



Identifikasi Massa Air Di Perairan Timur Laut Samudera Hindia

M. Albab Al Ayubi¹, Heron Surbakti¹, dan La Ode Nurman Mbay²

¹Program Studi Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya, Indonesia

²Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Jakarta, Indonesia

Email: albab31@gmail.com

Received 5 Januari 2013; received in revised form 15 Februari 2013;
accepted 10 April 2013

ABSTRACT

The northeast Indian Ocean is a region crossed by the monsoon winds and bordered by mainland on northern and eastern side that allegedly the water mass is influenced by these two factors. This research aims to study the vertical dan cross section distribution of physical parameters such as temperature, salinity, and density and also to identify the types of water masses in the region. The data used are the data of temperature, salinity, and density during 2007-2010 is obtained from sensors located on spacecraft of ATLAS Mooring. There are six stations located on the 90°E and from 0-15 °N, with 4 year observation and there are 4 periods each year.

The results of observations of temperature on the surface indicates the period from December to February and March to May have a similar pattern. While the pattern in the period from June to August is similar to September-November. In other hand, the temperatures around depth of 140 m to the bottom shows the same pattern throughout the year. Value of the sea surface temperature of the period from March to May is generally the highest. Observations of sea surface salinity and water column generally are the same in each period, the salinity values decreased from a low-latitude station towards the high-latitude stations. The differences found are the highest surface salinity values are more common in the period from December to February, which is found on the station I and III. The result of value sea surface density observations show a decline pattern of low-latitudes stations in to higher latitudes stations throughout the year, or a pattern that tends to the same of salinity pattern.

Analysis of the TS diagram refer to Wyrcki (1961) and Emery (2003) indicates there are some type of water masses, ther are namely the Bengal Bay Water (BBW), South Indian Central Water (SICW), Indian Equatorial Water (IEW), Subtropical Lower Water (SLW), and Northern Salinity Minimum (NSM). Those water masses is found in every period, only period from December to February have different type of water masses, that is the Arabian Sea Water (ASW).

Keywords: ATLAS Mooring, Diagram TS, Indian Ocean, Water Mass

I. PENDAHULUAN

Samudera Hindia merupakan lautan yang terkecil dari tiga lautan utama lainnya. Posisi Samudera Hindia melintang sepanjang 9600 Km dari utara-selatan (Antartika ke Teluk Bengal), dan sepanjang 7800 Km dari timur-barat (Afrika Selatan hingga Australia Barat). Total luas wilayah Samudera Hindia mencapai 74 juta Km² (Tomczak dan Godfrey, 1994).

Samudera Hindia terdiri dari beberapa perairan seperti Laut Arab, Laut Persia, Laut Andaman, dan Teluk Bengal. Khusus pada bagian timur laut, Samudera Hindia berbatasan langsung dengan Semenanjung Malaya dan Pulau Sumatera. Wilayah perairan ini merupakan gabungan dari beberapa perairan seperti Perairan Barat Sumatera, Laut Andaman, Teluk Bengal dan Selat Malaka. Laut Andaman juga merupakan muara dari sungai terpanjang di Myanmar, Sungai Irawadi. Sementara Teluk Bengal merupakan teluk yang sangat luas dan merupakan muara dari beberapa sungai dikawasan Asia Selatan, termasuk sungai terbesar di India, Sungai Gangga (Reddy, 2001). Atau dengan kata lain wilayah perairan ini merupakan masukan dari beberapa muara sungai besar. Menurut Tomczak dan Godfrey (1994), di bagian timur laut Samudera Hindia ini didominasi oleh iklim musiman yang disebabkan angin *monsoon* atau angin muson, dan dampaknya dirasakan jauh ke subtropis dibagian belahan bumi selatan. Kedua hal tersebut menjadikan massa air wilayah perairan ini sangat menarik untuk dikaji.

Untuk mengidentifikasi dan mempelajari massa air, diperlukan data variasi parameter oseanografi seperti temperatur, salinitas, dan densitas. Hasil kajian ini diharapkan dapat

memberikan informasi mengenai kondisi oseanografi lokasi penelitian.

Informasi tentang variasi parameter oseanografi seperti temperatur, salinitas, dan densitas diperlukan untuk mempelajari karakteristik massa air, yang merupakan suatu cara untuk mengetahui kondisi perairan. Manfaat dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai sebagai kajian pendahuluan untuk mengetahui hubungan lautan dan atmosfer terhadap iklim di sekitar lokasi, terutama Indonesia bagian barat.

II. METODOLOGI

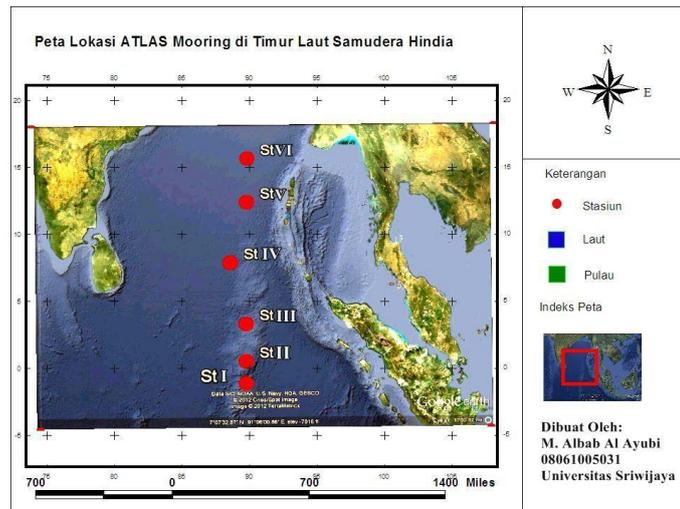
Waktu dan Tempat

Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari sensor oseanografi pada wahana *World OCEAN ATLAS (Autonomous Temperature Line Acquisition System)* merupakan suatu proyek dari lembaga NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), Amerika Serikat bekerja sama dengan Balitbang KP (Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan)-KKP dan Balai Teknologi Survey Kelautan (BTSK)-BPPT Indonesia.

Data yang di analisis adalah data pada tahun 2007-2010 dengan 6 plot stasiun yang terletak pada satu garis bujur ± 90 °BT dan dari 15 °LU hingga ekuator. Stasiun penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1.** dan **Gambar 1.**

Tabel 1. Posisi Penelitian

Stasiun	Bujur Timur (°)	Lintang Utara (°)
I	90	0
II	90	1.5
III	90	4
IV	90	8
V	90	12
VI	90	15



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Timur Laut Samudera Hindia

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian disajikan pada **Tabel 2**.

