

Pengaruh Arus terhadap Sebaran Horizontal Suhu dan Salinitas pada 3 Kedalaman yang Berbeda di Perairan Samudera Hindia Bagian Selatan Pulau Jawa

Sagita Difa Wardhani¹, Agus Anugroho Dwi Suryo¹, Warsito Atmodjo¹, Elis Indrayanti¹ dan Baskoro Rochaddi¹

*Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto. SH Tembalang Tlp. / Fax (024)7474698 Semarang 50275
Email: sagitadifa@students.undip.ac.id*

Abstrak

Perairan Samudera Hindia bagian Selatan Pulau Jawa merupakan perairan yang dinamis karena dipengaruhi oleh sistem monsun yang memicu sistem arus musim. Perubahan kecepatan arus dapat menyebabkan pergerakan lapisan pada permukaan laut yang membangkitkan pengadukan dan pencampuran secara horizontal sehingga kecepatan dan arah arus merupakan salah satu faktor penting penyebaran suhu maupun salinitas pada kolom perairan. Keterkaitan yang kompleks antar parameter oseanografi di perairan Samudera Hindia bagian selatan Pulau Jawa terutama kondisi arus, angin, suhu, dan salinitas sangat menarik untuk diteliti dan dipelajari. Tujuan penelitian ini yakni mengetahui pengaruh arus terhadap sebaran horizontal suhu dan salinitas pada *mixed layer*, *thermocline/halocline*, dan *deep layer*. Pada penelitian ini menggunakan data arus, suhu, dan salinitas bulanan (Januari 2014-Desember 2018) *reanalysis* dari *Marine Copernicus*. Data tersebut diolah menggunakan *Interactive Data Language* (IDL) dengan metode komposit dan korelasi pergrid. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa arus permukaan Musim Peralihan 2 bergerak paling kencang mencapai 0,266 m/s, dengan suhu permukaan terpanas yakni 30°C pada Musim Peralihan 1 dan kadar salinitas tertinggi berada pada lapisan dalam mencapai 34,8-34,875 psu terutama saat Musim Peralihan 1. Pengaruh arus terhadap sebaran horizontal suhu dan salinitas pada *mixed layer*, *thermocline/halocline*, dan *deep layer* cukup lemah yang dibuktikan dengan semakin kencang arus maka nilai suhu belum tentu rendah dan nilai salinitas tinggi.

Kata kunci : Arus, Suhu, Salinitas, Samudera Hindia bagian Selatan Pulau Jawa

Abstract

Indian Ocean along the southern Java Island are dynamics, dominantly governed by monsoon wind which influenced the current system. The changes of currents can affect the sea surface layer movement that generate horizontal mixing. The complexities of oceanographic variability in Indian Ocean along the southern Java Island such as current, temperature, and salinity are interesting to study due to their impact to the water system and productivity. The aim of the research is to determine the effects of current on temperature and salinity horizontal distribution. The data consists of monthly model data (January 2014-December 2018) from Marine Copernicus (current, temperature and salinity parameters) and ECMWF Era-5 (wind parameter) which were processed using IDL programming software by composite method and correlation analysis. The results show that the fastest current is 0,266 m/s on Second Transition, highest temperature is 30°C on First Transition, and highest salinity is 34,8-34,875 psu on Second Transition. The current system has weak effect on temperature and salinity distribution showed by the phenomenon of the low temperature and high salinity are not only the case when the current speed increases.

Keywords : Current, Temperature, Salinity, Indian Ocean along the Southern Java Island

