

**STUDI LAPISAN TERMOKLIN
UNTUK MENENTUKAN POLA PERAMBATAN GELOMBANG SUARA
(STUDI KASUS LAUT BANDA)**

Jaka Winanta.¹, A. Rita Tisiana D. K², Hendrawan Setiadi³ Nur Riyadi³

¹Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

²Dosen Pengajar Prodi D-III Hidro-Oseanografi, STTAL

³Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Ada beberapa wilayah laut yang sangat menarik di Indonesia, salah satunya yaitu laut banda. Laut Banda adalah sebuah laut yang terletak di Kepulauan Maluku, Indonesia. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi lapisan termoklin dan mempelajari perubahan cepat rambat gelombang suara didalam air khususnya pada area penelitian di Laut Banda. Data CTD bulan Juni 2010 menunjukkan kedalaman batas atas lapisan termoklin yang bervariasi berkisar antara 51 – 88 meter dibawah permukaan laut dan ketebalan lapisan termoklin berkisar antara 145 – 225 meter kemudian terjadi perubahan cepat rambat gelombang suara dimana berkisar antara 1500,9 – 1538,7 ms⁻¹. Data CTD bulan November 2014 menunjukkan kedalaman batas atas lapisan termoklin yang bervariasi berkisar antara 30 – 95 meter dibawah permukaan laut dan ketebalan lapisan termoklin berkisar antara 185 – 297 meter, kemudian terjadi perubahan cepat rambat gelombang suara dimana berkisar antara 1495,8 – 1537,5 ms⁻¹. Analisa data model menunjukkan kedalaman lapisan termoklin pada bulan Januari – Juni 2014 berada pada kedalaman 50 – 250 meter dengan cepat rambat gelombang suara yang terjadi berkisar antara 1466 – 1506 ms⁻¹. Bulan Juli – Oktober 2014 lapisan termoklin naik dan berada pada kedalaman 5 – 180 meter perubahan cepat rambat gelombang suara berkisar antara 1470 – 1502 ms⁻¹. Pada bulan November – bulan Desember 2014 dimana lapisan termoklin kembali turun dan berada pada kedalaman 50 – 240 meter dan terjadi perubahan pada cepat rambat gelombang suara yang berkisar antara 1466 – 1506 ms⁻¹.

Kata kunci : Laut Banda, Lapisan Termoklin, CTD, Kecepatan Suara, Kecepatan Rambat Gelombang Suara.

Latar Belakang

Indonesia memiliki perairan yang strategis, yaitu dimana letaknya di antara benua Asia dan Australia. Karena posisinya yang terletak di antara benua Asia dan Australia, perairan Indonesia berada dalam suatu sistem pola angin yang disebut sistem angin muson. Ada beberapa wilayah laut yang sangat menarik di Indonesia, salah satunya yaitu laut banda. Laut Banda adalah sebuah laut yang terletak di Kepulauan Maluku, Indonesia. Laut berukuran 500 x 1.000 km ini terpisah dari Samudra Pasifik, Laut Halmahera dan Seram.

Kecepatan gelombang akustik bawah air adalah kecepatan gelombang mekanik yang merambat pada medium, sehingga parameter temperatur, salinitas, dan kedalaman sangat mempengaruhi kecepatan akustik tersebut. Dengan demikian setiap medium yang dilaluinya

akan memberikan kecepatan rambat yang berbeda-beda.

Dengan menggunakan hasil dari pengolahan data CTD bulan Juli tahun 2010 dan bulan November tahun 2014 dan memanfaatkan data model temperatur tahun 2014 (kurun waktu satu tahun), penulis dapat melihat variasi lapisan termoklin dan perubahan cepat rambat gelombang suara dengan tujuan dapat memberikan gambaran atau informasi mengenai cepat rambat gelombang suara pada kedalaman lapisan termoklin di area penelitian laut Banda.

