengungkapkan ketergantungan suhu permukaan dan simpanan bahang (*heat*) permukaan Samudra Pasifik dan Hindia terhadap arus lintas ini. Kedua samudra tersebut akan sangat berbeda jika tanpa Arlindo (MacDonald, 1993). Ketiadaan Arlindo akan meningkatkan permukaan laut di Pasifik dan menurunkannya di Hindia sebanyak 2 s/d 10 cm. Sumber air yang dibawa oleh Arlindo berasal dari Lautan Pasifik bagian utara dan selatan. Perairan Selat Makassar dan Laut Flores lebih banyak dipengaruhi oleh massa air laut Pasifik Utara, sedangkan Laut Seram dan Halmahera lebih banyak dipengaruhi oleh massa air dari Pasifik Selatan (Wyrтки, 1987).

Tabel 1. Karakteristik massa air samudra pasifik dan transformasinya di samudra hindia (Wijffels, et al., 2002 dan You, 2003)

Massa Air	Karakteristik	Asal Daerah Pembentukan	Tranformasi di Hindia dengan Asal dan Karakteristik yang Baru
NPSW	S tinggi (34,65), T (15°C), O ₂ (3,0 ml/l), rendah nutrien. Jalur: via Selat Makassar	Subtropis dangkal di Pasifik Utara	ITW S Rendah (34,4 Psu), T (14°C) Silikat tinggi (35 mmol.kg ⁻¹)
SPSW	S tinggi (34,75), T (14°C), O ₂ (2,6 ml/l), rendah nutrien. Jalur: via Laut Halmahera	Subtropis dangkal di Pasifik Selatan	ITW S Rendah (34,4 Psu), T (14°C) Silikat tinggi (35 mmol.kg ⁻¹)
NPIW	S minimum (34,4), T (15°C) Jalur: via Makassar dan Laut Maluku	Laut Okhotsk dan Teluk Alaska	ITW S Rendah (34,6 Psu), T (14°C) Silikat tinggi (35 mmol.kg ⁻¹)

AAIW	S minimum (34,56), rendah nutrien. Jalur: via Laut Maluku, Laut Seram, Laut Banda ke Laut Timor.	Bagian Tenggara pasifik Selatan	IIW S Rendah (34,4 Psu), T (14°C) Silikat tinggi (35 mmol.kg ⁻¹)
Ucdw	S tinggi (32,62), T (2,6°C), O ₂ (2,6 ml/l), rendah nutrien.	Daerah circumpolar di Samudra Selatan	Tidak Ada

Arus Monsun Indonesia (ARMUNDO)

Sistem angin monsun adalah sistem pola angin yang terjadi di Indonesia yang terjadi karena letak Indonesia yang berada diantara benua Asia dan Australia. Angin Monsun bertiup dari suatu daerah ke daerah lain dengan arah tertentu pada suatu periode, sedangkan pada periode lainnya angin bertiup ke arah yang berlawanan. Terjadinya angin Monsun ini disebabkan oleh perbedaan tekanan udara antara daratan Asia dan Australia (Wyrcki, 1961). Pada bulan Desember-Februari di belahan Bumi utara terjadi musim dingin sehingga memiliki tekanan tinggi, sedangkan di belahan Bumi selatan terjadi musim panas dengan tekanan rendah. Pusat tekanan tinggi di daratan Asia dan pusat tekanan rendah di daratan Australia menyebabkan angin berhembus dari daratan Asia menuju Australia. Angin ini dikenal di sebelah selatan khatulistiwa sebagai angin Monsun Barat Laut atau Angin Monsun Barat. Sebaliknya pada bulan Juli-Agustus berhembus angin Monsun Tenggara atau Angin Monsun Timur dari daratan Australia yang bertekanan tinggi ke daratan Asia yang bertekanan rendah. (Sugiarta,dkk, 2011)

Sirkulasi air laut di perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem angin monsun. Sistem angin Monsun bertiup secara tetap, walaupun kecepatan relatif tidak besar, sehingga tercipta suatu kondisi yang sangat baik untuk terjadinya suatu pola arus. Pada musim barat, pola arus permukaan perairan Indonesia memperlihatkan arus bergerak dari Laut Cina Selatan menuju Laut Jawa. Di Laut Jawa, arus kemudian bergerak ke Laut Flores hingga mencapai Laut Banda. Sedangkan pada saat Monsun Tenggara, arah arus sepenuhnya berbalik arah menuju ke barat yang akhirnya akan menuju ke Laut Cina Selatan (Wyrcki, 1961).

Parameter Oseanografis - Suhu

Suhu memiliki fungsi dan peranan yang penting di dunia, yaitu mengatur iklim dunia dan sebagai pembentuk batas fisik sebaran biota laut di bumi. Siklus matahari dan pasang surut memengaruhi fluktuasi suhu (Reid *et al.*, 2009). Daratan memiliki muat panas yang lebih rendah dibandingkan dengan lautan, sehingga dalam jumlah pemanasan yang sama daratan akan lebih cepat panas daripada lautan. Berlainan dengan daratan, lautan lebih efektif dalam menyimpan panas yang diterima, sehingga pada waktu malam hari (tidak ada pemanasan dari matahari) lautan memerlukan waktu yang lebih lama untuk menjadi dingin dibandingkan daratan (Hutabarat dan Evans, 2008).

Suhu lautan memiliki peranan penting karena berhubungan langsung dengan salinitas. Suhu lautan yang tinggi mengindikasikan salinitas di tempat tersebut juga tinggi. Hal tersebut karena suhu

yang tinggi menyebabkan air laut menguap menyisakan garam yang akan terlarut kembali di laut sehingga meningkatkan tingkat salinitas lautan (Ramawijaya *et al.*, 2012).