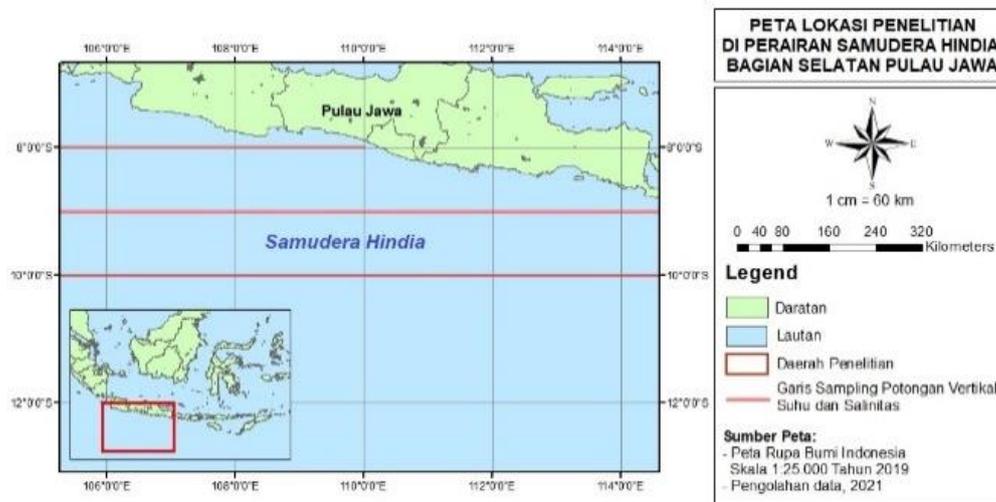
PENDAHULUAN

Samudera Hindia bagian Selatan Pulau Jawa merupakan salah satu perairan di Indonesia yang dipengaruhi oleh sistem angin musim yang bertiup secara bertahap sepanjang tahun. Menurut Nontji (2002), terjadinya angin musim walaupun kekuatannya relatif tidak kencang menjadi potensi yang baik untuk tercipta arus musim (lebih beraturan). Suhana (2018) menambahkan bahwa kecepatan angin berpengaruh terhadap perubahan kecepatan arus yang dapat menyebabkan pergerakan lapisan pada permukaan laut sehingga membangkitkan pengadukan dan pencampuran secara horizontal yang mendorong pergeseran massa air. Pola pergerakan massa air akan mempengaruhi fluktuasi suhu dan salinitas (Kunarso *et al.*, 2011). Oleh karena hal tersebut, kecepatan dan arah arus mempunyai pengaruh penting dalam menentukan distribusi dari suhu dan salinitas yang ada dikolom perairan.

Yoga *et al.* (2014) menyatakan bahwa proses yang berlangsung pada lapisan permukaan menyebabkan pergerakan massa air yang mempunyai kemungkinan berpengaruh terhadap distribusi maupun variabilitas suhu dan salinitas pada lapisan-lapisan di bawahnya secara musiman. Pengaruh arus laut terhadap suhu dan salinitas diduga berpengaruh terhadap fenomena - fenomena fisik yang terjadi pada Samudera Hindia bagian selatan Jawa dikarenakan arah dan kecepatan arus menentukan distribusi dari suhu dan salinitas dalam kolom perairan. Namun semakin bertambahnya tingkat kedalaman dari suatu perairan pengaruh arus terhadap distribusi suhu dan salinitas akan semakin kecil. Berdasarkan hal tersebut, perlu adanya penelitian mengenai pengaruh arus terhadap distribusi suhu dan salinitas secara horizontal pada variasi kedalaman di Samudera Hindia bagian selatan Jawa.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada wilayah perairan Samudera Hindia bagian selatan Pulau Jawa dengan koordinat $6^{\circ}\text{LS} - 12^{\circ}\text{LS}$ dan $105^{\circ}\text{BT} - 115^{\circ}\text{BT}$, yang dapat dilihat pada (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Penelitian

Materi penelitian terdiri dari data utama dan data penunjang. Data utama yang digunakan berupa : data arus, suhu, dan salinitas bulanan hasil model *reanalysis* dari *Marine Copernicus* yang diunduh pada <http://marine.copernicus.eu> rentang tahun 2014-2018 dengan resolusi spasial sebesar $0,083^{\circ} \times 0,083^{\circ}$. Sedangkan data penunjang berupa Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 sebagai *base map* yang diperoleh dari <https://tanahair.indonesia.go.id/>.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif. Data yang digunakan pada penelitian berupa angka dan analisis menggunakan statistik dan model yang bertujuan menggambarkan pola arus, suhu, dan salinitas secara horizontal untuk dianalisis besar pengaruh arus terhadap suhu dan salinitas di perairan Samudera Hindia bagian selatan Pulau Jawa.

