

VARIABILITAS SUHU DAN SALINITAS DI PERAIRAN CISADANE

Hadikusumah

Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Jakarta 14430, Indonesia

E-mail: hadi_kusumah@yahoo.com

Abstrak

Penelitian telah dilakukan di perairan pesisir Estuaria Cisadane pada 18 stasiun oseanografi, yang masing-masing untuk Musim Peralihan Satu (MPS), Musim Timur (MT) dan Musim Peralihan Dua (MPD) dari tahun 2003 s/d 2005. Daerah penelitian di perairan ini terletak pada bujur 106.58° - 106.70° BT, dan Lintang; 5.96° - 6.02° LS. Pengukuran suhu dan salinitas, turbiditas dan transmisi cahaya telah menggunakan CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) Model SBE-19. Hasil menunjukkan variabilitas profil vertikal suhu dan salinitas di perairan pesisir Estuari Cisadane mengalami perubahan di bawah pengaruh musim MPS, MT dan MPD sebagai contoh diperolehnya waktu tinggal (*leg time*) salinitas maksimum pada MPD adalah salinitas MT. Berdasarkan analisa pola sebaran secara horizontal dan vertikal dari interkasi antara air tawar bersalinitas rendah dari muara S. Cisadane dengan salinitas tinggi dari L. Jawa adalah dipengaruhi juga oleh variabilitas musim dan pasang-surut. Lapisan permukaan lebih banyak dipengaruhi oleh salinitas rendah dan panas cahaya matahari (variabilitas musiman), dengan intensitas yang melemah ke bawah permukaan. Perubahan energi panas oleh kenaikan suhu musiman terjadi pada bulan September 2003 ke Mei-2004 ($\Delta E = 600.6 \times 10^5$ Joule), Juni ke November 2005; ($\Delta E = 84.9 \times 10^5$ Joule). Penurunan Energi panas terjadi pada; Juni ke September 2003 (-267.6×10^5), Mei ke Oktober 2004 ($\Delta E = 189.3 \times 10^5$ Joule) dan Oktober 2004 ke Juni 2005 ($\Delta E = -215.4 \times 10^5$ Joule).

Abstract

The Temperature and Salinity Variabilities at Cisadane Estuary. The study was conducted at Cisadane Estuary at 18 oceanographic station in Transition Monsoon Season I, East Monsoon Season, and Transition Monsoon Season II from 2003 to 2005. The area of the study was located at the longitude of 106.58° - 106.70° E and the latitude of 5.96° - 6.02° S. The measurements of temperature, salinity, turbidity and light transmission used CTD (Conductivity, Temperature and Depth) Model SBE-19. The result shows that the temperature and salinity vertical profil variabilities at Cisadane Estuary underwent a change in the influence of Transition Monsoon Season I, East Monsoon Season, and Transition Monsoon Season II, for example it was obtained the leg time of the maximum salinity of Transition Monsoon Season II as the same as that of East Monsoon Season. Based on the horizontal and vertical distribution pattern analysis of the interaction between low salinity fresh water of Cisadane River and high salinity sea water of Java Sea, it was also influenced by the season variability and tide. The surface layer was much more influenced by the low salinity and the heat of sunray (seasonal variability) with the weaker intensity to the lower layer. The change of the heat energy by the increase of seasonal temperature occurred in September 2003 to May 2004 ($\Delta E = 600.6 \cdot 10^5$ Joule), July to November 2005 ($\Delta E = 84.9$ Joule). The decrease of the heat energy occurred in June to September 2003 ($-267.6 \cdot 10^5$), May ke October 2004 ($\Delta E = 189.3 \cdot 10^5$ Joule) and October 2004 to July 2005 ($\Delta E = -215.4 \cdot 10^5$ Joule).

Keywords: variability, temperature, salinity, monsoon, Cisadane

1. Pendahuluan

Perairan pesisir sekitar Estuari Cisadane merupakan daerah yang potensial bagi pembangunan sosial dan ekonomi masyarakat di sekitarnya. Perairan ini telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk kegiatan transportasi, perikanan, rekreasi dan

sebagainya. Perairan ini merupakan daerah peralihan antara wilayah daratan dan laut lepas, sehingga ada interaksi diantaranya. Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu permukaan air laut dan suhu udara ialah keseimbangan kalor dan keseimbangan masa air di lapisan permukaan laut. Faktor meteorologi yang mengatur keseimbangan ialah curah hujan, penguapan,

kelembaban, suhu udara, kecepatan angin, penyinaran matahari dan suhu permukaan laut itu sendiri. Kondisi iklim mempunyai peran utama terhadap permukaan air laut, sehingga di Indonesia mempunyai empat musim dalam Wyrki [1]. Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi suhu dan salinitas di perairan ini adalah penyerapan panas (*heat flux*), curah hujan (*presipitation*), aliran sungai (*flux*) dan pola sirkulasi arus. Perubahan pada suhu dan salinitas akan menaikkan atau mengurangi densitas air laut di lapisan permukaan sehingga memicu terjadinya konveksi ke lapisan bawah menurut Robert [2].

