

STUDI AWAL ANALISIS INTERAKSI LAUT-ATMOSFER PADA TEKANAN PARSIAL CO₂ DI TELUK BANTEN

PRELIMINARY STUDY ON OCEAN-ATMOSPHERE INTERACTION ON THE PARTIAL PRESSURE OF CO₂ AT THE BANTEN BAY

*Salvienty Makarim**, *Herlina Ika Ratnawati*, *Andreas A. Hutahaean*

Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SDLP), Balitbang Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jl. Pasir Putih 1, Ancol Timur 14430, Jakarta

**Email : selvi_makarim@yahoo.com*

Naskah masuk: 16 Januari 2012; Perbaikan terakhir: 10 September 2012 ; Naskah diterima: 17 September 2012

ABSTRAK

Teluk Banten yang terletak di Laut Jawa merupakan suatu daerah yang berpotensi untuk terjadi tekanan parsial karbon dioksida (pCO₂) yang signifikan akibat aktivitas sosial-ekonomi di daerah ini. Kajian awal ini merupakan analisis menggunakan data survei dari parameter-parameter oseanografik dan atmosferik. Hasil studi awal interaksi laut-atmosfer terhadap tekanan parsial CO₂ di Teluk Banten memperlihatkan bahwa pCO₂ yang tinggi berada di area open sea dan relatif berkurang mendekati arah muara. Kondisi ini disebabkan oleh kecepatan angin yang dapat mempengaruhi kondisi suhu dan elevasi permukaan laut, sedangkan profil salinitas di Teluk Banten memperlihatkan bahwa nilai salinitas tinggi ke arah open sea dan rendah ke arah teluk, sedangkan profil stratifikasi sampai kedalaman sekitar 12 meter tidak banyak berubah. Data pengukuran elevasi laut dengan mengindikasikan adanya pola asymmetric pasut diurnal (24 jam-an) dan pola pasut 8 jam-an. Pola Curah Hujan terhadap konsentrasi CO₂ atmosfer pada data per bulan-an (monthly) menunjukkan bahwa pada musim penghujan 2007 (bulan Januari-Februari) Curah Hujan (CH) tinggi dan nilai CO₂ juga tinggi khususnya di bulan Februari 2007, sedangkan di musim peralihan 2007 (Februari-Maret) CO₂ menurun.

Kata Kunci: tekanan parsial CO₂, kecepatan angin, suhu, salinitas, curah hujan

ABSTRACT

Banten Bay located in the Java Sea is a potential place for occurrence of significant partial pressure of Carbon Dioxide (pCO₂) values due to the social-economic activities on this area. This preliminary study used analysis of survey data of oceanographic and atmospheric parameters. It provided pCO₂ values were high at the open sea and relatively decreased close to the bay. This condition was caused by wind speed affecting to the temperature and surface elevation. Meanwhile the salinity profile gave high values at the open sea and lower values at the area close to the bay, while the stratification profile up to 12 meter depth did not change much. The sea elevation data indicated asymmetric diurnal and 8 hours tide patterns. During the rainy season 2007 (January-February) the monthly precipitation values and concentration of CO₂ atmosphere values were strong while at the intra-seasonal time 2007 (February-March) these values were significantly small.

Keywords: partial pressure of CO₂, wind speed, temperature, salinity, precipitation

1. Pendahuluan

1.1. Dinamika Laut -Teluk Banten

Teluk Banten merupakan daerah perairan laut dangkal yang dipengaruhi oleh dinamika Laut Cina Selatan, Laut Jawa dan Selat Sunda. Pengaruh massa air dan arus Laut Cina Selatan, Selat Sunda dan Laut Jawa yang melintasi

Teluk Banten menyebabkan dinamika laut dan atmosfer di laut ini sangat unik dan berperan penting dalam perubahan iklim regional.

Variabilitas laut dan atmosfer di Teluk Banten pada musim-musim tertentu dipengaruhi oleh Armondo (Arus

Monsun Indonesia). Fenomena Armondo terjadi pada saat perubahan arus monsun yang lebih dibangkitkan oleh sistem *Northwest Monsoon* dan *Southeast Monsoon* yang melewati Selat Karimata, Laut Jawa dan Selat Sunda[1].

Laut Jawa pada musim-musim tertentu sangat dipengaruhi oleh Arlindo (*Indonesian Throughflow*), aliran sungai dari pulau Kalimantan dan Jawa, serta pola perubahan angin yang mempengaruhi variabilitas temperatur permukaan dan stratifikasi di Laut Jawa. Dengan demikian dinamika Laut Jawa mempengaruhi dinamika laut Teluk Banten.

South Java Current (SJC) adalah suatu fenomena dari Samudera Hindia saat *South Equatorial Current* (SEC) berbalik arah secara musiman yang mengubah sifat dan massa air laut dalam skala arus besar[2]. Pengaruh SJC yang melewati selat Sunda diperkirakan mempengaruhi Teluk Banten pada musim tertentu terutama melalui kenaikan paras air laut. Bulan Mei adalah awal dari pergerakan SJC dengan arah arus menuju tenggara[3].

1.2. Lokasi Teluk Banten

Gambar 1, merupakan Citra Satelit Landsat ETM 2008 dengan resolusi 30 meter memberikan informasi bahwa Teluk Banten memiliki luas kira-kira 120 Km² yang terdiri dari beberapa pulau. Pulau yang berpenghuni antara lain yaitu pulau Panjang, terletak di sebelah barat mulut Teluk Banten. Selain itu terdapat beberapa sungai yang bermuara ke Teluk Banten ini dengan sungai terbesar adalah Ciujung dan Anyar[4].

1.3. Pola pasang surut

Pasang Surut di Teluk Banten yang merupakan bagian dari Laut Jawa mempunyai tipe pasang surut campuran

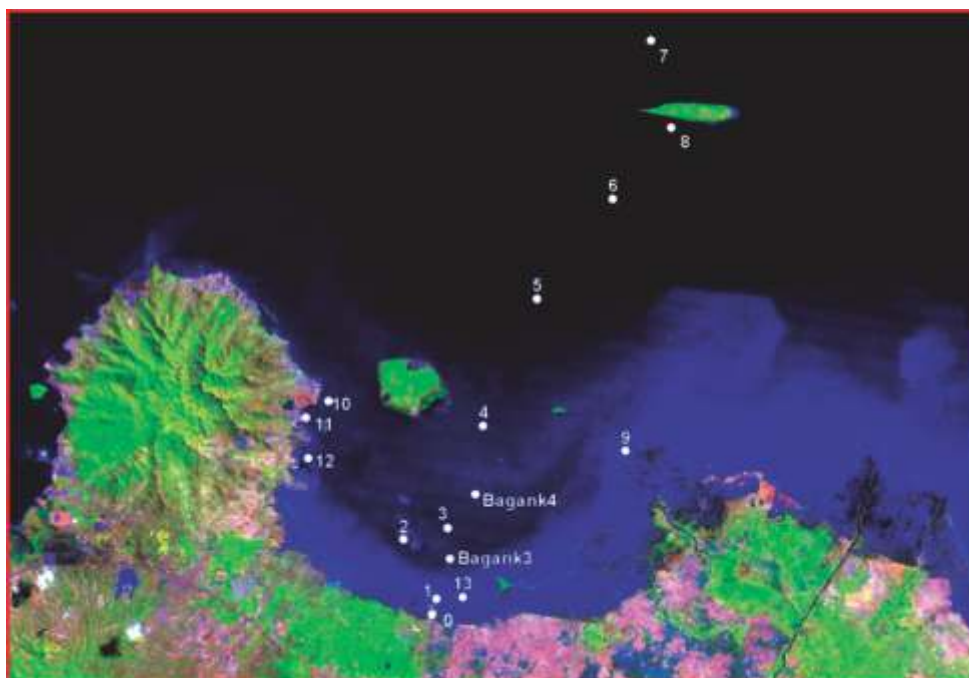
cenderung diurnal (*mixed tide prevailing diurnal*), selain itu Teluk Banten dipengaruhi oleh penyusun komponen pasang surut diurnal di Laut Jawa dan Laut Cina Selatan[5].