Pengumpulan Data

Data Arus, Suhu, dan Salinitas

Data arus, suhu, dan salinitas yang digunakan berupa data model *reanalysis* dari *Marine Copernicus* bulanan (*monthly level 3* Januari 2014-Desember 2018 pada wilayah koordinat 6°LS - 12°LS dan 105°BT - 115°BT dengan format data berupa *Network Common Data Form (NetCDF)* yang diunduh melalui situs <http://marine.copernicus.eu>. Data yang digunakan pada kedalaman 0,49 m, 109 m, dan 541 m sebagai *sampling* penelitian yang mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nofiyanti *et al.* (2017) bahwa Perairan Selatan Jawa memiliki kedalaman hingga 1500 meter dengan lapisan atas merupakan kedalaman 0 meter sampai 40-60 meter, lapisan pegat 40-60 meter sampai 200-250 meter, dan lapisan dalam dimulai dari kedalaman 200-250 meter. Sehingga kedalaman 0,49 meter dapat mewakili lapisan atas (*mixed layer*) pada, 109 meter mewakili lapisan pegat (*discontinuity layer*), dan kedalaman 541 meter mewakili lapisan dalam (*deep layer*).

Analisis Data

Pengolahan Data Arus, Suhu, dan Salinitas

Data model *reanalysis* dari *Marine Copernicus* bulanan parameter arus, suhu, maupun salinitas dari tahun 2014-2018 dibagi menjadi 3 *layer* kedalaman yaitu *mixed layer* (0,49 meter), *thermocline/halocline* (109 meter), dan *deep layer* (541 meter) sebagai wilayah *sampling* penelitian yang ditentukan dengan metode *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan dari studi penelitian. Data tersebut diolah dengan *software* pemrograman *Interactive Data Language (IDL)* sehingga diperoleh nilai rata-rata arus, suhu, dan salinitas musiman yang meliputi musim barat (Desember, Januari Februari), musim peralihan 1 (Maret, April, Mei), musim timur (Juni, Juli, Agustus), dan musim peralihan 2 (September, Oktober, November). Perataan musiman dilakukan dengan analisis komposit berdasarkan persamaan (1) menurut Wirasatriya *et al.* (2017) berikut:

$$\bar{X}b(x, y) = \frac{1}{mj} \sum_{j=1}^{mj} x_j(x, y, t) \quad (1)$$

$\bar{X}b(x, y)$ = rata-rata musiman

$x_j(x, y, t)$ = data periode bulanan ke-*i* bulan komposit pada posisi bujur *x*, lintang *y* dan hari ke-*t*

mj = jumlah total bulan komposit periode pengamatan (tahun 2014-2018)

j = periode pengamatan ke-1 pada bulan komposit

Jika *xi* = NaN, maka data tersebut kosong maka tidak dimasukkan dalam perhitungan rata-rata.

Perhitungan Besar Pengaruh Arus Terhadap Suhu dan Salinitas

Untuk memperoleh nilai pengaruh arus terhadap sebaran suhu maupun salinitas digunakan analisa regresi linier dengan perhitungan koefisien determinasi. Data yang digunakan berupa data model *reanalysis* dari *Marine Copernicus* bulanan parameter arus, suhu, dan salinitas dari tahun 2014-2018 yang telah dikomposit menjadi musiman diekstrak menjadi *.txt dengan menggunakan *software* pemrograman yakni *Interactive Data Language (IDL)*. Selanjutnya pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* untuk memperoleh data rata-rata arus, suhu, maupun salinitas sebagai *input* untuk perhitungan nilai koefisien determinasi. Nilai koefisien determinasi diketahui dengan menggunakan persamaan (2), berikut:

$$r^2 = \frac{(N(\sum xy) - (\sum x \sum y))^2}{\sqrt{(N \sum x^2 - (\sum X)^2)(N \sum y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2)$$

Keterangan :

r^2 = Nilai koefisien determinasi

x = Nilai variabel pertama

y = Nilai variabel kedua

N = Jumlah data

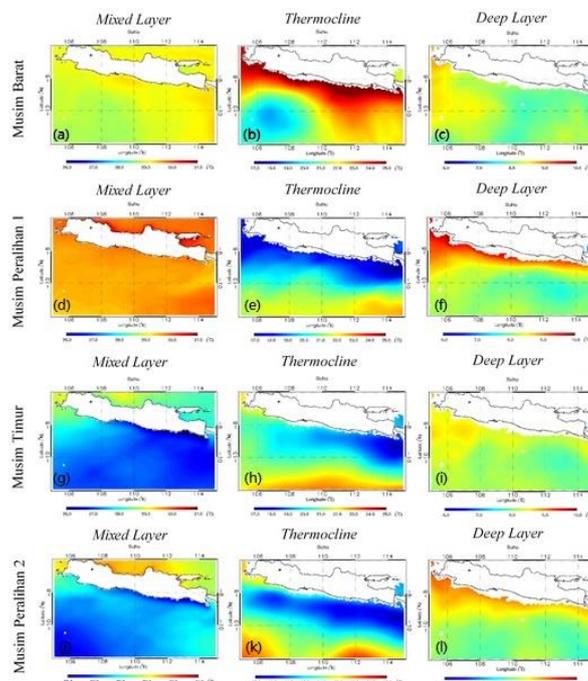
HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu

Sebaran horizontal suhu pada *mixed layer*, *thermocline*, dan *deep layer* dalam variasi temporal musiman ditampilkan pada (Gambar 2). Sebaran horizontal suhu di *mixed layer* selama Musim Barat dan Peralihan 1 mempunyai pola yang sama yakni suhu relatif tinggi dan homogen. Suhu pada Musim Barat senilai $28,5^{\circ}\text{C}$ – 29°C kemudian memuncak pada Musim Peralihan 1 mencapai 30°C . Sedangkan Musim Timur dan Peralihan 2 memiliki sebaran suhu yang lebih dingin, yakni pada saat Musim Timur suhu berkisar 26°C – 27°C menyebar di sisi Timur Samudra Hindia dan terus bergeser ke sisi Barat saat Musim Peralihan 2.

Sebaran horizontal suhu di *thermocline* saat Musim Barat didominasi oleh suhu $>22^{\circ}\text{C}$ dengan pola sebaran suhu dingin (19°C – 20°C) memusat hanya pada sisi Barat Daya sehingga mempunyai suhu paling tinggi dibandingkan musim lainnya. Pola sebaran suhu saat Musim Peralihan 1, Timur, dan Peralihan 2 cenderung sama yakni suhu dingin terlihat pada dekat daratan Pulau Jawa dan berangsur ke-selatan suhu semakin panas. Suhu dingin selama Musim Peralihan 1 dan Timur mempunyai rentang 17°C – 18°C , kemudian meningkat saat Musim Peralihan 2 mencapai 19°C – 20°C . Sedangkan suhu panas yang dimaksud pada ketiga musim tersebut mencapai 23°C .

Pola sebaran suhu horizontal di *deep layer* sepanjang musim cenderung sama yakni suhu yang lebih hangat berkumpul pada sisi Barat perairan dan selatan Pulau Jawa, sedangkan semakin ke arah Selatan maka suhu semakin dingin. Suhu yang lebih tinggi tersebut pada Musim Barat senilai $8,3^{\circ}\text{C}$ – $8,8^{\circ}\text{C}$, Musim Peralihan 1 9°C – 10°C , Musim Timur $8,3^{\circ}\text{C}$ – $8,8^{\circ}\text{C}$, dan Musim Peralihan 2 $8,7^{\circ}\text{C}$ – 9°C . Sedangkan variasi nilai suhu rendah setiap musim yakni pada Musim Barat $7,6^{\circ}\text{C}$, Musim Peralihan 1 7°C , Musim Timur $7,7^{\circ}\text{C}$, dan Musim Peralihan 2 $7,9^{\circ}\text{C}$. Sebaran suhu paling fluktuatif terjadi saat Musim Peralihan 1, sedangkan paling homogen terjadi saat Musim Timur.



