

Bandari Arining Fitranti, Sunarto, Donny Juliandri Prihadi dan Bambang Herunadi

POTENSI PELEPASAN DAN PENYERAP CO₂ KAITANNYA DENGAN SUHU DAN SALINITAS DI PERAIRAN TELUK BANTEN

Bandari Arining Fitranti¹, Sunarto², Donny Juliandri Prihadi² dan Bambang Herunadi³

¹Alumni Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad

²Staf Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpad

³Peneliti Balai Teknologi Survei Kelautan, BPPT Jakarta

Gedung Dekanat FPIK-Univ. Padjadjaran Kampus Jatinangor UBR 40600

Email : donny.prihadi@yahoo.co.uk

ABSTRAK

Peranan perairan pesisir sebagai CO₂ *sink/source* sangat penting dalam input penelitian karbon di wilayah Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi perairan Teluk Banten sebagai *carbon source/sink* dikaitkan dengan suhu dan salinitas. Suhu permukaan laut (SST) dan salinitas permukaan laut (SSS) berperan dalam kelarutan CO₂ di laut. Analisis spasial dilakukan dengan membuat sebaran pCO₂, suhu, dan salinitas dengan *surfer 10* kemudian dihitung indeks korelasi dengan menggunakan korelasi Pearson. Potensi *sink* dan *source* CO₂ didapat dengan menghitung perbedaan pCO₂ laut dengan atmosfer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak didapat korelasi yang kuat antara pCO₂ dengan suhu dan salinitas. Nilai rata-rata ΔpCO₂ perairan Teluk Banten memiliki nilai positif sehingga diduga berperan sebagai pelepas *carbon*.

Kata kunci : pCO₂, Sink dan Source CO₂, ΔpCO₂, dan Teluk Banten.

ABSTRACT

The role of coastal waters as a CO₂ sink/source are very important to carbon studies in Indonesia. This research aims to determine the potential of Banten Bay as a carbon source or sink related with temperature and salinity. Sea surface temperature (SST) and sea surface salinity (SSS) have a role in solubility of CO₂ in the ocean. Spatial analysis was done by arranging the distribution of pCO₂, temperature, and salinity with *surfer 10* and index of correlation was calculated using the Pearson correlation. Sink and source was obtained by calculating the difference between pCO₂ ocean and atmosphere. The result was obtained that there are no strong correlation between pCO₂ with temperature and salinity. The average of ΔpCO₂ in Banten Bay have a positive value so it had a role as carbon source.

Keywords : pCO₂, Sink and Source of CO₂, ΔpCO₂, and Banten Bay.

I. PENDAHULUAN

Karbondiodoksida atau CO₂ menjadi gas rumah kaca utama yang mendapat perhatian lebih besar di seluruh dunia karena

keterlibatannya dalam siklus biogeokimia wilayah pesisir dan lautan. Tekanan parsial CO₂ (pCO₂) di laut memegang peranan vital dalam proses transfer atau aliran CO₂ dari atmosfer ke

laut dan sebaliknya sehingga tingkat akurasi perhitungan pCO_2 laut sangat dibutuhkan (Pranowo *dkk*, 2010).

Kawasan Teluk Banten yang merupakan wilayah pesisir diketahui telah mendapat tekanan serius dari lingkungan sekitarnya akibat pertambahan penduduk yang cukup pesat dan dijadikannya kawasan pantai sebagai tempat pemukiman. Berdirinya beberapa industri dan adanya penambangan pasir secara besar-besaran di perairan teluk menambah tekanan terhadap perairan Teluk Banten (Afdal dan Riyono 2007).

Menurut penelitian Adi dan Rustam (2010) mengenai studi awal pengukuran sistem CO_2 di Teluk Banten menyebutkan bahwa dinamika di wilayah hulu ditambah dengan aktivitas manusia di Teluk Banten akan berpengaruh terhadap dinamika sistem CO_2 wilayah pesisir Banten, termasuk Teluk Banten sehingga diperlukan suatu penelitian mengenai sistem CO_2 dengan melakukan studi mengenai pCO_2 untuk dikaji potensi perairannya sebagai pelepas dan penyerap (*sink and source*) karbon kemudian dikaitkan dengan parameter oseanografinya seperti suhu dan salinitas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi perairan Teluk Banten sebagai penyerap atau pelepas CO_2 kaitannya dengan parameter oseanografi seperti suhu dan salinitas.