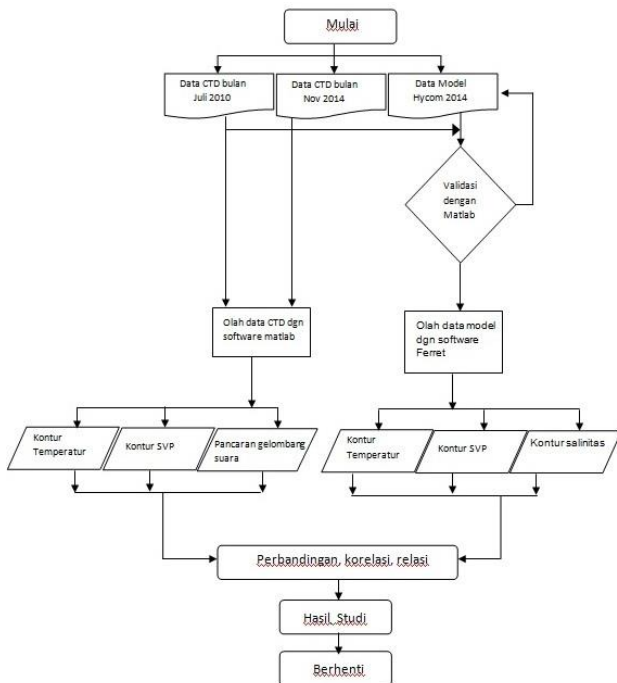
Batasan Masalah

Studi ini dibatasi untuk menentukan variasi lapisan termoklin di area penelitian (Laut Banda) dan variasi perubahan cepat rambat gelombang suara pada kedalaman (batas atas) lapisan termoklin.

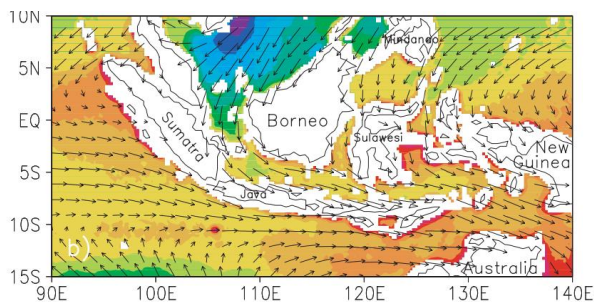
Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah mengidentifikasi perubahan lapisan termoklin yang terjadi pada bulan Juli tahun 2010 (angin muson timur) dan bulan November tahun 2014 (angin muson barat) menggunakan data CTD dan selama tahun 2014 menggunakan data model serta pengaruhnya pada perubahan pola perambatan gelombang suara di area penelitian Laut Banda.

Diagram Alir Penelitian

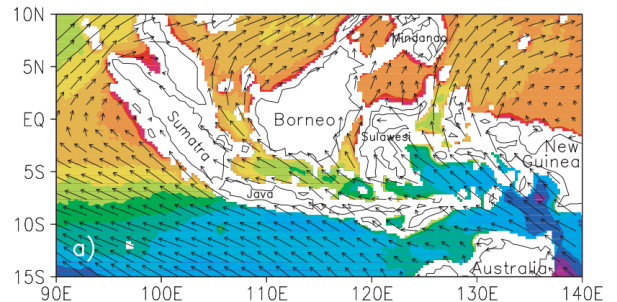


Fenomena Perairan Indonesia.



Gambar 2.1 Angin Muson Timur

Muson timur atau muson musim panas barat daya adalah angin yang bertiup pada bulan April-Oktober di Indonesia. Pada bulan-bulan tersebut posisi matahari berada di belahan bumi utara. Hal ini menyebabkan benua Australia menjadi lebih dingin (bertekanan tinggi) dibandingkan Benua Asia (bertekanan rendah), sehingga angin bertiup dari Benua Australia (bertekanan tinggi) ke Benua Asia (bertekanan rendah) melewati Indonesia seperti (Gambar 2.1).



Gambar 2.2 Angin Muson Barat

Muson barat atau muson musim dingin timur laut adalah angin yang bertiup pada bulan Oktober-April di Indonesia. Pada bulan-bulan tersebut posisi matahari berada di belahan bumi selatan. Hal ini menyebabkan benua Asia menjadi lebih dingin (bertekanan tinggi) dibandingkan Benua Australia (bertekanan rendah), sehingga angin bertiup dari Benua Asia (bertekanan tinggi) ke Benua Australia (bertekanan rendah) melewati Indonesia (Gambar 2.2).

Lapisan Termoklin.

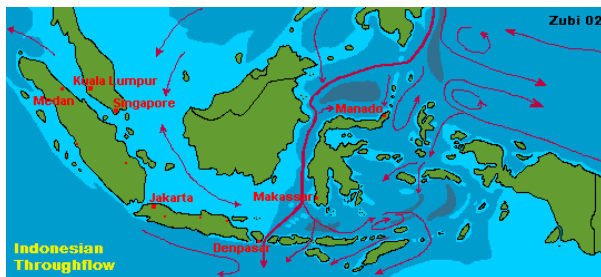
Suhu menurun secara teratur sesuai dengan kedalaman. Semakin dalam suhu akan semakin rendah atau dingin. Hal ini diakibatkan karena kurangnya intensitas matahari yang masuk kedalam perairan. Suhu mengalami perubahan secara perlahan-lahan dari daerah pantai menuju laut lepas. Umumnya suhu di pantai lebih tinggi dari daerah laut karena daratan lebih mudah menyerap panas matahari sedangkan laut tidak mudah mengubah suhu bila suhu lingkungan tidak berubah.

