

**VARIASI LAPISAN TERMOKLIN
DI PERAIRAN SELATAN JAWA DAN BARAT SUMATERA
DAN APLIKASINYA UNTUK OPERASI KAPAL SELAM**

Arizzona Bintara¹, Sutikno Pratikno, S. Si², Wahyu Widodo Pandoe³, M.Firdaus Yusuf⁴

¹Mahasiswa Program Studi S1 Hidrografi, STTAL

²Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

³Peneliti dari Balai Teknologi Survei Kelautan, BPPT

⁴Peneliti dari Pusat Pendidikan Hidro-Oseanografi TNI AL

ABSTRAK

Keberadaan sistem angin Muson, IOD, ITF dan ENSO berpengaruh terhadap perubahan lapisan termoklin di Samudera Hindia. Pada tiap tempat di Samudera Hindia mempunyai variasi kedalaman lapisan termoklin yang berbeda-beda. Keberadaan lapisan termoklin di Samudera Hindia dapat diketahui dengan menentukan besar gradien temperatur pada kolom air laut. Nilai absolut gradien penurunan temperatur vertikal pada lapisan termoklin standar untuk daerah Samudera Hindia adalah lebih dari atau sama dengan 0,05°C/m (Bureau of technical supervision of the P.R of China,1992).

Hasil menunjukkan bahwa pada daerah barat Sumatera, dari barat daya ke tenggara kedalaman lapisan termoklin semakin dalam dengan rata rata kedalaman 44,38 meter di barat daya dan 50 meter di tenggara. Demikian juga dengan ketebalan lapisan termoklin menunjukkan dari barat daya (ketebalan rata-rata 103,125 meter) ke tenggara (ketebalan rata-rata 107,5 meter) ke semakin tebal.

Pada selatan Jawa, dari utara ke selatan posisi kedalaman dari permukaan lapisan termoklin semakin dalam dengan rata rata kedalaman dari 44,38 meter di selatan dan 63,75 meter di utara. Demikian juga dengan ketebalan lapisan termoklin menunjukkan dari utara (ketebalan rata-rata 114,38 meter) ke selatan (ketebalan rata-rata 133,125 meter) semakin tebal.

Keberadaan lapisan termoklin akan berpengaruh terhadap pola penjalaran gelombang akustik di laut. Posisi sonar yang paling baik untuk mendeteksi kapal selam adalah pada permukaan lapisan termoklin, karena pada posisi ini sonar dapat mendeteksi kapal selam pada mixed layer dan lapisan termoklin.

Kata kunci : Samudera Hindia, barat Sumatera, selatan Jawa, lapisan termoklin, kapal selam.

ABSTRACT

The existence of Monsoon, IOD, ITF and ENSO influence on changes in the Indian Ocean thermocline. At every place in the Indian Ocean, the depth of thermocline varies. The existence of the thermocline in the Indian Ocean can be known by determine the temperature gradient in the ocean water column. The standart absolute value of the vertical temperature gradient reduction in the thermocline layer standard for the Indian Ocean region is greater than 0.05 ° C / m (Bureau of technical supervision of the PR of China, 1992).

The results showed that the western ocean region of Sumatra, extending from southwest to southeast, depth of the thermocline deepened with an average depth of 44.38 meters in the southwest to 50 meters in the southeast. Likewise, the thickness of the thermocline shows from southwest (average thickness of 103.125 meters) is getting thicker to the southeast (average thickness of 107.5 meters).

In the south of Java, the depth of the thermocline layer is deeper in the south with an average depth of 63.75 meters and shallower 44.38 meters in the north. Likewise, the thickness of the thermocline shows from the north (average thickness of 114.38 meters) to the south (average thickness of 133.125 meters) is getting thicker.

The existence of a thermocline will affect the pattern of wave acoustic propagation in the ocean. The influence of propagation will also affect the operation and detection of submarines in the thermocline layer. The best position of the sonar to detect submarines are on the surface of the thermocline, because in this position sonar can detect the submarine in mixed layer and thermocline areas..