II. DATA DAN PENDEKATAN

Penelitian dilakukan di wilayah Teluk Banten $05^{\circ} 54' 30''$ - $06^{\circ} 04' 00''$ LS dan $106^{\circ} 04' 00''$ - $106^{\circ} 15' 00''$ BT dengan 12 stasiun pengukuran yang telah ditentukan oleh tim penelitian karbon laut BPPT Jakarta yang tersebar dari bagian dalam teluk hingga mulut teluk.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah :

1. GPS : untuk menentukan titik koordinat stasiun.
2. Pro-Oceanus: untuk pengukuran pCO_2 laut.
3. CTD : untuk pengukuran suhu dan salinitas perairan.

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat keras : PC/Laptop
2. Perangkat lunak : *Surfer 10* dan *Microsoft Excel*.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data pCO_2 , Suhu, dan Salinitas Periode Satu (20-21 Maret 2012).
2. Data pCO_2 , suhu, dan salinitas Periode Dua (27-28 Maret 2012).
3. Data pCO_2 , suhu, dan salinitas Periode Tiga (10-11 April 2012).
4. pCO_2 atmosfer Stasiun pengukuran stasiun Koto Tabang 2009.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode survei. Tahapan dalam penelitian ini adalah:

1. Pengolahan data pCO₂, suhu, dan salinitas Teluk Banten tiga periode pengukuran musim basah 2012.
2. Pembuatan grafik hasil perhitungan pCO₂, suhu, dan salinitas dengan menggunakan *Microsoft Excel*.
3. Pembuatan peta sebaran pCO₂, suhu, dan salinitas dengan interpolasi data menggunakan *Surfer 10*.
4. Analisis korelasi antara pCO₂ dengan suhu dan salinitas.
5. Perhitungan ΔpCO₂ untuk potensi *carbon source/sink*.

Perhitungan pCO₂ pada penelitian ini menggunakan rumus yang berasal dari alat *Pro-Oceanus System Inc.* yaitu:

$$pCO_2 = xCO_2 \times p \times \frac{1 \text{ bar}}{1000 \text{ mbar}} \times \frac{1.01325 \text{ atm}}{1 \text{ bar}}$$

Analisis statistik yang dipakai untuk memproses data dalam penelitian ini adalah analisis korelasi *Pearson Correlation* yang dikembangkan oleh *Karl Pearson*. Koefisien korelasi ini digunakan untuk mengetahui derajat keeratan antara dua variabel yang diamati (Somantri dan Muhidin 2006). Koefisien korelasi ini diperoleh dengan rumus :

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum (X)^2 - (\sum X)^2][n \sum (Y)^2 - (\sum Y)^2]}}$$

n : Banyaknya Stasiun Penelitian.

X: Variabel bebas yaitu parameter Suhu dan Salinitas.

Y: Variabel terikat parameter tekanan parsial karbondioksida (pCO₂) laut.

Analisis *sink* dan *source* CO₂ dilakukan dengan mengurangi nilai pCO_{2atm}, atau tekanan parsial CO₂ di atmosfer dengan nilai pCO_{2water} yang telah didapatkan dari perhitungan. Secara ideal pCO_{2atm} didapatkan melalui pengukuran langsung secara simultan dengan pCO_{2water}. Namun pada perhitungan ini akan digunakan pCO₂ atmosfer hasil pengukuran stasiun Koto Tabang tahun 2009 untuk menduga potensi perairan apakah sebagai penyerap atau pelepas karbon. Adapun formula untuk mengetahui nilai delta pCO₂ antara laut dan atmosfer ialah :

$$\Delta pCO_2 = pCO_{2water} - pCO_{2atm}$$

Suatu perairan berperan sebagai ‘*source*’ atau pelepas CO₂ ke udara/atmosfer jika nilai pCO₂ lautnya lebih tinggi dari nilai atmosfer (nilai positif) karena akan terjadi aliran CO₂ dari air ke atmosfer dan sebaliknya berperan sebagai penyerap / ‘*sink*’ CO₂ dari atmosfer jika nilai pCO₂ lautnya lebih rendah dari pCO_{2atm} (nilai negatif) (Susandi *dkk.* 2006).