Termoklin merupakan lapisan dimana gradient suhu berubah secara cepat sehingga terjadi perubahan suhu yang sangat mencolok. Selama musim timur nilai gradien suhu pada lapisan termoklin berkisar antara 11-12°C/100m sedangkan pada musim barat 5-7°C/100m (Suwartana A.1985). Di bawah termoklin terdapat lapisan deep layer. Deep layer merupakan lapisan terbawah yaitu lapisan dimana suhu air rendah bahkan relatif konstan yaitu sebesar 4°C. Lapisan

ini juga biasa disebut lapisan hipilimnion (Hutabarat dan Evans, 1986).

Parameter Oseanografi di Laut Banda.

Arus Lintas Indonesia (Gambar 2.3) adalah aliran massa air antar samudera yang melewati Perairan Indonesia. Sebagai negara yang diapit oleh dua lautan besar yakni Samudera Pasifik di bagian utara dan timur laut serta Samudera Hindia di bagian selatan dan barat daya Indonesia berlaku sebagai saluran bagi aliran massa air dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Aliran massa air ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan tekanan antara kedua lautan tersebut (Wyrтки 1987).



Gambar 2.3 Arus Lintas Indonesia

Ketidakteraturan topografi dasar perairan Indonesia, antara lain disebabkan oleh banyaknya pulau, penyempitan atau pelebaran selat, juga banyak terdapatnya sill (dataran lembah yang mencuat) di mulut cekungan laut, aliran massa air yang semula tampak sederhana menjadi tidak sederhana lagi. Selain itu tingginya kisaran (range) pasang surut dan intensifnya lapisan termoklin yang merupakan sifat khas perairan Indonesia, kehadiran ARLINDO ini menambah kompleksnya proses fisis yang terjadi di perairan Indonesia. Sebagai contoh adalah proses mixing/percampuran dua massa air yang berbeda, upwelling, downwelling dan sebagainya. Proses-proses tersebut membawa pengaruh luas, tidak saja bagi bidang oseanografi, tetapi juga bagi bidang-bidang lain seperti perikanan, cuaca/iklim serta lingkungan laut dan pantai.

Analisis massa air menunjukkan bahwa sebagian besar massa air pada lapisan termoklin berasal dari Samudera Pasifik Utara, dengan jalur utama melalui Selat Makassar. Massa air Selat Makassar menuju Samudera Hindia melalui Selat Lombok [Murray et al., 1989], pada saat pergerakan tersebut sebagian besar ternyata mengarah ke arah timur yaitu ke Laut Flores dan kemudian Laut Banda dan lapisan permukaan dipengaruhi oleh tekanan angin lokal (Wyrтки [1958, 1961], Birowo dan Ilahude [1977], Zijlstra et al. [1990], dan Ilahude et al. [1990]).

Di Laut Banda kedalaman lebih dari 300 dbar (1 dbar = 10 meter) memiliki salinitas yang sama seperti laut Flores yaitu sekitar 34,6 ppm dan berasal dari Pasifik Utara, salinitas yang meningkat pada laut Banda terbawa sampai lapisan terendah termoklin pada Laut Flores melalui sirkulasi massa air selat makassar.

Suhu permukaan laut (SST) di Laut Banda bervariasi dari yang rendah 26,5° C pada bulan Agustus sampai yang tertinggi 29,5° C pada bulan Mei dan Desember. Ekman upwelling (transport ekman) mencapai maksimum pada bulan Mei dan Juni sekitar 2,5 Sv (Sv = 106 m³ s⁻¹) dan April sampai Desember kecepatan ekman upwelling rata-rata 2,36 x 10⁻⁶ ms⁻¹ (1,27 Sv) dengan rata-rata tahunan yaitu 0,75 Sv.

Pada perairan timur Indonesia terdapat fenomena penyimpangan Suhu Permukaan Laut (SPL) di Pasifik tropis. Fenomena ini menyebabkan SPL di daerah tersebut menjadi lebih tinggi dari rata-rata normalnya. Fenomena ini disebut El Nino Southern Oscillation (ENSO). ENSO merupakan peristiwa anomali interannual yang terkuat di Samudera Pasifik tropis dan Samudera Hindia.