Key word : Indian Ocean, west Sumatera, south Java, thermocline, submarine.

Latar Belakang

Perairan Indonesia memiliki posisi yang strategis, yaitu terletak di antara benua Asia dan Australia. Selain letaknya yang diapit oleh dua benua, perairan Indonesia juga menghubungkan dua samudera, yaitu Samudera Pasifik dan Samudera Hindia.

Karena posisinya yang terletak di antara benua Asia dan Australia, perairan Indonesia berada dalam suatu sistem pola angin yang disebut sistem angin muson. Angin muson ini berpengaruh terhadap sirkulasi air laut di perairan Indonesia.

Di perairan Indonesia juga terdapat arus yang bergerak dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia. Arus ini biasanya disebut Arus Lintas Indonesia/ ARLINDO atau lebih dikenal sebagai *Indonesian Through Flow* (ITF).

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. Hal ini secara luas diakui bahwa peristiwa ENSO memiliki dampak global, termasuk variasi iklim di Samudra Hindia (Lau and Nath 2000, 2003; Alexander et al. 2002; Lau et al. 2005)

Di Samudera Hindia terjadi interaksi antara lautan dan atmosfer pada waktu-waktu tertentu yang menunjukkan suatu pola variabilitas internal dengan penyimpangan SPL. Hal ini terjadi di bagian barat dan timur Samudera Hindia yang disertai dengan penyimpangan arah tiupan angin dan presipitasi. Fenomena ini didefinisikan oleh Saji et al.(1999) sebagai kejadian *Dipole Mode* atau *Indian Ocean Dipole* (IOD) .

Dari penjelasan diatas menunjukkan bahwa Samudera Hindia memiliki sifat unik karena mendapat pengaruh dari fenomena-fenomena seperti IOD, ITF, ENSO, dan sistem angin Muson. ENSO, IOD dan Monsun semuanya berpengaruh terhadap kedalaman batas atas, batas bawah, dan ketebalan termoklin (Kunarso et al. 2012)

Perubahan keberadaan dari lapisan termoklin akan berpengaruh terhadap pengoperasian kapal selam karena pada lapisan termoklin terdapat daerah bayangan (*shadow zone*¹). Daerah tersebut

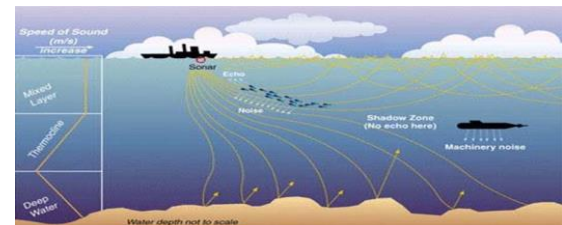
merupakan daerah yang aman untuk tempat persembunyian kapal selam.

Perumusan Masalah

Sampai saat ini banyak terdapat daerah-daerah perairan Indonesia yang masih belum diketahui pola umum dari lapisan termoklin, khususnya di daerah Samudra Hindia.

Yang dimaksud dengan lapisan termoklin dalam penulisan ini adalah lapisan dimana terjadi perubahan temperatur yang besar secara vertikal pada kolom air laut. Nilai absolut gradien penurunan temperatur vertikal pada lapisan termoklin standar untuk daerah Samudera Hindia adalah sebesar 0,05°C/m (*Bureau of technical super vision of the P.R of China,1992*). Informasi lapisan termoklin ini sangat diperlukan untuk mengetahui pola penjalaran gelombang akustik di laut.

Dari segi pertahanan, informasi ini diperlukan oleh TNI Angkatan Laut sebagai informasi untuk kapal selam dan kapal atas air dalam melaksanakan deteksi bawah air. Selain itu informasi lapisan juga diperlukan oleh kapal selam dalam bernavigasi atau bersembunyi dari pendeteksian kapal permukaan.



