

Perubahan Ketebalan Lapisan Termoklin akibat Variabilitas Iklim ENSO dan IOD di Perairan Selat Bali

Georgina Faulia Rachman*, Anindya Wirasatriya dan Heryoso Setiyono

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: *georginafaulia@students.undip.ac.id

Abstrak

Selat Bali merupakan perairan semi tertutup yang menghubungkan Laut Bali di bagian utara dan Samudera Hindia di bagian selatan. Perairan ini juga memisahkan Pulau Jawa di sisi barat dan Pulau Bali di sisi timur. Lapisan termoklin merupakan lapisan perairan laut yang dicirikan terjadi penurunan temperatur yang cepat terhadap kedalaman. Kedalaman termoklin merupakan parameter fisis lautan yang letaknya bisa berubah-ubah secara vertikal. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengkaji lapisan termoklin yang terdapat di selat Bali dan melihat terdapatnya pengaruh dari variabilitas iklim ENSO dan IOD dengan menggunakan data angin, ONI, DMI dan vertikal temperatur dalam jangka waktu 11 tahun (2010-2020). Ditemukan lapisan termoklin pada bagian utara dan selatan di perairan Selat Bali dengan hasil ketebalan saat kondisi *La Niña* (2011) sebesar 119,5m, *El Niño* (2016) sebesar 50m, IOD (+) 2017 sebesar 100,5m dan IOD (-) 2019 sebesar 150,2m pada bagian utara. Sedangkan bagian selatan saat kondisi *La Niña* (2011) sebesar 190,5m, *El Niño* (2016) sebesar 19,5m, IOD (+) 2017 sebesar 106,5m dan IOD (-) 2019 sebesar 90,5m. Pada tahun 2016 terjadi peristiwa pendangkalan pada batas bawah di bagian selatan. Peristiwa ini disebabkan karena menguatnya arus lintas Indonesia yang diduga menekan batas atas sehingga lapisan tersebut mengalami pendalaman.

Kata kunci: Perairan Selat Bali, Lapisan Termoklin, ENSO dan IOD

Abstract

Changes in the Thickness of the Thermocline Layer due to ENSO and IOD Climate Variability in the Bali Strait Waters

*The Bali Strait is a semi-enclosed water that connects the Bali Sea in the north and the Indian Ocean in the south. These waters also separate the island of Java on the west side and the island of Bali on the east side. The thermocline layer is a layer of marine waters which is characterized by a rapid decrease in temperature with depth. The depth of the thermocline is a physical parameter of the ocean whose location can vary vertically. This study aims to examine the thermocline layer in the Bali strait and see the influence of ENSO and IOD climate variability using wind, ONI, DMI and vertical temperature data for a period of 11 years (2010-2020). Thermocline layers were found in the northern and southern parts of the waters of the Bali Strait with thickness results under *La Nia* (2011) conditions of 119.5m, *El* (2016) of 50m, IOD (+) 2017 of 100.5m and IOD (-) 2019 of 150.2m in the north. While the southern part during *La Nia* (2011) conditions was 190.5m, *El Niño* (2016) was 19.5m, IOD (+) 2017 was 106.5m and IOD (-) 2019 was 90.5m. In 2016 there was a silting event at the lower boundary in the southern part. This incident was caused by the strengthening of Indonesian traffic flow, which allegedly suppressed the upper boundary so that the layer was deepened.*

Keywords: Bali Strait Waters, Thermocline Layers, ENSO and IOD

PENDAHULUAN

Perairan selat Bali memiliki kondisi batimetri yang dangkal yang menghubungkan laut Bali bagian utara dan Samudera Hindia bagian selatan dan memisahkan Pulau Jawa di sisi barat dan pulau Bali di sisi timur. Massa air yang masuk dan keluar perairan Selat Bali cenderung berasal dari massa air permukaan. Adanya sungai yang bermuara di bagian timur selat Bali juga berpengaruh terhadap karakteristik perairan. Hal inilah yang menyebabkan ketersediaan nutrien di kolom perairan yang lebih dalam tidak ikut keluar mengikuti pergerakan massa air. Selain itu, selat Bali merupakan salah satu sumberdaya laut penghasil ikan lemuru yang lestari dan berkelanjutan.

ENSO dan IOD adalah variabilitas iklim global yang dapat mempengaruhi kondisi oseanografi.

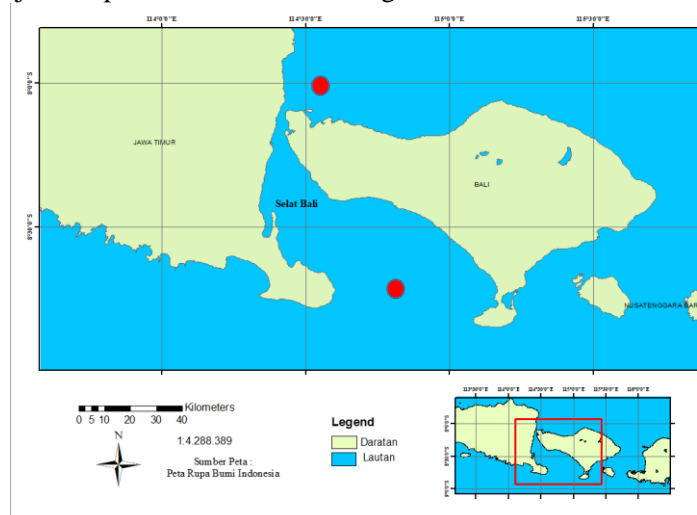
Variabilitas iklim ENSO terdiri dari tiga fenomena yaitu kejadian normal, *El Niño* dan *La Niña*. Fenomena *El Niño* merupakan peningkatan Suhu Permukaan Laut (SPL) dari suhu normalnya di Pasifik Ekuator Timur. Sedangkan *La Niña* adalah fenomena SPL di wilayah Ekuator Samudera Pasifik mengalami penurunan dari suhu normalnya. Selain fenomena ENSO, fenomena interkasi antara variabilitas iklim global yang lain yakni IOD yang merupakan suatu pola variabilitas di Samudera Hindia (Panjaitan, 2011).

Lapisan termoklin merupakan salah satu lapisan yang berada di kolom perairan yang dicirikan dengan adanya penurunan suhu yang signifikan terhadap kedalaman laut (Kunarso *et al.*, 2012; Tedjakusuma *et al.*, 1998 dalam Hutabarat *et al.*, 2018). Lapisan ini berada diantara dua lapisan, yaitu lapisan *mix layer* yang terdapat diatas lapisan termoklin dan *deep layer* yang terdapat di bagian bawah lapisan termoklin. Ketebalan dan kedalaman lapisan termoklin di kolom perairan bersifat dinamis, hal ini dikarenakan laut yang cenderung berubah-ubah.

