

PEMANFAATAN ALGORITMA ZHU UNTUK ANALISIS KARBON LAUT DI TELUK BANTEN

Ramawijaya¹; M.Yusuf Awaludin²; Widodo S. Pranowo³; Rosidah²

¹)Alumni Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran. Email : rm_wijaya@yahoo.com

²) Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran
Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Universitas Padjadjaran (UNPAD), Bandung
Jl. Jatinangor-Sumedang Km.21 Bandung
HP.08567325281 / E-mail : awaludin@unpad.ac.id

³) Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir
Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP)
Jalan Pasir Putih Ancol Timur. 14430. Jakarta- Indonesia

ABSTRAK

Tantangan penting dalam bidang meteorologi laut dan perubahan iklim adalah bagaimana memprediksikan secara kuantitatif interaksi laut dan atmosfer dalam kaitannya dengan proses penyerapan (sink) / pelepasan (source) CO₂ oleh laut yang dikontrol oleh proses kimia, fisika, dan biologi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa penyerapan/pelepasan CO₂ laut dengan pendekatan model melalui perhitungan tekanan parsial CO₂ (pCO₂) laut. Hasil algoritma menunjukkan sebagian besar stasiun pengamatan memberikan nilai positif dengan kisaran 0 – 5000 µatm dengan nilai bias yang tinggi pada stasiun bagian dalam teluk. Sementara itu hasil observasi SPL dan klorofil-a menunjukkan nilai ΔpCO₂ bernilai negatif berkisar antara 0 s/d –20 µatm pada perairan luar teluk dan bernilai 0 s/d +420 µatm untuk bagian dalam teluk. Secara umum Perairan Teluk Banten berperan sebagai source sedangkan bagian luar teluk berperan sebagai sink CO₂. Namun Algoritma Zhu ini tidak disarankan untuk digunakan di daerah perairan dalam teluk atau pesisir.

Kata Kunci : Teluk Banten, Algoritma Zhu, karbon laut, sink, source

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya emisi gas buang seperti CO₂, CH₄, N₂O, CF₄, C₂F₆ banyak diketahui sebagai penyebab pemanasan global di berbagai belahan dunia. Dampak yang paling dirasakan masyarakat adalah berbagai bencana kekeringan, kebakaran hutan serta kenaikan muka air laut. Karbondioksida (CO₂), sebagai salah satu penyebab utamanya, berada di atmosfer sebesar 391 ppm (NOAA, 2011) lebih banyak dibandingkan pada tahun 1800 sebanyak 280 ppm. Lautan berfungsi sebagai reservoir karbon didasarkan pada kemampuannya menyerap dan melepas CO₂ ke atmosfer. Cai *et al.* (2006) dalam

Adi dan Rustam (2010) menyebutkan total 4 -5 Peta gram C (1 Peta gram C = 1x 10¹⁵ gram C) emisi tiap tahun ke atmosfer, sekitar 2 Peta gram C diserap laut, yang setara dengan 50% nya. Dalam hal ini, laut Indonesia mempunyai peranan sebagai penyerap / pelepas karbon, termasuk di dalamnya adalah perairan pesisir.

Perairan pesisir merupakan bagian kecil sekitar 7 % dari total luas lautan, walaupun begitu perairan pesisir berperan penting terhadap total *budget* karbon global karena menerima aliran karbon dan nutrisi dari darat dan ekosistem lahan basah (Borges *et al.* 2011). Penelitian karbon laut di perairan pesisir juga cukup penting karena variabilitas CO₂ perairan

akan sangat dipengaruhi oleh aliran materi dari daratan melalui aliran sungai maupun ekosistem lamun dan mangrove. Khususnya untuk Teluk Banten aktivitas manusia di daratan pesisir Utara Banten telah menyebabkan masuknya berbagai bahan pencemar ke perairan pesisir. Perubahan morfologi pantai dan dinamika di wilayah hulu ditambah dengan aktivitas manusia tersebut akan berpengaruh terhadap dinamika sistem CO₂ wilayah pesisir Banten, termasuk Teluk Banten (Adi dan Rustam 2010). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pendekatan model perhitungan penyerapan CO₂ laut dengan aplikasi data penginderaan jauh yang didasarkan pada hubungan empirik secara langsung menghitung tekanan parsial CO₂ (pCO₂) laut berdasarkan produk penginderaan jauh yaitu SPL dan klorofil-a.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian adalah di wilayah Teluk Banten (5°54'44.87" - 6° 0'37.89 LS; 106° 6'30.27 - 106°14'43.69 BT) dengan pengamatan terhadap beberapa stasiun pengukuran (Gambar 1) yang telah dilakukan oleh tim penelitian *Blue Carbon P3SDLP* pada tahun 2010 (Maret dan Juli). Analisis *sink* dan *source* CO₂ dilakukan dengan menentukan pCO₂ menggunakan algoritma yang dikembangkan Zhu *et al.* (2008) berdasarkan SPL dan klorofil-a pada persamaan (1). Data yang digunakan merupakan pengukuran tahun 2009 (bulan