Pasang surut di Teluk Banten yang bertipe campuran juga bersifat *asymmetry* pada kecepatan arusnya (ada pergeseran waktu saat pasang dan surut), hal ini dikarenakan interaksi pasang surut diurnal (K1, O1) dan pasang surut semidiurnal (M2)[6]. Arus pasang surut saat Pasang Purnama (*spring tide*) bergerak cenderung ke arah timur dan saat bulan mati (*neap tide*) arus bergerak ke arah barat[6].

Gambar 2 menunjukkan tipe pasang surut *mixed tide prevailing diurnal* dan *asymmetry* yang berinteraksi dengan pola angin dan monsun sebagai sumber penggerak yang lebih dominan di Teluk Banten. Kondisi ini sangat berpengaruh untuk proses sedimentasi di daerah pantai[6].

1.4. Pola monsun

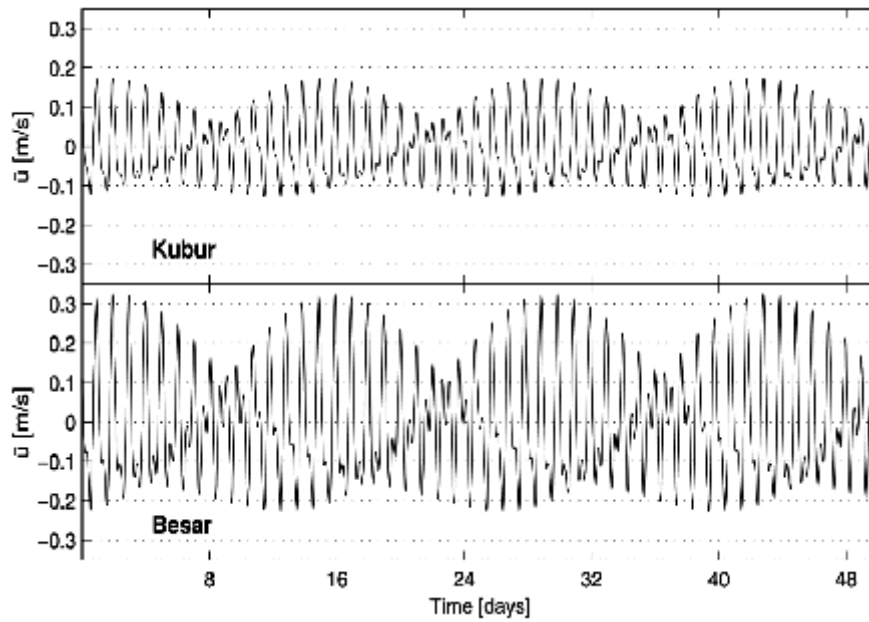
Monsun adalah suatu sistem perubahan angin musiman[7] dimana monsun sangat berhubungan dengan sistem penghujan[8]. Monsun sistem di Indonesia dikategorikan dalam 4 musim yaitu Musim Penghujan di bulan Desember-Januari-Februari dengan perubahan arah angin pasat (*trade winds*) menjadi *Northwesterly wind*. Musim Transisi I di bulan Maret-April-Mei. Musim Kering di bulan Juni-Juli-Agustus dengan diindikasikan oleh perubahan arah angin pasat menjadi *Southeasterly wind*, dan Musim Transisi II di bulan September-Oktober-November[5].



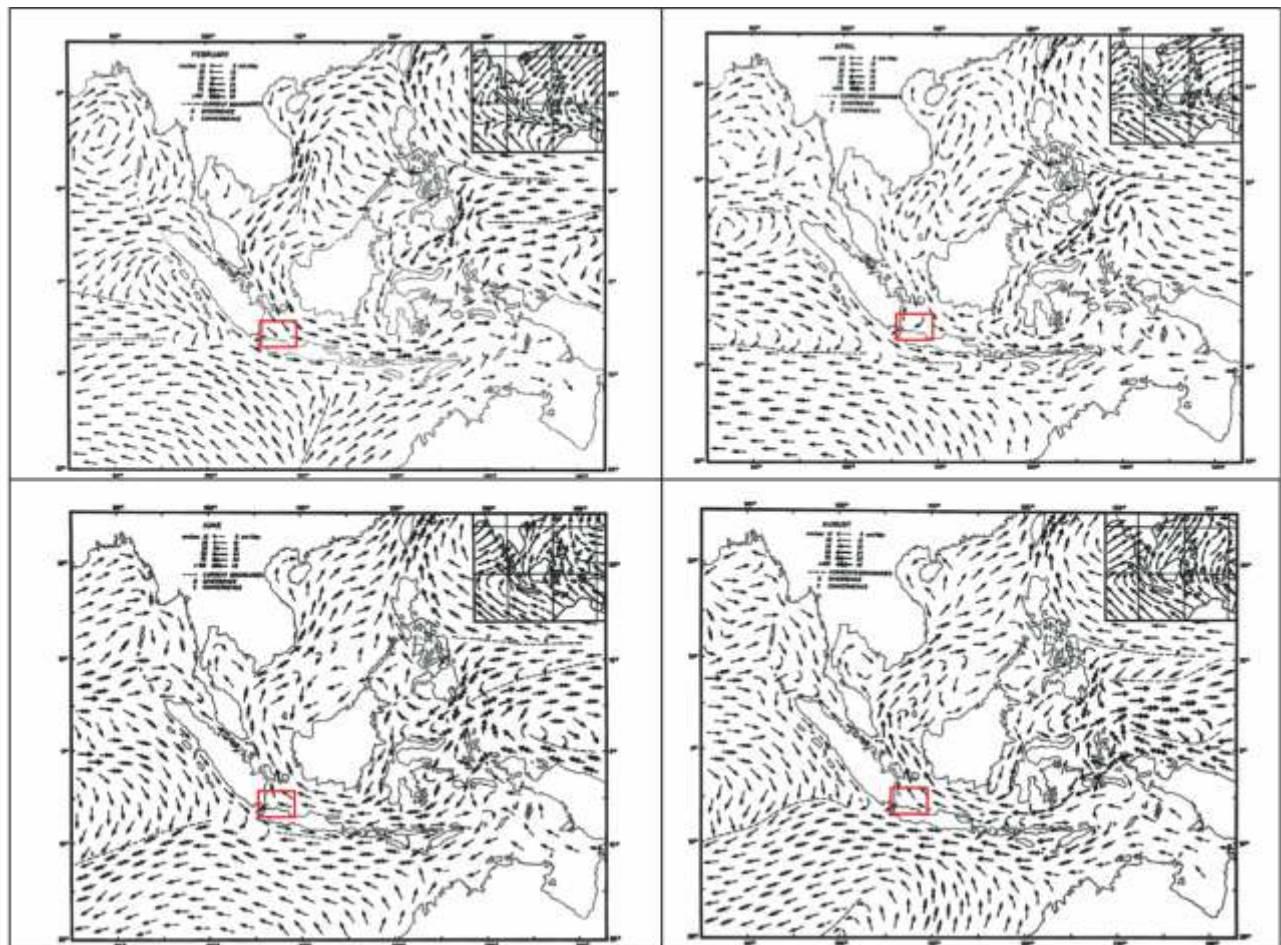
Gambar 1. Citra teluk Banten dan stasiun pengambilan data oseanografi.