Gambar 1. Daerah *Shadow Zone*

Tujuan Penelitian

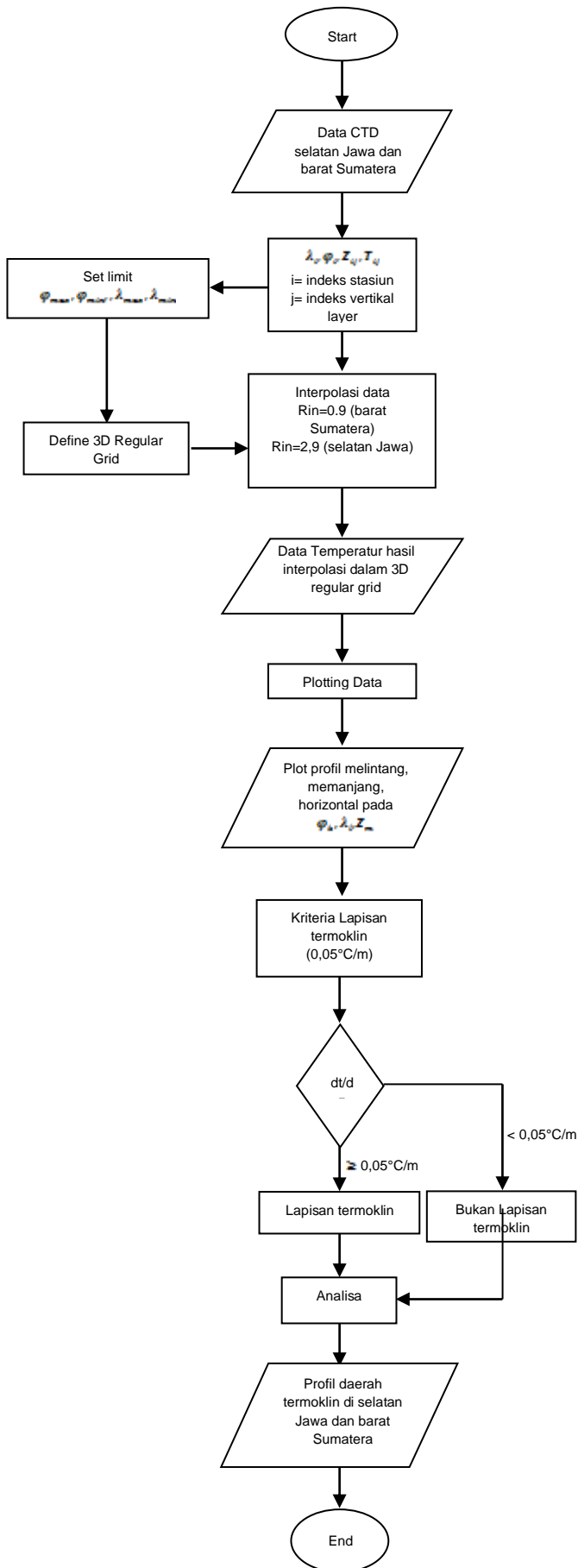
Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui keberadaan lapisan termoklin di selatan Jawa dan barat Sumatera dalam waktu tertentu sehingga dapat diketahui variasi dari lapisan termoklin dan penjalaran gelombang akustik di daerah tersebut .

Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui keberadaan lapisan termoklin di selatan Jawa dan barat Sumatera, maka dapat diketahui pola penjalaran gelombang akustik di daerah tersebut. Informasi ini dapat dimanfaatkan oleh TNI Angkatan Laut sebagai dasar dalam operasi pendeteksian kapal selam dan pengoperasian kapal selam itu sendiri pada Samudra Hindia selatan Jawa dan barat Sumatera.

¹ Daerah bayangan (*shadow zone*) adalah suatu area dimana gelombang suara tidak dapat merambat atau lemah sehingga hampir tidak dapat merambat dalam suatu medium, karena berbagai faktor, seperti adanya refleksi, refraksi, dan penyerapan gelombang suara oleh kolom perairan. Area dari *shadow zone* ini dapat berubah-ubah tergantung darimana sumber suara (*source*) dipancarkan.

Diagram Alir Penelitian



Pengolahan Data

Pengolahan data salinitas dan temperatur pada tiap-tiap stasiun diolah dengan menggunakan *software* Matlab.