Parameter Oseanografis - Salinitas

Salinitas adalah kadar garam terlarut dalam air. Satuan salinitas adalah per mil (‰), yaitu jumlah berat total (gr) material padat seperti NaCl yang terkandung dalam 1000 gram air laut (Wibisono, 2004). Salinitas merupakan salah satu parameter oseanografis suatu perairan, selain suhu, pH, substrat dan lain-lain. Salinitas dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, yaitu pasang surut, curah hujan, penguapan, presipitasi, dan topografi. Hal tersebut mengakibatkan salinitas suatu perairan dapat sama atau berbeda dengan perairan lainnya, misalnya perairan darat, laut dan payau. Kisaran salinitas air laut adalah 30-35‰, estuari 5-35‰ dan air tawar 0,5-5‰ (Nybakken, 1992). Salinitas suatu kawasan menentukan dominansi makhluk hidup pada daerah tersebut (Gilles & Pequeux, 1983). Suatu kawasan dengan salinitas tertentu juga menyebabkan dominasi oleh suatu spesies tertentu terkait dengan tingkat toleransi spesies tersebut terhadap salinitas yang ada (Nybakken, 1992).

Salinitas berhubungan langsung dengan suhu perairan. Salinitas tinggi mengindikasikan suhu perairan tinggi dikarenakan air laut menguap menyisakan garam yang akan terlarut kembali di laut sehingga meningkatkan tingkat salinitas lautan (Ramawijaya *et al.*, 2012).

Diagram Temperatur-Salinitas

Diagram Temperatur-Salinitas adalah diagram yang menunjukkan karakteristik arus dan massa air yang melewati suatu perairan. Variabilitas diagram T-S tergantung pada faktor-faktor yang memengaruhi perairan seperti arus, topografi perairan, suhu, salinitas, tekanan lokal yang bekerja pada perairan dan kondisi geografis (Hautala *et al.*, 2001). Dalam penelitian sebelumnya oleh Janet Sprintall pada tahun 1995-1998, menunjukkan bahwa Selat Lombok menunjukkan diagram T-S yang berbeda dibandingkan selat-selat lain yang menjadi jalur keluar arus lintas Indonesia, yaitu Selat Ombai, Selat Davu/Dao, Laut Timor, dan Laut Sumba.

Perbedaan hasil diagram T-S di Selat Lombok disebabkan karena Selat Lombok langsung berhubungan dengan Selat Makassar yang merupakan jalur masuk massa air dari Samudra Pasifik (Sprintall *et al.*, 2003). Diagram T-S Selat Lombok mengindikasikan bahwa massa air yang melewati selat lebih hangat dan lebih segar dibandingkan dengan jalur keluar arus lintas Indonesia lainnya, nilai rata-rata suhu sebesar 28.77°C dan nilai salinitas sebesar 33.25 Psu. Massa air tersebut berasal dari arus lintas Indonesia yang masuk dari Selat Makassar (Sprintall *et al.*, 2003).

Termoklin

Termoklin merupakan lapisan dalam perairan laut dimana pada lapisan tersebut terjadi penurunan temperatur yang cepat terhadap kedalaman (Nontji, 1993). Kedalaman termoklin merupakan parameter fisis lautan yang letaknya bisa berubah-ubah secara vertikal. (Tomzack, 2000), menjelaskan bahwa beberapa faktor bisa memengaruhi perubahan kedalaman lapisan termoklin yaitu arus,

upwelling dan *downwelling*, material padatan tersuspensi, posisi lintang, curah hujan, dan variabilitas iklim global (El Niño dan La Niña).

Riset-riset mengenai perubahan kedalaman termoklin dalam kaitannya dengan perubahan variabilitas iklim global di Samudra Hindia khususnya perairan selatan Jawa hingga Timor masih sangat kurang. Hasil riset dari Susanto *et al.* (2001; 2007) telah menemukan saat El Niño kedalaman termoklin lebih dangkal daripada saat La Niña, namun penelitian ini belum memasukkan parameter IOD (*Indian Oscillation Dipole Mode*) dalam kajiannya dan belum membahas secara detail penyebab perubahan batas atas maupun batas bawahnya berkaitan dengan dua variabilitas iklim global ENSO (*El Nino Southern Oscilation*) dan IOD sekaligus.

Metodologi Penelitian

Parameter yang Diukur

Parameter yang akan diukur pada penelitian kali ini adalah:

- Suhu
- Salinitas

Kedua paramater tersebut nanti akan diplot kedalam sebuah diagram untuk menentukan karakteristik massa air yang melewati Selat Lombok.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 – 21 September 2014. Lokasi yang akan dijadikan tempat penelitian untuk mengetahui parameter oseanografis dilakukan di perairan Selat Lombok menggunakan Kapal Riset Baruna Jaya VIII milik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).



Gambar 1. Lokasi Penelitian Selat Lombok (Kotak Kuning)

Alat dan Bahan

Perangkat keras dan lunak yang dipakai pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Alat Survei Berupa Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Kegunaan
1	Komputer	Mengolah data + laporan dengan perangkat lunak
2	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Marking posisi stasiun survei
3	CTD SBE 911 Plus (<i>Conductivity, Temperature, Depth</i>)	Mengukur parameter oseanografis (salinitas, suhu, dan kadar Oksigen)
4	Kamera	Dokumentasi

Tabel 3. Alat Survei Berupa Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Kegunaan
1	<i>Seasave</i>	<ul style="list-style-type: none"> Operasi saat penurunan CTD Konversi data CTD dari bentuk .hex menjadi .cnv
2	<i>Ocea Sneaker's Tool</i>	<ul style="list-style-type: none"> Konversi data .cnv menjadi .txt
3	<i>Ocean Data View</i>	<ul style="list-style-type: none"> Plot grafik CTD Distribusi spasial data CTD
4	Microsoft Office 2003 & 2007	<ul style="list-style-type: none"> Plot grafik CTD Proses kontrol data Laporan