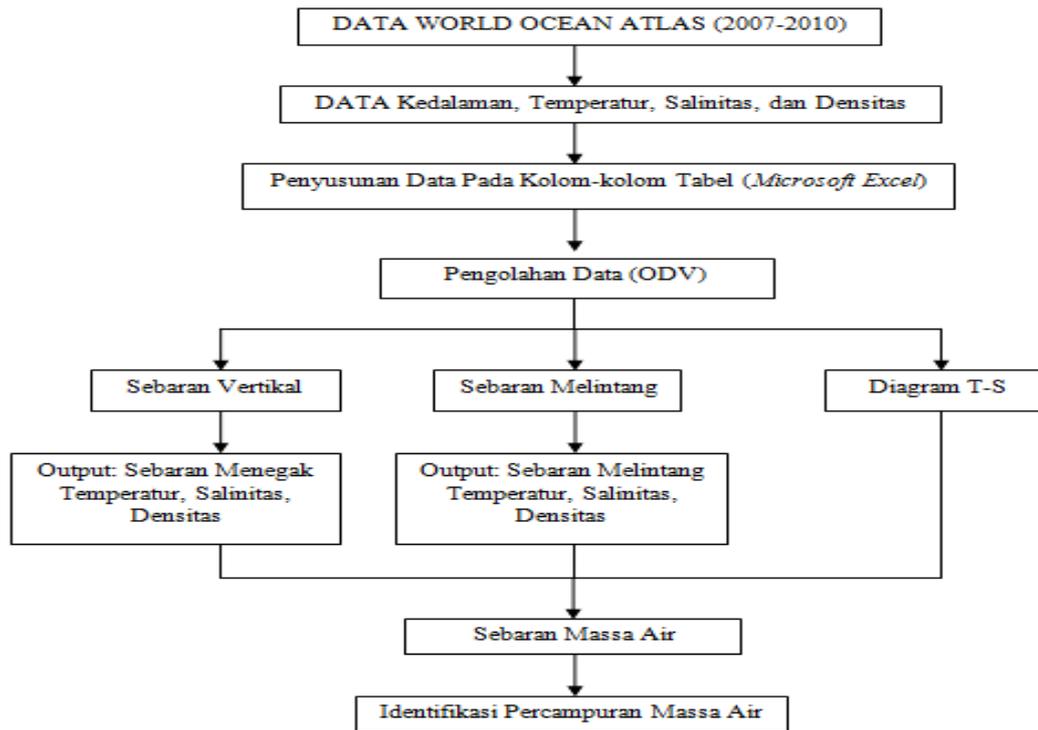
Tabel 2. Alat dan Bahan

No.	Nama Alat dan Bahan	Fungsi
1.	Data (Temperatur, Salinitas, dan Densitas) dari World Ocean ATLAS	Data yang akan di analisis
2.	Perangkat Lunak ODV 3.1 dan Microsoft Excel	Menampilkan dan menganalisis data
3.	Seperangkat Komputer	Wahana pengolahan data

Pengolahan Data

Semua data parameter oseanografi yang tersedia dilakukan pengolahan untuk

mendapatkan sebaran vertikal atau profil menegak dan sebaran melintang, serta diagram T-S. Tahapan pengolahan dan analisis data disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alur Pengolahan Data

Analisis dan Perhitungan Data

Analisis data dilakukan dengan melihat sebaran vertikal dan sebaran melintang setiap parameter serta Diagram T-S. Penyajian data dalam bentuk gambar

sebaran menegak dan sebaran melintang dilakukan dengan software ODV (Ocean Data View) dan Microsoft Excel. Dari hasil tersebut dapat dianalisis karakteristik dan Jenis massa air di perairan tersebut.

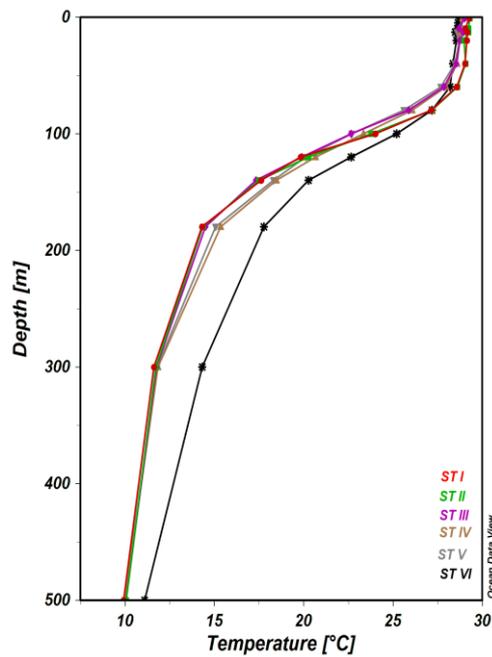
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur

A. Sebaran Vertikal

Sebaran vertikal temperatur menunjukkan nilai SST (*Sea Surface Temperatur*) stasiun I dan II lebih besar dari stasiun lain. SST tertinggi (29.32 °C) terdapat

pada stasiun II dan, SST terrendah (28.74 °C) pada stasiun VI. Lapisan teraduk paling tebal (100 m). Ketebalan termoklin 60 m (80-140 m), kecuali stasiun 6, 40 m (100-140m). Temperatur badan air stasiun VI tertinggi setelah sekitar batas bawah termoklin atau setelah 140 m.



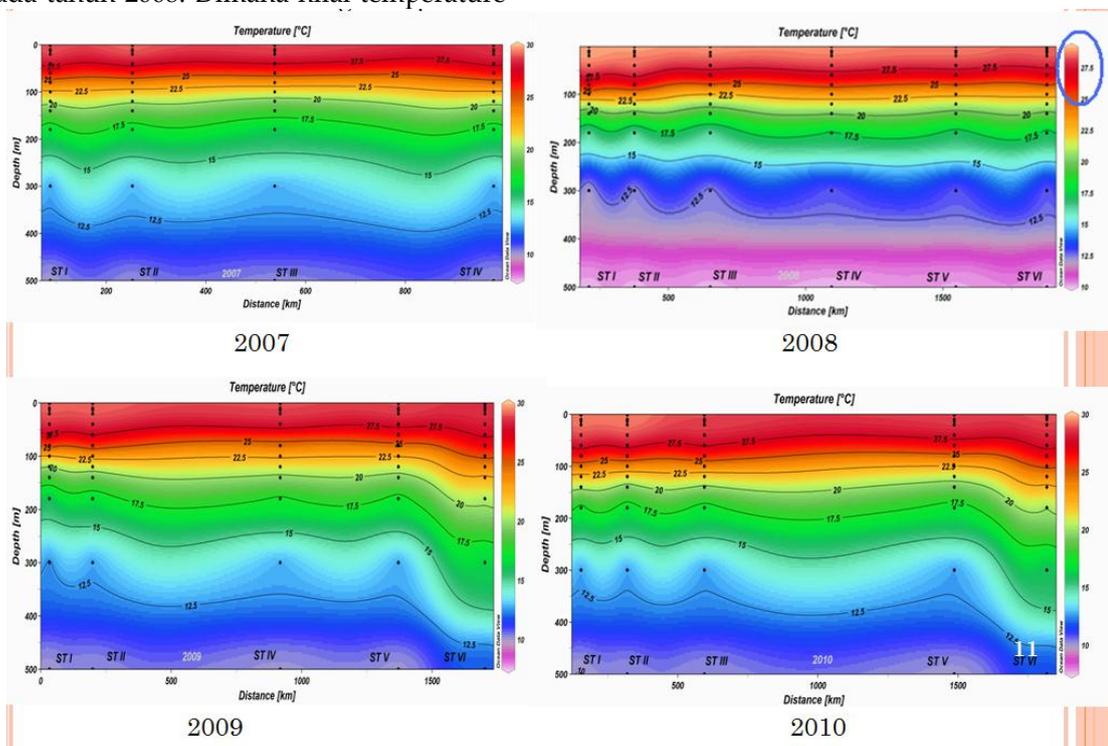
Gambar 3. Sebaran Vertikal Temperatur

B. Sebaran Melintang

a) Tahunan

Nilai temperatur secara umum mengalami peningkatan tiap tahunnya, anomaly terjadi pada tahun 2008. Dimana nilai temperature

mengalami penurunan. Nilai temperature permukaan dan lapisan teraduk semakin berkurang dari stasiun lintang rendah menuju stasiun lintang lebih tinggi.