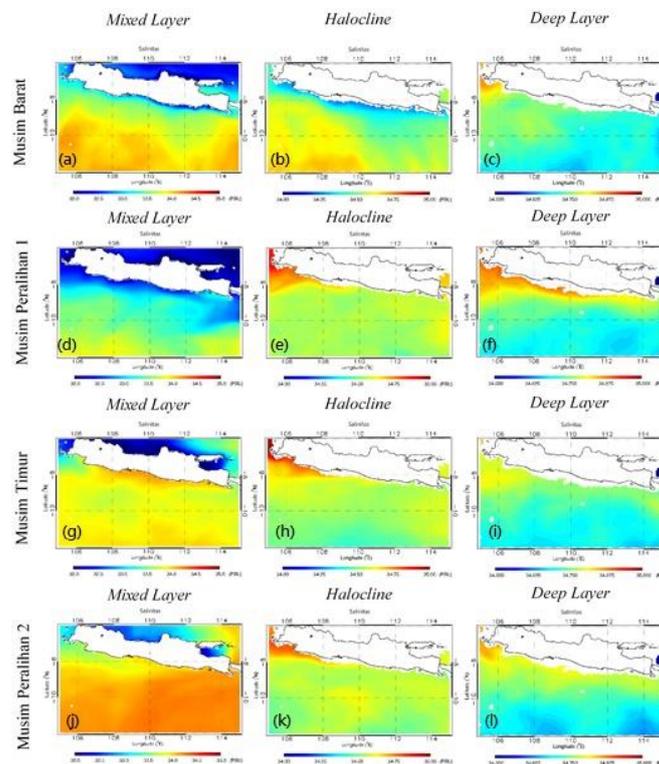
Gambar 2. Variasi sebaran suhu horizontal selama Musim Barat pada *mixed layer* (a), *thermocline* (b), *deep layer* (c); Musim Peralihan 1 pada *mixed layer* (d), *thermocline* (e), *deep layer* (f); Musim Timur pada *mixed layer* (g), *thermocline* (h), *deep layer* (i); dan Musim Peralihan 2 pada *mixed layer* (j), *thermocline* (k), *deep layer* (l).

Salinitas

Sebaran horizontal salinitas pada *mixed layer*, *halocline*, dan *deep layer* dalam variasi temporal musiman ditampilkan pada (Gambar 3). Sebaran horizontal salinitas di *mixed layer* selama Musim Barat, Peralihan 1, dan Peralihan 2 mempunyai pola yang sama yakni salinitas rendah berada pada sisi Selatan Pulau Jawa, sehingga semakin menuju arah Selatan maka kadar salinitas semakin tinggi. Kadar salinitas pada Musim Barat paling fluktuatif, yakni 32,5-34 psu. Pada Musim Peralihan 1, kadar salinitas terlihat menurun yakni 32-33,7 psu. Namun pada Musim Peralihan 2 nilai salinitas cenderung tinggi dan homogen yakni 33,5-34 psu. Pola sebaran horizontal salinitas pada Musim Timur berkebalikan dengan musim yang lain yakni kadar salinitas tertinggi (34,2 psu) berkumpul di Selatan Pulau Jawa dan semakin berkurang ke arah Selatan mencapai 33,8 psu.

Sebaran horizontal salinitas di *halocline* saat Musim Barat cenderung sama seperti lapisan di atasnya namun dengan kadar salinitas lebih tinggi yakni 34,25-35,73 psu. Pola sebaran salinitas pada Musim Peralihan 1, Timur, dan Peralihan 2 cenderung sama, yakni salinitas tinggi mencapai 34,8 psu berkumpul dan memusat di perairan bagian Barat dekat Selat Sunda sedangkan bagian perairan lainnya cukup homogen dengan rentang 34,4-34,6 psu.

Pola sebaran salinitas horizontal di *deep layer* sepanjang musim cenderung sama yakni salinitas lebih tinggi (34,8-34,875 psu) memusat dan berkumpul pada perairan bagian Barat dekat Selat Sunda dan sepanjang selatan Pulau Jawa, sedangkan salinitas semakin rendah (mencapai 34,6 psu) ditemukan ke arah Selatan.



Gambar 3. Variasi sebaran salinitas horizontal selama Musim Barat pada *mixed layer* (a), *halocline* (b), *deep layer* (c); Musim Peralihan 1 pada *mixed layer* (d), *halocline* (e), *deep layer* (f); Musim Timur pada *mixed layer* (g), *halocline* (h), *deep layer* (i); dan Musim Peralihan 2 pada *mixed layer* (j), *halocline* (k), *deep layer* (l).