Juli dan Agustus) dan tahun 2010 (bulan Maret dan Juli). Kemudian analisis *sink* dan *source* dilakukan dengan menghitung perbedaan pCO₂ laut dengan atmosfer pada persamaan (2).

Teknik perhitungan tekanan parsial CO₂ (pCO₂) laut dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan data DIC dan pH secara praktis menggunakan program CO2SYS yang dikembangkan oleh Lewis dan Wallace (1997) dalam Ramawijaya *et al.* (2012). Kemudian digunakan juga teknik perhitungan pCO₂ yang lain dengan menggunakan persamaan algoritma yang dikembangkan oleh Zhu *et al.* (2008).

Penentuan pCO₂ dengan algoritma tersebut berdasarkan parameter SPL dan konsentrasi klorofil-a. Pada penelitian ini digunakan juga data SPL dan klorofil-a dari satelit *Aqua* MODIS untuk melengkapi keterbatasan data lapangan yang didapat. Data satelit *Aqua* MODIS tersebut dapat diunduh melalui *website* NASA yaitu [http : //www.reason.gsfc.nasa.gov/Giovanni](http://www.reason.gsfc.nasa.gov/Giovanni) yang merupakan produk dari *Goddard Space Flight Center* dengan resolusi temporal bulanan dan resolusi spasial 4 km. Sementara itu, *delta* pCO₂ dihitung berdasarkan selisih perbedaan tekanan parsial CO₂ di laut dengan di atmosfer (Zhu *et al.* 2004). Ketika pCO₂ laut rendah maka laut tersebut menyerap CO₂ yang ada di udara (nilai ΔpCO₂ negatif), sebaliknya apabila lebih besar dari pCO₂ atmosfer maka melepaskan CO₂ ke udara (nilai ΔpCO₂ positif) (Zhai *et al.* 2004)

$$pCO_{2\text{ laut}} = 6.31T^2 + 61.9Chla^2 - 365.85T - 94.41Chla + 5715.94 \dots\dots\dots (1)$$

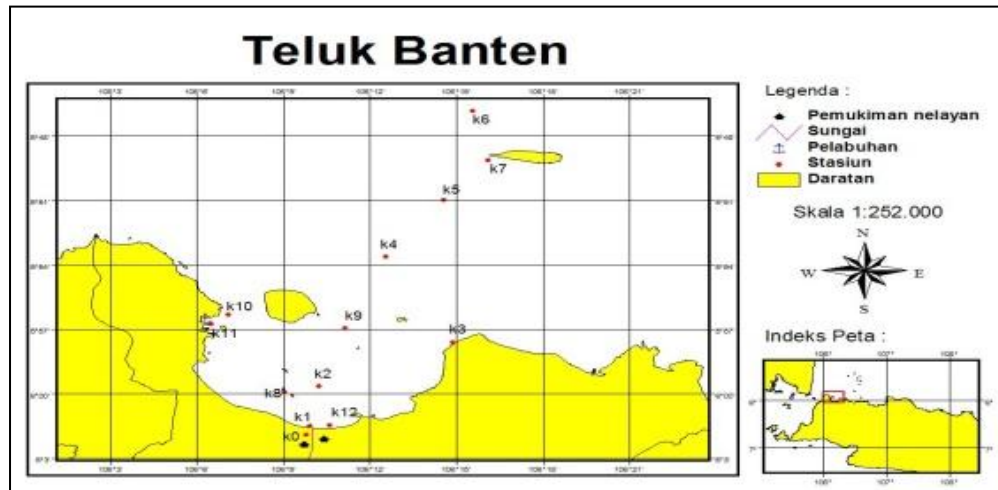
dimana :