Gambar 3 menunjukkan pola monsun yang terjadi di Laut Jawa berpengaruh terhadap Teluk Banten[5]. Selanjutnya hal ini akan mempengaruhi pola gelombang

laut yang dibangkitkan oleh angin (*wind waves*) dan kondisi musim[9].



Gambar 2. Pola arus pasang surut hasil analisa harmonik di Pulau Kubur dan Pulau Besar, Teluk Banten [6].



Gambar 3. Pola arus permukaan pengaruh angin monsoon[5]; kiri atas: bulan Februari, mewakili Monsun Timur; kanan atas: bulan April, mewakili peralihan Monsun Timur ke Monsun Barat; kiri bawah: bulan Juni, mewakili Monsun Barat; kanan bawah: bulan Agustus, mewakili peralihan Monsun Barat ke Monsun Timur, Kotak merah adalah Teluk Banten.

2. Metode Penelitian

Kajian Potensi Karbon Teluk Banten ini dilakukan dengan survei awal pada tanggal 23-27 Mei 2011. Pada tanggal 26 Mei 2011 telah dilakukan pengukuran CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*), pengukuran elevasi laut, kedalaman dan suhu permukaan laut sampai kedalaman sekitar 1 meter selama kurang lebih dua hari melalui pemasangan alat pengukuran parameter yang diperlukan secara *time series*, HOBO. Selain data hasil pengukuran lapangan di Teluk Banten, juga diperoleh data sekunder untuk parameter angin, pCO₂ dan curah hujan di kawasan Teluk Banten yang diperoleh melalui stasiun pengamatan BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika). Pengambilan data lapangan dan data sekunder parameter fisik (suhu, salinitas, angin, elevasi permukaan laut, curah hujan dan pCO₂) selanjutnya dilakukan pemrosesan dan analisis data tersebut. Studi ini memberikan hasil sementara analisis data di Teluk Banten melalui parameter-parameter fisik tersebut yang selanjutnya metode analisis ini akan dikorelasikan dengan parameter-parameter lainnya untuk mendapatkan informasi sementara tentang kondisi laut Teluk Banten dan pengaruhnya terhadap pCO₂.

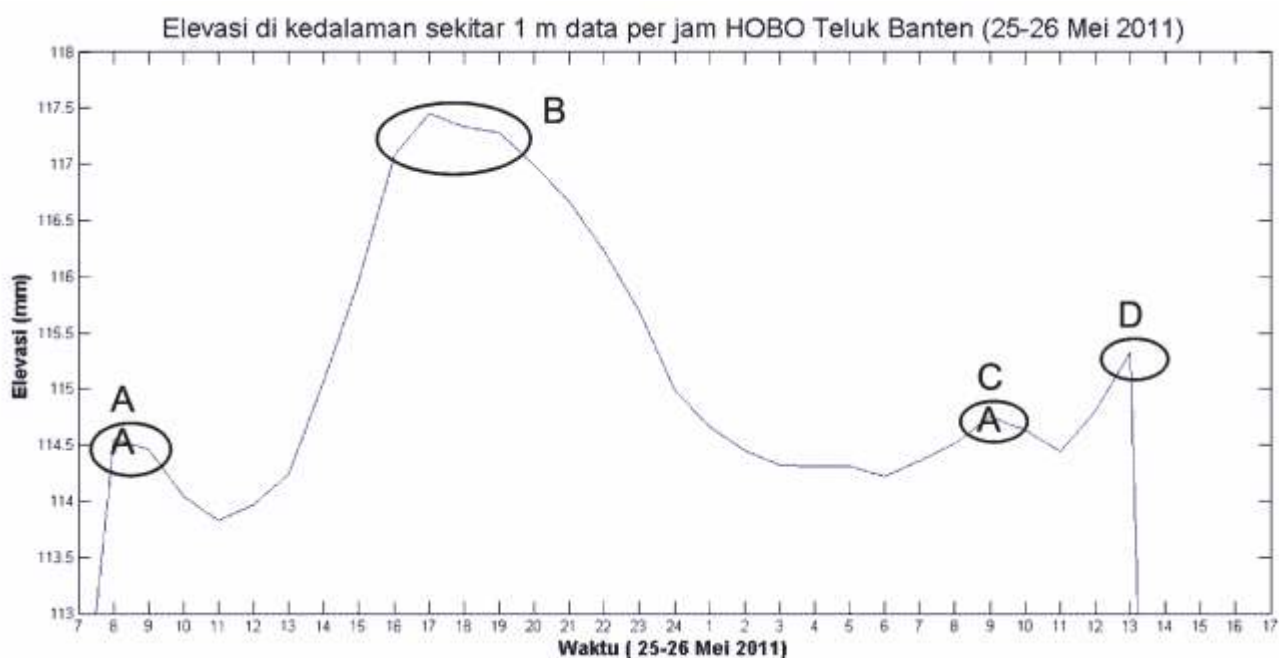
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil pengukuran elevasi laut dan suhu permukaan laut (kedalaman 1 meter)

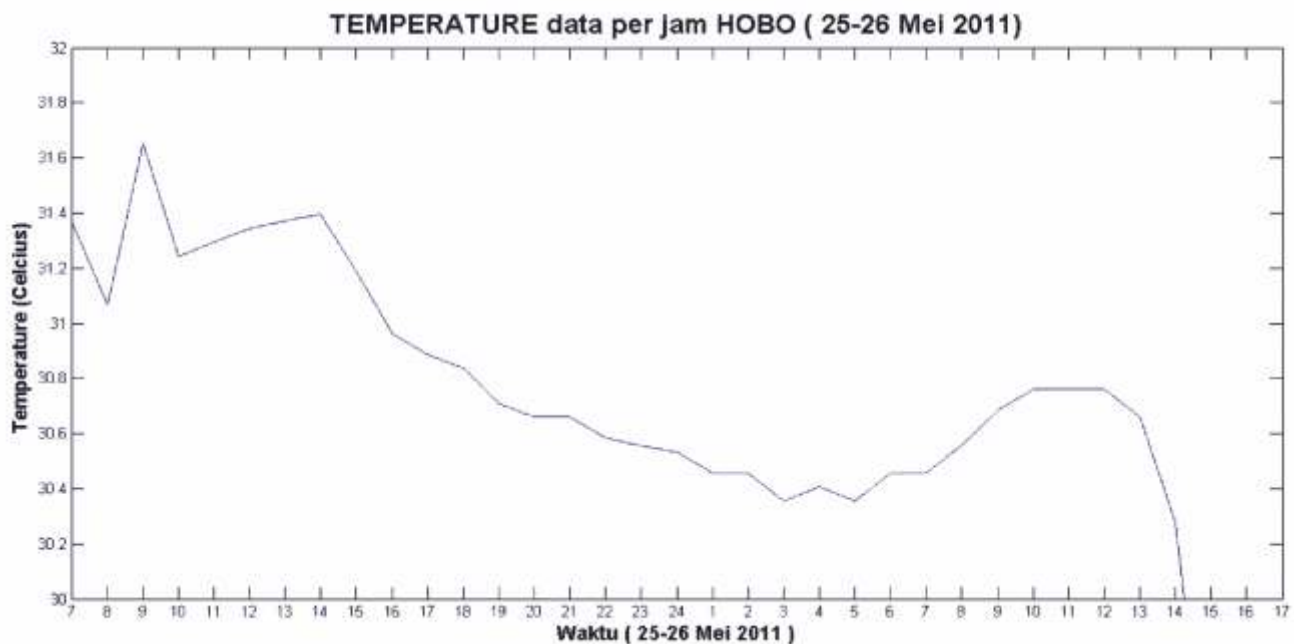
Gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran elevasi laut rata-rata perjam-an dari pengukuran (HOBO) yang memperlihatkan adanya pola pasang surut diurnal (24 jam-an), lingkaran A dan C, juga pasang surut 8-9 jam-an di lingkaran B. Puncak-puncak elevasi laut tersebut berhubungan dengan puncak kecepatan angin karena laut ini dipengaruhi oleh kekuatan angin (*wind driven force*). Selain itu terlihat juga adanya pola pasang surut diurnal *asymmetric* (lihat A dan C) perbedaan waktu di kedua titik tersebut adalah 25 jam.