1. Input Data ke Matlab

Sebelum melakukan pengolahan data, dilaksanakan *input* data ke program (matlab) agar data dapat diolah lebih lanjut. Adapun data yang dimasukkan meliputi data salinitas, temperatur, kedalaman dan data posisi dari tiap-tiap stasiun.

2. Pembuatan Matrik Data

Untuk *ploting* dua dimensi, data yang diperlukan tidak perlu dalam bentuk matrik, tetapi untuk plot tiga dimensi, data yang akan diolah harus dalam bentuk matrik yang sama. Matrik yang dibuat meliputi matrik salinitas, temperatur, kedalaman dan posisi tiap-tiap stasiun. Data posisi harus sesuai dengan data temperatur dan salinitas sebenarnya, sehingga pada tiap stasiun terdapat dua set data tiga dimensi yaitu set data lintang (y), bujur (x), kedalaman, temperatur, dan set data lintang, bujur, kedalaman, salinitas.

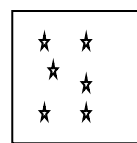
Temperatur

X1	Y1	Z1	T11
		Z2	T12
		Z3	T13

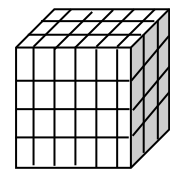
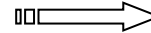
↓
dst

3. Interpolasi Data

Sebelum data diinterpolasi, data yang ada ditransformasikan dari *irregular point* ke *regular grid*. Transformasi ini bertujuan untuk membentuk matrik tiga dimensi.

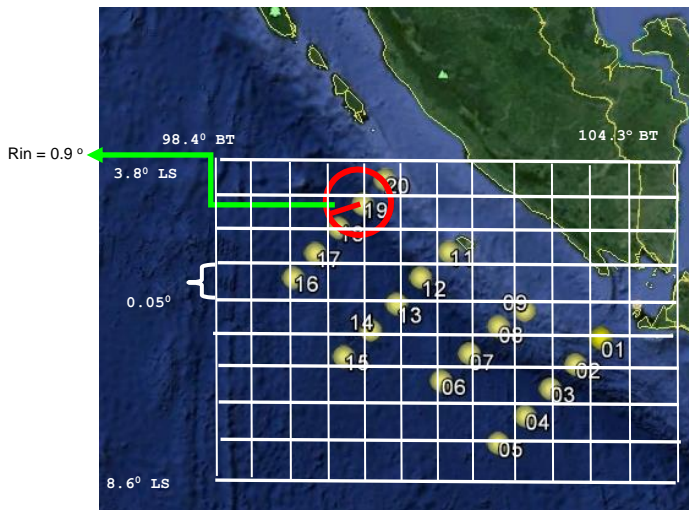


Irregular



3D Regular

a. Barat Sumatera (periode pertama dan kedua)



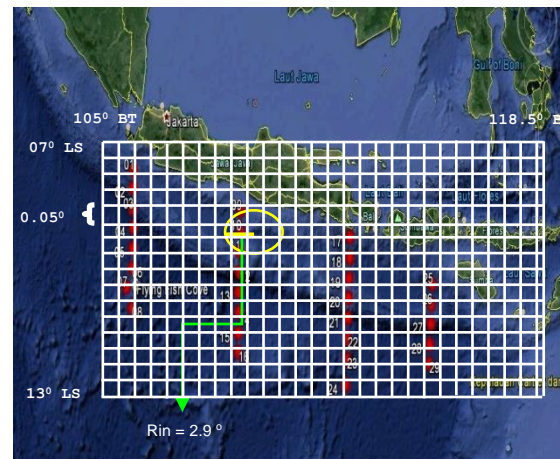
Gambar 2. Pembuatan grid pada stasiun barat Sumatera

Sebelum interpolasi data, dibuat terlebih dahulu grid yang mencakup seluruh stasiun. Karena posisi dari periode pertama dan kedua di barat Sumatera berdekatan, maka grid yang dibuat mempunyai batas yang sama. Adapun grid yang dibuat mempunyai batas 98° BT – 104.3° BT dan 3.8° LS – 8.6° LS dengan lebar grid 0.05°.