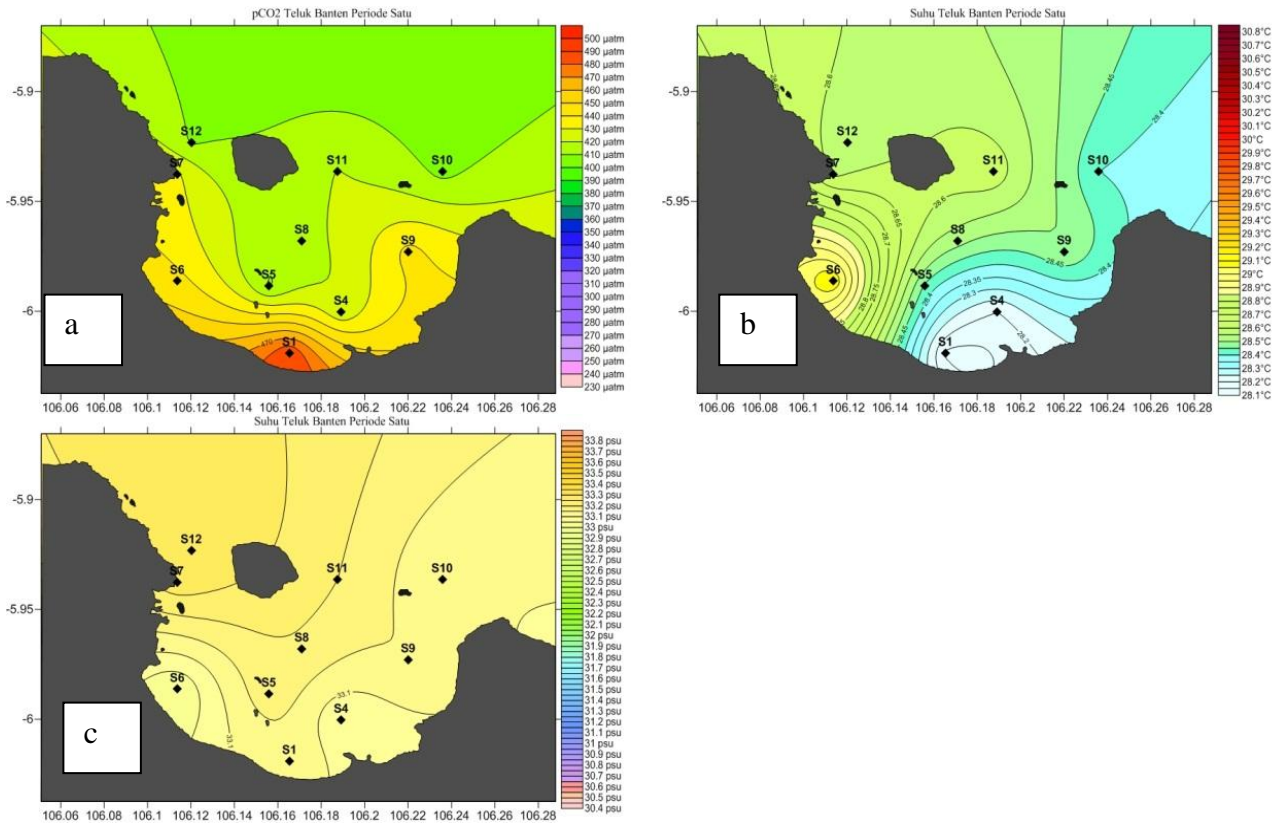
III. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Periode Satu