Riset-riset mengenai perubahan kedalaman termoklin dalam kaitannya dengan perubahan variabilitas iklim global di Samudera Hindia khususnya perairan selat Bali hingga Timor masih sangat kurang (Kunarso *et al.*, 2012). Kunarso *et al.*, (2012) telah melakukan penelitian tentang perubahan termoklin dalam kaitannya dengan ENSO dan IOD di wilayah perairan Selatan Jawa hingga Timor, namun tidak spesifik ke satu perairan sehingga penelitian mengenai perubahan ketebalan lapisan termoklin dalam kaitannya dengan variabilitas iklim khususnya di perairan Selat Bali masih jarang ditemui. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji perubahan ketebalan lapisan termoklin akibat variabilitas iklim ENSO dan IOD di perairan Selat Bali.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian untuk melihat ketebalan lapisan termoklin ini berada di perairan Selat Bali pada bagian utara pada koordinat $-8^{\circ} 0' 4.1''$ LS $114^{\circ} 32' 56.7''$ BT dan selatan pada koordinat $-9^{\circ} 17' 32.8''$ LS dan $114^{\circ} 49' 37.8''$ BT yang ditunjukkan pada dua titik merah di gambar 1:



Gambar 1. Peta lokasi wilayah penelitian di Selat Bali. Titik merah merupakan lokasi ekstrak data profil suhu vertikal yang mewakili sebelah utara dan selatan selat.

Data yang digunakan merupakan data temperatur secara vertikal yang didapat dari *Marine Meteorology in situ Observations Programme Support Centre*) yang memiliki format penyimpanan *NetCDF* (*Network Common Data Format*) dengan extension *.nc*. Data sekunder yang digunakan adalah data ENSO menggunakan *ONI* (*Oceanic Niño Index*) yang merupakan data anomaly SPL di wilayah Niño3.4, yaitu Samudra Pasifik Barat dan Samudra Pasifik Timur, data IOD menggunakan *DMI* (*Dipole Mode Index*) yang merupakan data anomaly SPL di wilayah Samudra Hindia Barat dan Samudra Hindia Timur, dan data sebaran temperatur secara horizontal yang diperoleh dari Marine Copernicus Global Reanalysis PHY yang memiliki format penyimpanan *NetCDF* (*Network Common Data Format*) dengan extension *.nc*.

Data harian extension *.nc* di input kedalam *python* untuk dieksp r kedalam bentuk tab delimited, data tersebut dibuka menggunakan MS Excel yang kemudian dicari nilai gradien temperatur secara vertikal dan

kedalaman termoklin, dengan nilai absolut gradien penurunan temperatur vertical pada lapisan termoklin standar sebesar 0,05 °C/m (*Bureau of technical supervision of the P.R of China*, 1992). Adapun rumus gradien temperatur (Kunarso *et al.*, 2012), yaitu :

$$G_j = \frac{T_{j+1} - T_j}{D_{j+1} - D_j}$$

Dimana:

- G_j = Nilai perubahan temperatur secara vertikal terhadap kedalaman
- T_j = Temperatur perairan pada kedalaman D_j
- D_j = Kedalaman perairan pada kedalaman D_j

dan rumus kedalaman termoklin (Kunarso *et al.*, 2012), yaitu :

$$H = \{\Delta T / (\max \partial T(z) / \partial z)\}$$

Dimana:

- H = Kedalaman Termoklin
- ΔT = Gradien Temperatur
- $(\max \partial T(z) / \partial z)$ = Perubahan temperature terhadap kedalaman

Data dalam bentuk tab delimited dibuka menggunakan MS Excel kemudian data bulanan tersebut di komposit menjadi data bulanan klimatologi menggunakan rumus komposit bulanan klimatologi (Wirasatriya *et al.*, 2017), yaitu :

$$\bar{X}_k(x, y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i(x, y, t)$$

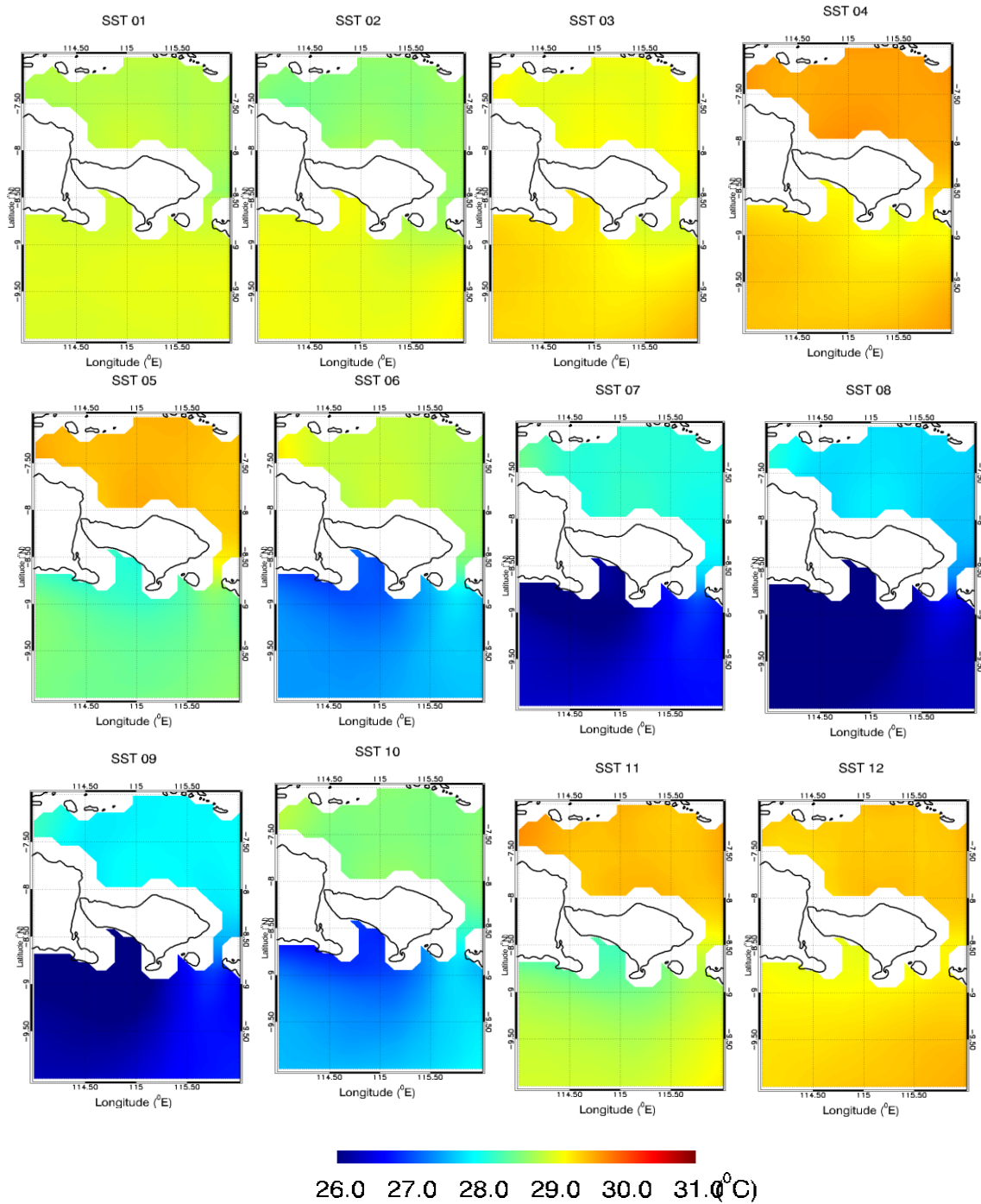
Dimana:

- $\bar{X}(x, y)$ = rata – rata bulanan klimatologi
- (x, y, t) = data bulanan ke-i komposit pada posisi bujur (x), lintang (y) dan waktu (t)
- n = jumlah total bulanan komposit (8 tahun)
- $i=1$ = periode pengamatan ke-i pada bulan komposit

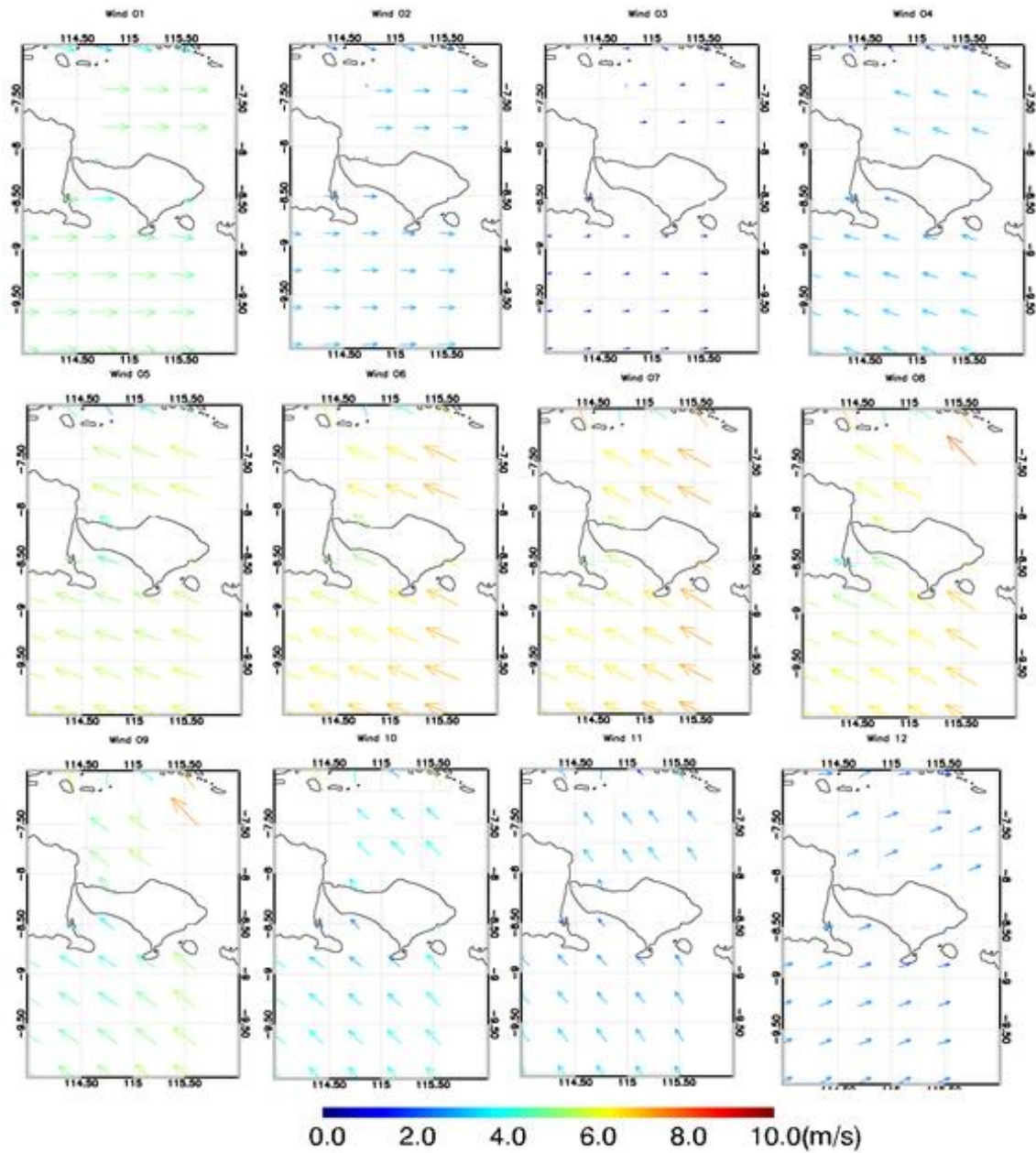
HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Suhu Permukaan Laut

Variasi musiman suhu permukaan laut (SPL) yang diambil (2010 – 2020) di perairan Selat Bali Gambar 2 mempunyai distribusi horizontal yang cukup bervariasi. Rata – rata SPL yang didapatkan pada Musim Barat (Desember – Februari) berkisar 25°C - 28°C yang mengalami distribusi hampir secara menyeluruh pada bulan Februari hingga terlihat memiliki SPL sebesar 28°C. Pada Musim Peralihan 1 (Maret – Mei) rata – rata SPL di Selatan Jawa, yaitu 24°C - 27,5°C, yang memiliki puncak SPL tertinggi di musim ini pada bulan April yaitu sampai 25°C - 28°C di bagian Perairan Selat Bali dan terlihat terdistribusi secara menyeluruh hingga laut lepas, namun dibulan Mei sudah tampak terjadinya penurunan SPL di Laut Lepas bagian Selatan Selat Bali dengan SPL berkisar 26,5°C - 27,5°C. Rata-rata SPL pada musim Timur (Juni – Agustus) mempunyai nilai sebesar 25°C - 26,5°C, dari bulan Juni – Agustus SPL di perairan Selat Bali mengalami kenaikan, SPL tertinggi tercatat pada bulan Agustus, yaitu 26,5°C di bagian Selatan laut lepas Selat Bali. Rata – rata SPL musim Peralihan 2 (September – November) memiliki nilai dikisaran 26,5°C - 28,5°C, di bulan September memiliki SPL dominan yang cukup rendah, yaitu 27,5°C. Akan tetapi, memasuki bulan Oktober - November SPL di Selatan Jawa mengalami kenaikan.