Secara umum para ahli membagi ENSO menjadi ENSO hangat (El-Nino) dan ENSO dingin (La-Nina). Kondisi tanpa kejadian ENSO biasanya disebut sebagai kondisi normal. Referensi penggunaan kata hangat dan dingin adalah berdasarkan pada nilai anomali SPL di Samudera Pasifik dekat ekuator bagian tengah dan timur.

El-Nino, menurut sejarahnya adalah sebuah fenomena yang teramati oleh para penduduk atau nelayan Peru dan Ekuador yang tinggal di pantai sekitar Samudera Pasifik bagian timur menjelang hari natal (Desember). Fenomena yang teramati adalah meningkatnya SPL yang biasanya dingin. Fenomena ini mengakibatkan perairan yang tadinya subur dan kaya akan ikan (akibat adanya upwelling atau arus naik permukaan yang membawa banyak nutrisi dari dasar) menjadi sebaliknya.

Di kemudian para ahli juga menemukan bahwa selain fenomena menghangatnya SPL, terjadi pula fenomena sebaliknya yaitu mendinginnya SPL akibat menguatnya upwelling. Kebalikan dari fenomena ini selanjutnya diberi nama La-Nina. Fenomena ini memiliki periode 2-7 tahun.

Regresi Linier Sederhana.

Regresi adalah pengukur hubungan dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Pada regresi harus

ada variabel yang ditentukan dan variabel yang menentukan atau dengan kata lain adanya ketergantungan variabel yang satu dengan variabel yang lainnya dan sebaliknya. Sehingga dengan demikian, regresi merupakan bentuk fungsi tertentu antara variabel tak bebas Y dengan variabel bebas X atau dapat dinyatakan bahwa regresi adalah sebagai suatu fungsi $Y = f(X)$. Bentuk regresi tergantung pada fungsi yang menunjangnya atau tergantung pada persamaannya.

Bentuk hubungan yang paling sederhana antara variabel X dengan variabel Y adalah berbentuk garis lurus atau berbentuk hubungan linier yang disebut dengan regresi linier sederhana atau sering disebut regresi linier saja dengan persamaan matematikanya adalah sebagai berikut: [2.1] $Y = A + BX$.

Kecepatan Suara di Air Laut.

Ada beberapa metode yang dikemukakan oleh para ahli tentang kecepatan suara di laut, seperti metode dari Kuwahara (1939), Del Grosso (1952), dan Wilson (1960). Perbedaan dari metode tersebut dipelajari oleh Mackenzie dan menemukan bahwa selisih dari ketiga metode di atas lebih kurang 3 ms-1.

Selama perkembangannya, ada metode yang dikemukakan oleh Mackenzie dimana memiliki nilai error terkecil sekitar 0,02 ms-1 dan digunakan sebagai dasar oleh banyak ahli oseanografi adalah metode Mackenzie.

$$C = 1448.96 + 4,591T - 5,304 \times 10^{-2}T^2 + 2,374 \times 10^{-4}T^3 + 1,340(S-35) + 1,630 \times 10^{-2}D + 1,657 \times 10^{-7}D^2 - 1,025 \times 10^{-2}T(S-35) - 7,139 \times 10^{-13}TD^3$$

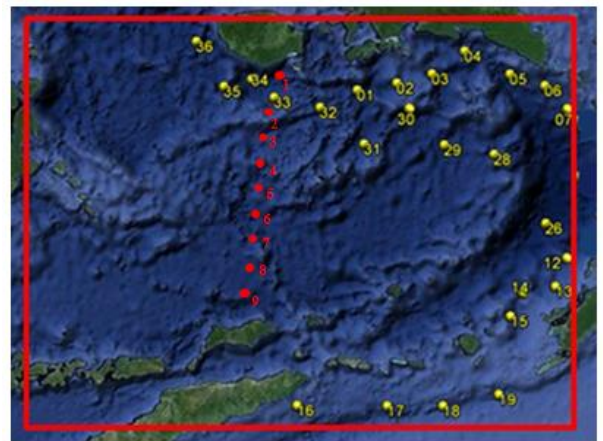
dimana C : Kecepatan suara di air laut (m/s)
 T : Temperatur (oC)
 S : Salinitas (ppt atau o/oo)
 D : Kedalaman (m)

pada range : Temperature : 00 - 300
 Salinity : 30 – 40 ppt
 Depth : 0 – 8000 m

Waktu dan Lokasi.