Pengukuran suhu permukaan laut rata-rata perjam-an dari HOBO menunjukkan bahwa suhu permukaan laut tertinggi 31,6°C terjadi pada tanggal 25 Mei 2011 pagi hari sekitar jam 9 pagi, dan suhu permukaan laut menurun di sore hari sampai malam hari (Gambar 5).

Pada tanggal 26 Mei 2011 jam 10 pagi diperoleh suhu permukaan tertinggi yaitu 30,7°C yang nilainya lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai hari sebelumnya tanggal 25 Mei 2011. Hal ini terjadi sehubungan dengan kondisi angin saat itu.



Gambar 4. Elevasi laut di kedalaman sekitar 1 m dari pengukuran alat HOBO di Teluk Banten tanggal 25-26 Mei 2011.



Gambar 5. Suhu di kedalaman sekitar 1 m dari pengukuran alat HOBO di Teluk Banten tanggal 25-26 Mei 2011.

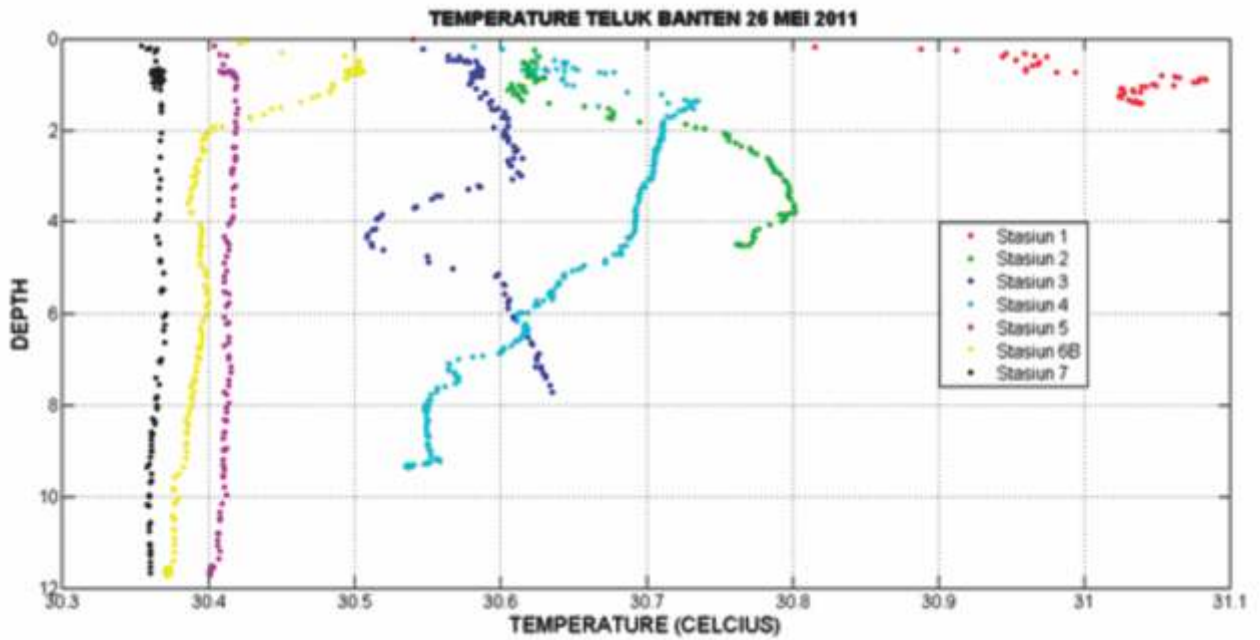
3.2. Hasil pengukuran CTD (*Current, Temperature and Depth*) di Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011

Profil suhu laut dan permukaan Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011 sampai kedalaman 12 meter untuk beberapa stasiun pengamatan berdasarkan hasil pengukuran CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) diperlihatkan pada gambar (6, 7, 8). Stasiun pengamatan bernomer lebih kecil adalah stasiun pengamatan menuju muara atau teluk, dan stasiun pengamatan bernomer lebih besar adalah stasiun pengamatan menuju *open sea*.

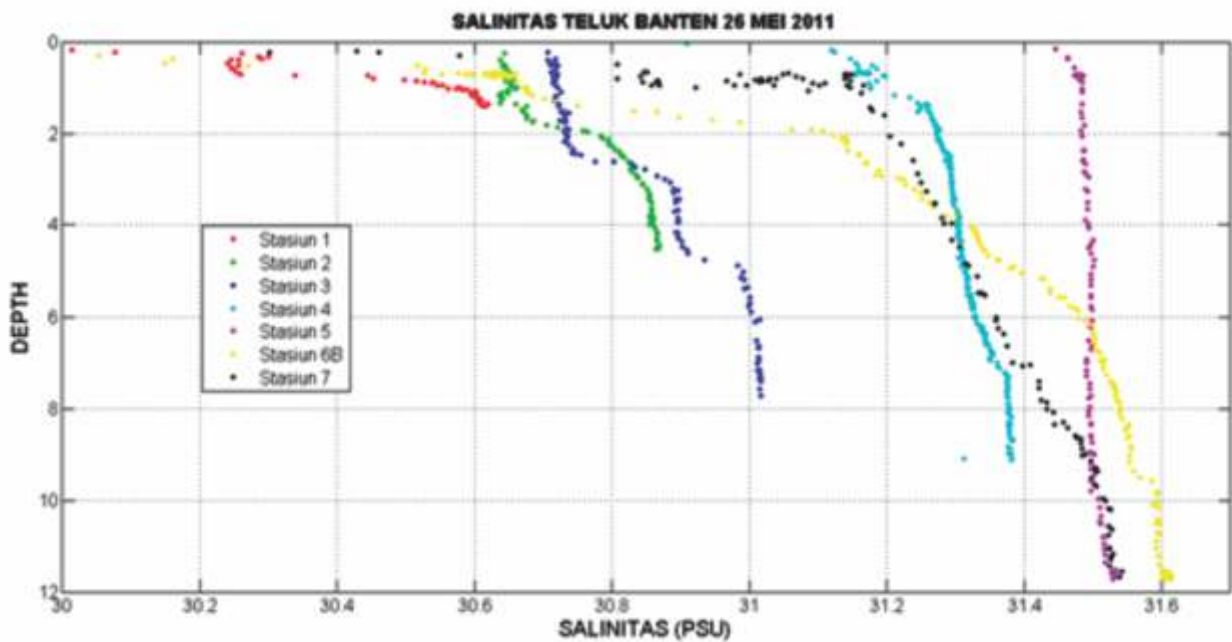
Profil suhu laut dan permukaan di Teluk Banten tanggal 26 Mei 2011 menunjukkan adanya penurunan suhu ke arah *open sea* dan suhu cenderung meningkat ke arah muara atau pantai, lihat Gambar 6. Suhu laut sampai kedalaman 12 meter cenderung mendekati konstan pada stasiun-stasiun ke arah laut lepas, sedangkan suhu permukaan laut sangat variatif dikarenakan faktor angin yang sangat dominan di Teluk Banten.