Hasil pengukuran tekanan parsial CO₂ didapat nilai tertinggi pada stasiun 1 yang letaknya dekat dengan daratan dan merupakan

bagian dalam teluk sebesar 490 μatm dan terendah di stasiun 10 yang letaknya berada di mulut teluk sebelah timur sebesar 407 μatm sedangkan rata-rata yang didapat dari 10 stasiun terukur pada periode satu sebesar 429 μatm . Untuk suhu permukaan laut didapat nilai tertinggi pada stasiun 6 (bagian barat teluk) dengan nilai 29,1°C dan terendah pada stasiun 1 (bagian dalam teluk) dengan nilai 28,14°C. Adapun nilai rata-rata dari pengukuran suhu

secara spasial ialah sebesar 28,51°C. Untuk pengukuran salinitas didapat nilai terendah pada stasiun 6 yang letaknya berada di bagian barat teluk sebesar 33 psu dan tertinggi pada stasiun 12 yang letaknya berada pada mulut teluk sebesar 33,30 psu dengan nilai rata-rata salinitas pada periode ini sebesar 33,16 psu. Hasil pengukuran periode satu disajikan dalam bentuk gambar berupa peta sebaran yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Sebaran Periode Satu a) pCO₂, b)Suhu, c)Salinitas.

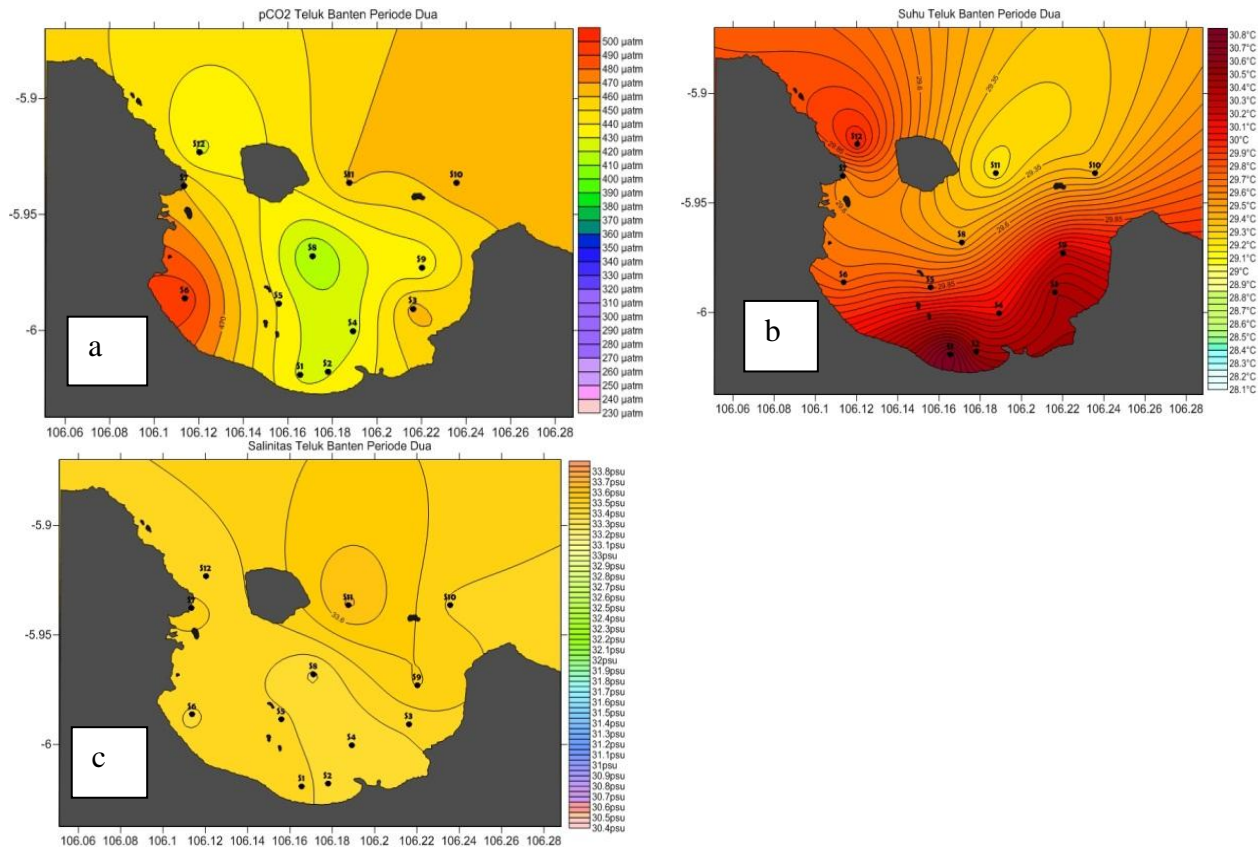
3.2. Periode Dua

Hasil pengukuran pCO₂ periode dua didapat nilai tertinggi pada stasiun 6 yang letaknya berada pada bagian barat teluk sebesar