Gambar 3.1 Area Penelitian



Gambar 3.2 Lokasi Stasiun Penelitian

Lokasi penelitian di laut banda (Gambar 3.1) dengan stasiun data observasi pada tahun 2010 (●) dan 2014 (●) (Gambar 3.2), dengan batas koordinat 123° 00'00" - 131° 00'00" BT dan 03° 00'00" - 09° 00'00"LS dengan luas area 592.687,4 km². Lokasi penelitian berada di perairan Laut Banda. Untuk analisa penelitian dilaksanakan di Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) dan Badan Penelitian dan Pengembangan KKP (BALITBANG KKP). Waktu penelitian dilaksanakan selama 6 (enam) bulan terhitung mulai bulan Juni 2015 sampai dengan November 2015.

Metode Pengumpulan Data.

Jenis data penelitian yaitu data model HYCOM (HYbrid Coordinate Ocean Model) dengan format NetCDF didapat dari mendownload melalui www.hycom.org dan divalidasi dengan data sekunder Conductivity, Temperature and Depth (CTD) tahun 2010 dari IPB (Institut Pertanian Bogor) pada kegiatan penelitian Cruise Indomix bulan Juli 2010 kerjasama antara FPIK IPB dengan Logos France dan data CTD tahun 2014 dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bulan November 2014.

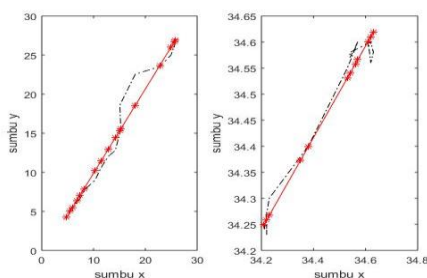
Metode Pengolahan Data.

Pengolahan data dilaksanakan di STTAL dan di BALITBANG KKP meliputi pengolahan data CTD dan data model dengan format NetCDF di perairan laut Banda menggunakan software matlab dan software ferret. Software matlab ini akan digunakan untuk menggambarkan/plotting data, sehingga akan diperoleh profil temperatur, salinitas, dan cepat rambat gelombang suara dari

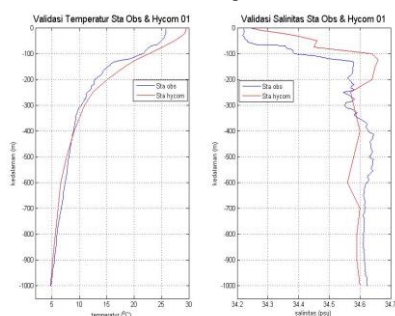
seluruh stasiun data observasi serta sebagai validasi data model dan untuk mengetahui variasi lapisan termoklin. Sedangkan software ferret digunakan untuk pengolahan data model NetCDF yang bertujuan untuk menggambarkan kontur temperatur, salinitas dan cepat rambat gelombang suara selama 1 tahun.

Validasi Data Observasi dengan Data Model.

Data observasi yang didapat berisikan parameter kedalaman, temperatur, dan salinitas dari setiap stasiun. Divalidasi dengan data model berdasarkan waktu dan posisi yang telah disesuaikan dengan data observasi menggunakan metode Regresi Linier bertujuan agar data model tersebut dapat digunakan.



Gambar 3.3 Regresi Linier Temperatur dan Salinitas Data Observasi dengan data model HYCOM

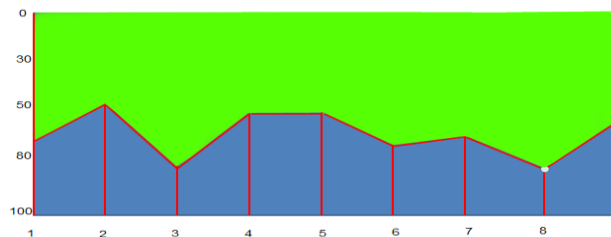


Gambar 3.4 Validasi temperature dan salinitas data observasi dengan data model HYCOM

Penentuan Batas Termoklin.

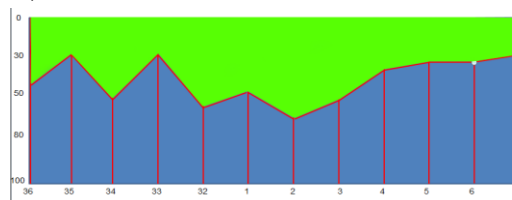
Perhitungan batas atas dan bawah lapisan termoklin di Laut Banda menunjukkan bahwa nilai maksimum batas atas tercatat pada kedalaman 70-80 meter dan nilai minimum pada kedalaman 20-30 meter. Kedalaman maksimum batas bawah tercatat pada kedalaman 450 meter, hal ini dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia yang ada pada tiap kedalaman kemudian perhitungan kedalaman batas atas maupun batas bawah lapisan termoklin didasarkan pada asumsi bahwa gradien tegak suhu air antara kedua kedalaman batas ini selalu lebih besar dari 2°C/100 m (Tchernia,1980).