Pola arus pada perairan muara pada umumnya dibangkitkan oleh tiga gaya dasar yang bekerja sekaligus yaitu pasang surut, angin dan aliran sungai itu sendiri. Kecepatan arus di perairan pantai sangat bergantung kepada musim dalam Hsu [3] dan arus pasut serta arus sungai menurut Healy [4]. Jika energi pasut dan aliran sungai cukup kuat, maka di muara sungai akan terjadi pola stratifikasi massa air suhu dan salinitas karena aliran sungai dan pasut dalam Pickard [5]. Arus pantai yang ditimbulkan oleh arus sungai, pasut dan angin bisa menyebarkan biomasa, polutan atau tumpahan minyak secara horizontal atau turbulensi secara vertikal dalam Valencia [6]. Suhu permukaan di daerah muara lebih tinggi dari pada di daerah perairan Teluk Jakarta. Suhu di Teluk Jakarta antara 25.6 – 32.32°C dan salinitas bervariasi antara 0.5 – 33.46 psu.

Salinitas maksimum pengaruh dari Laut Cina Selatan dan Laut Flores dalam Ilahude *et al.* [7]. Pengaruh musim dan daratan yang kuat di Teluk Jakarta terhadap suhu permukaan laut oleh Arief [8]. Perairan Cisadane yang berdekatan dengan Teluk Jakarta dengan sungainya cukup besar, maka pengaruh daratan akan cukup berpengaruh yang ditandai oleh adanya arus sungai, salinitas rendah dan kenaikan suhu. Karena kedekatan antara Teluk Jakarta dengan perairan Cisadane maka suhu atau salinitas yang terbawa oleh arus sudah diperkirakan akan berubah. Kekuatan arus dalam Teluk Jakarta lebih lemah dari kekuatan arus diluar teluk dalam Kastoro & Birowo [9]. Menurut Kastoro [10] di Teluk Jakarta nilai suhu bulanan antara 28.2 – 28.8°C dan salinitas antara 30.5 – 33.6psu. Di Teluk Jakarta bahwa suhu bulan Juni dan September 2003, Mei dan Oktober 2004 di bagian permukaan diperoleh lebih besar dari dekat dasar. Distribusi salinitas pengaruh musim dan sungai masih dominan dalam Hadikusumah [11].

Pada perairan muara Cisadane yang lebih dominan adalah gaya pembangkit pasang surut, sedangkan gaya pembangkit oleh angin dan aliran Sungai Cisadane akan memperkecil, yaitu jika arah angin bersebrangan dengan arus pasut, dan sebaliknya jika arah angin searah dengan arus pasut, maka arus akan bertambah. Sedangkan arus sungai akan diteruskan secara cepat jika arus pasut

sedang surut, sebaliknya jika arus pasut menuju kearah darat, maka arus sungai akan dihambat, dengan hasil salinitas lebih tinggi akan mengalir dibawahnya arus sungai yang selalu mengarah kearah laut dan bersalinitas rendah sekali (*freshwater*).

2. Metode Penelitian

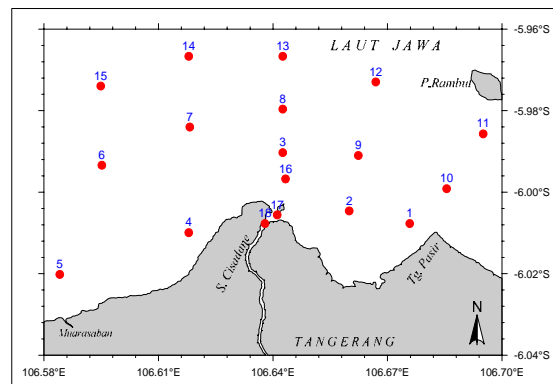
Penelitian telah dilakukan pada tiga musim, yaitu: bulan Mei 2004 jatuh pada akhir Musim Peralihan Satu (MPS), bulan Juni-2003 dan Juni-2005 jatuh pada awal Musim Timur (MT), September-2003, Oktober-2004 dan November-2005 jatuh pada Musim Peralihan Dua (MPD). Pengukuran masa air menggunakan CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) Model SBE-19 pada 18 stasiun oseanografi untuk setiap survei. Lokasi penelitian dibatasi antara Bujur: 106.58° - 106.70° BT, dan Lintang: 5.96° - 6.02°LS (Gambar 1), Untuk mendukung penelitian ini, digunakan data sekunder meteorologi tahun 2003-2005 BMG, lokasi Tj. Priuk [12] dan lokasi Bandara Cengkareng [13]. Analisa suhu dan salinitas baik secara horizontal maupun vertikal ialah menggunakan software Surfer dan grafik menggunakan Excel Program.

Untuk mengetahui variasi suhu dan salinitas di perairan ini dalam waktu tiga musim, dilakukan analisa stastistik rata-rata suhu dan salinitas pada kolom perairan (16 stasiun), dan rata-rata lapisan menurut musim menggunakan persamaan (1),

$$\bar{X}_h = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i , \tag{1}$$

- Dimana:*
 x : suhu (°C) atau salinitas (psu),
 h : kedalaman x dari permukaan air (m),
 n : jumlah (banyaknya) data.