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah/prosedur yang telah direncanakan. Berikut ini merupakan diagram alir yang menggambarkan prosedur tersebut:

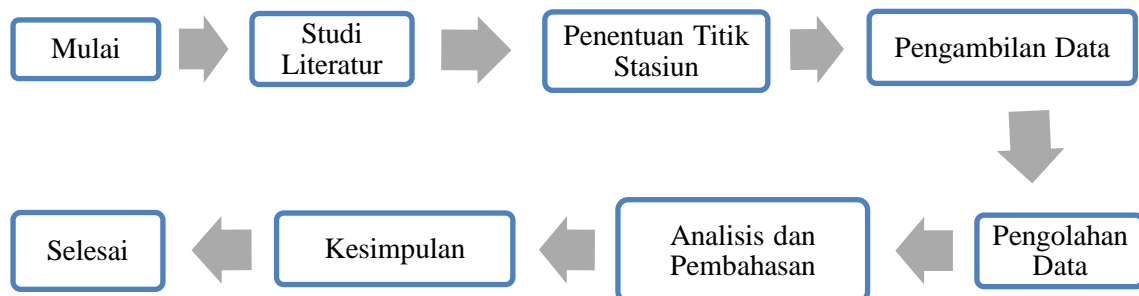


Diagram 2. Alur Penelitian

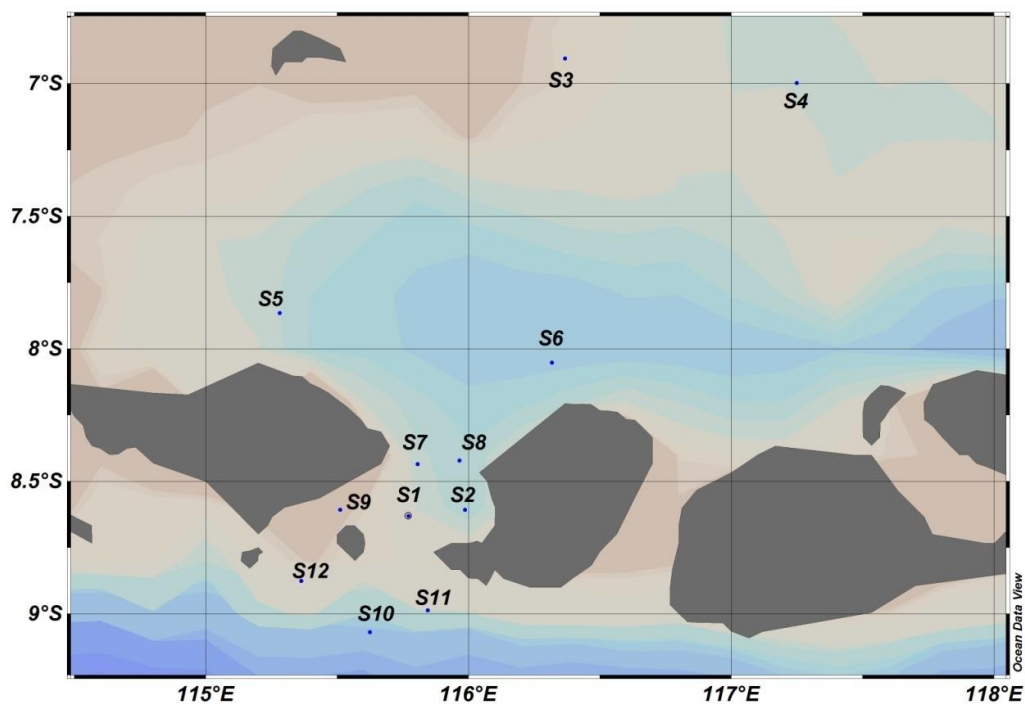
Penentuan Titik Stasiun Survei

Stasiun survei dalam penelitian ini ditentukan oleh tim survei Balai Penelitian dan Observasi Laut Kementrian Kelautan dan Perikanan. Posisi stasiun yang telah ditentukan berada pada 6° – 9° LS dan 115° – 118° BT. Terdapat 12 stasiun penelitian di Selat Lombok. Nama-nama stasiun survei beserta lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Stasiun Penelitian Selat Lombok

No	No Stasiun	Tanggal	Jam (WITA)	Longitude		Latitude	
				Degree	Minute	Degree	Minute
1	Sta 05	13-Sep-14	4:22	115	16.948	-7	51.910
2	Sta 06	13-Sep-14	21:05	116	19.040	-8	3.086
3	Sta 07	14-Sep-14	5:50	115	48.455	-8	26.073
4	Sta 08	14-Sep-14	20:10	115	57.981	-8	25.354
5	Sta 09	15-Sep-14	1:20	115	30.784	-8	36.414
6	Sta 01*	15-Sep-14	23:52	115	46.338	-8	37.839
7	Sta 02*	16-Sep-14	2:00	115	59.207	-8	36.429
8	Sta 10	16-Sep-14	21:48	115	37.509	-9	4.115
9	Sta 11	17-Sep-14	0:27	115	50.624	-8	59.282
10	Sta 12	17-Sep-14	6:30	115	21.829	-8	52.554
11	Sta 04	18-Sep-14	7:30	117	14.930	-6	59.800
12	Sta 03	18-Sep-14	16:25	116	22.007	-6	54.306

(Sumber : BPOL)



Gambar 2. Stasiun Penelitian Selat Lombok

Pengambilan Data

Pengambilan data yang dibutuhkan pada penelitian kali ini diambil dari CTD. Di setiap titik stasiun dilakukan pengambilan data dan dicatat posisi koordinat yang ditunjukkan GPS ketika sampai di stasiun.