Hasil SVP (Sound Velocity Profile) dan Perambatannya pada Kedalaman Batas Atas Termoklin menggunakan Software Matlab.



Gambar 4.1 Kedalaman pancaran stasiun INDOMIX yang tidak terdeteksi

Dari hasil pancaran pada kedalaman lapisan termoklin seluruh stasiun dapat disimpulkan bahwa kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran sonar tidak sama atau berubah dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran 69,7 meter dan rata – rata jarak yang tidak terdeteksi dari seluruh stasiun 453,7 meter.



Gambar 4.2 Kedalaman pancaran stasiun Obs.2014 segmen 1 yang tidak terdeteksi

Dari hasil pancaran pada kedalaman lapisan termoklin seluruh stasiun segmen 1 dapat disimpulkan bahwa kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran sonar tidak sama atau berubah dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran 43,7 meter dan rata – rata jarak yang tidak terdeteksi dari seluruh stasiun 281 meter.



Gambar 4.3 Kedalaman Pancaran stasiun obs. 2014 segmen 2 yang tidak terdeteksi

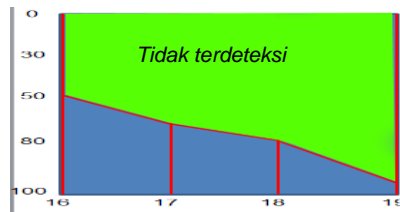
Dari hasil pancaran pada kedalaman lapisan termoklin seluruh stasiun segmen 2 dapat disimpulkan bahwa kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran sonar tidak sama atau berubah dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran 56,3 meter dan rata – rata

jarak yang tidak terdeteksi dari seluruh stasiun 336,3 meter.



Gambar 4.4 Kedalaman pancaran stasiun obs. 2014 segmen 3 yang tidak terdeteksi

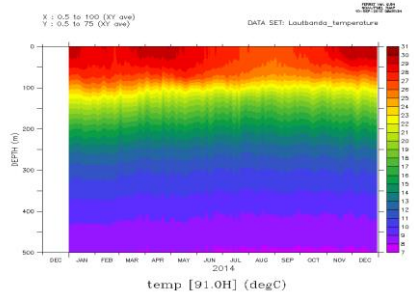
Dari hasil pancaran pada kedalaman lapisan termoklin seluruh stasiun segmen 3 dapat disimpulkan bahwa kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran sonar tidak sama atau berubah dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran 78 meter dan rata – rata jarak yang tidak terdeteksi dari seluruh stasiun 490,6 meter.



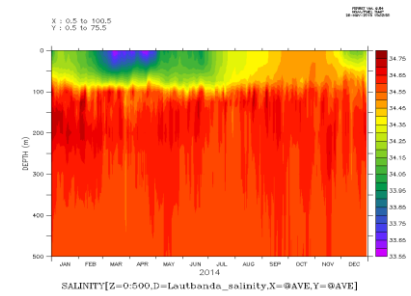
Gambar 4.5 kedalaman pancaran stasiun obs.2014 segmen 4 yang tidak terdeteksi

Dari hasil pancaran pada kedalaman lapisan termoklin seluruh stasiun segmen 4 dapat disimpulkan bahwa kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran sonar tidak sama atau berubah dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran 73,8 meter dan rata – rata jarak yang tidak terdeteksi dari seluruh stasiun 515 meter.

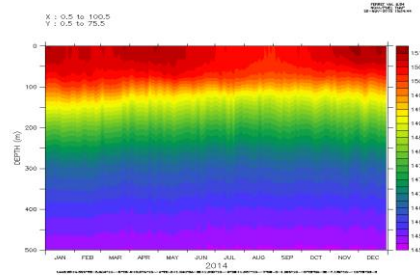
Analisis Lapisan Termoklin dari Data Model Hycom Tahun 2014 menggunakan Software Ferret.



Gambar 4.6 Kontur temperature selama 1 tahun



Gambar 4.7 Kontur salinitas selama 1 tahun.



Gambar 4.8 Kontur SVP selama 1 tahun.

Kedalaman lapisan termoklin pada bulan Januari – Juli berada pada kedalaman 50 – 250 meter dibawah permukaan laut dengan temperatur berkisar antara 15° - 26°C dan salinitas berkisar antara 34,35 – 34,50 ppm. Pada bulan Juli – Oktober lapisan termoklin naik dan berada pada kedalaman 5 – 180 meter dengan temperatur berkisar antara 12° - 24°C dan salinitas berkisar antara 34,35 – 34,55 ppm, menandakan bahwa pada bulan tersebut sedang terjadi fenomena upwelling. Kemudian pada bulan November – bulan Desember lapisan termoklin turun kembali dan berada pada kedalaman 50 – 240 meter dibawah permukaan laut dengan temperatur berkisar antara 16° - 25°C dan salinitas berkisar antara 34,35 – 34,60 ppm.