Analisa kuantisasi perubahan energi panas, ΔE (Joule), pada ketiga musim, diperoleh dari persamaan (2),



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan posisi stasiun CTD

$$\Delta E = m C_p \Delta T \quad (\text{Joule}) \quad (2)$$

Dimana:

m : massa air (kg)

C_p : kapasitas panas jenis air laut = 4000 (J. Kg⁻¹. °C⁻¹)

ΔT : beda suhu musiman pada kolom air.

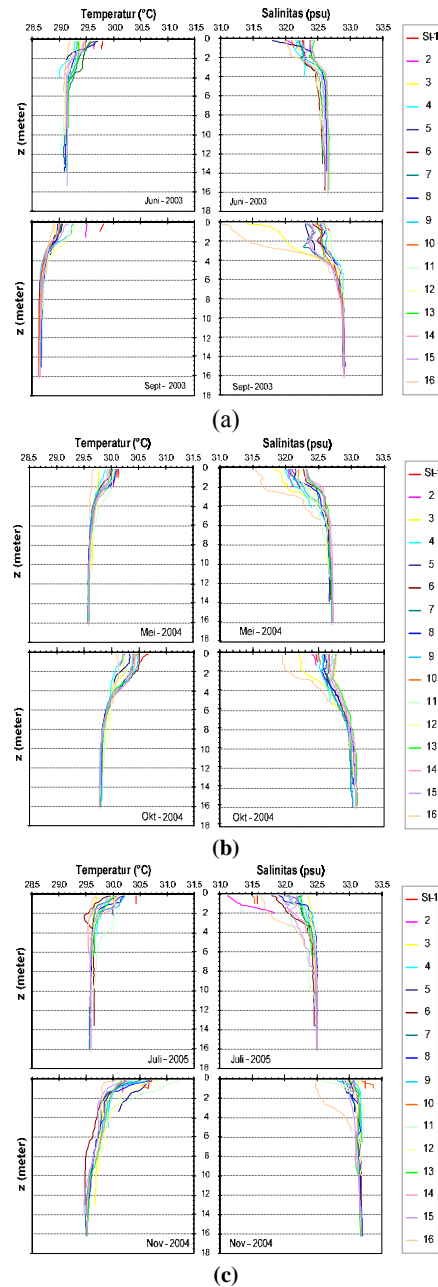
3. Hasil dan Pembahasan

Pola curah hujan di lokasi Bandara Cengkareng dan Tj. Priuk untuk tahun 2003, 2004 dan 2005 mempunyai pola yang hampir sama tiap bulanannya dan nilainya tidak banyak berbeda. Rata-rata curah hujan tahun 2003 dari dua lokasi tersebut pada MB (60 – 362 mm) ialah lebih besar dari MPS (29 – 92.5 mm) dan MPD (44 – 145 mm), sedangkan MT ialah paling rendah (0 – 4.5 mm). Tahun 2004 pada MB (128 – 555 mm) ialah lebih besar dari MPS (63.5 – 154 mm) dan MPD (2.5 – 118.5 mm), sedangkan MT ialah paling rendah (5 – 34.5 mm). Tahun 2004 pada MB (163 – 444 mm) ialah lebih besar dari MPS (103 – 290.5 mm) dan MPD (44 – 90.5 mm), sedangkan MT ialah paling rendah (34 – 158 mm).

Profil suhu dan salinitas hasil pengukuran di perairan Estuari Cisadane antara tahun 2003 - 2005, secara umum memperlihatkan berkurangnya suhu air dari permukaan ke dasar dan meningkatnya salinitas dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 2).

Pola stratifikasi suhu dan salinitas di perairan Cisadane secara umum diperoleh 3 lapisan, yaitu lapisan homogen di lapisan permukaan (*mixing layer depth*), lapisan tengah (lapisan termoklin) yang sangat tipis dan lapisan dalam dekat dasar. Namun, lapisan termoklin tidak begitu jelas (tipis), tidak seperti lapisan termoklin di laut dalam, contoh Laut Flores [13]. Kondisi demikian menandakan bahwa kedalaman perairan Cisadane termasuk perairan dangkal (<30 m), yang mana energi tiupan angin (*wind stress*) akan mempengaruhi sampai dasar sehingga perbedaan suhu bagian permukaan dan dekat dasar tidak begitu besar ($\Delta T \approx 0.7^\circ\text{C}$), sedangkan dilaut dalam $\Delta T = \sim 25^\circ\text{C}$ [12]. Misalnya untuk Juni 2003, kedalaman lapisan permukaan ialah 1 m dan lapisan termoklin antara 1 – 3.6 m dengan suhu antara 29.788 – 29.292°C dan suhu dasar 29.105°C. Demikian, untuk September 2003, kedalaman lapisan permukaan ialah 1 m dan ketebalan lapisan termoklin antara 1 – 3.6 m dengan suhu antara 29.487 – 29.105°C dan suhu dasar 28.637°C.

Secara keseluruhan bahwa suhu rata-rata antara 2003 s/d 2005 didapatkan suhu permukaan paling rendah (29.02°C) di bulan September 2003 (28 mm), ini diduga hujan paling banyak pada periode tersebut, dengan ditandai oleh salinitas paling rendah (29.545psu). Nilai ini menandakan bahwa pengaruh air tawar Sungai



Gambar 2. Profil vertikal suhu dan salinitas di perairan pesisir Estuari Cisadane dari tahun 2003 (a), 2004 (b) dan 2005 (c).