Setelah terbentuk *regular grid* dengan data lintang, bujur, kedalaman dan temperatur dari tiap-tiap stasiun, maka data yang ada akan diinterpolasi dengan stasiun-stasiun terdekat. Interpolasi yang dilakukan menggunakan jarak dengan jarak (Rin) 0.9°.

Dari jarak tersebut jika terdapat satu atau lebih stasiun yang masuk dalam jarak tersebut maka interpolasi yang dilaksanakan merupakan interpolasi dari stasiun-stasiun tersebut. Tetapi jika dalam titik tersebut tidak terdapat stasiun, maka data yang dimasukkan adalah NaN (Not-a-Number)

b. Selatan Jawa (periode pertama dan kedua)

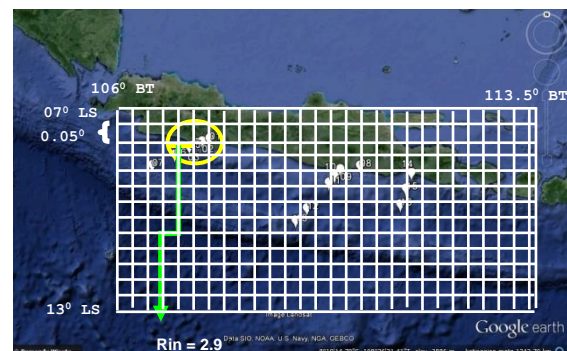


Gambar 3. Pembuatan grid pada stasiun selatan Jawa

Untuk area selatan Jawa periode pertama dan kedua, grid yang dibuat mempunyai batas 105° BT – 118° BT dan 07° LS – 13° LS dengan lebar grid yang sama yaitu 0.05°.

Setelah terbentuk *regular grid* dengan data lintang, bujur, kedalaman dan temperatur dari tiap-tiap stasiun, maka data yang ada akan diinterpolasi dengan stasiun-stasiun terdekat. Interpolasi yang dilakukan menggunakan jarak dengan jarak (Rin) 2.9°.

c. Selatan Jawa (periode ketiga)



Gambar 4. Pembuatan grid pada stasiun selatan Jawa periode ketiga

Pada periode ketiga selatan Jawa, posisi stasiun jaraknya jauh dengan periode pertama maupun periode kedua. Oleh karena itu pembuatan grid berbeda dengan periode sebelumnya.

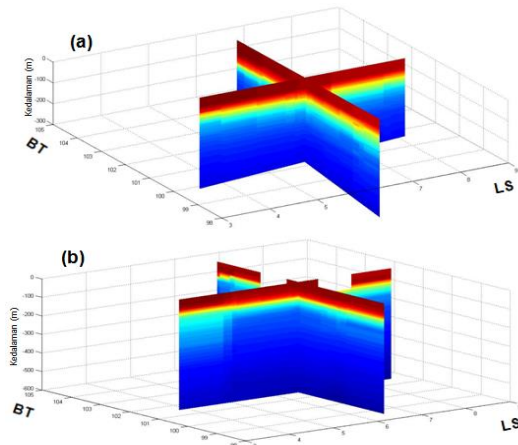
Adapun grid yang dibuat mempunyai batas 106° BT – 113.5° BT dan 07° LS – 13° LS dengan lebar grid yang sama yaitu 0.05°.

Setelah terbentuk *regular grid* dengan data lintang, bujur, kedalaman dan temperatur dari tiap-tiap stasiun, maka data yang ada akan diinterpolasi dengan stasiun-stasiun

terdekat . Interpolasi yang dilakukan menggunakan jarak dengan jarak (Rin) 2.9⁰.