Kenaikkan Lapisan termoklin yang terjadi berdampak pula pada perubahan cepat rambat gelombang suara, pada bulan Januari - Juli dimana lapisan termoklin berada pada kedalaman 50 – 250 meter dibawah permukaan laut diketahui untuk cepat rambat gelombang suara yang terjadi berkisar antara 1466 – 1506 ms-1. Kemudian pada bulan Juli – Oktober, dimana pada bulan ini terjadi kenaikan lapisan termoklin pada kedalaman 5 – 180 meter diketahui terjadi perubahan cepat rambat gelombang suara dimana berkisar antara 1470 – 1502 ms-1. Pada bulan November – bulan Desember lapisan termoklin turun kembali dan berada pada kedalaman 50 – 240 meter dibawah permukaan laut, sehingga terjadi perubahan kembali pada cepat rambat gelombang suara dimana berkisar antara 1466 – 1506 ms-1. Dapat disimpulkan bahwa cepat rambat gelombang suara sangat

dipengaruhi oleh keberadaan lapisan termoklin yang ditandai dengan perubahan temperatur, semakin rendah temperatur pada kedalaman tertentu maka cepat rambat gelombang suaranya semakin rendah, begitupun sebaliknya semakin tinggi temperatur pada kedalaman tertentu maka cepat rambat gelombang suaranya semakin tinggi.

Kesimpulan.

1. Keberadaan lapisan termoklin akan berpengaruh terhadap pola penjalaran gelombang akustik di laut, pada 9 stasiun data observasi bulan Juni 2010 kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran berkisar antara 0 – 51 meter dan 0 – 88 meter dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pada seluruh stasiun 69,7 meter dan jarak yang tidak terdeteksi pancaran sonar berkisar antara 320 – 650 meter dengan rata – rata jarak yang tidak terdeteksi pancaran sonar 453,7 meter. Pada 25 stasiun data observasi bulan November 2014 kedalaman yang tidak terdeteksi pancaran berkisar antara 0 – 30 meter dan 0 – 95 meter dengan rata – rata kedalaman yang tidak terdeteksi pada seluruh stasiun 58,9 meter dan jarak yang tidak terdeteksi pancaran sonar berkisar antara 150 – 750 meter dengan rata – rata jarak yang tidak terdeteksi pancaran sonar 369,2 meter. Sebagai informasi bahaya navigasi terdapat pada area yang tidak terdeteksi pancaran sonar.

2. Analisa data model menunjukkan kedalaman lapisan termoklin pada bulan Januari – Juni 2014 berada pada kedalaman 50 – 250 meter dibawah permukaan laut dengan temperatur berkisar antara 15 - 26°C dan salinitas berkisar antara 34,35 – 34,50 ppm kemudian untuk perubahan cepat rambat gelombang suara berkisar antara 1466 – 1506 ms-1. Kemudian pada bulan Juli – Oktober 2014 lapisan termoklin naik dan berada pada kedalaman 5 – 180 meter dengan temperatur berkisar antara 12 - 24°C dan salinitas berkisar antara 34,35 – 34,55 ppm kemudian perubahan cepat rambat gelombang suara berkisar antara 1470 – 1502 ms-1. Pada bulan November – bulan Desember 2014 lapisan termoklin turun kembali dan berada pada kedalaman 50 – 240 meter dibawah permukaan laut dengan temperatur berkisar antara 16 - 25 °C dan salinitas berkisar antara 34,35 – 34,60 ppm kemudian untuk perubahan cepat rambat gelombang suara yang terjadi berkisar antara 1466 – 1506 ms-1.

Saran.

1. Hasil penelitian ini selanjutnya dapat digunakan sebagai salah satu bahan untuk membuat peta kolom air.
2. Perlu diadakan penelitian lanjut untuk mengetahui kedalaman lapisan termoklin di wilayah perairan Indonesia agar dapat bermanfaat sebagai informasi kepada pengawak kapal selam sehingga terciptanya keselamatan dalam pelayaran.