Cisadane sangat signifikan (kuat) bahkan pengaruhnya sampai di kedalaman 16 m atau sampai dasar dengan nilai salinitas 29.105psu dan suhu 28.637°C (Tabel 1 dan Gambar 3). Jika dibandingkan dengan suhu Teluk Jakarta tahun 1977 (28.5°C) menunjukkan bahwa suhu perairan Cisadane (2005) telah mengalami pemanasan sebesar kira-kira 0.5°C selama 28 tahun. Perubahan suhu tersebut dimungkinkan oleh tekanan massa air sungai dari daratan dan ini tidak terlepas dengan massa air Teluk Jakarta.

Tabel 1. Nilai minimum, maksimum dan rata-rata suhu dan salinitas di bagian permukaan dari tahun 2003 s/d 2005 di perairan estuaria Cisadane.

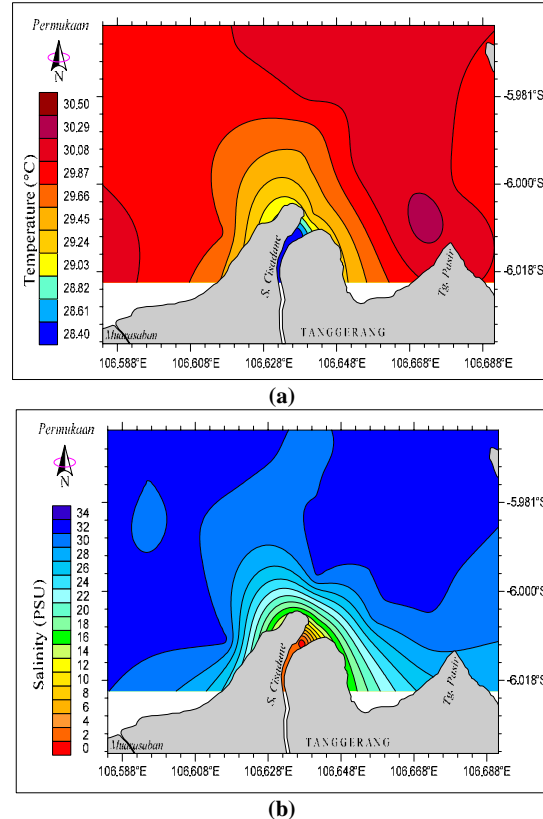
Waktu/Musim	Suhu (°C)			Salinitas (psu)		
	Mini-mum	Maksi-mum	Rata-rata	Mini-mum	Maksi-mum	Rata-rata
Mei 2004/MPS	29.70	30.21	30.01	31.078	32.409	32.030
Juni 2003/MT	29.20	29.79	29.45	31.794	32.452	32.222
Juni 2005/MT	30.01	30.42	30.03	31.131	32.358	31.985
Sept.2003/MPD	27.33	29.52	29.02	29.200	29.794	29.455
Okt. 2004/MPD	30.20	30.66	30.40	30.500	32.980	32.191
Nov.2005/MPD	30.06	31.21	30.51	32.564	33.245	32.998

Suhu rata-rata pada bulan Juni 2003 (29.45°C) termasuk sedikit lebih hangat ($\Delta T = 0.54^\circ C$) dari bulan September 2003, ini diduga pengaruh musim barat, yaitu suhu rendah dan ini pun didukung oleh salinitas yang masih rendah ialah 32.029 psu. Salinitas rendah antara permukaan s/d ~ 4 m adalah lapisan yang paling kuat dipengaruhi oleh air Sungai Cisadane. Profil suhu maupun salinitas di bawah kedalaman 4 s/d 5 m nilainya homogen sampai dasar. Suhu rata-rata pada bulan Juni 2005 (30.03°C) dan Mei 2004 (30.01°C) di bagian permukaan hampir sama, namun makin kedalam dari 8.2 m s/d 16 m, hampir sama. Suhu rata-rata permukaan bulan November 2005 (30.51°C) ialah lebih tinggi dari bulan Oktober 2004 (30.40°C) dan makin kedalam, masing-masing menurun. Suhu rata-rata pada kedalaman 2 m bulan Oktober lebih tinggi dibandingkan dengan November 2005, ini diduga bahwa suhu tersebut dipengaruhi oleh MPD, sedangkan suhu bulan November lebih rendah, karena sudah ada pendinginan dari salinitas Laut Jawa. Pola suhu bulan November secara umum sama dengan suhu paling rendah (<27,6 °C) dan salinitas maksimum (34.06 psu) di tengah perairan Laut Jawa sebagai *main stream* atau *core*-nya Laut Jawa adalah pengaruh dari Laut Flores [14] dan Selat Makassar [15]. Salinitas rata-rata bulan Oktober diperoleh lebih tinggi dengan curah hujan 115 mm dari salinitas bulan November 2005 dengan curah hujan 117 mm, ini diduga bahwa salinitas maksimum Laut Jawa masuk perairan Cisadane atau Teluk Jakarta, masih tersimpan sampai bulan November 2005. Suhu dan salinitas S. Cisadane pada stasiun St.17 dan St.18 adalah mempunyai nilai minimum yang teramati di lokasi penelitian. Nilai rata-rata antar musim perairan Cisadane (39.90°C) ialah lebih rendah dibandingkan dengan Teluk Jakarta (30.06°C) dalam Hadikusumah [11]. Ini wajar karena perairan Cisadane yang mendapat pengaruh tekanan darat masih lebih rendah dibandingkan dari Kota Jakarta ke Teluk Jakarta.