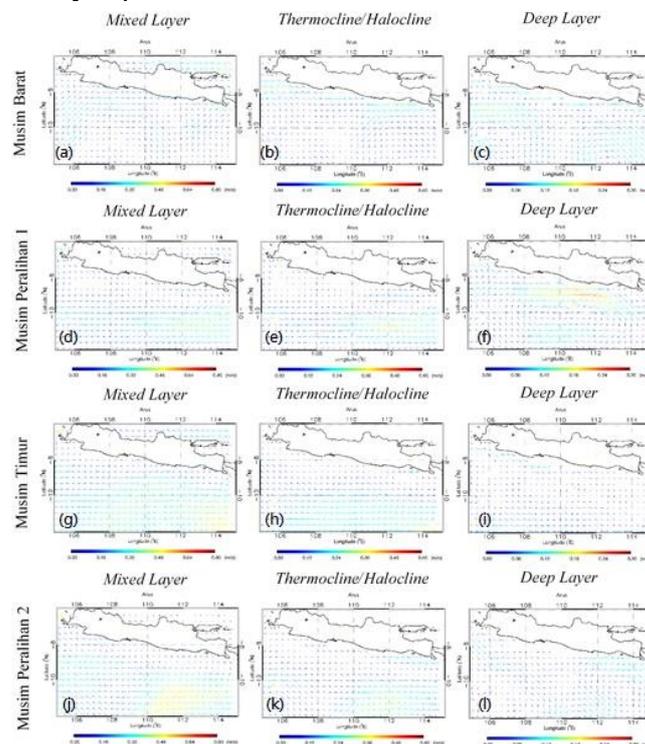
Arus

Sebaran horizontal arus pada *mixed layer*, *thermocline/halocline*, dan *deep layer* dalam variasi temporal musiman ditampilkan pada (Gambar 4). Pola arus horizontal di *mixed layer* saat Musim Barat berkebalikan dengan Musim Timur, Peralihan 1, dan Peralihan 2. Pada Musim Barat, arus bergerak dari arah

Barat menuju Timur dan terpecah ke Selatan dengan kecepatan rata-rata 0,176 m/s. Sedangkan selama Musim Peralihan 1, Timur, dan Peralihan 2, arus bergerak dari arah Timur menuju Barat namun dengan besar kecepatan rata-rata yang berbeda yakni Musim Peralihan 1 0,169 m/s, Musim Timur 0,182 m/s, dan Musim Peralihan 2 mencapai kecepatan maksimum yaitu 0,266 m/s.

Pola pergerakan arus horizontal di *thermocline/halocline* berbeda setiap musimnya. Pada saat Musim Barat dengan kecepatan rata-rata 0,146 m/s bergerak dari arah Timur menuju Barat dan pada sebelah Selatan Jawa Timur berbelok ke Selatan membentuk pusaran. Arus pada Musim Peralihan 1 mempunyai kecepatan rata-rata maksimum yakni 0,177 m/s bergerak dari Timur ke Barat dan ada yang berbelok ke utara membentuk pusaran. Pola arus pada Musim Timur tidak jauh berbeda dengan Musim Peralihan 1 namun kecepatan rata-rata arus berkurang mencapai 0,174 m/s. Pada Musim Peralihan 2 kecepatan rata-rata arus minimum yakni 0,128 m/s dengan pergerakan arus menyusuri Pulau Jawa dari arah Barat ke Timur, namun arus di laut lepas bergerak berlawanan dan berbelok ke selatan membentuk pusaran.

Arus horizontal di *deep layer* bergerak menuju arah yang sama sepanjang musim yakni dari Timur menuju Barat dengan kecepatan yang berbeda setiap musimnya yakni Musim Barat 0,146 m/s, Musim Peralihan 1 0,177 m/s, Musim Timur 0,174 m/s, dan 0,128 saat Musim Peralihan 2. Pada lapisan ini terlihat arus membentuk pola pusaran yang berbeda setiap musimnya. Saat Musim Barat terlihat satu pusaran arus di sisi Barat maupun Tenggara. Musim Peralihan 1 terlihat satu pusaran yang membentuk dua pusat. Musim Timur terlihat arus membentuk dua pusaran. Musim Peralihan 2 terdapat tiga pusaran arus pada bagian tengah, Selatan, dan Timur wilayah penelitian.



Gambar 4. Variasi sebaran arus horizontal selama Musim Barat pada *mixed layer* (a), *thermocline/halocline* (b), *deep layer* (c); Musim Peralihan 1 pada *mixed layer* (d), *thermocline/halocline* (e), *deep layer* (f); Musim Timur pada *mixed layer* (g), *thermocline/halocline* (h), *deep layer* (i); dan Musim Peralihan 2 pada *mixed layer* (j), *thermocline/halocline* (k), *deep layer* (l).

Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Suhu dan Salinitas

Dari hasil analisa regresi diperoleh bahwa nilai pengaruh arus terhadap sebaran suhu secara horizontal di *mixed layer*, *thermocline*, dan *deep layer* di Perairan Samudera Hindia Bagian Selatan Pulau Jawa sangat kecil. Pada lapisan permukaan (*mixed layer*) pengaruh arus terhadap sebaran suhu horizontal senilai 16,46% sehingga >80% sebaran suhu permukaan laut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti proses radiasi panas matahari. Selain itu menurut penelitian Syafik *et al.* (2013), sistem angin musim memengaruhi sebaran suhu

permukaan sebesar 43,974%. Pada lapisan di bawahnya, pengaruh arus terhadap sebaran suhu senilai 26,95% sehingga >70% sebaran suhu pada lapisan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti sistem angin musim yang membangkitkan Ekman *transport* dan Ekman *pumping* yang memicu *upwelling* dan *downwelling*. Sedangkan pada lapisan dalam (*deep layer*) sangat lemah yakni 4,39% sehingga >95% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain proses pertukaran massa air. Artinya arus tidak terlalu berpengaruh terhadap sebaran suhu di lapisan permukaan, termoklin, dan lapisan dalam.

Dari hasil analisa regresi diperoleh bahwa nilai pengaruh arus terhadap sebaran suhu secara horizontal di *mixed layer*, *halocline*, dan *deep layer* di Perairan Samudera Hindia Bagian Selatan Pulau Jawa sangat kecil. Pada permukaan, pengaruh arus terhadap sebaran salinitas yakni 14,21% sehingga >80% sebaran suhu permukaan laut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti sistem angin musim yang dapat mempengaruhi curah hujan dan dapat membangkitkan sistem Ekman yang memicu *upwelling* maupun *downwelling*, selain itu juga proses evaporasi dan presipitasi. Pada *halocline* yakni 20,28% sehingga >75% sebaran suhu permukaan laut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti proses pemanasan dari sinar matahari yang mempengaruhi evaporasi maupun presipitasi dan sistem angin musim yang dapat mempengaruhi curah hujan dan dapat membangkitkan sistem Ekman yang memicu *upwelling* maupun *downwelling*. Sedangkan pada lapisan dalam (*deep layer*) yakni 2,03% sehingga >80% sebaran suhu permukaan laut dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti proses pertukaran massa air. Artinya arus tidak terlalu berpengaruh terhadap sebaran salinitas di lapisan permukaan, haloklin, dan lapisan dalam.

KESIMPULAN

Pengaruh arus terhadap sebaran suhu di Perairan Samudera Hindia bagian Selatan Pulau Jawa tergolong lemah, yakni 16,46% pada *mixed layer*, 26,95% di *thermocline*, dan sangat lemah di *deep layer* yakni 4,39%. Sedangkan pengaruh arus terhadap sebaran salinitas di *mixed layer* 14,21%, *halocline* sebesar 20,28%, dan pada lapisan dalam/*deep layer* sangat rendah yakni 2,03%. Sehingga pengaruh arus terhadap sebaran suhu pada variasi kedalaman hanya <27%, artinya >73% diduga dipengaruhi oleh faktor lain seperti angin, radiasi panas matahari, perbedaan tekanan, dan pertukaran massa air.

DAFTAR PUSTAKA

- Kunarso, S. Hadi, N. S. Ningsih, dan M. S. Baskoro. 2011. Variabilitas Suhu dan Klorofil-a di Daerah Upwelling Pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor. *Jurnal Ilmu Kelautan*, 16 (3): 171-180.
- Nontji, A. 2002. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Cetakan ke-3. Jakarta.
- Suhana, M.P. 2018. Karakteristik Sebaran Menegak dan Melintang Suhu dan Salinitas Perairan Selatan Jawa. *Dinamika Maritim*, 6 (2): 9 – 11.
- Syafik, A., Kunarso, dan Hariadi. 2013. Pengaruh Sebaran dan Gesekan Angin Terhadap Sebaran Suhu Permukaan Laut di Samudera Hindia (Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia 573). *Jurnal Oseanografi*, 2(3) : 318-328.
- Wirasatriya, A., Y. R. Setiawan, dan P. Subardjo. 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) : 5513-5518.
- Yoga, R. B., H. Setyono., G. Harsono. 2014. Dinamika Upwelling dan Downwelling Berdasarkan Variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-A di Perairan Selatan Jawa. *Jurnal Oseanografi*, 3(1): 57-66.