- pCO₂ laut = Tekanan parsial CO₂ laut (µatm)
- T = Suhu permukaan perairan (°C)
- Chla = Konsentrasi klorofil-a (µg L⁻¹)

$$\Delta pCO_2 = pCO_{2\text{ laut}} - pCO_{2\text{ atm}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- ΔpCO₂ = perbedaan tekanan parsial laut dengan atmosfer (µatm)
- pCO₂ laut = tekanan parsial CO₂ laut (µatm)
- pCO₂ atm = tekanan parsial CO₂ atmosfer (µatm)



Gambar 1. Lokasi stasiun pengukuran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis *sink* dan *source* CO₂ dengan menggunakan algoritma yang dikembangkan Zhai *et al.* (2008) dapat dilihat pada Gambar 2. Pada beberapa stasiun menunjukkan hasil anomali yang sangat besar bila dibandingkan dengan stasiun lainnya seperti stasiun k0 dan k1 untuk semua musim serta k8 untuk bulan Agustus yang berada di dekat sungai atau dalam teluk. Hal ini kemungkinan dikarenakan algoritma ini dibangun berdasarkan data penginderaan jauh SPL dan klorofil-a dimana pada daerah bagian dalam teluk nilai klorofil-a tidak dapat terukur dari satelit akibat kekeruhan yang tinggi di wilayah tersebut (Zhu *et al.* 2008). Sehingga konsentrasi klorofil-a yang tinggi di stasiun bagian dalam teluk memberikan bias yang besar pada penentuan pCO₂ menggunakan algoritma tersebut.

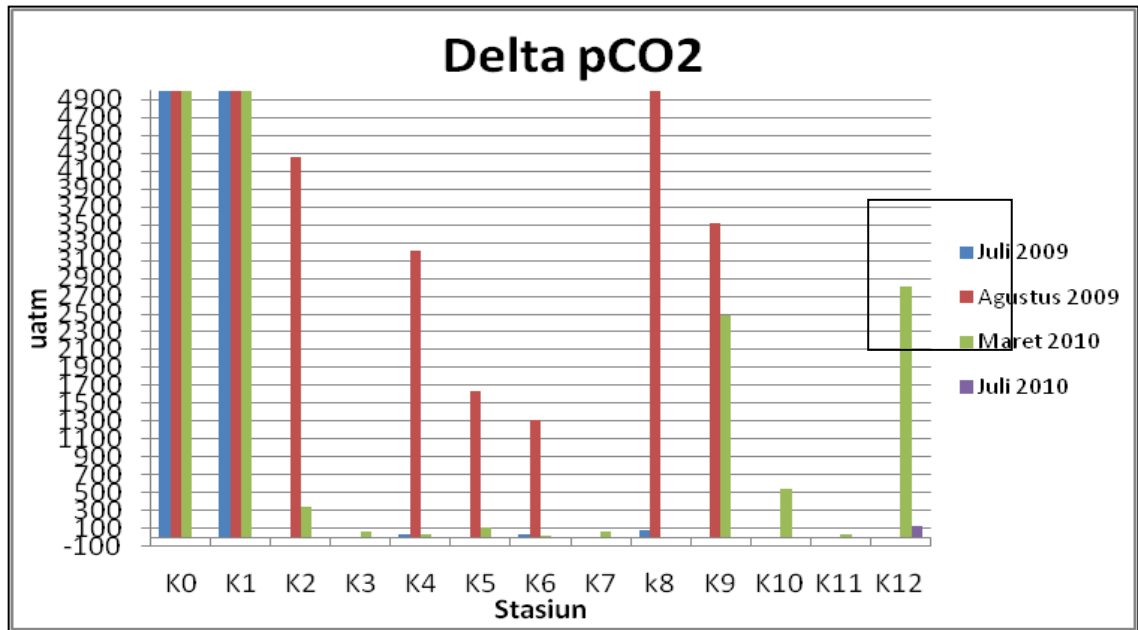
Kemungkinan nilai bias ini ditunjukkan dengan nilai pCO₂ yang sangat tinggi yaitu lebih besar daripada 5000 µatm pada stasiun k0, k1, dan k8. Sedangkan berdasarkan Chen dan Borges (2009) menunjukkan bahwa pCO₂ di perairan pesisir berkisar antara 200 - 4600 µatm. Namun secara keseluruhan hasil analisis tersebut menunjukkan Teluk Banten berperan sebagai *source* CO₂.