Daftar Pustaka

- Arnold L. Gordon and Amy Ffield, 1994 : *“Thermocline of the Flores and Banda Seas” journal of geophysical research, vol. 99, no. c9, pages 18,235-18,242.*
- Arnold L. Gordon and R. Dwi Susanto, 2001. *Banda Sea surface-layer divergence. Ocean Dynamics (2001) 52: 2-10*
- Atmadipura.A.,2010. Cruise INDOMIX Laut Banda bulan Juli 2010,FPIK IPB dan Logos France.
- Brodjonegoro.I, 2013. Kuliah Umum tentang Akustik Bawah Air. STTAL, Jakarta.
- Bintara.A, 2014. Skripsi variasi lapisan termoklin di perairan selatan jawa dan barat sumatera dan aplikasinya untuk operasi kapal selam. STTAL, Jakarta.
- Dongliang Yuan, Jing Wang, Tengfei Xu, Peng Xu, Zhou Hui, And Xia Zhao. 2011. *Forcing of the Indian Ocean Dipole on the Interannual Variations of the Tropical Pacific Ocean: Roles of the Indonesian Throughflow. J. Climate, vol 24, 3593 – 3608. American Meteorological Society*
- Erik van Sebille, Janet Sprintall, Franziska U. Schwarzkopf, Alex Sen Gupta, Agus Santoso, Matthew H. England, Arne Biastoch, and Claus W. Boning. 2013. *Pacific-to-Indian Ocean connectivity: Tasman leakage, Indonesian Throughflow, and the role of ENSO. J.. Geophys. Res. Oceans, 119,1365–1382.*
- Iskhaq Iskandar, Yukio Masumoto, Keisuke Mizuno, Hideharu Sasaki,

- Azhar K. Affandi, Dedi Setiabudidaya, and Fadli Syamsuddin. *Coherent intraseasonal oceanic variations in the eastern equatorial Indian Ocean and in the Lombok and Ombai Straits from observations and a high-resolution OGCM. J. Geophys. Res. Oceans*, 119, 615–630.
- Janet Sprintall and Ade` le R_evelard. 2013: *The Indonesian Throughflow response to Indo-Pacific climate variability. J. Geophysical. Res. Oceans*, 119, 1161–1175.
- J.Clements and R.Robertson, 2014: *Acoustic ray propagation the waters off easter Australia using ocan glider data.*
- J.Sivarana Sastry, Department of geophysics, Andra University,1955:*The sond velocity structure of the self waters of visakhapatnam.*
- Lau, N. C., and M. J. Nath, 2000: *Impact of ENSO on the variability of the Asian–Australian monsoons as simulated in GCM experiments. J. Climate*,13,4287–4309.
- Lau, N. C., and M. J. Nath, 2003: *Atmosphere–ocean variations in the IndoPacific sector during ENSO episodes. J. Climate*,16,3–20.
- Lau, N.C., A. Leetmaa, M.J. Nath, and H.L. Wang, 2005: *Influence of ENSO-induced Indo-western Pacific SST anomalies on extratropical atmospheric variability during the boreal summer. J. Climate*,18,2922–2942.
- M. Safitri, S.Y. Cahyarini, dan M.R. Putri. 2012. Variasi Arus Arlindo dan parameter oseanografi di Laut Timor sebagai indikasi kejadian ENSO. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 4, No. 2, Hlm. 369-377.
- Pandoe.W, Banda 2014. Survey RV.Baruna Jaya dalam rangka Sail banda.
- P.V.Hareesh Kumar and K. G. Radhakoishnan. 2010:*Transmission Loss Variability associated with Upwelling and Downwelling off the Southwest coast of India,Defence science journal, vol. 60, NO.55,pp.470-842*
- .R.Dwi Susanto, Arnold L. Gordon and Quanan Zheng, 2001. *Upwelling along the coast of Java and Sumatra and its relation to Enso. J. Geophysical Research Letters*, Vol.28, No. 8, Pages 1599-1602
- Saji, N. H., B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran, and T. Yamagata. 1999. *A dipole mode in the tropical Indian Ocean,Nature*, 401, 360–363
- Sprintall, J., S. E. Wijffels, R. Molcard, and I. Jaya. 2009. *Direct Estimates of the Indonesian Throughflow Entering the Indian Ocean: 2004-2006. J. Geophys. Res.*, 114, C07001.
- Stewart and Robert H, 2008, *Introduction To Physical Oceanography*, Department of Oceanography Texas A & M University. September Edition.
- Suwartana.A,1985:*Sebaran kedalaman Batas atas dan bawah lajisan termoklin di Laut Banda,Oseanologi di Indonesia,No.19.*
- Urlick, Robert J. 1979: *Sound propagation in the sea. Arlington, Va. : Dept. of Defense.*
- Wyrcki, K., 1987. *Indonesian throughflow and the associated pressure gradient. J. Geophys. Res.*,92,12 941–12 946