Pengoperasian CTD

CTD diturunkan dengan kedalaman berbeda di setiap stasiun, karena kedalaman setiap stasiun juga bervariasi. Penurunan CTD tidak dilakukan sampai mencapai dasar, dikhawatirkan *instrument* akan mengenai benda-benda yang berbahaya bagi sensor-sensor pada *instrument*. Setiap data yang dikirim oleh CTD diterima dan ditampilkan oleh perangkat lunak Seasave.

Pengolahan Data

Pengolahan Data CTD

Data mentah yang dihasilkan dari CTD berbentuk '.hex' dikonversikan ke bentuk '.cnv' dengan perangkat lunak Seasave. Dengan menggunakan *Ocean Sneaker's Tool*, '.cnv' dikonversi ke bentuk '.txt' dilengkapi dengan *Geo-code* yang dimasukkan pada proses konversi.

Bagian data olahan '.txt' yang tidak stabil harus dihapuskan, begitu pula dengan data CTD mulai dari *start up* di dalam perairan sampai CTD *on deck*. Bagian-bagian tersebut dihapus agar saat nanti diolah dengan *Ocean Data View* (ODV) bisa didapatkan grafik atau pun data sebaran yang rapih. Sebelum di-*import* ke ODV. Grafik ataupun data sebaran yang dibuat di ODV yang telah dibuat selanjutnya diberi keterangan titik-titik stasiun.

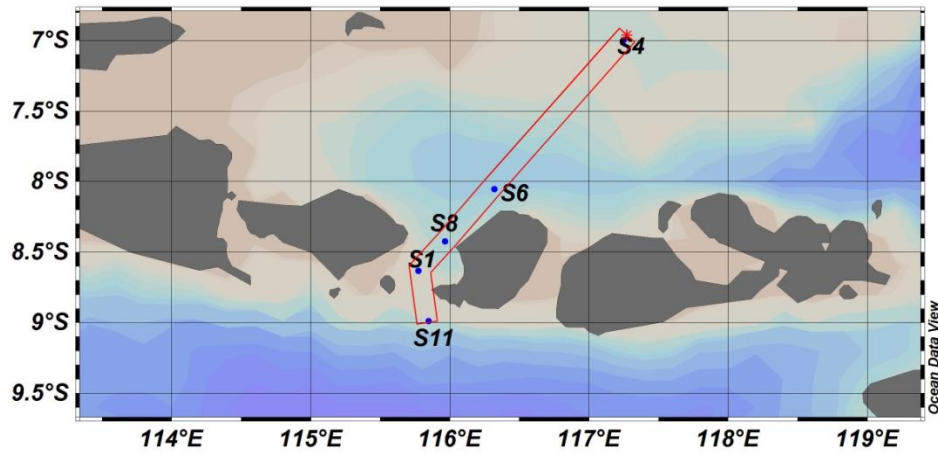
Pengolahan T-S Diagram

Pengolahan T-S diagram dilakukan dengan menggunakan *software Ocean Data View* (ODV). Parameter yang ditambahkan untuk membuat diagram T-S adalah temperatur potensial yang didapatkan dari tool *Derived Variables*. Langkah selanjutnya adalah membuat diagram dengan mengatur *Y-variable* adalah *potential temperature* dan *X-variable* adalah *salinity*. Setelah itu, ditambahkan fungsi *isopycnals* pada tool *extras* sehingga didapatkan angka massa air pada diagram. Analisa diagram T-S dapat dilakukan dengan indikator semakin cepat laju peningkatan densitas terhadap kedalaman maka akan semakin jelas stratifikasi dan stabil kolom airnya. Sebaliknya, apabila laju peningkatan densitas terhadap kedalaman lambat, maka densitas kolom air seragam atau air tercampur dengan baik dan tidak stabil (Supangat, 2003).