Sebagai contoh pola sebaran harizontal suhu bagian permukaan dan dekat dasar bulan Juni 2005 sebelah timur lebih panas (Tanjung Pasir) dibandingkan suhu yang keluar dari muara S. Cisadane. Diketahui bahwa kawasan Tanjung Pasir mempunyai jumlah penduduk yang lebih tinggi dari kawasan muara S. Cisadane,

sehingga aktifitas sosial ekonomi yang dapat mempengaruhi naiknya suhu di lokasi tersebut. Pengaruh MT juga mempengaruhi pola distribusi suhu permukaan yang cenderung nilai suhu rendah bergerak ke arah barat laut (Gambar 4a). Pola suhu bulan November 2005 sebelah timur lebih tinggi dan muara S. Cisadane lebih rendah. Pola sebaran horizontal salinitas bulan Juni 2005 bagian permukaan secara umum terbagi dua bagian, yaitu sebaran salinitas rendah datang dari muara S. Cisadane bergerak ke arah barat laut, dan salinitas tinggi juga mendesak ke arah darat, khususnya ke arah muara, baik dari sebelah timur laut atau dari barat laut. Salinitas di sekitar perairan Estuari Cisadane berkisar antara 0.317 – 32.502 psu. Massa air bersalinitas rendah ditemukan di stasiun St.17 dan St.18, di daerah aliran Sungai Cisadane, dan massa air bersalinitas tinggi masuk dari arah barat lokasi penelitian, dan ditemukan di lapisan bawah permukaan, pada stasiun St.6, St.7, St.14, St.15 dan menyusup hingga ke stasiun St.9 (Gambar 3b).

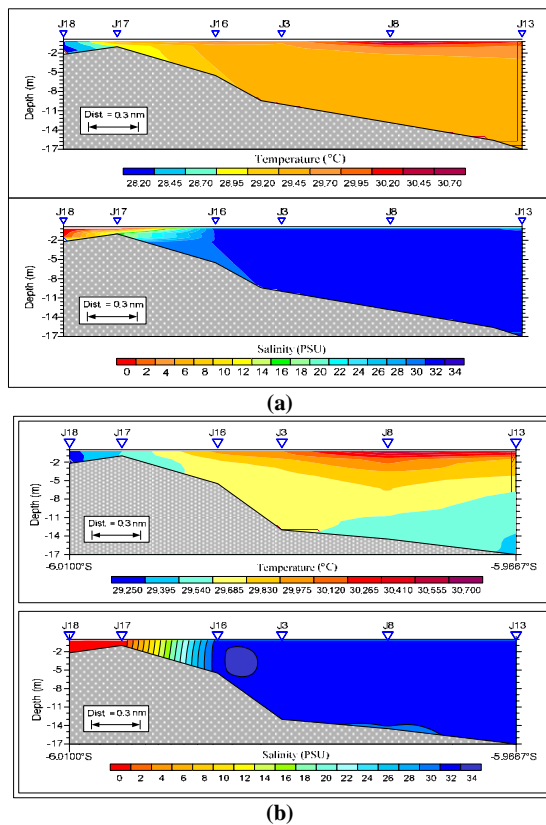
Distribusi penampang tegak suhu Juni 2005 antara sungai dengan laut diperoleh bahwa suhu di sungai lebih rendah dan ke arah laut makin tinggi. Apalagi disekitar stasiun St.8 sampai St.13, baik untuk bulan Juni 2005 atau November 2005. Pola suhu tersebut menggambarkan adanya stratifikasi vertikal makin kearah S. Cisadane.



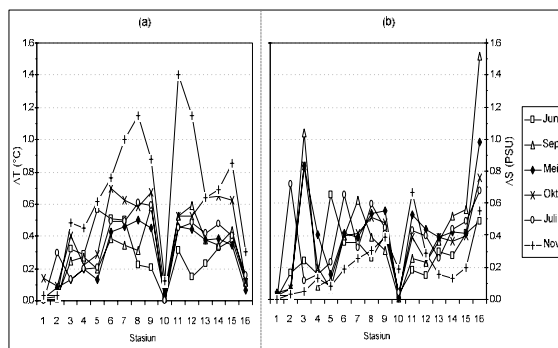
Gambar 3. Sebaran horizontal suhu (a) dan salinitas (b) di lapisan permukaan pada bulan Juni 2005

Demikian juga pola salinitas secara vertikal diperoleh bahwa salinitas rendah ada di kolom air sungai dan terus ke arah laut di bagian permukaan. Namun di bagian dekat dasar salinitas maksimum menuju ke arah sungai. Sehingga terjadi adanya pencampuran massa air bersalinitas rendah dan salinitas tinggi antara stasiun St.16 dan St.17 (Gambar 4).