Pengukuran salinitas di Teluk Banten memperlihatkan bahwa salinitas cenderung meningkat ke arah *open sea* dan berkurang ke arah muara atau pantai. Pada stasiun 5 yang berada di Muka Teluk, salinitas mendekati konstan pada kedalaman lebih dari 1 meter, Gambar 6; perlu dilihat lebih lanjut apakah pengaruh hujan di daerah Teluk Banten mempengaruhi salinitas secara signifikan di kedalaman pada stasiun 5 tersebut.

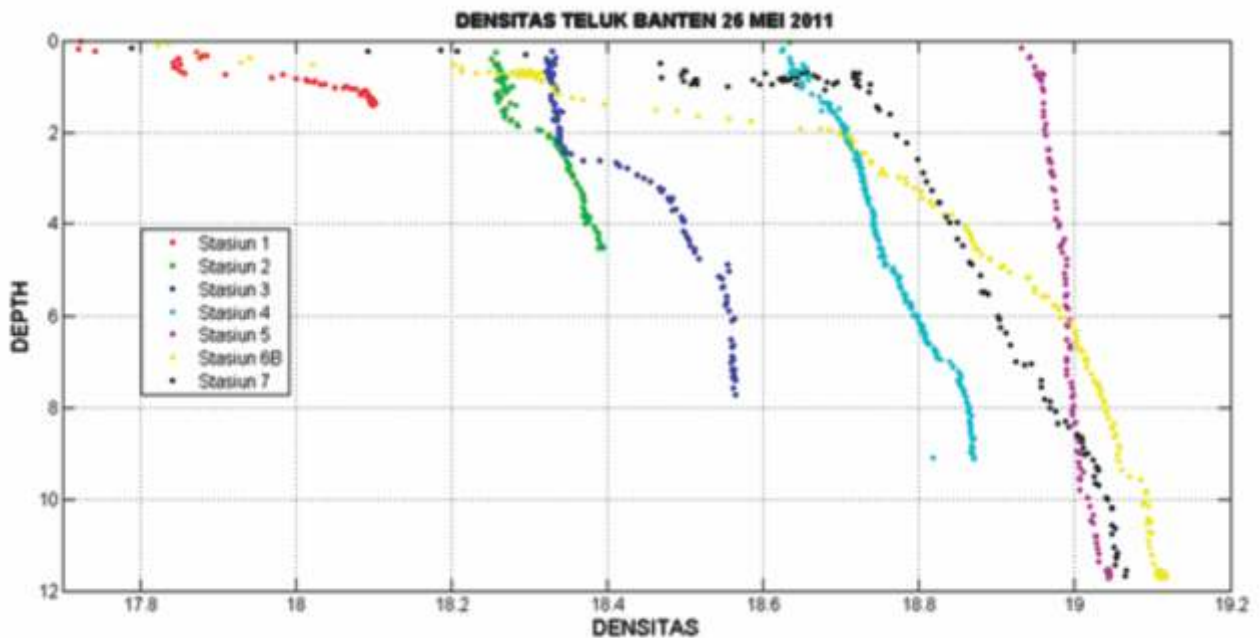
Pengukuran densitas dari hasil analisa CTD memberikan informasi bahwa stratifikasi di Teluk Banten tidak banyak berubah sampai kedalaman sekitar 12 meter. Hal ini diindikasikan melalui profil salinitas yang hampir sama dengan profil densitas. Untuk stasiun-stasiun yang lebih dekat ke laut lepas memperlihatkan stratifikasi yang lebih konstan sampai kedalaman 12 meter, namun densitas dan salinitas cukup bervariasi di dekat daerah muara pada kedalaman sekitar 3 meter. Hal ini dikarenakan faktor angin yang sangat dominan, Gambar 7 dan 8.



Gambar 6. Profil Suhu di Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011 melalui pengukuran CTD sampai kedalaman maksimum sekitar 12 meter.



Gambar 7. Profil Salinitas di Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011 melalui pengukuran CTD sampai kedalaman sekitar 12 meter.



Gambar 8. Profil Densitas di Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011 melalui pengukuran CTD sampai kedalaman sekitar 12 meter.

2.3.3. hasil pengolahan data angin dan curah hujan di Teluk Banten tanggal 25-27 Mei 2011

Pengolahan data angin rata-rata perjam-an dari stasiun BMKG di daerah Banten pada tanggal 25-27 Mei 2011 menunjukkan adanya pola angin dengan kecepatan maksimum 8 jam-an di Teluk Banten, Gambar 9. Kecepatan angin maksimum terjadi sekitar pukul 7 pagi, namun ada pergeseran waktu saat kecepatan angin maksimum pada tanggal 26 dan 27 Mei 2011 yaitu sekitar pukul 7-9 pagi. Pola angin 8 jam-an dan pergeseran waktu kecepatan angin maksimum (*asymmetric pattern*) ini perlu ditinjau lebih lanjut apakah hal ini terkait dengan tipe pasang surut. Namun demikian pola angin (*wind*

driven force) memberikan tekanan kedalam permukaan laut mengindikasikan bahwa pada saat kecepatan angin maksimum, elevasi laut pada kedalaman laut sekitar 1 meter tinggi dan suhu permukaan laut berkurang, lihat Gambar (4, 5 dan 9).

Berdasarkan hasil pengamatan data hujan BMKG pada tanggal 25-27 Mei 2011, terdapat curah hujan sekitar pk 15.00 WIB tanggal 25 Mei 2011 dan pada tanggal 26 Mei 2011 terdapat curah hujan yang sangat kecil intensitasnya sekitar pk 15.00-17.00 WIB, lihat Gambar 9. Profil salinitas sampai kedalaman sekitar 12 meter di Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011 tidak berubah dengan adanya curah hujan rendah, lihat Gambar 7.



Gambar 9. Profil Kecepatan angin rata-rata perjam-an dan curah hujan dari data Stasiun BMKG di Teluk Banten pada tanggal 25-27 Mei 2011.