Pembahasan

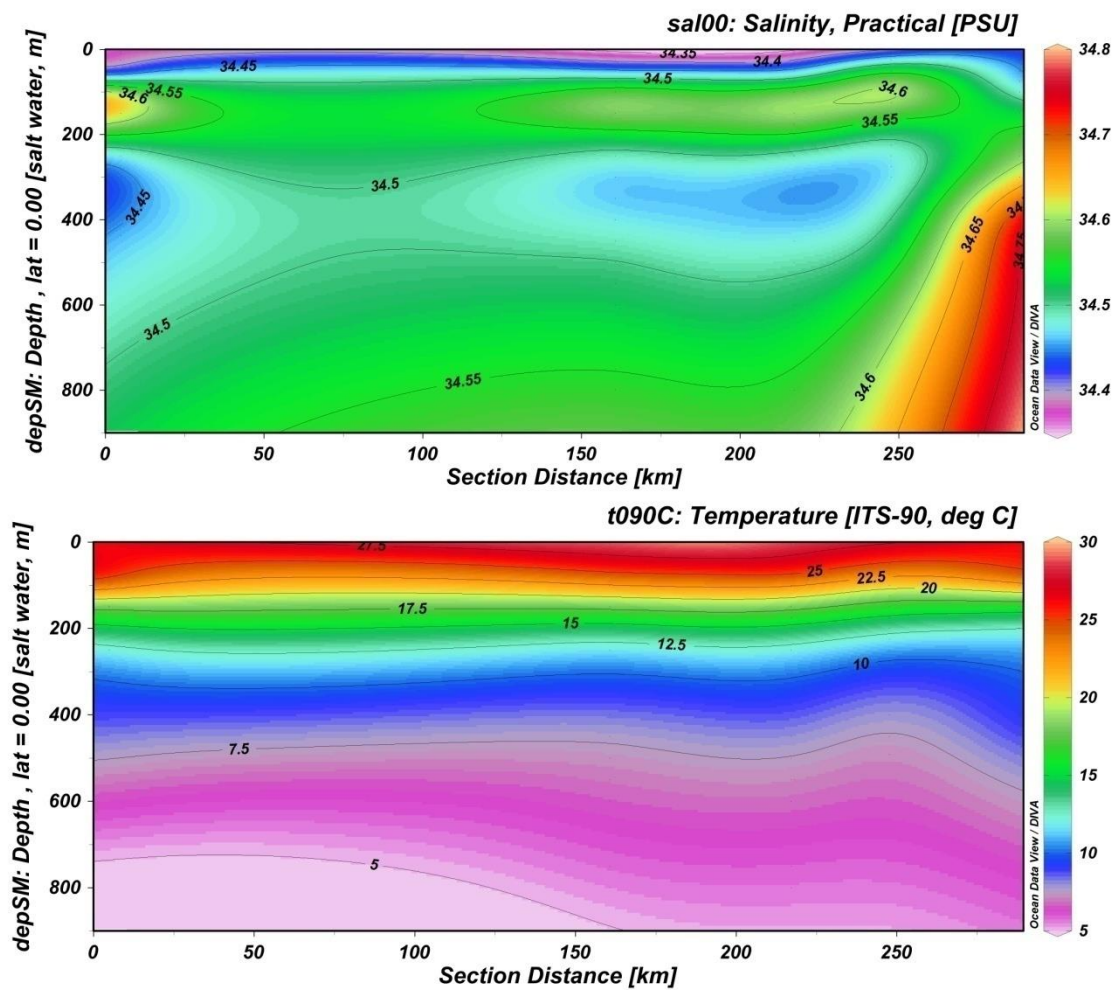
Survei untuk penelitian yang dilaksanakan pada Selat Lombok kali ini menggunakan CTD. Data lengkap penelitian di 12 stasiun penelitian berhasil didapatkan. Kemudian dibuat *cross section* stasiun penelitian dari stasiun 4, stasiun 6, stasiun 8, stasiun 1 dan stasiun 11 untuk mendapatkan karakteristik massa air yang melewati Selat Lombok (Gambar 4). *Cross section* ini dibuat dengan tujuan untuk

mengetahui karakteristik massa air yang berasal dari Samudra Pasifik yang melewati Selat Makassar dan berlanjut ke Selat Lombok.



Gambar 3. Cross Section Kelima Stasiun Penelitian Selat Lombok

Berikut hasil *cross section* kelima stasiun penelitian di Selat Lombok.



Gambar 4. Hasil Cross Section Salinitas dan Temperatur Kelima Stasiun Penelitian di Selat Lombok

Hasil *cross section* salinitas dan temperatur kelima stasiun penelitian di Selat Lombok dapat dilihat pada Gambar 4 di atas. Stasiun 4 yang terletak di utara Selat Lombok atau pintu masuk Arlindo dari Selat Makassar memiliki karakteristik sebagai berikut. Lapisan termoklin terdapat pada kedalaman 81 – 219 m dengan ketebalan 138 m. Pada lapisan termoklin ini terjadi penurunan suhu secara drastis dari 26°C – 12,16 °C dengan *gradien* penurunan suhu sebesar 0,1 °C/m. Salinitas pada lapisan termoklin berkisar antara 34,48-34,67 Psu. Lapisan atas termoklin memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 26,16 °C - 26 °C dan 34,38 Psu- 34,53 Psu. Sedangkan, lapisan bawah termoklin atau lapisan dalam memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 12,16 °C – 8,41 °C dan 34,48 Psu – 34,46 Psu.

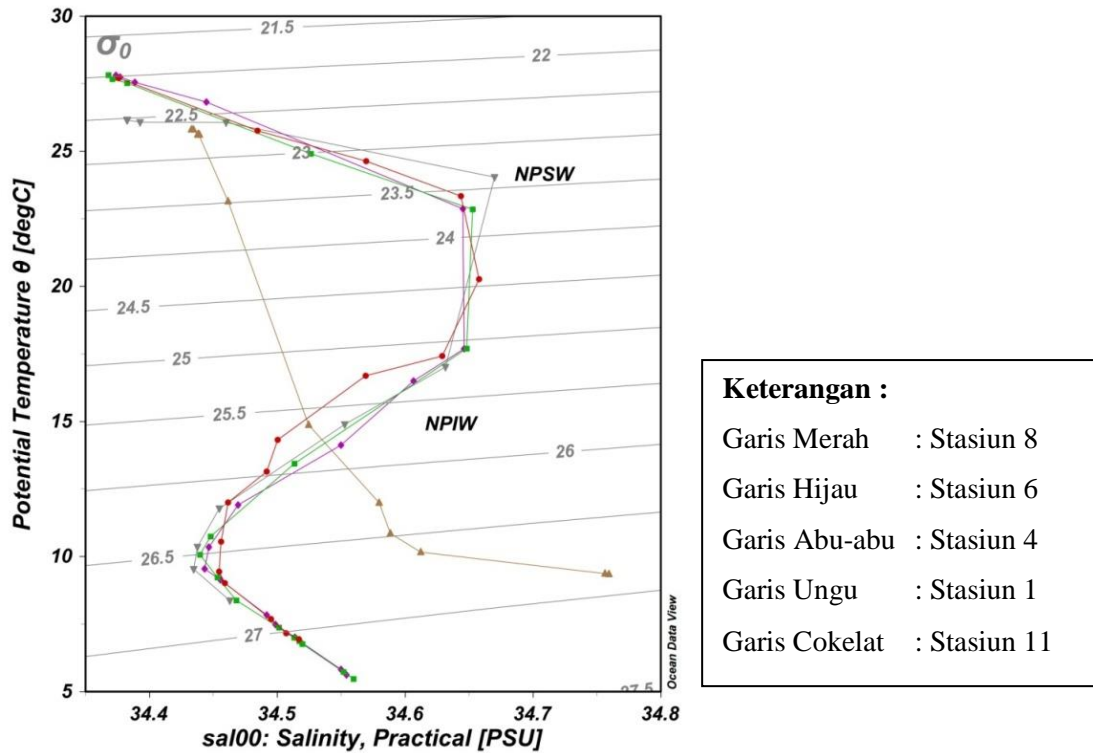
Stasiun 6 yang terletak di utara Selat Lombok atau pintu masuk kedua Arlindo dari Selat Makassar memiliki karakteristik sebagai berikut. Lapisan termoklin terdapat pada kedalaman 53 – 133 m dengan ketebalan 80 m. Pada lapisan termoklin ini terjadi penurunan suhu secara drastis dari 27,51°C – 18,23 °C dengan *gradien* penurunan suhu sebesar 0,116 °C/m. Salinitas pada lapisan termoklin berkisar antara 34,39-34,68 Psu. Lapisan atas termoklin memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 27,82 °C – 27,51 °C dan 34,37 Psu- 34,39 Psu. Sedangkan, lapisan bawah termoklin atau lapisan dalam memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 18,23 °C – 5,53 °C dan 34,68 Psu – 34,56 Psu.