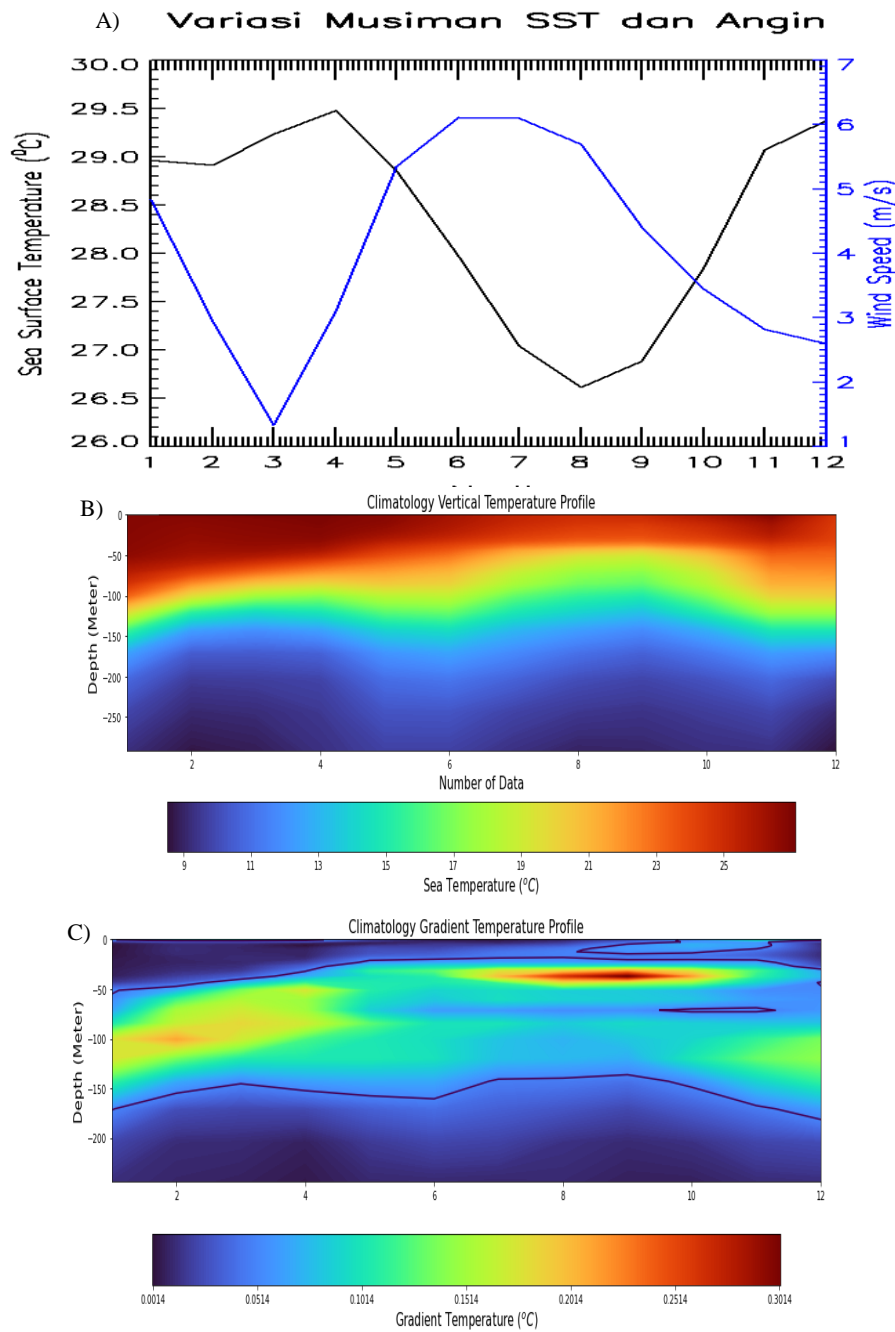


Gambar 2. Distribusi klimatologi bulanan SPL di perairan Selat Bali

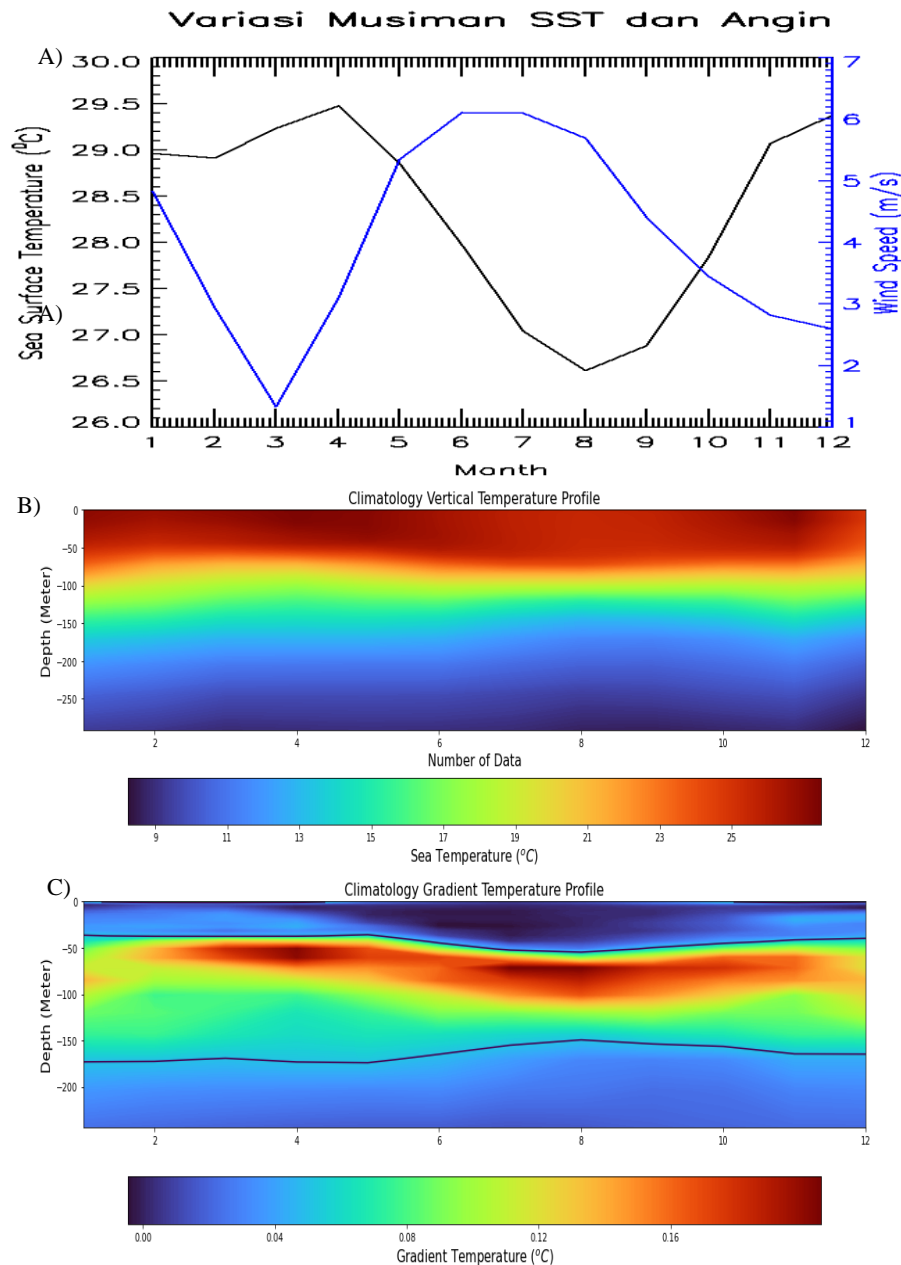


Gambar 3. Distribusi klimatologi bulanan angin klimatologi di perairan selat Bali

Variabilitas Musiman Vertikal Temperatur, Gradien Temperatur dan Lapisan termoklin di Perairan Selat Bali