498 μatm dan terendah pada stasiun 8 yang letaknya berada di bagian tengah teluk sebesar 409 μatm sedangkan rata-rata dari hasil

pengukuran 12 stasiun pada periode ini sebesar 445 μatm . Nilai suhu tertinggi terdapat pada stasiun 1 (bagian dalam teluk) yaitu $30,85^{\circ}\text{C}$ dan terendah terdapat pada stasiun 11 (mulut teluk) yaitu $29,21^{\circ}\text{C}$ dengan nilai rata-ratanya ialah $29,95^{\circ}\text{C}$. Nilai salinitas tertinggi pada

stasiun 11 (mulut teluk) yaitu 33,66 psu dan terendah terdapat pada stasiun 8 (tengah teluk) dengan nilai 33,39 psu dengan nilai rata-rata ialah 33,48 psu. Peta sebaran hasil pengukuran periode dua dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Sebaran Periode Dua a) pCO₂, b) Suhu, c) Salinitas.

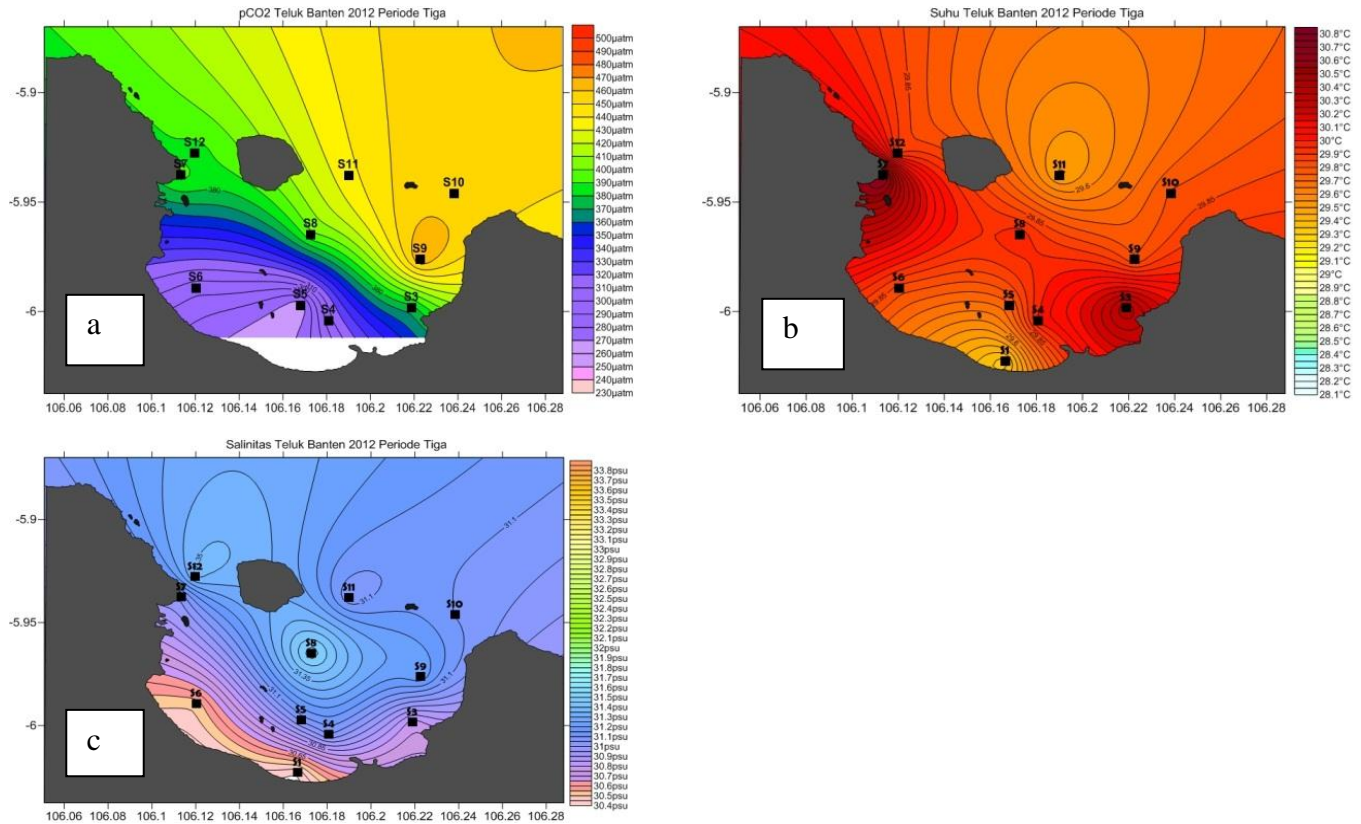
3.3. Periode Tiga

Hasil pengukuran pCO₂ pada periode tiga didapat nilai tertinggi pada stasiun 9 sebesar 469 μatm yang letaknya bagian tengah teluk sebelah timur dan terendah pada stasiun 5 yaitu 262 μatm dengan nilai rata-rata sebesar 377 μatm dari pengukuran total 10 stasiun yang terukur.

Nilai suhu tertinggi terdapat di stasiun 7 (bagian barat teluk) yaitu $30,69^{\circ}\text{C}$ dan terendah pada stasiun 1 (bagian dalam teluk) sebesar $29,32^{\circ}\text{C}$ sedangkan nilai rata-rata yang diperoleh sebesar $29,91^{\circ}\text{C}$ dari total pengukuran 11 stasiun. Untuk salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 8 (bagian tengah teluk) yaitu 31,54

psu dan terendah pada stasiun 1 (bagian dalam teluk) yaitu 30,41 psu sedangkan nilai rata-rata ialah 31,01 psu. Sebaran pCO_2 , suhu, dan