Stasiun 8 yang terletak di Selat Lombok memiliki karakteristik sebagai berikut. Lapisan termoklin terdapat pada kedalaman 60 – 163 m dengan ketebalan 103 m. Pada lapisan termoklin ini terjadi penurunan suhu secara drastis dari 27,14°C – 16,58 °C dengan *gradien* penurunan suhu sebesar 0,102 °C/m. Salinitas pada lapisan termoklin berkisar antara 34,43-34,68 Psu. Lapisan atas termoklin memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 27,81 °C – 27,14 °C dan 34,37 Psu- 34,43 Psu. Sedangkan, lapisan bawah termoklin atau lapisan dalam memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 18,58 °C – 5,69 °C dan 34,61 Psu – 34,55 Psu.

Stasiun 1 yang terletak di Selat Lombok memiliki karakteristik sebagai berikut. Lapisan termoklin terdapat pada kedalaman 11 – 30 m dengan ketebalan 19 m. Pada lapisan termoklin ini terjadi penurunan suhu secara drastis dari 27,67°C – 25 °C dengan *gradien* penurunan suhu sebesar 0,14 °C/m. Salinitas pada lapisan termoklin berkisar antara 34,38-34,52 Psu. Lapisan atas termoklin memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 27,71 °C – 27,67 °C dan 34,38 Psu. Sedangkan, lapisan bawah termoklin atau lapisan dalam memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 25 °C – 7,08 °C dan 34,52 Psu – 34,51 Psu.

Stasiun 11 yang terletak di Selatan Selat Lombok yang merupakan pintu keluar Arlindo menuju Samudra Hindia memiliki karakteristik sebagai berikut. Lapisan termoklin terdapat pada kedalaman 91,3 – 160 m dengan ketebalan 68,7 m. Pada lapisan termoklin ini terjadi penurunan suhu secara drastis dari 25,29°C – 13,34 °C dengan *gradien* penurunan suhu sebesar 0,17 °C/m. Salinitas pada lapisan termoklin berkisar antara 34,43-34,53 Psu. Lapisan atas termoklin memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 25,89 °C – 25,29 °C dan 34,43 Psu. Sedangkan, lapisan bawah termoklin atau

lapisan dalam memiliki kisaran suhu dan salinitas berturut-turut 13,34 °C – 9,38 °C dan 34,53 Psu – 34,76 Psu. Berikut gambar diagram T-S kelima stasiun penelitian di Selat Lombok.



Gambar 5. Hasil Diagram T-S Kelima Stasiun di Selat Lombok

Hasil diagram T-S kelima stasiun penelitian di Selat Lombok dapat dilihat pada Gambar 5 di atas. Stasiun 4 yang terletak pada utara Selat Lombok, merupakan pintu masuk Arlindo memiliki karakteristik massa air sebagai berikut; massa air di lapisan atas termoklin berdasarkan diagram T-S adalah memiliki nilai σ_0 pada kisaran 22,5-23. Lalu, massa air pada lapisan termoklin, memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 23-24, sedangkan pada lapisan bawah termoklin memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 24,6-27. Massa air di lapisan termoklin diduga berasal dari Pasifik Utara (NPSW) yang masuk ke Selat Lombok melalui Selat Makassar dibuktikan dengan nilai salinitas 34,63 Psu pada kedalaman ~150 m sesuai dengan kisaran nilai salinitas pengukuran yang dilakukan oleh Hadikusumah, 2010 sebesar 34,55 Psu. Sedangkan massa air di lapisan bawah termoklin diduga berasal dari *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) pada kedalaman ~400 m dengan salinitas mendekati salinitas referensi yaitu 34,45 Psu dan salinitas referensi 34,464 Psu (Pranowo, 2003).

Stasiun 6 yang terletak pada utara Selat Lombok, merupakan pintu masuk kedua Arlindo memiliki karakteristik massa air sebagai berikut; massa air di lapisan atas termoklin berdasarkan diagram T-S adalah memiliki nilai σ_0 pada kisaran 21,98-22,1. Lalu, massa air pada lapisan termoklin, memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 22,1-24,2,. Sedangkan pada lapisan bawah termoklin memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 24,2-27,27. Massa air di lapisan

termoklin diduga berasal dari Pasifik Utara (NPSW) yang masuk ke Selat Lombok melalui Selat Makassar dibuktikan dengan nilai salinitas 34,65 Psu pada kedalaman ~150 m sesuai dengan kisaran nilai salinitas pengukuran yang dilakukan oleh Hadikusumah, 2010 sebesar 34,55 Psu. Sedangkan massa air di lapisan bawah termoklin diduga berasal dari *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) pada kedalaman ~400 m dengan salinitas mendekati salinitas referensi yaitu 34,47 Psu dan salinitas referensi 34,464 Psu (Pranowo, 2003).