Pada daerah pertemuan dua massa air di muara estuaria, massa air bersalinitas rendah pada lapisan permukaan mengalir ke arah laut dan massa air bersalinitas tinggi



Gambar 4. Penampang tegak suhu dan salinitas dari sungai sampai lepas pantai pada bulan Juni (a) dan bulan November (b) tahun 2005.



Gambar 5. Variasi nilai ΔT ($^{\circ}C$) dan ΔS (psu) kolom air pada 16 stasiun pengamatan

pada lapisan dekat dasar mengalir ke arah sungai atau ke arah darat. Pola sebaran tegak suhu bulan November 2005 diperoleh bahwa dari arah sungai lebih rendah dan mengalir ke arah laut, bahkan antara St.8 dan St.13 diperoleh suhu lebih tinggi. Suhu kolom air bulan Juni 2005 lebih tinggi dari bulan November 2005, ini menandakan bahwa salinitas Laut Jawa membawa juga suhu yang lebih rendah. Demikian pula salinitas dari arah sungai yang rendah mengalir ke arah laut dan bercampur di lepas pantai. Salinitas secara keseluruhan di lapisan permukaan (S_s) berkisar antara 31.79psu - 32.41psu, dan di lapisan dekat dasar (S_b) berkisar antara 32.13psu - 32.68psu. Jika dibandingkan dengan salinitas Teluk Jakarta tahun 1977 (32.05psu) menunjukkan bahwa salinitas perairan Cisadane tahun 2005 (32.10psu) telah mengalami perubahan sebesar ~ 0.05 psu selama 28 tahun. Nilai ΔS yang besar (antara $0.4^{\circ}C$ dan $0.6^{\circ}C$) pada profil salinitas, ditemukan pada stasiun St.5, St.6 dan St.7. Nilai ΔS , yang sedang, antara; 0.2 dan $0.4^{\circ}C$, ditemukan pada stasiun St.3, St.4, St.8, St.9, St.11, St.13, St.14, dan St.15. Sedangkan nilai ΔS yang kecil, antara 0 dan $0.2^{\circ}C$, ditemukan di stasiun 1, 2, 10, 12, dan 16. Variasi nilai ΔT dan ΔS di 16 stasiun pengamatan, diperlihatkan pada kurva dalam (Gambar 5).

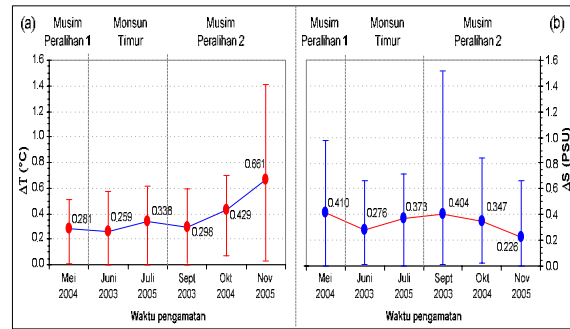
Beda suhu antara lapisan permukaan dan dekat dasar pada 16 stasiun pengamatan, memperlihatkan variasi nilai ΔT lebih banyak pada kisaran antara $0,001^{\circ}C$ dan $0,698^{\circ}C$, yang terjadi pada bulan Juni, September, Mei, Oktober dan Juni. Perbedaan yang ekstrim terjadi pada bulan November, dengan kisaran antara; $0,031^{\circ}C$ dan $1,407^{\circ}C$. Pada MPS (Mei-2004), nilai rata-rata ΔT di perairan ini mencapai; $\Delta \bar{T} = 0,281^{\circ}C$, dengan nilai berkisar antara; $0,016^{\circ}C$ dan $0,502^{\circ}C$. MT pada Juni-2003 dan Juni-2005, ada perbedaan nilai rata-rata suhu pada kolom air di perairan ini, dimana pada Juni-2005, $\Delta \bar{T} = 0,338^{\circ}C$, lebih tinggi dari Juni-2004, yang mempunyai nilai $\Delta \bar{T} = 0,259^{\circ}C$. Kisaran nilai ΔT pada Juni-2003 antara $0,005^{\circ}C$ dan $0,569^{\circ}C$, sedangkan pada Juni-2005 berkisar antara $0,001^{\circ}C$ dan $0,605^{\circ}C$. Pada MPSI terjadi peningkatan nilai rata-rata suhu pada kolom air di perairan ini dari tahun 2003-2005. Pada September-2003, rata-rata suhu kolom air di perairan ini mencapai; $\Delta \bar{T} = 0,298^{\circ}C$, dengan nilai kisaran antara $0,015^{\circ}C$ dan $0,594^{\circ}C$. Pada Oktober-2004, nilai $\Delta \bar{T} = 0,429^{\circ}C$, dengan nilai kisaran antara $0,067^{\circ}C$ dan $0,698^{\circ}C$, sedangkan pada November 2005 memiliki nilai yang sangat ekstrim, dengan, $\Delta \bar{T} = 0,429^{\circ}C$, dan berkisar antara $0,031^{\circ}C$ dan $1,407^{\circ}C$. Variasi musiman beda tempertur lapisan permukaan dan lapisan dekat dasar di perairan (Gambar 6).