salinitas pada periode tiga ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Sebaran Periode Tiga a) pCO_2 , b) Suhu, c) Salinitas.

3.4. Indeks Korelasi

Hubungan antara pCO_2 dengan suhu memiliki nilai r sebesar -0,176. Nilai negatif menunjukkan hubungan yang berkebalikan. Nilai korelasi rendah yang didapat dari hasil pengukuran spasial pCO_2 dengan suhu di wilayah Teluk Banten dapat diduga karena wilayah kajian ini merupakan perairan pesisir yang memiliki dinamika karbon lebih kompleks sehingga masih terdapat beberapa faktor selain

suhu yang mempengaruhi siklus karbon di wilayah pesisir seperti aktivitas biologi atau *biological pump*. Suhu juga berfluktuasi terhadap cahaya matahari. Fitoplankton memanfaatkan karbon dalam siklus hidupnya dengan proses fotosintesis terjadi pada siang hari sehingga tidak menutup kemungkinan ketika nilai suhu lebih tinggi memiliki nilai pCO_2 yang lebih rendah.

Tabel 1. Nilai Korelasi pCO₂ dengan Suhu dan Salinitas.

Variabel	r
pCO ₂ dengan Suhu	-0,176
pCO ₂ dengan Salinitas	0,603

Hubungan pCO₂ dengan salinitas didapat nilai r sebesar 0,603. Hal ini menunjukkan hubungan antara pCO₂ dengan salinitas selama pengukuran musim basah tahun 2012 memiliki nilai positif dengan korelasi cukup tinggi. Dilihat dari rata-rata setiap periode pengukuran, untuk nilai rata-rata pCO₂ periode satu ke periode dua mengalami peningkatan dan kemudian dari periode dua ke periode tiga mengalami penurunan. Pola tersebut terjadi juga untuk nilai rata-rata salinitas setiap periodenya. Nilai rata-rata terendah sama-sama diperoleh pada pengukuran periode tiga sedangkan tertinggi sama-sama diperoleh pada periode dua.