Gambar 4. Sebaran Melintang Temperatur Tahunan

b) Musiman

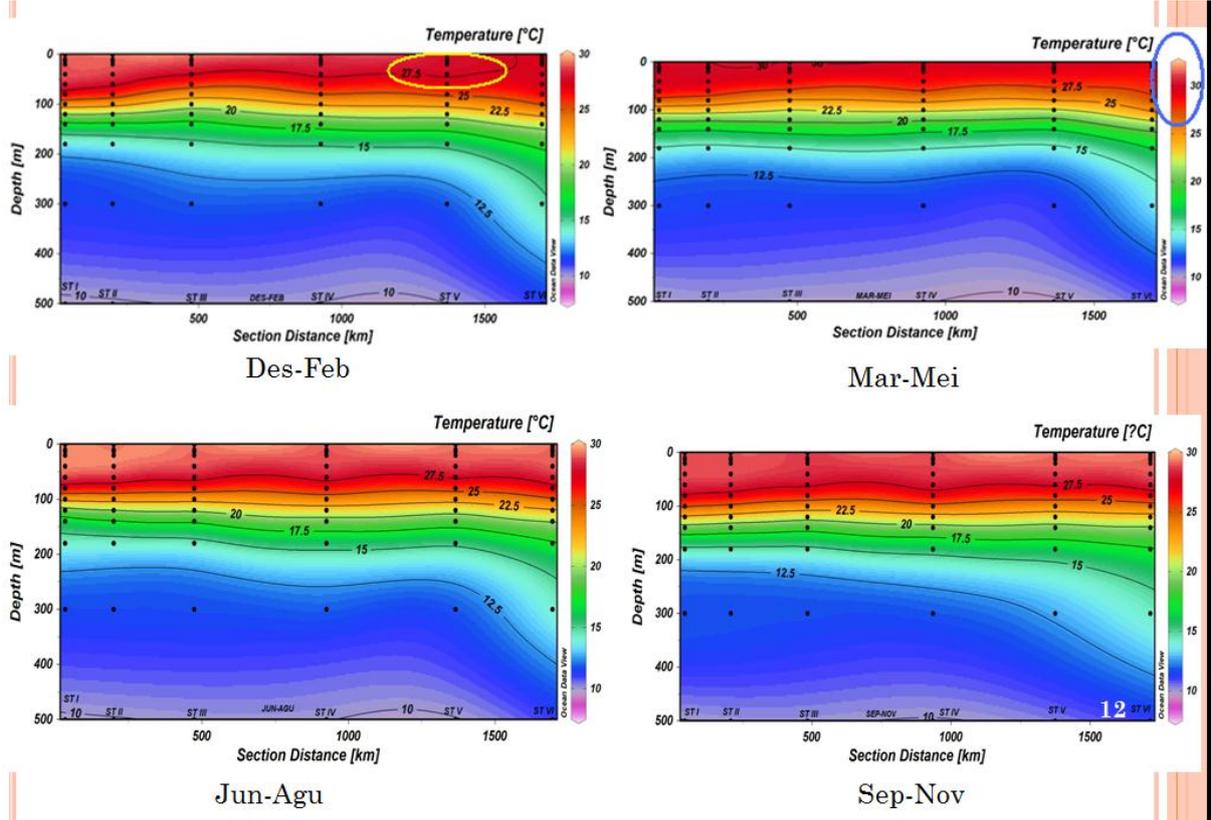
Pada periode Desember-Februari yang merupakan musim barat, nilai temperatur pada permukaan dan sebelum lapisan termoklin pada stasiun di lintang rendah lebih tinggi dari stasiun di lintang tinggi, hal ini diperlihatkan dengan garis isothermal 27.5 °C yang naik. Terbukti pada periode ini merupakan periode dengan SST minimum pada Stasiun IV-VI yang berada lebih ke utara (lintang lebih tinggi). Tingginya nilai temperatur permukaan stasiun lintang rendah disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang pada periode ini condong di bawah garis ekuator. Hal ini dipengaruhi oleh angin muson barat yang membawa udara yang lebih dingin dari benua Asia dan Eropa yang bergerak menuju daratan Australia melewati Timur Laut Samudera Hindia.

Periode Maret-Mei merupakan periode dengan nilai SST tertinggi pada stasiun I-IV. Lapisan teraduk yang terjadi tidak sedalam periode Desember-Februari. Hal ini dikarenakan periode Maret-Mei merupakan musim peralihan I (musim barat menuju musim timur), dimana angin permukaan yang berhembus tidak terlalu kencang dan arahnya tidak tetap. Sehingga membuat kekuatan pencampuran lapisan permukaan tidak terlalu kuat. Nilai

temperatur di lapisan termoklin (kedalaman sekitar 80-140 m) tidak terlalu berbeda antar stasiun. Di bawah kedalaman 140 m nilai temperatur stasiun lintang tinggi lebih besar dibanding lintang rendah, sama seperti periode Desember-Februari.

Nilai temperatur permukaan periode Juni-Agustus berbanding terbalik dengan periode-periode sebelumnya, dimana secara umum nilai SST semakin besar menuju stasiun dengan lintang yang lebih tinggi. Nilai SST stasiun I sebesar 28.78 °C sementara pada stasiun VI sebesar 29.21 °C. Pada periode sebelumnya nilai SST stasiun I selalu di atas 29 °C.

Periode September-November merupakan periode peralihan dari periode Juni-Agustus (musim timur) menuju periode Desember-Februari (musim barat). Pada periode ini arah angin dan arus yang terjadi tidak stabil dan cenderung lemah. Perbedaan nilai temperatur stasiun lintang rendah dengan stasiun dengan lintang tinggi terlihat tidak terlalu mencolok. Pada periode ini nilai SST maksimum terdapat pada stasiun V dan VI, sementara nilai SST minimum pada stasiun I-III. Bertolak belakang dengan periode Desember-Februari dan Maret-Mei, dimana SST maksimum justru ditemukan pada stasiun I-IV.