Konsentrasi nilai salinitas di perairan ini sangat dipengaruhi oleh sirkulasi massa air yang datang dari laut lepas (Laut Jawa), dan masukan massa air tawar (*debit*) dari Sungai Cisadane, serta keadaan curah hujan dan evaporasi atau musim. Pada MPS (Mei-2004), nilai rata-rata beda salinitas pada kedua lapisan, $\Delta \bar{S} = 0,410$ psu, dengan kisaran antara; $0,005$ psu dan

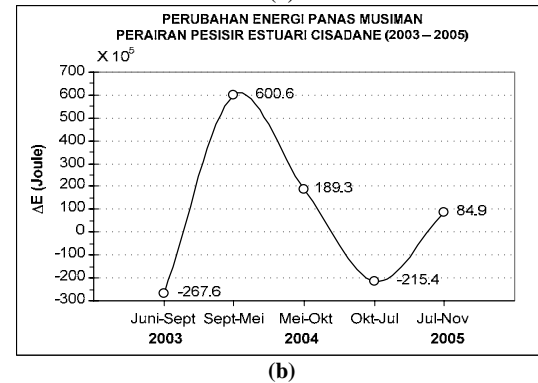
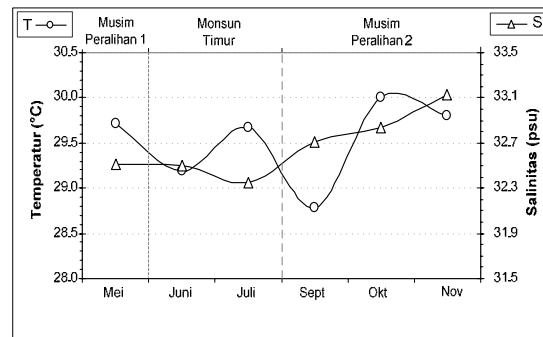
0,979psu. Rata-rata curah hujan pada bulan ini mencapai nilai, $\bar{P} = 1,714$ mm, dan tingkat evaporasi, $\bar{E} = 74,016\%$. Pada musim timur, bulan Juni-2003, nilai $\Delta\bar{S} = 0,276$ psu, yang berkisar antara; 0,007psu dan 0,654 PSU, dengan rata-rata curah hujan, $\bar{P} = 0,0$ mm, dan tingkat evaporasi, $\bar{E} = 67,929\%$. Nilai rata-rata salinitas pada Juni-2005, $\Delta\bar{S} = 0,373$ psu, dengan kisaran antara; 0,003psu dan 0,715psu. Rata-rata curah hujan pada bulan ini mencapai nilai, $\bar{P} = 0,678$ mm, dan tingkat evaporasi, $\bar{E} = 74,911\%$.

Pada MPD (September-2003), rata-rata beda salinitas pada kolom air, $\Delta\bar{S} = 0,404$ psu, dengan kisaran antara; 0,007 psu dan 1,515 psu. Rata-rata curah hujan pada bulan ini mencapai nilai, $\bar{P} = 2,567$ mm, dengan tingkat evaporasi, $\bar{E} = 66,384\%$. Pada bulan Oktober-2004, rata-rata perbedaan salinitas pada kolom air, $\Delta\bar{S} = 0,346$ psu, dengan kisaran antara; 0,025psu dan 0,835 psu. Rata-rata curah hujan pada bulan ini mencapai nilai, $\bar{P} = 1,893$ mm, dengan tingkat evaporasi, $\bar{E} = 67,536\%$. Nilai rata-rata salinitas pada November-2005, $\Delta\bar{S} = 0,226$ psu, dengan kisaran antara; 0,002 PSU dan 0,665 psu. Rata-rata curah hujan pada bulan ini mencapai nilai, $\bar{P} = 1,170$ mm, dan tingkat evaporasi, $\bar{E} = 71,700\%$. Variasi musiman nilai rata-rata dan kisaran beda suhu antara lapisan permukaan dan lapisan dekat dasar di perairan ini (Gambar 6).

Perbedaan suhu kolom air yang dominan antara lapisan permukaan dan dekat dasar ditemukan pada MPD (0,429°C pada Oktober 2004 dan 0,661°C pada November 2005). Beda salinitas yang dominan antara kedua lapisan tersebut, ditemukan pada MPS (0,410 psu pada Mei 2004) dan MPD (0,404 psu pada September 2003), yang dipengaruhi oleh curah hujan yang cukup tinggi pada kedua bulan tersebut. Nilai rata-rata suhu dan salinitas pada kolom air dalam ketiga musim tersebut, mengalami fluktuasi dalam kisaran suhu; 28,79°C hingga 30,00°C, dan salinitas; 32,50 hingga 33,12 PSU, yang diperlihatkan pada (Gambar 7a). Variasi beda suhu, ΔT antara lapisan permukaan dan dekat dasar perairan pesisir Estuari Cisadane dalam tiga musim, adalah konsep dari suhu, dimana, lapisan permukaan lebih banyak mengenai energi dari cahaya matahari, dengan intensitas yang melemah ke bawah permukaan. Perbedaan energi yang timbul karena perbedaan suhu di antara bagian-bagian yang berdekatan dari sebuah benda dinamakan hantaran panas dalam Halliday [16]. Fluktuasi suhu ini menyebabkan perubahan energi panas, $\Delta E = mCp\Delta T$, dimana, m = rata-rata densitas massa air * volume air yang dipengaruhi suhu musiman sesuai dengan Halliday [16], $Cp = 4000 J. Kg^{-1}. ^\circ C^{-1}$, dan ΔT = beda suhu kolom perairan dari pengamatan musim ke musim, dan perubahan energi panas hasil perhitungan ditunjukkan dalam (Gambar 7b).