Gambar 3. A) Variasi musiman SPL dan angin B) Vertikal temperatur C) variabilitas gradien temperatur terhadap kedalaman bagian Selatan selat Bali yang ditunjukkan di titik merah bagian bawah di Gambar 1.



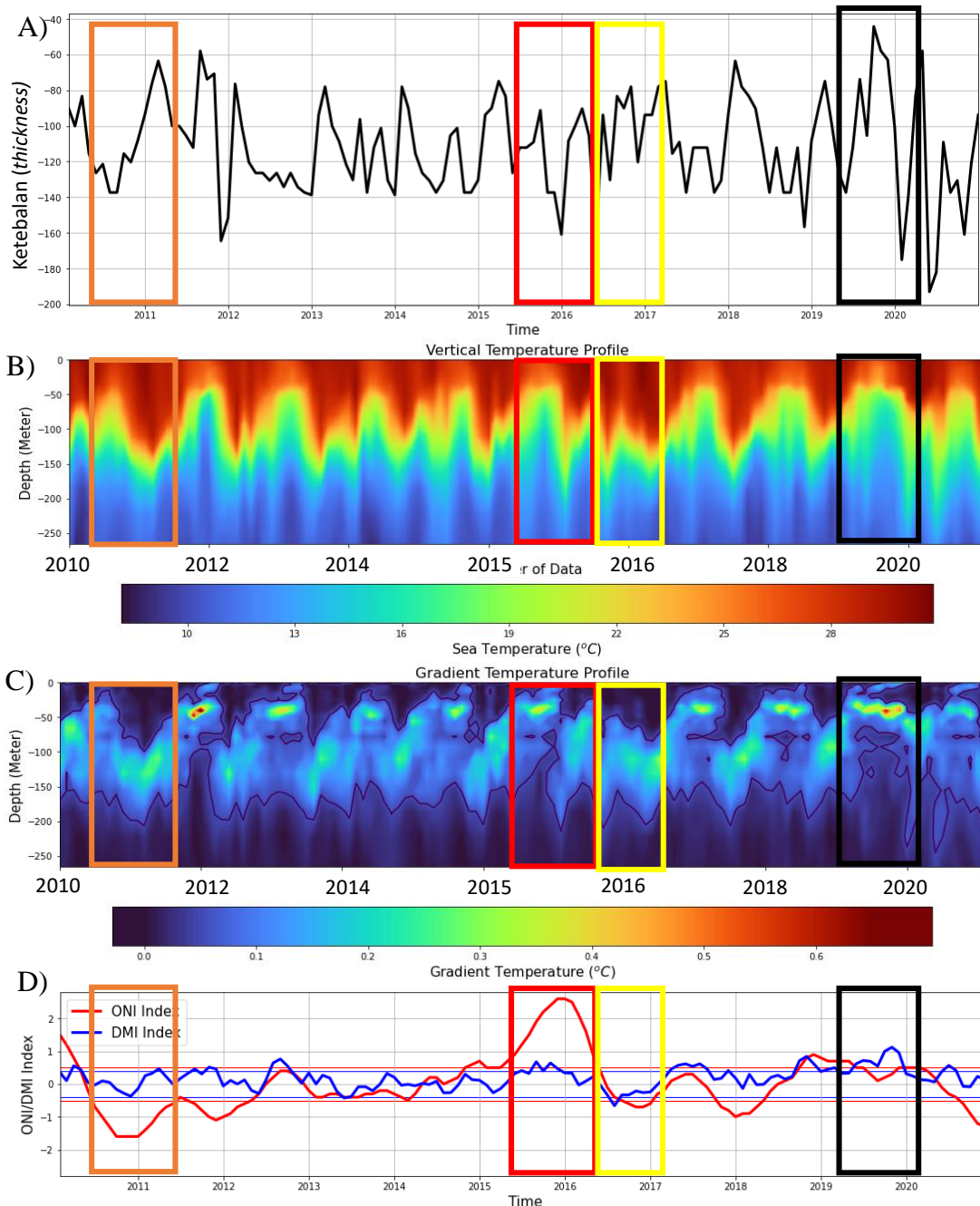
Gambar 4. A) Variasi musiman SST dan angin B) Vertikal temperature kolom air C) variabilitas gradien temperatur terhadap kedalaman bagian Utara Selat Bali yang ditunjukkan oleh titik merah bagian atas di Gambar 1.