Sementara itu, untuk mengkonfirmasi hasil perhitungan algoritma tersebut,

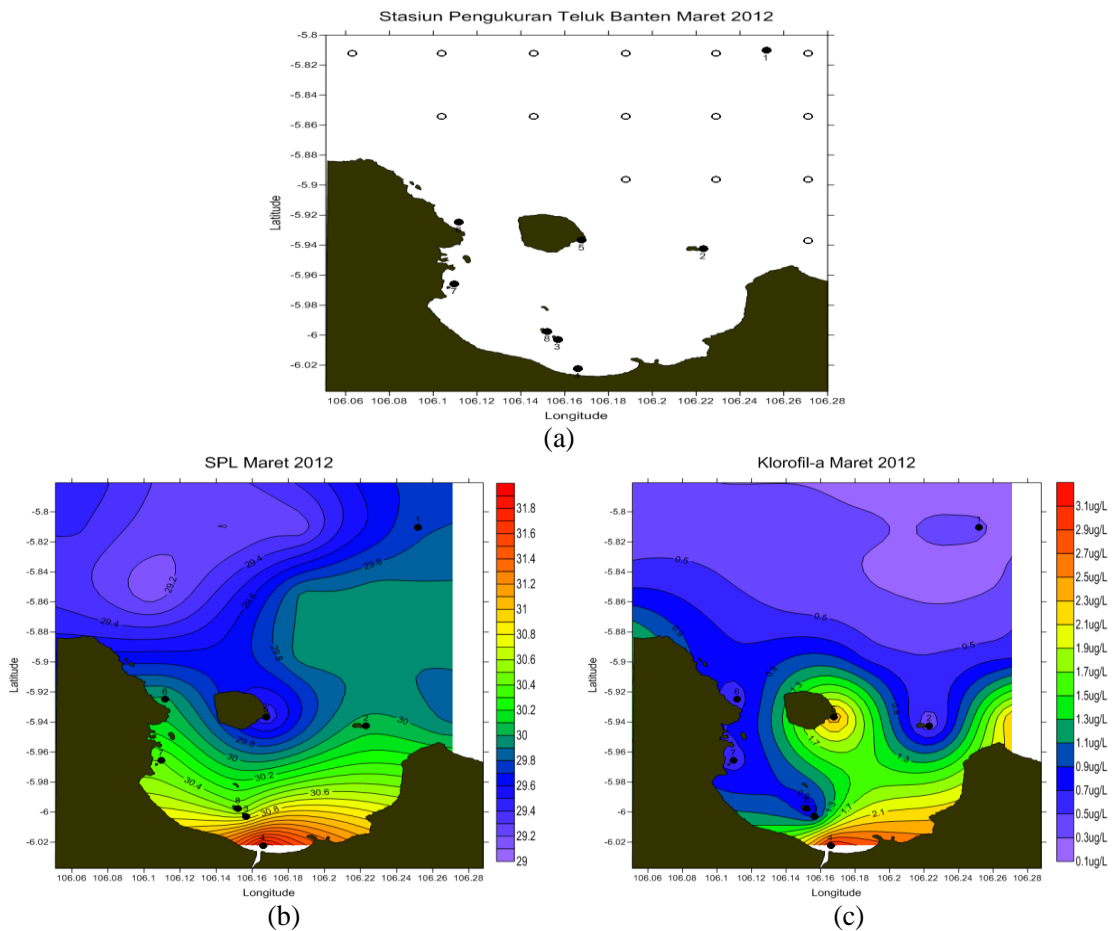
analisis *sink* dan *source* juga dilakukan dengan menggunakan hasil pengukuran SPL dan klorofil-a bulan Maret 2012. Pada analisis bulan Maret 2012 disertakan juga data SPL dan klorofil-a dari data satelit *Aqua* MODIS sehingga Algoritma Zhu diduga dapat memberikan hasil yang lebih baik dengan kombinasi data lapangan dan data satelit dibandingkan analisis pada tahun 2009 dan 2010 yang hanya berdasarkan data lapangan. Penambahan data dari satelit ini karena pada proses pengukuran konsentrasi klorofil-a dari sampel air laut yang didapat dari 8 stasiun pengamatan, hanya 3 stasiun yang dapat terukur konsentrasi klorofil-a dengan menggunakan metode spektrofotometri. Menurut Riyono (2006) hal tersebut terjadi diduga karena metode spektrofotometri memiliki sensitifitas yang rendah dan dalam proses penyaringan memerlukan volume air yang besar, selain itu metode spektrofotometri tidak dapat membedakan klorofil dengan hasil dekomposisinya sehingga hasil pengukuran menjadi bias. Selanjutnya data hasil stasiun pengukuran selanjutnya dilakukan tumpang-susun (*overlay*) dengan data dari satelit *aqua* MODIS seperti yang disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan hasil interpolasi data tersebut didapatkan sebaran suhu berkisar antara 29 - 31.8 °C yang cenderung tinggi di perairan bagian dalam teluk dan secara bertahap menurun ke