3.4. Hasil pengolahan data curah hujan dan konsentrasi CO₂ atmosfer di Teluk Banten tahun 2007

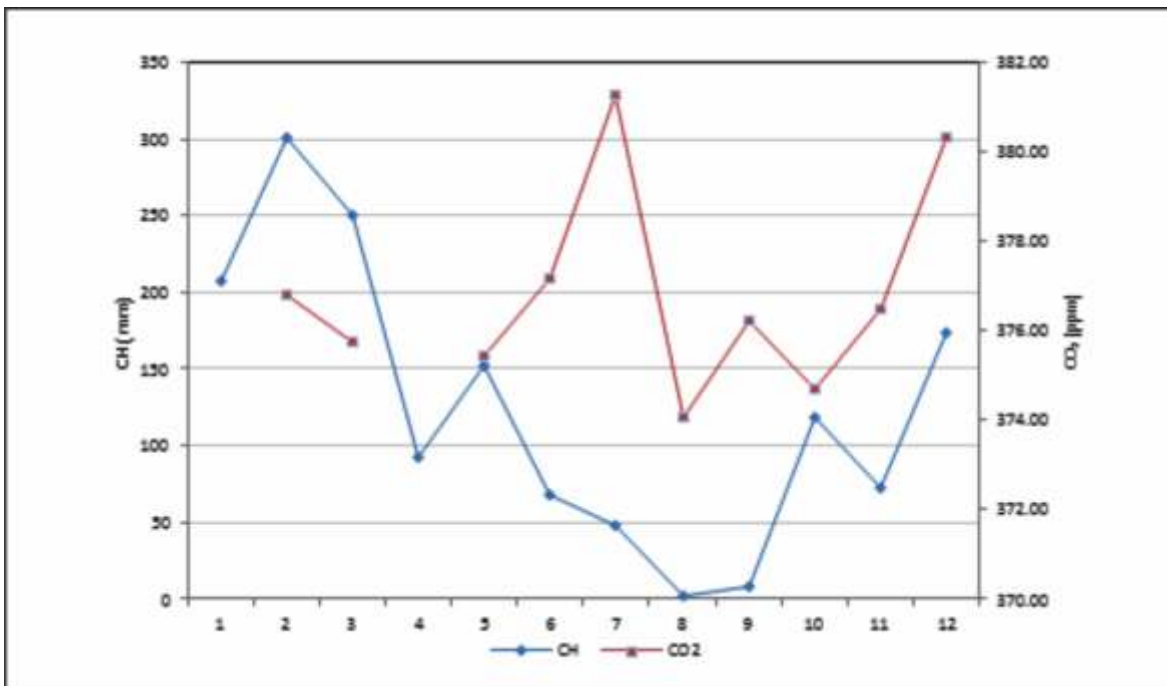
Relasi Curah Hujan dengan konsentrasi CO₂ atmosfer dalam data per bulan-an (*monthly*) menunjukkan bahwa pada musim penghujan bulan Januari-Februari 2007 besar Curah Hujan (CH) tinggi dan CO₂ juga tinggi yaitu di bulan Februari 2007, sedangkan di musim peralihan (Februari-Maret 2007) besar CO₂ menurun, lihat Gambar 10.

Nilai CO₂ tertinggi terjadi di bulan Juli 2007 yaitu pada musim kemarau (Juni-Juli-Agustus) dimana pada musim ini kondisi beberapa laut di Indonesia mengalami *sesonal upwelling* dan curah hujan berkurang. Besar CO₂ yang tinggi yaitu sekitar 383 ppm pada bulan Juli 2007, lihat Gambar 10 dapat ditinjau lebih lanjut hubungannya dengan proses *upwelling* di laut tersebut.

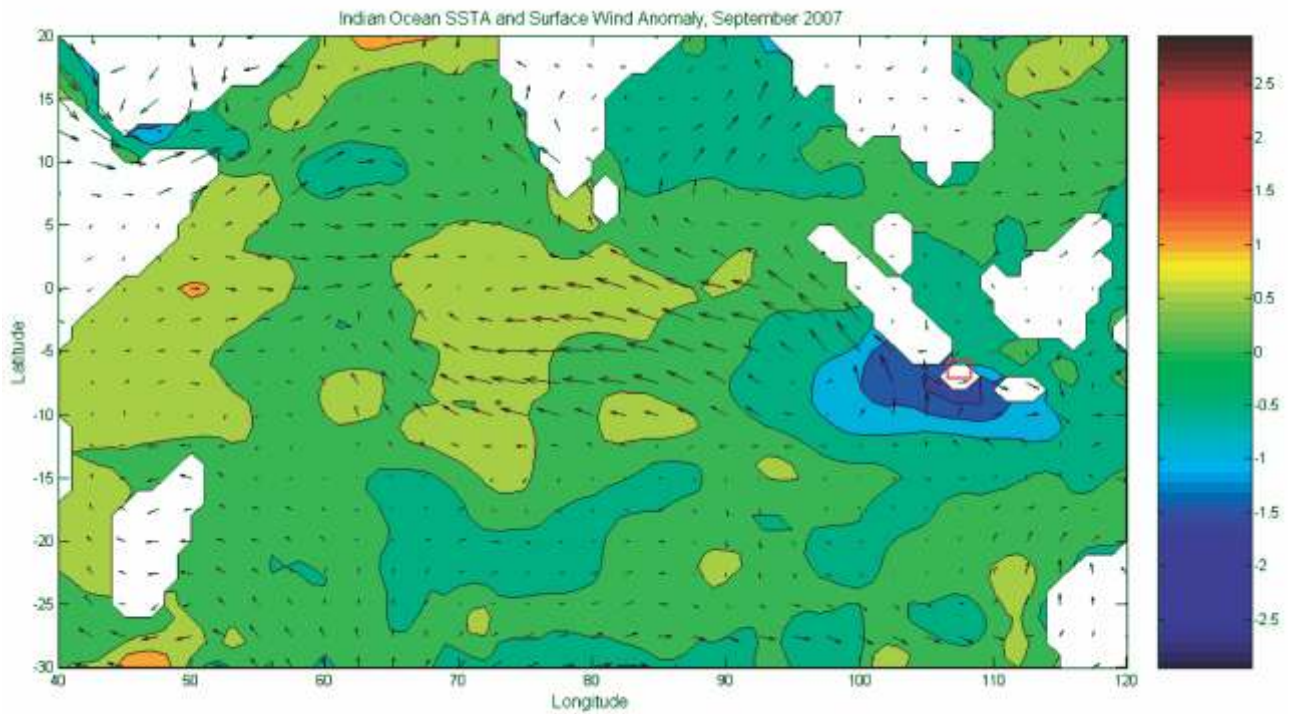
Pada tahun 2007 terjadi fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) positif yaitu suatu indikasi perubahan

zonal wind di daerah *Central Equatorial Indian Ocean* (CEIO) dan *zonal wind* di *South Equatorial Indian Ocean* (SEIO) [10]. Fenomena IOD positif ini diindikasikan dengan *sea surface temperature anomaly* (SSTA) lebih dingin di daerah pantai selatan Sumatera dan Jawa dan proses *upwelling* meningkat di laut-laut tersebut, Gambar 11. Bulan September 2007 di daerah Teluk Banten SSTA berkurang dan curah hujan juga berkurang, lihat Gambar 12, dan besar konsentrasi klorofil-a dari satelit MODIS (Gambar 13) berkisar 0,3 mg/m³[11].