Klimatologi gradien temperatur pada bagian utara terlihat lebih stabil pada kedalamannya. Batas atas dan bawah di musim barat hingga musim peralihan satu memiliki nilai gradien temperatur sebesar $0,04^{\circ}\text{C}$ - $0,08^{\circ}\text{C}$ dengan kedalaman yang konstan (40 m-160 m). Sedangkan pada musim timur terjadi penipisan lapisan termoklin dan meningkatnya nilai gradien temperatur sebesar $0,16^{\circ}\text{C}$ pada batas atas dan $0,04^{\circ}\text{C}$ - $0,08^{\circ}\text{C}$ untuk batas bawah. Musim peralihan 2, lapisan termoklin terlihat sedikit mengalami penebalan dengan nilai $0,12^{\circ}\text{C}$ - $0,16^{\circ}\text{C}$ pada batas atas dan $0,08^{\circ}\text{C}$ untuk batas bawah yang terjadi di kedalaman 50 m-140 m.

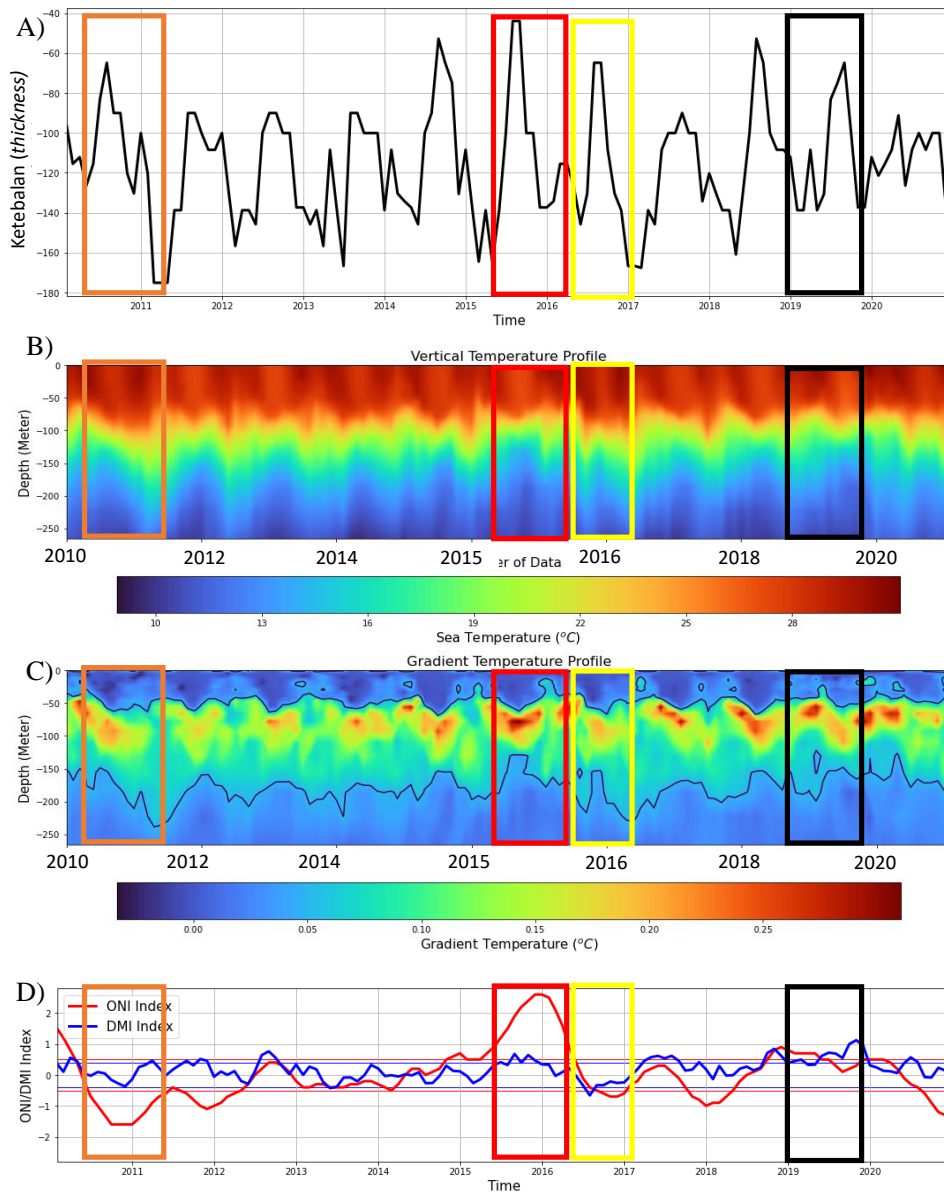
Terlihat sebaliknya dari bagian selatan, pada bagian utara perairan Selat Bali (Gambar 3) terjadi 2x puncak pada variasi musimnan SST dan angin pada musim barat dan timur. Pada vertical temperature, terlihat

besar temperature cukup stabil dan pada kedalaman yang stabil yaitu 50-100 m, terlihat terjadi pendalaman *mixing layer* di musim timur. Puncak kecepatan angin yang terdapat di bulan Agustus menyebabkan lapisan *mixing* menjadi lebih dalam yang membuat batas atas termoklin menjadi menurun pula. Sedangkan di musim barat, *mixed layer* menjadi lebih dangkal dikarenakan terjadinya peristiwa *upwelling*.

Pengaruh Variabilitas ENSO dan IOD terhadap Lapisan Termoklin



Gambar 5. A) Ketebalan Termoklin B) Klimatologi vertikal temperatur C) Variabilitas gradien temperatur terhadap kedalaman bagian selatan selat Bali D) Grafik *timeseries* indeks ONI dan DMI di bagian Selatan Selat Bali



Gambar 6. A) Ketebalan termoklin B) Vertikal temperatur C) Variabilitas gradien temperatur terhadap kedalaman bagian Selatan selat Bali D) Grafik *timeseries* indeks ONI dan DMI di bagian utara Selat Bali.