Stasiun 8 yang terletak pada Selat Lombok memiliki karakteristik massa air sebagai berikut; massa air di lapisan atas termoklin berdasarkan diagram T-S adalah memiliki nilai σ_0 pada kisaran 21,99-22,12. Lalu, massa air pada lapisan termoklin, memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 22,12-25,16,. Sedangkan pada lapisan bawah termoklin memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 25,16-27,25. Massa air di lapisan termoklin diduga berasal dari Pasifik Utara (NPSW) yang masuk ke Selat Lombok melalui Selat Makassar dibuktikan dengan nilai salinitas 34,65 Psu pada kedalaman ~150 m sesuai dengan kisaran nilai salinitas pengukuran yang dilakukan oleh Hadikusumah, 2010 sebesar 34,55 Psu. Sedangkan massa air di lapisan bawah termoklin diduga berasal dari *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) pada kedalaman ~400 m dengan salinitas mendekati salinitas referensi yaitu 34,46 Psu dan salinitas referensi 34,464 Psu (Pranowo, 2003).

Stasiun 1 yang terletak pada Selat Lombok memiliki karakteristik massa air sebagai berikut; massa air di lapisan atas termoklin berdasarkan diagram T-S adalah memiliki nilai σ_0 pada kisaran 22,02-22,1. Lalu, massa air pada lapisan termoklin, memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 22,1-22,82,. Sedangkan pada lapisan bawah termoklin memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 22,82-27,05. Massa air di kedalaman ~ 150 m diduga berasal dari Pasifik Utara (NPSW) yang masuk ke Selat Lombok melalui Selat Makassar dibuktikan dengan nilai salinitas 34,57 Psu sesuai dengan kisaran nilai salinitas pengukuran yang dilakukan oleh Hadikusumah, 2010 sebesar 34,55 Psu. Sedangkan massa air kedalaman ~ 400 m diduga berasal dari *North Pacific Intermediate Water* (NPIW) dengan salinitas mendekati salinitas referensi yaitu 34,5 Psu dan salinitas referensi 34,464 Psu (Pranowo, 2003).

Stasiun 11 yang terletak pada selatan Selat Lombok memiliki karakteristik massa air sebagai berikut; massa air di lapisan atas termoklin berdasarkan diagram T-S adalah memiliki nilai σ_0 pada kisaran 22,67-23,3. Lalu, massa air pada lapisan termoklin, memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 23,3-25,7. Sedangkan pada lapisan bawah termoklin memiliki karakteristik nilai massa air σ_0 pada kisaran 25,7-26,87. Massa air di lapisan termoklin diduga berasal dari Pasifik Utara (NPSW) yang masuk ke Selat Lombok melalui Selat Makassar dibuktikan dengan nilai salinitas 34,52 Psu pada kedalaman ~150 m sesuai dengan kisaran nilai salinitas pengukuran yang dilakukan oleh Hadikusumah, 2010 sebesar 34,55 Psu. Sedangkan massa air di lapisan bawah termoklin diduga telah mengalami pencampuran dengan massa air Samudra Hindia dibuktikan dengan nilai salinitas pada kedalaman ~400 m sebesar 34,76 Psu, berbeda jauh dengan dengan salinitas referensi yaitu 34,464 Psu (Pranowo, 2003).

Perbedaan nilai salinitas referensi dengan salinitas yang didapatkan di penelitian ini membuktikan bahwa salinitas massa air baik NPSW maupun NPIW bersifat dinamis. Hal tersebut disebabkan oleh adanya proses pencampuran vertikal yang sangat kuat di perairan Indonesia (Gordon, 1996; Hautala *et al.*, 1996; Koch-Larrouy *et al.*, 2008; Atmadipoera *et al.*, 2009). Proses pencampuran vertikal dapat disebabkan oleh topografi yang kasar seperti *sill* (ambang), selat, dan aktivitas gelombang internal.

Kesimpulan

Analisis diagram T-S di Selat Lombok menggunakan metode *cross section* 5 stasiun di Perairan Selat Lombok mengindikasikan bahwa terdapat 2 massa air berbeda yang melewati Selat Lombok dari permukaan hingga kedalaman ~ 500 m, yaitu massa air *North Pacific Subtropical Water* (NPSW) dan *North Pacific Intermediate Water* (NPIW). Massa air NPSW yang berasal dari subtropis dangkal di Pasifik Utara terdeteksi pada kedalaman ~ 150 m dan massa air NPIW yang berasal dari Laut Okhotsk dan Teluk Alaska terdeteksi pada kedalaman ~ 400 m. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Atmadipoera *et al.*, 2009 yang menunjukkan bahwa massa air yang melalui Selat Lombok via Selat Makassar didominasi oleh massa air Pasifik Utara. Terdapat perbedaan nilai salinitas referensi dengan salinitas yang didapatkan di penelitian ini membuktikan bahwa salinitas massa air baik NPSW maupun NPIW bersifat dinamis, dibuktikan dengan nilai salinitas referensi adalah 34,55 Psu pada kedalaman ~ 150 m sedangkan salinitas kelima stasiun berturut-turut 34,63 Psu; 34,65 Psu; 34,65 Psu; 34,57 Psu; 34,52 Psu. Hal tersebut disebabkan oleh adanya proses pencampuran vertikal yang sangat kuat di perairan Indonesia. Proses pencampuran vertikal dapat disebabkan oleh topografi yang kasar seperti *sill* (ambang), selat, dan aktivitas gelombang internal.