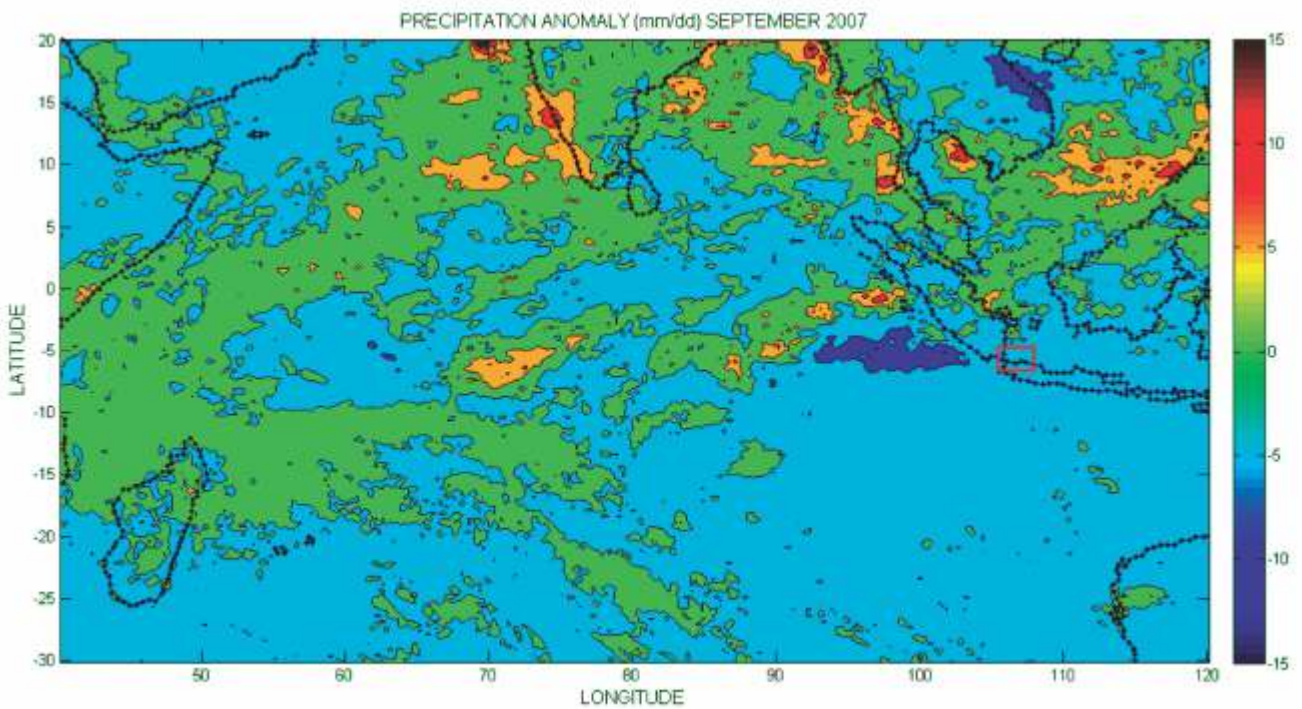
Dengan demikian meningkatnya besar konsentrasi CO₂ atmosfer di bulan September 2007 di Teluk Banten, Gambar 10, perlu tinjauan lebih lanjut terhadap fenomena *Indian Ocean Dipole* (IOD) positif terkait dengan proses *upwelling* dan klorofil. Sedangkan di bulan Oktober-November-Desember 2007 yaitu musim peralihan dari musim kering ke musim hujan, CO₂ cenderung naik dan curah hujan juga meningkat, Gambar 10.



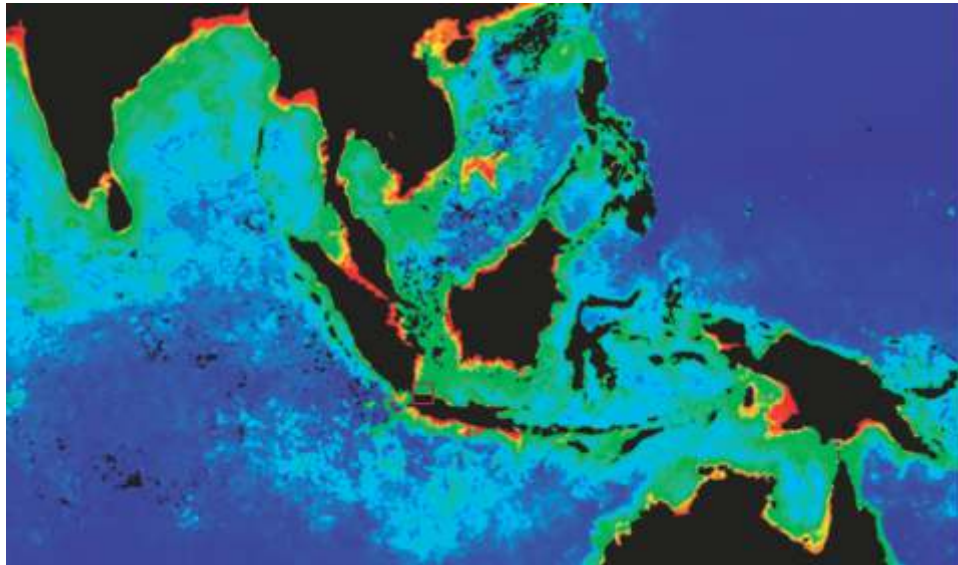
Gambar 10. Profil Curah hujan (stasiun pengamatan BMKG Serang) dan konsentrasi CO₂ atmosfer (GRK Kototabang) rata-rata perbulan (*monthly*) pada tahun 2007.



Gambar 11. *Sea Surface Temperature Anomaly* (SSTA) bulan September 2007 di Samudera Hindia dengan data analisis SST *monthly-NOAA Optimum Interpolation* (IO) SST V2[11], kotak Merah adalah lokasi sekitar Teluk Banten.



Gambar 12. *Precipitation Anomaly* (anomali curah hujan) bulan September 2007 di Samudera Hindia dengan data analisis dari satelit TRMM data *precipitation monthly*[11], kotak Merah adalah lokasi sekitar Teluk Banten.



Gambar 13. Profil klorofil-*a* di Samudera Hindia dan Indonesia dari satelit –MODIS, bulan September 2007[11], kotak Merah adalah lokasi sekitar Teluk Banten.

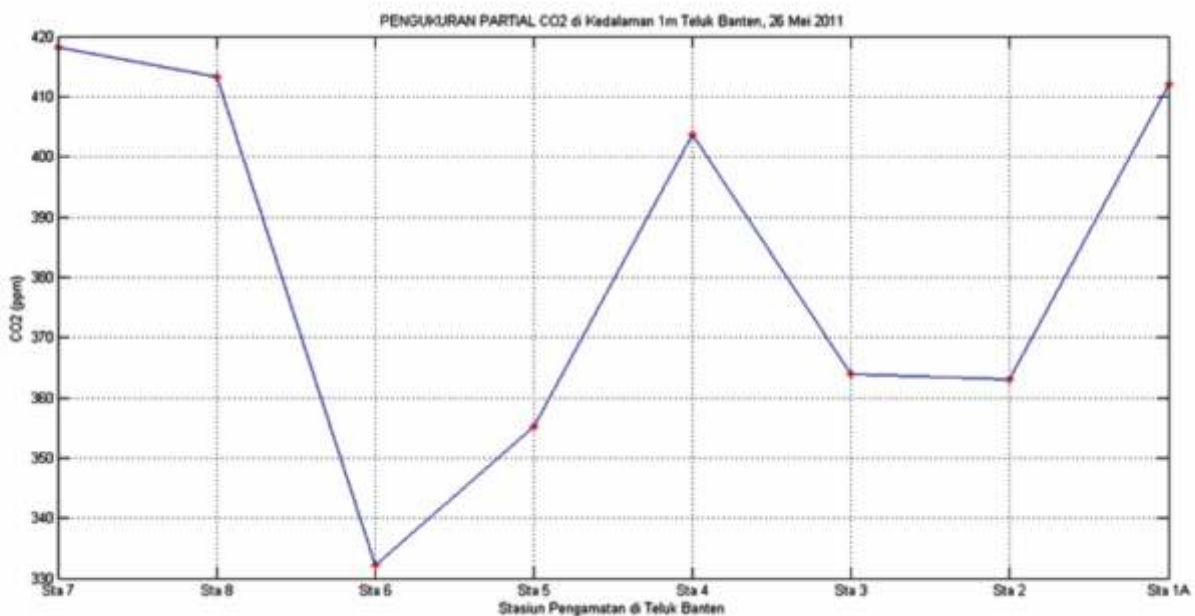
3.5. Hasil pengukuran pCO₂ di Teluk Banten

Pengukuran pCO₂ dalam satuan ppm (*part per million*) merupakan perbedaan tekanan parsial kandungan CO₂ di udara dan permukaan laut yg dilakukan dengan alat pCO₂ *oceanus*[®]. Alat ini mengambil pengukuran konsentrasi CO₂ permukaan laut di kedalaman 1 meter dalam waktu 30 menit.