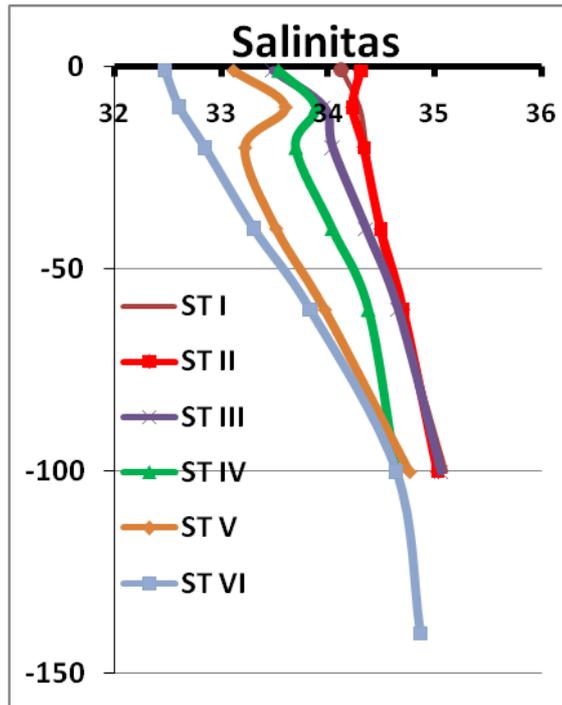
Gambar 5. Sebaran Melintang Temperatur Musiman

Salinitas

A. Sebaran Vertikal

Nilai Sea Surface Salinity (SSS) Maksimum pada Stasiun II, nilai salinitas minimum pada stasiun VI. Secara umum mengecil dari stasiun lintang

rendah menuju stasiun lintang tinggi, hal ini dipengaruhi oleh faktor geografis stasiun lintang tinggi yang diduga mendapat masukan air yang lebih rendah salinitasnya dari muara sungai-sungai besar disekitar lokasi.



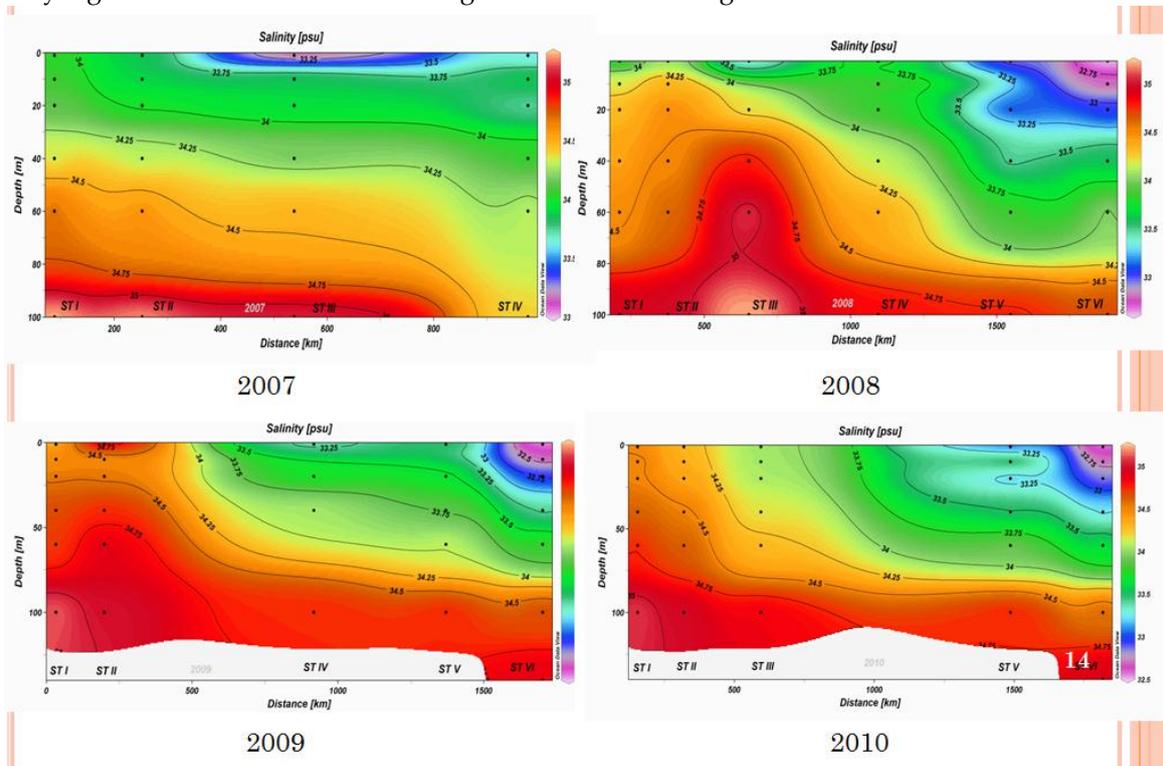
Gambar 6. Sebaran Vertikal Salinitas

B. Sebaran Melintang

a) Tahunan

Nilai salinitas cenderung bertambah tiap tahunnya, dan memiliki pola nilai salinitas yang menurun dari stasiun lintang rendah

(stasiun I) menuju stasiun lintang tinggi (stasiun VI), tren tersebut hampir terjadi hingga kedalaman 140 m, pengecualian terdapat pada stasiun III kedalaman sekitar 60 m dibawah dimana nilai salinitas nya mengalami kenaikan.