Tabel 1. Ketebalan lapisan termoklin di dua titik pada periode tertentu

| | Utara | | | | Selatan | | | |
|--------------|------------------|------------------|-----------|-----------|------------------|------------------|-----------|-----------|
| | Lanina IOD(-)(m) | Elnino IOD(+)(m) | IOD(+)(m) | IOD(-)(m) | Lanina IOD(-)(m) | Elnino IOD(+)(m) | IOD(+)(m) | IOD(-)(m) |
| Batas atas | 160,0 | 200,0 | 150,0 | 200,0 | 240,0 | 60,0 | 150 | 150,5 |
| Batas bawah | 40,5 | 150,0 | 49,5 | 49,8 | 49,5 | 40,5 | 43,5 | 60,0 |
| Ketebalan Te | 119,5 | 50,0 | 100,5 | 150,2 | 190,5 | 19,5 | 106,5 | 90,5 |

Variasi kejadian ENSO dan IOD meskipun tidak dominan pada batas atas dan batas bawah di perairan Selat Bali yang diambil pada dua titik (Utara dan Selatan). Gambar 5 dan 6 Ketebalan lapisan termoklin di perairan selat Bali bagian utara (Gambar 6) memperlihatkan nilai rerata batas atas dan batas bawah terdalam lapisan termoklin secara berurutan pada tahun 2011 pada kotak coklat yaitu 40,5 m, 160 m, 49,5 m, dan 240 m dan bagian selatan (Gambar 5) 45,5 m, 160 m, 90 m, 200 m. Hal ini terjadi karena terdapat fenomena *La Niña* IOD(-) pada tahun 2011 sebesar -1,5 dengan indeks IOD sebesar -0,5. Peristiwa ini berpengaruh terhadap

penebalan lapisan termoklin pada bagian perairan wilayah utara, terlihat dengan menebalnya lapisan termoklin dengan naiknya kedalaman pada batas bawah. Fenomena tersebut juga membuat perairan bagian selatan selat Bali jadi lebih hangat, sehingga massa air hangat menekan lapisan termoklin menuju kedalaman yang lebih dalam. Dari fenomena *La Niña* IOD(-) membuat *slope* muka air laut di Samudra Hindia bagian timur jadi lebih tinggi daripada bagian barat, sehingga dari tingginya *slope* muka air laut membuat kedalaman batas atas lapisan termoklin menjadi lebih dalam khususnya daerah *upwelling*, hal ini terjadi karena proses *upwelling* di perairan tersebut menjadi berkurang karena naiknya *slope* muka air laut.

Dari Gambar 5 dan 6 terlihat pada tahun 2016, pada kotak merah merupakan puncak dari *El Niño* IOD(+) sebesar 2 dengan batas atas 40,5 m 50 m dan batas bawah 60 m, 200 m di bagian selatan dan bagian utara batas atas 50 m, 48,5 m bagian batas bawah 150 m, 160,5 m. Dari kejadian *El Niño* IOD(+) terlihat adanya peristiwa pendangkalan pada batas bawah di bagian selatan selat Bali. Hal ini dikarenakan menguatnya arus Arlindo diduga menekan lapisan batas atas termoklin sehingga menyebabkan lapisan tersebut menjadi lebih dalam. Pada sisi lain terjadinya indeks IOD (+) di Samudera Hindia bagian barat, menyebabkan penumpukan massa air hangat di daerah tersebut, hal ini membawa dampak turunnya muka air laut di Samudera Hindia bagian timur. Kondisi ini memicu terjadinya *upwelling* di Samudera Hindia bagian Timur (Kug dan Kang, 2006). Terlihat di kotak kuning, terdapat peristiwa IOD (-) pada tahun 2017, dengan batas atas di bagian utara berkisar antara 50 m, 49,8 m, sedang untuk batas bawahnya 150 m, 200 m. Di bagian Selatan, batas atas 60 m, 70 m, untuk batas bawahnya 150,5m dan 200m. pada kondisi ini, terlihat lapisan termoklin mengalami penipisan di bagian utara dengan menurunnya kedalaman pada batas atas dan batas bawah, untuk wilayah bagian selatan, tidak terjadi perubahan kedalaman yang cukup terlihat, hanya terlihat batas atas mengalami sedikit kenaikan kedalaman. Nilai IOD (+) pada kotak hitam terlihat pada tahun 2019 terlihat di bagian kotak hitam, pada bagian utara memiliki atas atas 49,5 m 48,5 m dan batas bawah 150 m. pada bagian selatan, batas atas mencapai 43,5 m, 45,5 m, sedang untuk batas bawahnya 150 m, 60,5 m. terlihat terjadinya kenaikan yang cukup drastis pada batas bawah bagian selatan hal ini bersamaan dengan timbulnya *upwelling* di Samudera Hindia bagian timur (Saji *et al.*, 1999), kondisi ini diduga dangkalnya batas atas termoklin saat IOD(+) karena kuatnya proses *upwelling* yang terjadi pada kasus tersebut. Kenaikan batas bawah juga bisa dilihat dari gambar stratifikasi vertikal suhu air laut. Tampak batas bawah termoklin cukup terangkat karena adanya proses *upwelling* yang kuat.

KESIMPULAN

Ketebalan lapisan termoklin pada Selat Bali diambil pada dua titik, yaitu utara pada koordinat $-8^{\circ} 0' 4.1''$ LS $114^{\circ} 32' 56.7''$ BT dan selatan pada koordinat $-9^{\circ} 17' 32.8''$ LS dan $114^{\circ} 49' 37.8''$ BT. Secara musiman pada titik selatan didapatkan rata-rata ketebalan sebesar 130 m dan pada bagian utara sebesar 114 m. Rerata ketebalan lapisan termoklin saat peristiwa *La Niña* (2011) mengalami penurunan batas bawah pada area utara, saat peristiwa *El Niño* (2016) mengalami pendangkalan batas bawah pada area selatan, peristiwa IOD (-) bagian selatan mengalami pendangkalan pada batas atas dan untuk peristiwa IOD (+) bagian selatan, baik batas atas maupun batas bawah mengalami penipisan lapisan dengan turunnya kedalaman. Variabilitas iklim ENSO dan IOD cukup terlihat saat puncak peristiwa *El Niño* pada tahun 2016 ditandai dengan menipisnya lapisan termoklin di bagian utara karena terdapatnya pendangkalan pada atas bawah, dan saat terjadi *La Niña* lapisan termoklin menebal di wilayah utara, peristiwa IOD (-) tahun 2017 mengalami penurunan kedalaman pada batas atas dan bawah di bagian utara Selat Bali, puncak peristiwa IOD(+) tahun 2019 lapisan termoklin menipis terlihat naiknya batas atas dan batas bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaboe, S., Fanzul, E. A., & Autret, E. 2018. Copernicus Marine Service Ocean State Report. *Journal of Operational Oceanography*, 11(2), 1–3. <https://doi.org/10.1080/1755876X.2018.1489208>
- Aldrian, E. 2008. *Meteorologi Laut Indonesia*. Jakarta : Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Amri, K., Pristna, A & Suprpto. 2014. Karakteristik oseanografi dan kelimpahan fitoplankton di perairan Selat Sunda pada musim timur. *Bawal*, 6(1), 11–20.
- Priyono., B., Yunanto, A., & Arief, T. 2008 *Karakteristik Oseanografi dalam Kaitannya dengan Kesuburan Perairan di Selat Bali*, Balai Penelitian dan Observasi Laut, Bali, 15 hlm.