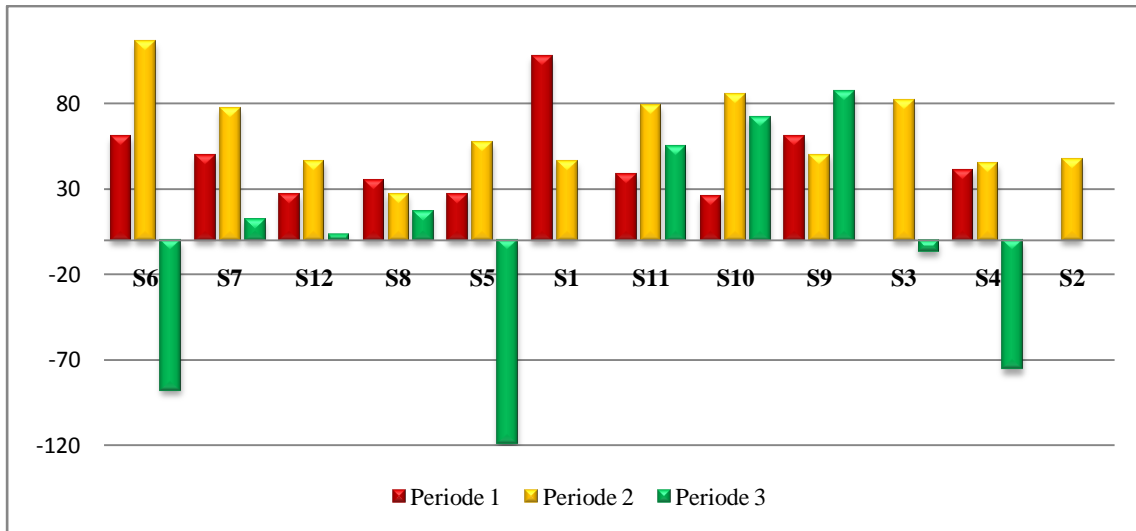
Selama pengukuran karbon laut di wilayah pesisir, debit air sungai yang masuk ke wilayah teluk patut diperhitungkan karena mempengaruhi fluktuasi salinitas dengan masuknya air tawar ke wilayah laut. Pada penelitian Adi dan Rustam (2010) menyebutkan bahwa aliran massa air dari sungai dapat membawa lebih banyak DIC yang dapat meningkatkan nilai pCO₂.

Dari hasil korelasi pada Tabel 1 juga dapat dilihat bahwa suhu dan salinitas tidak menjadi

variabel utama yang mempengaruhi fluktuasi karbon secara spasial karena Teluk Banten sendiri merupakan wilayah pesisir dimana memiliki siklus biogeokimia yang aktif dan kompleks karena adanya variasi temporal dan spasial yang perlu dikaji lebih lanjut untuk menggambarkan dinamika karbon yang terjadi di wilayah pesisir Teluk Banten.

3.5. Potensi *sink* & *source* CO₂

Untuk mendapatkan suatu kesimpulan mengenai potensi perairan sebagai *carbon sink* atau *carbon source*, hasil perhitungan pCO₂ laut Teluk Banten kemudian dikurangi dengan pCO₂ atmosfer hasil pengukuran stasiun Koto Tabang yaitu 381,74 µatm untuk periode satu dan dua dan 381,31 µatm untuk periode tiga sehingga didapat nilai delta pCO₂ (ΔpCO_2) untuk dugaan *sink* dan *source*. Apabila hasil perhitungan didapat nilai positif maka diduga berperan sebagai *source* sedangkan nilai negatif diduga berperan sebagai *sink*. Adapun hasil dari perhitungan delta pCO₂ (ΔpCO_2) pengukuran periode satu, dua, dan tiga yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Potensi Sink dan Source CO₂ Teluk Banten.

Hasil pengukuran periode satu berpotensi sebagai *carbon source* dengan kisaran $\Delta p\text{CO}_2$ antara 26 μatm pada stasiun 10 untuk nilai terendah hingga terbesar 108 μatm pada stasiun 1 dengan rata-rata $\Delta p\text{CO}_2$ pada periode ini sebesar 48 μatm .

Hasil pengukuran $\Delta p\text{CO}_2$ periode dua pada Gambar 4 menjelaskan bahwa perairan Teluk Banten cenderung berperan sebagai *carbon source*. Nilai rata-rata $\Delta p\text{CO}_2$ pada periode ini lebih besar dari $p\text{CO}_2$ atmosfer dengan kisaran nilai 27 μatm untuk nilai terendah yang terletak di stasiun 8 (tengah teluk) dan 116 μatm untuk nilai tertinggi yang terletak di stasiun 6 (barat teluk) sedangkan rata-rata $\Delta p\text{CO}_2$ ialah 63 μatm .