Gambar 7. Sebaran melintang Salinitas Tahunan

b) Musiman

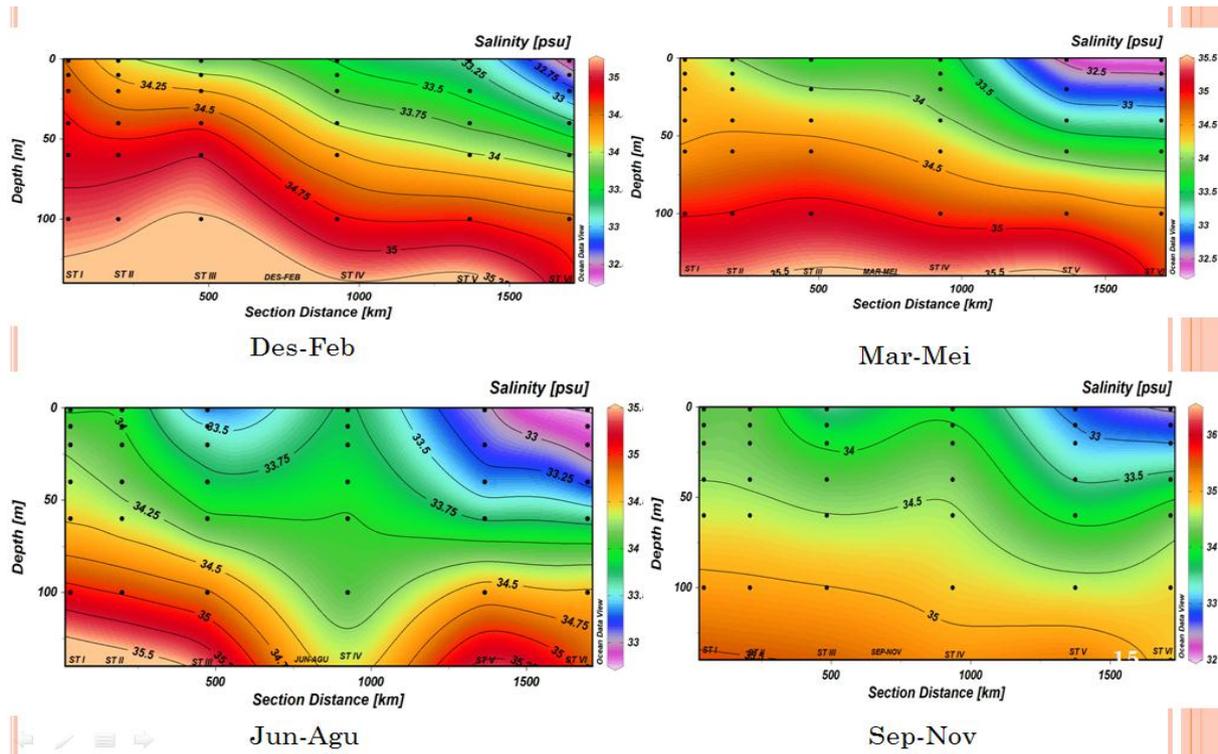
Periode Desember-Februari merupakan periode utama berhembusnya angin monsoon barat yang berhembus dari daratan Asia menuju daratan Australia, berdasarkan posisi geografis nilai salinitas permukaan stasiun V dan VI adalah yang paling minimum. Hal ini dikarenakan stasiun V dan VI berada lebih dekat dengan teluk Bengal yang di kelilingi oleh daratan Asia Tenggara dan Asia Selatan, sehingga diperkirakan mendapat masukan dari massa air yang salinitas lebih rendah dari sungai-sungai besar disekitarnya. Pengaruh angin musim barat dapat terlihat dari massa air pada permukaan dengan nilai salinitas pada stasiun V dan VI yang mencoba menyebar menuju stasiun dengan lintang lebih rendah, meskipun pengaruhnya tidak terlalu signifikan.

Pola garis isohaline Sebaran melintang salinitas periode Maret-Mei yang terjadi tidak semiring periode Desember-Februari, yang berarti perbedaan salinitas antar stasiun tidak seekstrim periode Desember-Februari. Meskipun dengan tipikal yang tidak berbeda dimana nilai salinitas permukaan dari lintang rendah menuju stasiun lintang tinggi semakin berkurang. Nilai salinitas minimum stasiun V-VI tidak terdapat pada stasiun lainnya, terlihat dari isohaline 32.5-33 psu yang hanya terdapat pada kedua stasiun ini, namun tidak seperti periode Desember-Februari yang nilai salinitas pada stasiun yang lebih dekat dengan laut lepas (stasiun I-IV) jauh lebih besar dibanding stasiun V dan VI yang lebih dekat dengan daratan. Walaupun nilai SST periode Maret-Mei cenderung lebih tinggi

dibanding periode Desember-Februari, namun rendahnya perbedaan salinitas antar stasiun pada periode Maret-Mei diduga karena tingkat curah hujan yang lebih besar pada stasiun yang berada lebih kelaut lepas atau di lintang rendah.

Garis isohaline pada periode Juni-Agustus sedikit berbeda dibanding dua periode sebelumnya. Dimana garis isohalin membentuk banyak pola. Pada lapisan permukaan, salinitas permukaan menurun dari stasiun I menuju stasiun III, kemudian dari stasiun III salinitas naik pada stasiun IV, dari stasiun IV salinitas berkurang drastis hingga stasiun VI. Pada stasiun V dan VI, rendahnya salinitas permukaan dapat dikatakan karena faktor masukan air dengan salinitas rendah dari daratan disekitarnya. Namun pada stasiun III diduga karena faktor banyaknya curah hujan. Pada kedalaman dibawah 100 m, salinitas stasiun IV lebih rendah dari stasiun lainnya, hal ini bisa di akibatkan dua hal, pertama karena adanya gerakan vertikal massa air dengan salinitas lebih rendah dan kedua dikarenakan pengadukan massa air permukaan sangat kuat. Selain anomaly pada permukaan stasiun III dan stasiun IV, dapat dilihat pola isohaline yang menurun dari stasiun I menuju stasiun VI.

Pada periode September-November, salinitas permukaan semakin berkurang dari stasiun I menuju stasiun VI. Namun perbedaan salinitas tidak terlalu mencolok, hal ini dapat dilihat dari garis isohaline yang renggang.



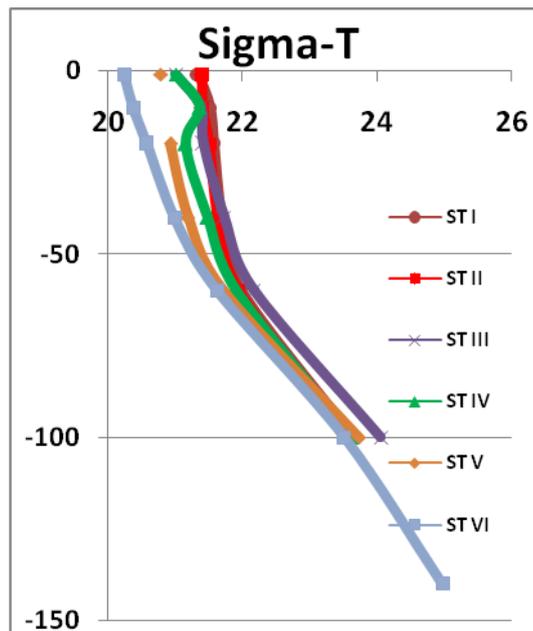
Gambar 8. Sebaran melintang Salinitas Musiman

Densitas

A. Sebaran Vertikal

Densitas perairan yang dalam hal ini digambarkan melalui sebaran nilai sigma-t pada permukaan, menunjukkan pola yang mirip dengan salinitas. Sigma-T permukaan

Maksimum terdapat pada Stasiun II, 21.40 Kg/m³ dan Sigma-T lapisan permukaan Minimum pada stasiun VI, yaitu 20.24 Kg/m³. Setelah kedalaman 50m, Sigma-T pada Stasiun III adalah yang paling besar, yang diduga terjadi kenaikan massa air secara vertikal.