- Carroll, A. G. O., Armstrong, E.M., Beggs, H.M., Bouali, M., & Casey, K.S. 2019. Observational Needs of Sea Surface Temperature. *Frontiers in Marine Science*, 6, 1–27. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00420>
- Clark, C.O., Cole, J.E & Webster, J.E. 1999. *Indian Ocean SST and Indian Summer Rainfall: Predictive Relationships and Their Decadal Variability*. *Journal of Climate*. 13:2503-2519.
- Delman, A. S., Sprintall, J., McClean, J.L., & Telley, L.D. 2016. Anomalous Java Cooling at the Initiation of Positive Indian Ocean Dipole Events. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 121, 5805–5824. <https://doi.org/10.1002/2016JC011635>.
- Dombrowsky, E. 2016. *For the GLOBAL Ocean Sea Physical Analysis and Forecasting Products GLOBAL _ ANALYSIS _ FORECAST _ PHYS _ 001 _ 002*.
- Flora, S. M., Setiyono, H, & Tisiana, A.R. 2015. Pengaruh lapisan termoklin terhadap kandungan oksigen terlarut di Samudera Hindia bagian timur. *Jurnal Oseanografi*, 4, 185–194.
- Hope, P., Reid, P., Tobin, S., Tully, M., & Krummel, P. 2015. Seasonal climate summary southern hemisphere (spring 2014): El Niño continues to try to break through , and Australia has its warmest spring on record. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal*, 65(2), 267–292. <https://doi.org/10.22499/2.6502.006>
- Horii, T., Ueki, I., & Ando, K. 2018. Coastal Upwelling Events Along the Southern Coast of Java During the 2008 Positive Indian Ocean Dipole. *Journal of Oceanography*, 74, 499–508. <https://doi.org/10.1007/s10872-0180475-z>
- Hutabarat, M. F., Purba, N.P., Astuty, S., Syamsuddin, M.L., & Kuswardani. A.R.T.D. 2018. Variabilitas lapisan termoklin terhadap kenaikan mixed layer depth (MLD) di Selat Makassar. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 9(1), 9–21.
- Iskandar, M. R. 2014. Mengenal indian ocean dipole (IOD) dan dampaknya pada perubahan iklim. *Oseana*, 39(2), 13–21.
- Kunarso, Hadi, S., Ningsih, N.S., & Baskoro, M.S. 2012. Perubahan kedalaman dan ketebalan termoklin pada variasi kejadian ENSO, IOD dan Monsun di Perairan Selatan Jawa hingga Pulau Timor. *Ilmu Kelautan*, 17(2), 87–98.
- Kurniawan, R., Habibie, M.N., & Permana, D.S. 2012. *Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 13 (3): 201-212.
- Le-Traon, P., Reppucci, A., Estado, P., Reppucci, A., & Fanjul, E.A. 2019. Systematic Review From Observation to Information and Users : The Copernicus Marine Service Perspective. *Frontiers in Marine Science*, 6, 1–23.
- Ningsih, N. S., Hadi, S., & Yusuf, M. 2002. Upwelling in the Southern Coast of Java and Its Relation to Seasonal Ocean Circulation by Using a Three-Dimensional Ocean Model. *Proceeding Pan Ocean Remote Sensing Conference 2*:669-672.
- Nofiyanti, K., Kunarso, dan Kuswardani, A. R. T. D. 2017. Kajian kedalaman mixed layer dan termoklin kaitannya dengan monsun di perairan selatan pulau Jawa. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 131–143.
- Nontji. 1993. *Laut Nusantara*. Buku referensi. Djambatan, Jakarta . 368 hal.
- Nur'utami, M.N, dan Rahmat, H. 2016. *Influences of IOD and ENSO to Indonesian rainfall variability: role of atmosphere-ocean interaction in the Indo-Pacific sector*. *Procedia Environmental Sciences* 33. Hlm: 196 – 203.
- Oktaviani, N.A., Muh.Ishak, J., dan Andi, I. 2014. *Kajian Elevasi Muka Air Laut di Perairan Indonesia Pada Kondisi El Niño dan La Niña*. *Prisma Fisika Volume II (1)*. Hlm: 6-10.
- Pranowo, W. S., Hendrajana, B., Burhanuddin, S. & Supangat, A. 2003. Akuisisi data temperatur dan salinitas di Samudera Hindia dengan menggunakan argo floats. In *Oseanografi untuk Pembangunan Sumberdaya Laut Berkelanjutan*. pp : 1–10.
- Prasetyo, B., Pusparini, N., & Radjawanne, I.M. 2019. Profil vertikal suhu laut Banda terkait kejadian El Niño di Pasifik Timur dan Pasifik Tengah. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 4(1), 15–26. <https://doi.org/10.14203/oldi.2019.v4i1.171>.
- Ramage, C. S., 1971. *Monsoon Meteorology*, New York: Academic Press Inc.
- Rinjani, I.A., & Bangun, M.S. 2016. *Pasang Surut Surabaya Selama Terjadi El-Nino*. *Jurnal Teknik ITS*. Volume 5 (2).

- Suhana, M. P., Utama, F.G., Putra, A.P., Zibar, Z., Sumiran, M. 2018. Pola dan karakteristik sebaran medan massa , medan tekanan dan arus geostropik perairan Selatan Jawa. *Dinamika Maritim*, 6(2), 20–25.
- Syaifullah, M. D. (2015). Suhu permukaan laut perairan Indonesia dan hubungannya dengan pemanasan global. *Jurnal Segara*, 11(1), 37–47.
- Tomzack, M. 2000. *An Introduction An Physical Oceanography*. The Flinders University of South Australia. Australia. 429 pp.
- Wirasatriya, A., Setiawan, R.Y & Subardjo, P. 2017. The Effect of ENSO on the Variability of Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature in the Maluku Sea. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 10(12), 1–6.
- Wiratmo, J. 1998. *La Niña dan El Niño?*. Penerbit ITB. Bandung, 30 hal.
- Wyrтки, K. 1961. *Physical Oceanography of The Southeast Asian Water*. Naga Report (2). The University of California. Scripps Institution of Oceanography. La Jolla, California.