Nilai $\Delta p\text{CO}_2$ pada periode tiga dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa $\Delta p\text{CO}_2$ lebih bervariasi dalam potensinya sebagai *carbon sink/source* karena ada yang bernilai positif dan

negatif dari total 10 stasiun yang terukur dengan kisaran nilai -119 μatm yang letaknya di stasiun 5 (tengah teluk) untuk nilai terendah hingga 87 μatm pada stasiun 9 yang letaknya bagian timur teluk untuk nilai tertinggi dengan nilai rata-rata $\Delta p\text{CO}_2$ sebesar -4 μatm sehingga diduga berperan sebagai *sink*.

Secara keseluruhan hasil pengukuran $\Delta p\text{CO}_2$ dari periode satu sampai periode tiga memiliki nilai positif sebesar 37 μatm . Nilai positif menunjukkan bahwa pada pengukuran yang mewakili musim basah tahun 2012 perairan Teluk Banten diduga berperan sebagai pelepas karbon.

Peristiwa pasang surut dan debit air sungai diduga mempengaruhi fluktuasi dan sebaran karbon dalam proses *mixing* yang terjadi di perairan pesisir yang sangat kompleks. Perbedaan potensi perairan Teluk Banten sebagai penyerap atau pelepas karbon yang

dilakukan pada waktu yang berbeda dengan kondisi laut yang dinamis serta tunggang pasut berbeda antar periode pengukuran dan debit air sungai yang masuk ke perairan juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam kajian mengenai karbon di wilayah pesisir dalam kajian karbon di wilayah pesisir.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tekanan parsial CO₂ kaitannya dengan suhu dan salinitas di Teluk Banten yang dianggap mewakili pengukuran pada musim basah tahun 2012 ini didapat kesimpulan bahwa tidak didapat korelasi yang kuat antara pCO₂ dengan suhu dan salinitas di perairan Teluk Banten yang merupakan wilayah pesisir dengan dinamika karbon yang sangat kompleks. Teluk Banten memiliki nilai rata-rata ΔpCO₂ positif sehingga diduga berperan sebagai pelepas karbon (*carbon source*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Survei Karbon Laut, Balai Teknologi Survei Kelautan, BPPT Jakarta atas kesempatannya mengikuti program Pengendalian Dampak Perubahan Iklim, *Work Package: Pengukuran Karbon Laut* dalam rangka penelitian untuk tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Adi, N. S., A. Rustam. 2010. Studi Awal Pengukuran Sistem CO₂ Di Teluk Banten. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan VI ISOI 2009*, ISBN: 978-979-98802-5-3, 17 halaman.

Afdal., S. H. Riyono. 2007. Kualitas Perairan Teluk Banten pada Musim Timur Ditinjau dari Konsentrasi Klorofil-a dan Indeks Autotropik. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 33: 339-354.

L'Esperance, C. 2010. *PSI User Manual*. Pro-oceanus Systems Inc. PSI-UMP1004-A. 7 pages.

Pranowo, W.S., N.S. Adi, A. Rustam, T.L. Kepel, B.A. Subki, T.R. Adi, S. Wirasantosa. 2010. *Rencana Strategis Riset Karbon Laut Di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir Balitbang KP. Jakarta. 51 halaman.

Somantri, A., S.A. Muhidin, 2006. *Aplikasi Statistika Dalam Penelitian*. Pustaka Setia. Bandung. 410 halaman.

Susandi, A., A. Subki, dan I.M. Radjawane. 2006. Kajian Pertukaran Gas Karbondioksida (CO₂) Antara Laut dan Udara Di Perairan Indonesia dan Sekitarnya. Dalam: *Proceedings Convention Semarang 2006 - The 31st Annual Scientific Meeting (PIT) HAGI*. 8 halaman.

Takahashi, T., S.C. Sutherland, C. Sweeney, A. Poisson, N. Metzl, B. Tilbrook, N. Bates, R. Wanninkhof, R. A. Feely, C. Sabine, J. Olafsson, Y. Nojiri. 2002. Global sea-air CO₂ flux based on climatological surface ocean pCO₂, and seasonal biological and temperature effects. *Deep-Sea Research II* (49). Halaman 1601-1622.