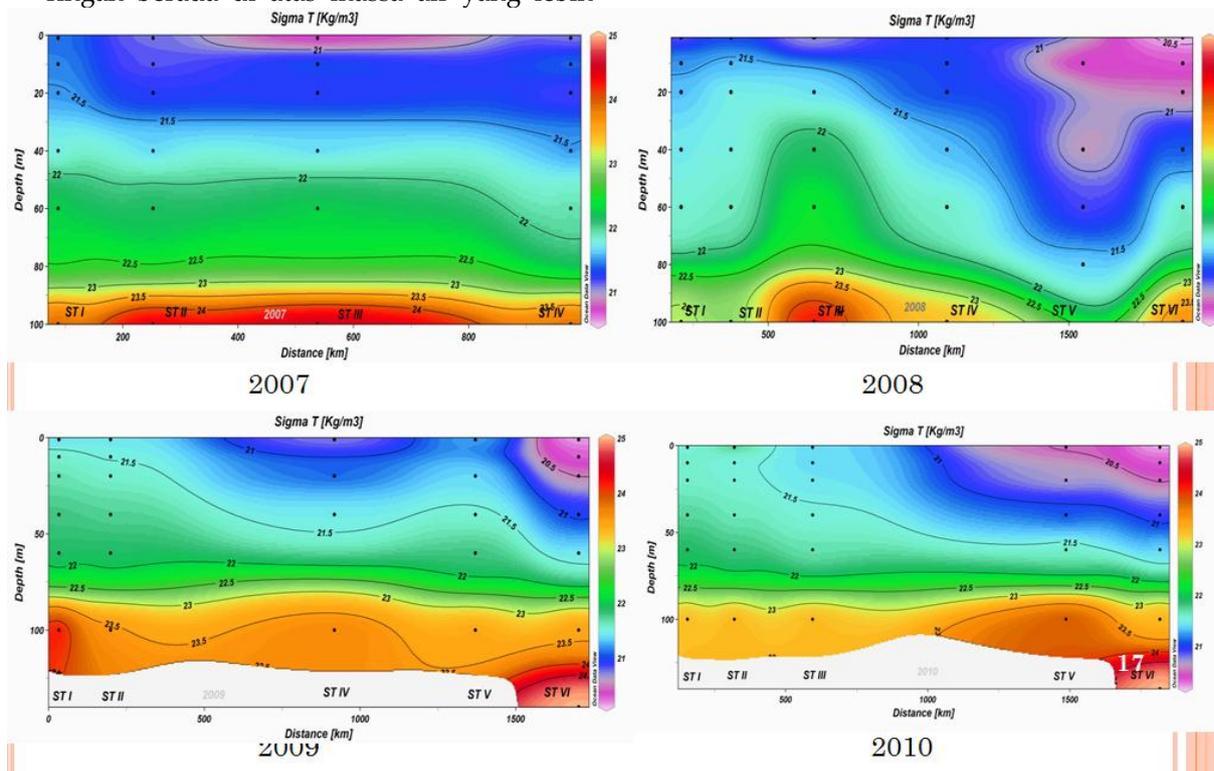
Gambar 9. Sebaran Vertikal Sigma-T

B. Sebaran Melintang

a) Tahunan

Nilai densitas tahun 2007 terlihat lebih stabil yang digambarkan dari garis isopiknal yang cenderung rata, artinya stratifikasi air berjalan normal, dimana massa air yang lebih ringan berada di atas massa air yang lebih

berat. Pada tahun 2008 terlihat garis isopiknal yang menurun dari stasiun I menuju stasiun VI, pada stasiun III kedalaman 60 m diduga terjadi kenaikan massa air secara vertikal. Pada tahun 2009 dan 2010 variasi densitas tidak terlalu berbeda.

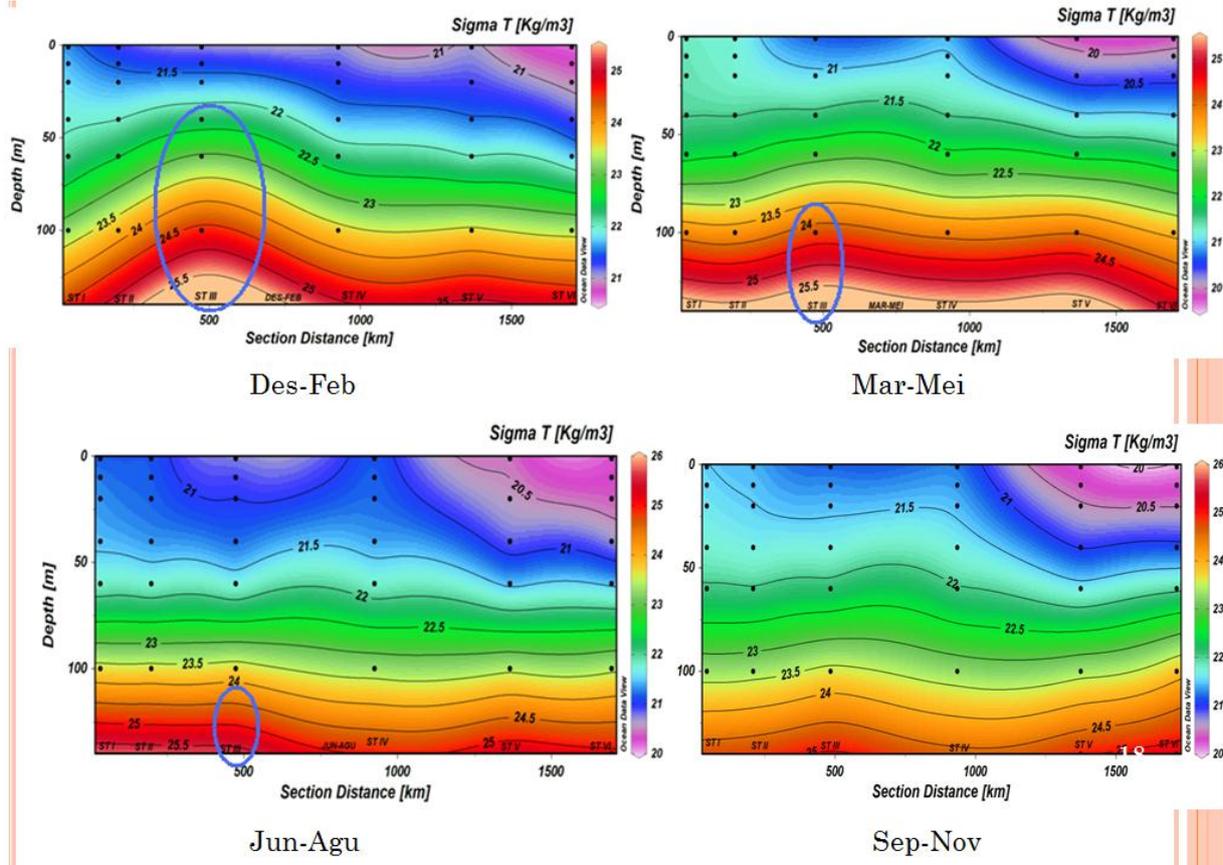


Gambar 10. Sebaran Melintang Sigma-T Tahunan

b) Musiman

Sebaran densitas musiman menunjukkan pola yang hampir sama pada lapisan permukaan dan sekitarnya, yaitu pola densitas yang semakin berkurang dari stasiun I hingga stasiun VI, yang berbeda hanya nilai densitas periode desember-februari lebih besar dari

periode lainnya. Pada stasiun III terlihat nilai densitas yang paling besar pada kedalaman 60 m ke bawah. Hal ini terlihat paling jelas pada periode desember-februari, dan semakin berkurang pada periode setelahnya.