perairan bagian luar teluk. Sedangkan sebaran klorofil-a berkisar antara 0.1 – 3.1 $\mu\text{g L}^{-1}$ yang cenderung tinggi di perairan

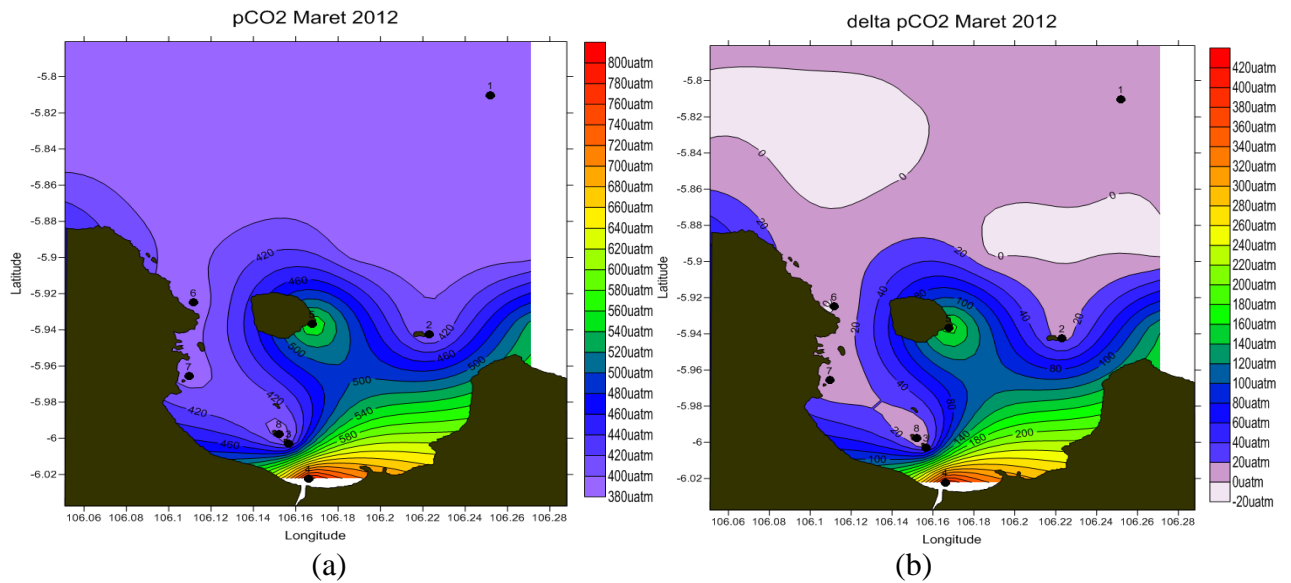
bagian dalam teluk dan rendah pada perairan bagian luar teluk. Tekanan parsial CO_2 (pCO_2) disajikan pada Gambar 4.



Gambar 2. Delta pCO2 Teluk Banten Hasil Perhitungan Algoritma Zhu



Gambar 3. Overlay stasiun pengukuran dengan data dari satelit aqua MODIS



Gambar 4. a) Sebaran pCO₂; b) nilai delta pCO₂ bulan Maret Tahun 2012

Sebaran pCO₂ di Teluk Banten berkisar antara 380 – 800 µatm dengan pCO₂ minimum terdapat di perairan bagian mulut teluk hingga ke luar teluk dan maksimum di perairan bagian dalam teluk.