HASIL DAN PEMBAHASAN

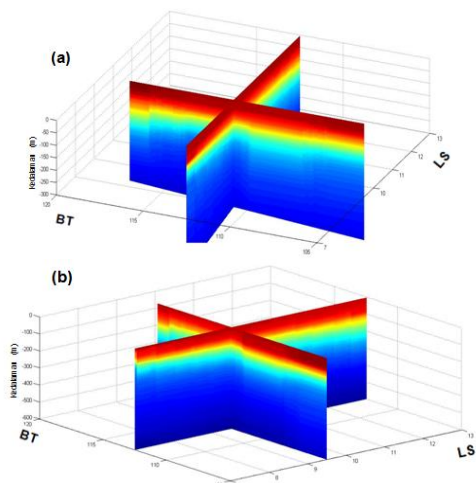
1. Perbandingan Plotting di Barat Sumatera



Gambar 5. Profil 3D Temperatur barat Sumatera periode pertama (a) dan kedua (b)

Secara garis besar perubahan kedalaman dari lapisan termoklin pada barat Sumatera dalam dua periode menunjukkan dari tenggara ke barat daya posisi kedalaman dari permukaan lapisan termoklin semakin dangkal dengan rata rata kedalaman dari 50 meter di tenggara dan 44,38 meter di barat daya. Demikian juga dengan ketebalan lapisan termoklin menunjukkan dari tenggara (ketebalan rata-rata 107,5 meter) ke barat daya (ketebalan rata-rata 103,125 meter) semakin tipis. Adapun dari timur ke barat kedalaman dari permukaan lapisan termoklin berubah-ubah tidak menentu (gambar (a),(b)).

2. Perbandingan Plotting di Selatan Jawa Periode Pertama dan Kedua



Gambar Profil 6.3D Temperatur selatan Jawa periode pertama (a) dan kedua (b)

Secara garis besar perubahan kedalaman dari lapisan termoklin pada selatan Jawa dalam dua periode menunjukkan dari selatan ke utara posisi kedalaman dari permukaan lapisan termoklin semakin dalam dengan rata rata kedalaman dari 63,75 meter di selatan dan 44,38 meter di utara. Demikian juga dengan ketebalan lapisan termoklin menunjukkan dari utara (ketebalan rata-rata 114,38 meter) ke selatan (ketebalan rata-rata 133,125 meter) semakin tebal. Adapun dari timur ke barat kedalaman dari permukaan lapisan termoklin berubah-ubah tidak menentu (gambar (a), (b)).

3. Plotting di Selatan Jawa Periode Ketiga

Rata-rata kedalaman lapisan termoklin pada periode ini disebelah utara sebesar 30 meter, sedangkan di sebelah selatan memiliki kedalaman rata-rata 34,67 meter. Sehingga dari keseluruhan data yang diperoleh dari selatan Jawa periode ketiga dapat disimpulkan bahwa dari utara ke selatan kedalaman lapisan termoklin semakin dalam.

Ketebalan lapisan termoklin menunjukkan bahwa ketebalan rata-rata di utara sebesar 139,33 meter dan di selatan sebesar 137 meter.

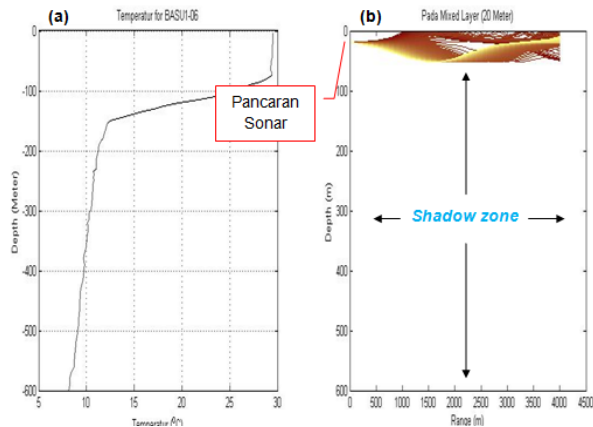
4. Aspek Strategis untuk Kapal Selam

Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) merupakan alur yang digunakan oleh kapal-kapal, baik kapal niaga maupun kapal perang asing untuk melintasi perairan Indonesia. Tidak menutup kemungkinan alur tersebut akan digunakan oleh kapal selam untuk melintas. Oleh karena itu, perlu diketahui profil dari temperatur di sekitar daerah tersebut. Data tersebut dapat digunakan oleh TNI AL untuk mengetahui daerah yang rawan digunakan oleh kapal selam asing untuk bersembunyi (daerah bayangan).