Hasil pengukuran pCO₂ memperlihatkan bahwa pada lokasi menuju *open sea* (stasiun 7 dan 8) pCO₂ tinggi dan pada stasiun 4 dekat mulut teluk pCO₂ juga terlihat tinggi. Beberapa stasiun menuju ke muara atau pantai (stasiun 6, 5, 3, 2), pCO₂ terlihat menurun sedangkan stasiun IA yang berada dekat muara terlihat adanya peningkatan kembali pCO₂, Gambar 15.

Pada Gambar 9, profil kecepatan angin tanggal 26 Mei 2011, kecepatan angin tertinggi terjadi pagi hari jam 9 pagi, dan 8 jam kemudian di stasiun IA dekat muara terdapat kecepatan angin tinggi pada jam 17-19 sore dan diperoleh pCO₂ meningkat yaitu 412,05, lihat Tabel A.

Selain itu ada pola kecepatan angin maksimum 8 jam an pada tanggal 25 Mei 2011, yang diperkirakan mengubah kondisi suhu, elevasi permukaan dan juga besar pCO₂. Hubungan pola kecepatan angin dan besarnya pCO₂ di Laut Teluk banten secara tidak langsung ini perlu dikaji lebih lanjut.



Gambar 15. Tekanan parsial CO₂ di Teluk Banten pada tanggal 26 Mei 2011 di beberapa stasiun pengamatan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran CTD dan pCO₂ di Teluk Banten.

Stasiun Pengamatan	Jam	Vangin (m/s)	pCO ₂	Temp (0-2m) C
7	9,07	0,6	418,15	30,37
8	11,05	0,2	413,31	30,4
6	12,05	0,4	332,20	30,38
6B	13,11	0,5		
5	14,13	0,7	355,28	
4	15,21	0,7	403,75	30,75
3	16,28	0,7	363,87	30,6
2	17,20	0,6	363,11	30,8
1A	18,12	0,2	412,05	31,1

3. Kesimpulan

- Hasil studi awal interaksi laut-atmosfer pada tekanan partial pCO₂ di Teluk Banten memperlihatkan bahwa pCO₂ yang tinggi berada di area *open sea* dan relatif berkurang mendekati arah muara. Kondisi ini disebabkan oleh tingginya kecepatan angin yang dapat mempengaruhi kondisi suhu, dan elevasi permukaan laut.
- Profil salinitas di Teluk Banten cenderung meningkat ke arah *open sea* dan berkurang ke arah muara dan stratifikasi di Teluk ini tidak banyak berubah sampai kedalaman sekitar 12 meter. Data pengukuran elevasi laut ini mengindikasikan adanya pola pasut diurnal *asymmetric* (24 jam-an) dan pola pasut 8 jam-an.
- Pola Curah Hujan terhadap konsentrasi CO₂ atmosfer dalam data bulan-an (*monthly*) menunjukkan bahwa pada musim penghujan bulan Januari-Februari 2007 besar Curah Hujan (CH) tinggi dan konsentrasi CO₂ juga tinggi, sedangkan di musim peralihan (Februari-Maret 2007) konsentrasi CO₂ menurun. Fenomena *Interannual Indian Ocean Dipole* Positif di tahun 2007 diduga dapat mempengaruhi di CO₂ yang terkait dengan keberadaan klorofil akibat peningkatan *upwelling*.
- Hasil pengukuran in situ partial pCO₂ bulan Mei 2011 menunjukkan kondisi oseanografi lokal seperti pasang surut, temperatur mempengaruhi nilai pCO₂.

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini merupakan hasil dari kajian Osean-Atmosfer yang di biayai oleh Kegiatan Blue Carbon Project 2011 dari Puslitbang Sumberdaya Laut dan Pesisir dan Balai Penelitian Observasi Laut, Balitbang Kelautan dan Perikanan, Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim Blue Carbon 2011 dalam pengambilan data lapangan.

Daftar Pustaka

- [1] Makarim, S., Kusuma, G., Purbani, D., Rahayu, Y.P., Widodo, S. P., Daulat, A., Peospita, C., Hendrajana, B., Hasan, R., & Hidayat, W., (2010), *Transport Exchange SITE, Selat Sunda dan Selat Karimata*.
- [2] Wijffels, S.E., N. Bray, S. Hautahala, G. Meyers, & W. Morawitz, (1996), *The WOCE Indonesian Throughflow repeat hydrography sections: 110 and IR6*, WOCE Intl, Newsletter, 24, 25-28.
- [3] Sprintall, J., Chong, Jackson., Syamsudin, F., Morawitz, W., Hautahala, S., Bray, N., Wijffels, S., (1999), Dynamics of the South Java Current in the Indo-Australian Basin, *Geophysical Research Letters*, 26(16), pages 2493-2496, August 15, 1999.
- [4] Peta Lingkungan Pantai Indonesia, (1999), Lembar LPI 1110-09, Teluk Banten, Bakosurtanal dan Dishidros.
- [5] Wyrski, K., 1961, *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*, NAGAREPORT Vol, 2, The University of California, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California.
- [6] Hoitink, A.J.F., & P. Hoekstra. (2003). Hydrodynamic control of the supply of reworked terrigenous sediment to coral reefs in the Bay of Banten (NW Java, Indonesia), *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 743-755.
- [7] Ramage, C.S., (1971). *Monsoon Meteorology*, Academic Press.
- [8] Li, Tim., (2011). *Monsoon: Its Annual Cycle, Natural Variability, Trend and Future Change*, Summer School Lecture for MOMSEI (The Monsoon Onset Monitoring and Its Social and Ecosystem Impacts).
- [9] Pranowo, W. S., Adi, N. S., Rustam, A., Kepel, T.L., Subki, B.A., Adi, T.R., & Wirasantosa, S., (2010), *Rencana Strategis Riset Karbon Laut*

di Indonesia, Edisi Tahun II.

- [10] Saji, N.H., Goswami B.N., Vinayachandran P.N., & Yamagata T., (1999). A Dipole Mode in Tropical Indian Ocean, *Nature* 401, 360-363.
- [11] Makarim, S., Yu, Weidong., & Adi, T.R. (2011). *The Positive Indian Ocean Dipole and The Negative Indian Ocean Dipole indicated by*

Sea Surface Temperature Anomaly Analysis from Satellite and Mooring Data, the International Seminar of Marine on Implications of Climate Change in the Coral Triangle Initiative's (CTI) Region, Bali.