Gambar 11. Sebaran Melintang Sigma-T Musiman

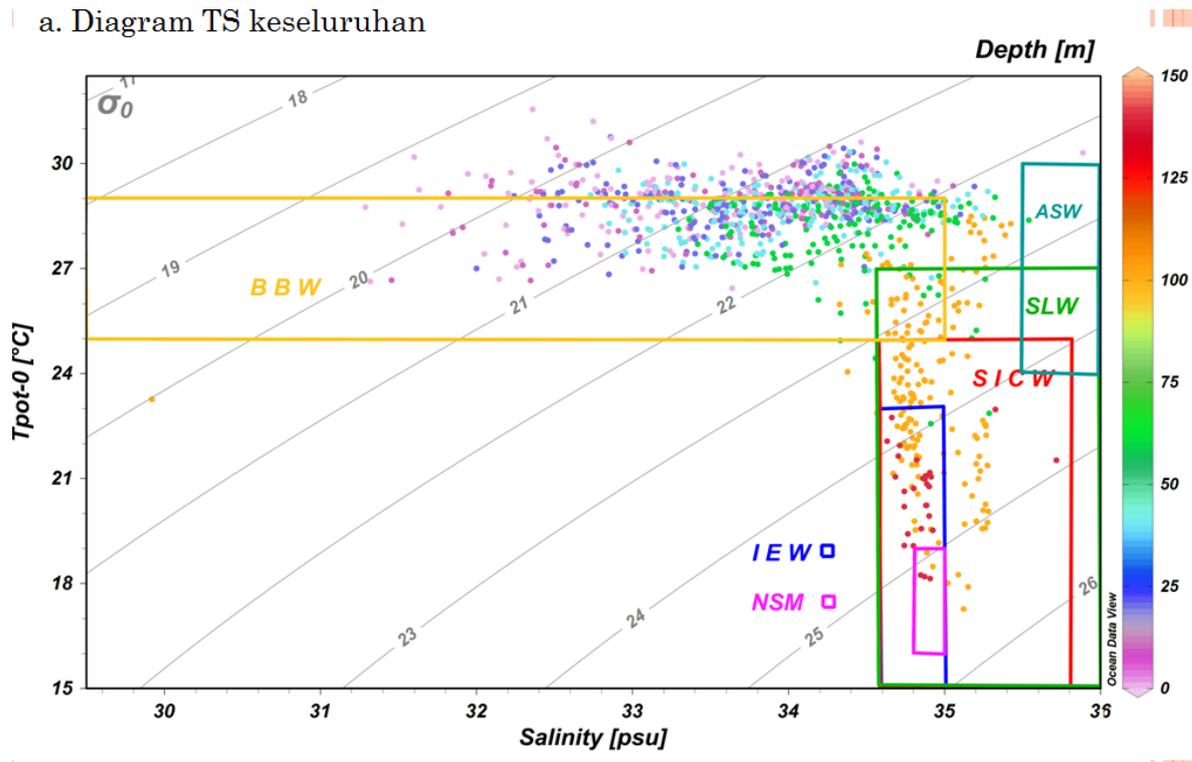
Diagram T-S

Secara keseluruhan terdapat 5 jenis massa air pada lokasi penelitian. 3 jenis massa air yang diidentifikasi oleh Emery tahun 2003, yaitu pertama massa air *Bengal Bay Water* (BBW) atau massa air Teluk Bengal dengan ciri rentang temperatur 25.0–29 °C, dan rentang salinitas 28.0–35.0 psu. Massa air BBW terdapat dari permukaan hingga kedalaman 60 m, namun pada beberapa stasiun dan periode tertentu juga ditemukan dikedalaman 100 m yang bercampur dengan massa air SLW. Kedua, *South Indian Central Water* (SICW) dengan ciri temperatur 8.0–25.0 °C, dan salinitas 34.6–35.8 psu. Massa air SICW jamak dijumpai pada kedalaman 100 m, dan sebagian kecil ditemukan pada kedalaman 60-100 m. Ketiga, massa air *Indian Equatorial Water* (IEW) dengan ciri temperatur 8.0–23.0 °C, dan salinitas 34.6–35.0 psu. Massa air IEW tidak

ditemukan pada stasiun I (hingga kedalaman 100 m), pada stasiun II-IV hanya ditemukan pada kedalaman ≥ 100 m, namun pada stasiun V-VI ditemukan hingga kedalaman 140 m.

Kemudian terdapat dua jenis massa air yang diklasifikasikan oleh Wyrтки, 1961, yaitu pertama massa air *Subtropical Lower Water* (SLW) dengan ciri rentang temperature 16-27 °C dan salinitas 34.6-36.0 psu. Terdapat di setiap stasiun pada kedalaman 100 m, namun pada beberapa periode ditemukan juga dikedalaman 60 m. massa air SLW selalu berpotongan dengan massa air BBW, kecuali di stasiun V. SLW merupakan massa air dengan salinitas maksimum pada penelitian ini. Massa air dari Wyrтки yang kedua adalah massa air *Northern Salinity Minimum* (NSM) yang diidentifikasi dengan ciri rentang temperatur 16-19 °C dan Salinitas 34.8-35 psu. Hanya dijumpai di kedalaman 100 m atau lebih.

a. Diagram TS keseluruhan



Gambar 12. Diagram T-S Keseluruhan

Terdapat 5 jenis massa air pada periode Desember-Februari. Massa air BBW terdapat menyebar dari stasiun I-VI di kedalaman 1-100 m dengan rentang isopiknal 19-24, di isopiknal lebih dari 22 berpotongan dengan massa air SLW pada kedalaman 60 m khusus di stasiun III dan pada kedalaman 100 m di stasiun lainnya, hal tersebut sama seperti periode Desember-Februari yang menunjukkan adanya peningkatan nilai Temperatur-Salinitas setelah kedalaman 60 m pada stasiun III. Seperti periode Desember-Februari, terdapat percampuran dari beberapa jenis massa air pada kedalaman 100 m. Sebagai contoh pada stasiun I, II, dan VI di kedalaman 100 m merupakan campuran dari massa air BBW dan SLW, pada stasiun III campuran massa air BBW dan SLW sudah dijumpai pada kedalaman 60 m. Seperti pola yang terlihat pada sebaran temperature dan salinitas dimana pada kedalaman sekitar 60 m perbedaan nilai parameter tersebut antara stasiun dengan lintang rendah terhadap stasiun dengan lintang tinggi tidak terlalu mencolok. Bahkan jamak ditemukan kebalikan pola sebaran seperti pada permukaan, di duga pada kedalaman setelah termoklin, terdapat masukan massa air dari belahan bumi bagian