Source akan dipancarkan pada tiga area, yaitu pada *mixed layer*², permukaan lapisan termoklin dan di daerah termoklin sendiri.

² *Mixed layer* adalah lapisan dibawah permukaan laut yang mempunyai kerapatan hampir sama dengan di permukaan dimana pencampurannya masih dipengaruhi oleh gelombang dan angin di permukaan laut.

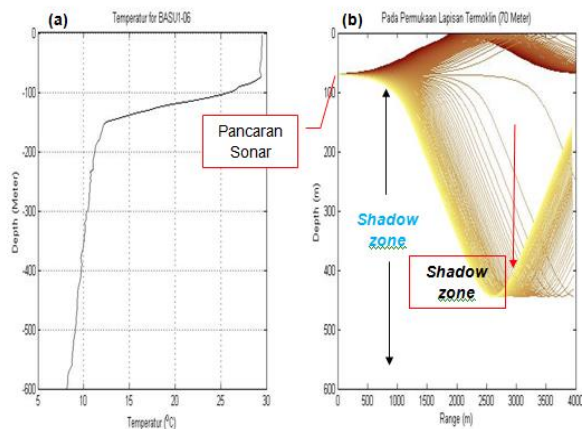
a. Pancaran Sonar pada *Mixed Layer*



Gambar 7. Pancaran sonar pada *mixed layer*.

Pada gambar (b) diatas, *source* (sonar) dipancarkan pada kedalaman 10 meter (pada *mixed layer*). Pancaran sonar tersebut hanya mampu mendeteksi kapal selam yang ada pada are *mixed layer* tanpa bisa mendeteksi kapal selam yang ada di daerah termoklin. Sehingga daerah di lapisan termoklin merupakan daerah *shadow zone*.

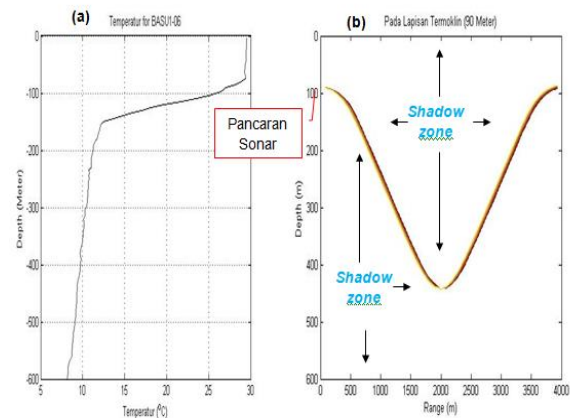
b. Pancaran Sonar pada Permukaan Lapisan Termoklin.



Gambar 8. Pancaran sonar pada permukaan lapisan termoklin.

Jika sonar dipancarkan pada permukaan lapisan termoklin, maka sonar akan mampu mendeteksi kapal selam yang ada pada lapisan *mixed layer* dan daerah termoklin (gambar (b)). Selain terdapat di luar area *tracking*, daerah kosong yang tidak terjangkau *array* juga termasuk *shadow zone*. Meskipun masih terdapat daerah *shadow zone*, cakupan area yang mampu dideteksi lebih luas.

c. Pancaran Sonar pada Lapisan Termoklin.



Gambar 9. Pancaran sonar pada lapisan termoklin

Jika sonar dipancarkan pada daerah termoklin, maka sonar hanya akan mampu mendeteksi kapal selam yang ada pada lapisan termoklin saja (gambar (b)). Sehingga akan banyak terdapat daerah *shadow zone* pada daerah di *mixed layer* dan lapisan termoklin.