Sementara itu, analisis *sink* dan *source* didapatkan dari perbedaan pCO₂ perairan dengan pCO₂ atmosfer dengan menggunakan persamaan (2) sehingga didapat nilai ΔpCO₂. Tekanan parsial CO₂ atmosfer yang digunakan ialah berdasarkan asumsi kenaikan sebesar 0.16 µatm per bulan yang didapat pada pengukuran pCO₂ di stasiun BMKG Koto Tabang Padang. Sehingga pCO₂ atmosfer untuk bulan Maret 2012 didapatkan sebesar 388.135 µatm. Perairan berperan sebagai *sink* apabila pCO₂ perairan lebih rendah daripada pCO₂ atmosfer dan sebaliknya berperan sebagai *source* apabila pCO₂ perairan lebih tinggi daripada atmosfer.

Pada Gambar 4 (b) daerah *sink* ditunjukkan oleh perairan dengan warna lebih terang ditunjukkan dengan nilai ΔpCO₂ bernilai negatif berkisar antara 0 s/d -20 µatm. Sedangkan perairan dalam berperan sebagai *source* dengan nilai ΔpCO₂ positif berkisar antara 0 s/d +420 µatm. Secara keseluruhan hasil tersebut menunjukkan bahwa perairan yang

berperan sebagai *sink* terdapat di perairan luar teluk sedangkan berperan sebagai *source* terdapat di perairan bagian dalam teluk terutama dekat dengan daratan.

KESIMPULAN

Secara umum dapat disimpulkan bahwa berdasarkan perhitungan algoritma Zhu sebagian besar perairan Teluk Banten berperan sebagai *source* CO₂, hasil yang sama ditunjukkan oleh hasil observasi SPL dan klorofil-a dengan bagian dalam teluk berperan sebagai *source* dan bagian luar teluk berperan sebagai *sink*. Akan tetapi hasil algoritma Zhu tersebut masih memiliki tingkat bias yang cukup tinggi. Sehingga tidak disarankan untuk menggunakan algoritma ini untuk daerah perairan dalam / pesisir.

UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini adalah bagian dari Skripsi penulis pertama yang telah lulus disidangkan pada Tahun 2012. Seluruh penulis mengucapkan Terima Kasih kepada Tim Survei *Blue Carbon* Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir (P3SLP) 2009-2012.

Kegiatan survei dan analisis yang dilakukan oleh tim tersebut didanai oleh DIPA APBN pada P3SDLP, sedangkan analisis lanjutan dan penerbitan artikel ini didanai oleh FPIK UNPAD dan P3SDLP.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, N S., dan A. Rustam. 2010. *Studi Awal Pengukuran System CO₂ Di Teluk Banten*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan VI ISOI 2009. Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia. 17 hlm.
- Borges, A.V. 2011. Present Day Carbon Dioxide Fluxes in The Coastal Ocean and Possible Feedbacks Under Global Exchange. Dalam: P. Duarte dan J.M. Santana-Casiano (ed.), *Oceans and the Atmospheric Carbon Content*. Springer Science+Business Media. Hlm. 47-77.
- Chen C.T.A., dan A.V Borges. 2009. *Reconciling opposing views on carbon cycling in the coastal ocean: Continental shelves as sinks and near-shore ecosystems as sources of atmospheric CO₂*. Journal of Deep Sea Research II, Science Direct 56(2009):578-590.
- NASA. 2010. *Ocean Carbon Cycle*. <http://www.Science.nasa.gov>. dikutip tanggal 13 Februari 2012 pukul 18.00 WIB.
- Ramawijaya, Rosidah, M.Yusuf Awaludin, Widodo S. Pranowo. 2012. Variabilitas Parameter Oseanografi Dan Karbon Laut Di Teluk Banten. Submitted ke Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran. Juni 2012.
- Riyono, S.H. 2006. *Beberapa Metode Pengukuran Klorofil Fitoplankton di Laut*. Jurnal Oseana, 31 (3):33-44.
- Y. Zhu, Zhai, W., S.Shang., dan M.Dai. 2008. *Satellite-derived surface water pCO₂ and air-sea CO₂ fluxes in the northern South China Sea in summer*. Science Direct Progress In Natural Science, 19(2009): 775-779.
- Zhai, W., M.Dai., W.Cai., Y.Wang., dan H.Hong. 2004. *The partial pressure of carbon dioxide and air-sea fluxes in the northern South China Sea in spring, summer and autumn*. Journal of Marine Chemistry, Science Direct 96(2005): 87-97.