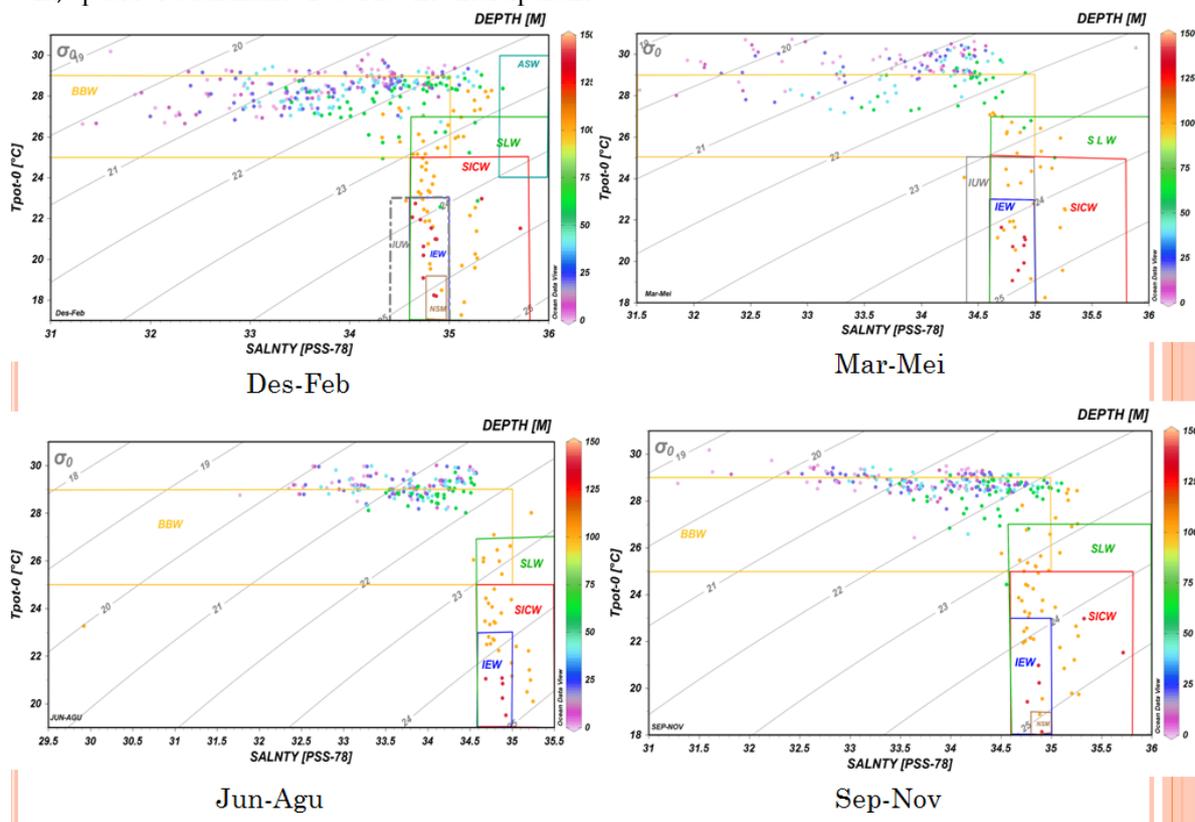
Massa air permukaan di dominasi oleh massa air BBW dengan rentang isopiknal 19-24, di isopiknal lebih dari 22 berpotongan dengan massa air SLW pada kedalaman 60 m khusus di stasiun III dan pada kedalaman 100 m di stasiun lainnya, hal tersebut sama seperti periode Desember-Februari yang menunjukkan adanya peningkatan nilai Temperatur-Salinitas setelah kedalaman 60 m pada stasiun III. Seperti periode Desember-Februari, terdapat percampuran dari beberapa jenis massa air pada kedalaman 100 m. Sebagai contoh pada stasiun I, II, dan VI di kedalaman 100 m merupakan campuran dari massa air BBW dan SLW, pada stasiun III campuran massa air BBW dan SLW sudah dijumpai pada kedalaman 60 m. Seperti pola yang terlihat pada sebaran temperature dan salinitas dimana pada kedalaman sekitar 60 m perbedaan nilai parameter tersebut antara stasiun dengan lintang rendah terhadap stasiun dengan lintang tinggi tidak terlalu mencolok. Bahkan jamak ditemukan kebalikan pola sebaran seperti pada permukaan, di duga pada kedalaman setelah termoklin, terdapat masukan massa air dari belahan bumi bagian

selatan di hampir sepanjang tahun dengan karakter temperature rendah dan salinitas lebih tinggi. Desakan massa air disebelah selatan tersebut lebih terlihat pada stasiun I (ekuator) dan stasiun II (1.5 °LU).

Massa air BBW ditemukan juga pada permukaan hingga kedalaman 60 m di semua stasiun, pada Stasiun I bulan Agustus 2010 dan Stasiun VI Juli 2009 bahkan ditemukan hingga kedalaman 100 m. Sementara pada kedalaman 100 m di stasiun dan bulan lainnya, massaair BBW bercampur dengan massa air SLW yang memiliki karakteristik temperatur lebih rendah dan salinitas lebih tinggi. Massa air SLW juga berpotongan dengan massa air SICW pada kedalaman 100 m, pada kedalaman 100-140 m merupakan

massa air IEW yang juga terdapat pada periode Desember-Februari. Isopiknal pada periode Juni-Agustus adalah yang paling rendah dibanding periode lainnya. Massa air BBW periode Juni-Agustus lebih banyak berada pada isopiknal 20-22.

Massa air permukaan masih di dominasi oleh massa air BBW, yang di temukan dalam rentang isopiknal yang lebih luas dari periode Juni-Agustus dan lebih sempit dari periode Desember-Februari dan Maret-Mei. Karakteristik massa air tidak berbeda jauh dengan periode sebelumnya. Diperkirakan percampuran massa air dari stasiun I-VI hingga kedalaman 140 m masih saling mempengaruhi.



Gambar 13. Diagram T-S Musiman

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai SST semakin berkurang dari stasiun I ke stasiun VI pada periode Desember-Februari dan Maret-Mei, sebaliknya akan semakin bertambah pada periode Juni-Agustus dan September-November. Pada kedalaman 140 m kebawah nilai temperatur semakin berkurang dari stasiun I ke stasiun VI di semua periode. Sementara Nilai Salinitas dan Densitas di semua lapisan cenderung semakin berkurang dari stasiun I menuju stasiun VI.
2. Terjadi peningkatan nilai temperatur, salinitas, dan densitas tiap tahunnya, dan pengaruh angin muson terbatas pada lapisan tercampur.
3. Massa air yang terdapat di lokasi diduga adalah massa air *Bengal Bay Water* (BBW), *Subtropical Lower Water* (SLW), *South Indian Central Water* (SICW), *Indian Equatorial Water* (IEW), dan *Northern Salinity Minimum* (NSM). Khusus periode Desember-Februari terdapat 1 massa air yang berbeda, yaitu *Arabian Sea Water* (ASW) dengan karakter salinitas maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Tomczak, M. dan Godfrey, J.S. 1994. *Regional Oceanography: An Introduction*. Butler & Tanner Ltd: London.
- Reddy, M.P.M. 2001. *Descriptive Physical Oceanography*. A.A. Balkema: India .