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil *plotting* dari seluruh stasiun (daerah perairan) di barat Sumatera dan selatan Jawa, setiap stasiun memiliki kedalaman lapisan termoklin yang berbeda dengan stasiun lainnya.
2. Pada daerah barat Sumatera, dari barat daya ke tenggara kedalaman lapisan termoklin semakin dalam dengan rata rata kedalaman 44,38 meter di barat daya dan 50 meter di tenggara. Demikian juga dengan ketebalan lapisan termoklin menunjukkan dari barat daya (ketebalan rata-rata 103,125 meter) ke tenggara (ketebalan rata-rata 107,5 meter) ke semakin tebal.
3. Pada selatan Jawa, dari selatan ke utara posisi kedalaman dari permukaan lapisan termoklin semakin dalam dengan rata rata kedalaman dari 63,75 meter di selatan dan 44,38 meter di utara. Demikian juga dengan ketebalan lapisan termoklin menunjukkan dari utara (ketebalan rata-rata 114,38 meter) ke selatan (ketebalan rata-rata 133,125 meter) semakin tebal.
4. Keberadaan lapisan termoklin akan berpengaruh terhadap pola penjalaran gelombang akustik di laut. Pengaruh dari penjalaran ini juga akan berpengaruh terhadap pengoperasian dan pendeteksian kapal selam pada lapisan termoklin.

Saran

1. Dengan adanya perbedaan kedalaman dan perubahan kedalaman lapisan termoklin dari tiap-tiap daerah, maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut oleh TNI AL untuk mengetahui karakteristik dari tiap daerah di perairan Indonesia terutama daerah yang menjadi pintu masuk ke perairan Indonesia.
2. Perlunya *data base* pemetaan CTD di seluruh perairan Indonesia dengan interval waktu tertentu. Untuk itu salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan pengambilan data CTD oleh kapal yang sedang berlayar menggunakan *Expendable Bathy Thermograph* (XBT).

DAFTAR PUSTAKA

- Alec J Duncan and Miles J G Parsons, 2011 : *How Wrong Can You Be? Can a Simple Spreading Formula Be Used to Predict Worst-Case Underwater Sound Levels?*. Paper Number 87, Proceedings of Acoustics.
- Alexander, M. A., I. Blade´, M. Newman, J. R. Lanzante, N.-C. Lau, and J. D. Scott, 2002. *The atmospheric bridge: The influence of ENSO teleconnections on air–sea interaction over the global oceans*. *J. Climate*, 15, 2205–2231
- Ashok, K., Z. Guan, and T. Yamagata. 2001. *Impact of the Indian Ocean Dipole on the relationship between Indian Ocean monsoon rainfall and ENSO*. *Geophysical Research Letters* 28:4,499–4,502.
- Bureau of technical supervision of the P.R of China. 1992. *The Specification for Oceanographic Survey, Oceanographic Survey Data Processing (GB/T 12763.7—91)*. Standards press of China. P. 68-70
- Brodjonegoro, Irsan. 2013. Kuliah Umum tentang Akuistik Bawah Air. 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.
- Kunarso, Safwan Hadi, Nining Sari Ningsih, dan Mulyono. S. Baskoro, 2012: *Perubahan Kedalaman dan Ketebalan Termoklin pada Variasi Kejadian ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa Hingga Pulau Timor*. *J. Ilmu Kelautan*, Vol. 17 (2) 87-98
- 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. W. 2013. Kuliah Umum tentang Oseanografi Dinamik. STTAL, Jakarta.
- Pramudyo Dipo, I Wayan Nurjaya, dan Fadli Syamsudin. 2011. Karakteristik Oseanografi Fisik di Perairan Samudera Hindia Timur pada saat Fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) Fase Positif Tahun 1994/1995, 1997/1998 dan 2006/2007, J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 3, No. 2, Hal. 71-84
- .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.
- Urlick, Robert J. 1979: *Sound propagation in the sea*. Arlington, Va. : Dept. of Defense.
- Wyrтки, K., 1987. *Indonesian throughflow and the associated pressure gradient. J. Geophys. Res., 92, 12 941–12 946*