Gambar 6. Variasi musiman ΔT (°C) dan ΔS (psu) antara lapisan permukaan dan dekat dasar



Gambar 7. Variasi musiman suhu dan salinitas (a), dan kurva perubahan energi panas musiman, ΔE (J) (b), di perairan pesisir estuaria Cisadane dari tahun 2003 - 2005

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa: Profil vertikal suhu dan salinitas di perairan pesisir Estuari Cisadane mengalami perubahan di bawah pengaruh musim MPS, MT dan MPD sebagai contoh diperolehnya waktu tinggal (*time leg*) salinitas maksimum pada MPD adalah salinitas MT. Terbukti berdasarkan pola sebaran secara horizontal dan vertikal dari interkasi antara air tawar bersalinitas rendah dari muara Sungai Cisadane dengan salinitas tinggi dari Laut

Jawa adalah dipengaruhi juga oleh musim dan pasang-surut. Lapisan permukaan lebih banyak mengenai energi dari cahaya matahari (musim), dengan intensitas yang melemah ke bawah permukaan. Rata-rata suhu perairan Cisadane telah mengalami pemanasan sebesar kira-kira 0.5°C selama 28 tahun terhadap rata-rata suhu Teluk Jakarta tahun 1977 (28.5°C). Perubahan suhu tersebut dimungkinkan oleh tekanan massa air sungai dari daratan dan ini tidak terlepas dengan massa air Teluk Jakarta.

Daftar Acuan

- [1] K. Wyrki, Physical oceanography of the Southeast Asian Waters. Scientific results of Marine investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961, Naga Report 2, Scripps Inst. of Oceanogr., La Jolla, Calif. 1961, p.195.
- [2] H. Robert, Introduction to Physical Oceanography, 2005, p.52.
- [3] S.A. Hsu, Coastal Meteorology, Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. Toronto, 1988, p.260.
- [4] J.R. Healy, Ph.D. dissertation, University of California, USA., 1964.
- [5] G.L. Pickard, Descriptive physical oceanography. An Introduction, Pergamon Press, Oxford, 1975, p.214.
- [6] M.J. Valencia, In: Chua T., J.A. Mathias (Ed.), Universitas Sains Malaysia, Pulau Pinang, 1978, p.296.
- [7] A.G. Ilahude, P. Sianipar, Pengamatan hidrologi di Teluk Jakarta. Monitoring Teluk Jakarta. Laporan no.6 Pelayaran KM. Samudera 26-29 Januari 1977. LON-LIPI, Jakarta, 1977, p.9.
- [8] D. Arief, In: Nontji A. dan Djamali A. (Ed.), Teluk Jakarta. Pengkajian fisika, kimia, biologi dan geologi tahun 1975-1979, LON-LIPI, 1980, p.69.
- [9] Kastoro, S. Birowo, In: Malikusworo Hutomo, Kasijan Romimohtarto dan Burhanuddin (Ed.). Teluk Jakarta. Sumber daya, sifat-sifat oseanologis, serta permasalahannya, LON-LIPI, 1977, p.151.
- [10] Kastoro, In: Malikusworo Hutomo, Kasijan Romimohtarto dan Burhanuddin (Ed.). Teluk Jakarta. Sumber daya, sifat-sifat oseanologis, serta permasalahannya, LON-LIPI, 1977, p.179.
- [11] Hadikusumah, In: Sudjono, P. Moersidik, S.S., Hartono D.M. dan Sulistyoweni (Ed.). Proc. Lingkungan Tropis. IATPI 33, 2007.
- [12] Anon., Badan Meteorologi dan Geofisika. Tanjung Priok – Jakarta Utara, 2003, 2004, 2005.
- [13] Anon., Badan Meteorologi dan Geofisika. Bandara Cengkareng - Cisadane, 2003, 2004, 2005.
- [14] Anon., Laporan akhir penelitian Arlindo dan efeknya pada stratifikasi massa air Laut Flores dan sekitarnya. P2O – LIPI, 2005, p.36.
- [15] Anon., Laporan akhir studi dinamika Selat Makassar serta interaksinya dengan daratan P. Kalimantan dan P. Sulawesi. Program kompetitif Kalimantan Timur dan Bangka – Belitung – LIPI, 2004, p.146.
- [16] R. Halliday, Physics, 3rd Edition, 1978, p.731.