Endnotes

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Surya University

² Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Surya University

³ Peneliti Badan Penelitian dan Observasi Laut (BPOL)

Daftar Pustaka

- Atmadipoera, A., Molcard, R., Madec, G., Wijffels, S., Sprintall, J., Koch-Larrouy, A., Jaya, I., and Supangat, A. 2009. Characteristics and variability of the Indonesian throughflow water at the outflow straits, *Deep-Sea Res. I* (56), 1942-1954.
- Fieux, M., Molcard, R. and Ilhaude, A. G. 1996. Geostrophic transport of the Pacific-Indian Oceans throughflow. *Journal of Geophysical Research* 101, 12421–12432.
- Gilles, R., & A. Pequeux. 1983. “Interactions of chemical and osmotic regulation with the environment.” Dalam Vernberg, F.J. & W.B. Vernberg, (Eds.). *The Biology of Crustacean 8: Enviromental Adaptation*, 109-177. New York: Academic Press.
- Gordon, A. L. 2005. Oceanography of the Indonesia Seas and their throughflow. *Journal Oceanography* 118 (4), 14-27.

- Gordon, A. L., *et al.* 2012. South China Sea throughflow impact on the Indonesian throughflow. *Journal of Geophysical Research Letter* 39, 1-7.
- Hautala, S. L., Reid, J. L., and Bray, N. 1996. The distribution and mixing of Pacific water masses in the Indonesian seas. *J. Geophys. Res.* 101, 12375–12389.
- Hautala, S.L., Sprintall, J., Potemra, J.C., Chong, W., Pandoe, N., and Ilahude, A. G. 2001. Velocity structure and transport of the Indonesian throughflow in the major straits restricting flow into the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research* 106, 19527–19546.
- Hadikusumah. 2010. Massa Air subtropical di Perairan Halmahera. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 2 (2), 92-108.
- Hasanudin, M. 1998. Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). *Jurnal Oseana* 23 (2), 1-9.
- Hutabarat dan Evans. 2008. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI Press.
- Koch-Larraouy, A., Madec, G., Iudicone, D., Atmadipoera, A., and Molcard, R.. 2008. Physical processes contributing to the water mass transformation of the Indonesian throughflow. *Ocean Dyn* 58, 275-288.
- Kunarso, *et al.* 2012. Perubahan ketebalan dan kedalaman termoklin pada variasi kejadian ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa Hingga Pulau Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan* 17 (2), 87-98.
- MacDonald, A. 1993. A Property of fluxes at 30° and their implications for the Pacific-Indian ocean throughflow and global heat budget. *Journal of Geophys Res.* 98, 6581-6868.
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara* (2nd Ed.). Jakarta: Djambatan.
- Nybakken, J. W., 1992. *Biologi laut suatu pendekatan ekologis*. PT. Gramedia: Jakarta.
- Pranowo, S. W., *et al.* 2005. *Ekspedisi INSTANT 2003-2005: menguak arus lintas Indonesia*. Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departmen Kelautan dan Perikanan.
- Purwandana, A. 2011. *Transformasi dan pencampuran massa air di Perairan Selat Alor pada Bulan Juli 2011*. Unpublished thesis, IPB, Bogor.
- Ramawijaya, *et al.* 2012. Variabilitas parameter oseanografi dan karbon laut di teluk banten. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 3 (3), 339-346.
- Safitri, M., *et al.* 2012. Variasi arus arlindo dan parameter oseanografi di Laut Timor sebagai indikasi kejadian ENSO. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 4 (2), 369-377.
- Reid, P., Fischer, A., Lewis-Brown, E., *et al.* 2009. Impacts of the oceans on climate change. *Adv. Mar. Biol.* 56, 1–150.
- Schlitzer, R. 2014. *Ocean Data View*. Diunduh dari <http://odv.awi.de>.
- Sprintall, *et al.* 2003. Temperature-Salinity variability in the exit passages of the Indonesian throughflow. *Journal of Deep Sea Research Part II*, 2183-2204.
- Sugiarta, dkk. 2011. *Rencana strategis Indonesian global observing system (INAGOOS)*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

- Susanto, D., *et al.* 2007. Observations and proxies of the surface layer throughflow in Lombok Strait. *Journal of Geophysical Research* 112, 1-11.
- Supangat, A. 2003. *Oseanografi*. Balai Penelitian dan Observasi Laut, Kementrian Kelautan dan Perikanan. Jakarta
- Lynne, T. D. and Sprintall, J. 2005. Deep expression of the Indonesian throughflow: Indonesian intermediate water in the south equatorial current. *Journal of Geophysical Research* 110, 1-30.
- Tomczak, M. 2000. An introduction to online physical oceanography. *Oceanography* 13, 104-105.
- Wibisono, M.S. 2004. *Pengantar Ilmu Kelautan*. PT. Grasindo: Jakarta.
- Wijffels, S., *et al.* 2002. The JADE and WOCE I10/IR6 throughflow sections in the Southeast Indian Ocean. Part 1: water mass distribution and variability. *Deep Sea Res II* (49), 1341-1362.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical oceanography of the Southeast Asian waters*. NAGA Rept: Univ. California.
- Wyrtki, K., 1987. Indonesian through flow and the associated pressure gradient. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 92 (C12), 12941-12946.
- You, Y. 2003. The pathway and circulation of North Pacific intermediate water. *Geophysical Research Letter* 30 (24), 1-4. Diunduh dari <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2003GL018561/pdf>.

This page is intentionally left blank.