

Perikanan dan Kelautan

Volume 6

No. 1

Mei 2015

MAKALAH

Kondisi Terumbu Karang dan Asosiasinya dengan Bintang Laut di Perairan Pulau Tunda, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Coral Conditions and Its Association with Starfish in The Water Tunda Island, Serang District, Province of Banten.* (Nevlaty P. Zamani)

Sebaran Spasial Volume Backscattering Strength Ikan Pelagis di Danau Ranau, Sumatera Selatan. *Spatial Distribution of Pelagic Fish Volume Backscattering Strength in Ranau Lake, South of Sumatera.* (Alsyah Totok Hestrianoto, Sri Pujiyati)

Estimasi Intensitas Upwelling Pantai dan Suhu Aquamodis di Perairan Selatan Jawa dan Barat Sumatera. *Estimation of Coastal Upwelling Index using Aqua-MODIS Satellite Censor in South Java and West Sumatera.* (Dortje Theodora Silubun, Jonson Lumban Gaol, Yuli Naulita)

Analisis dan Klasifikasi Sedimen Permulaan Dasar Laut menggunakan Sub-Bottom Profiler. *Analysis and Classification of the Near-Surface Sediment using Sub-Bottom Profiler.* (Saifur Rohman, Henry M. Manik, Totok Hestrianoto, dan Imam Mudita)

Sebaran Logam Berat Terlarut dan Terendapan di Perairan Teluk Jakarta. *Distribution Heavy Metal in Water and Sediment in Jakarta Bay.* (Anma Hari Kusuma, Tri Prartono, Agus Soleh Atmadipoera, Taslim Arifin)

Rekayasa Lampu LED Celup untuk Perikanan Bagan Apung di Perairan Patek, Kabupaten Aceh Jaya, Provinsi Aceh. *Submerged LED Lights Engineering for Liftnet Fisheries in Patek Waters, Aceh Jaya District, Aceh Province.* (Taufiq, Waziz Mawardi, Mulyono S. Baskoro, Zulkarnain)

Reaksi Pola Renang Ikan Nila terhadap Hirai Listrik pada Stala Laboratorium. *The Reaction Swimming Pattern of Tilapia for Electric Scene in Laboratory.* (Mochamad Rudyansyah Ismail, Diniyah, Mulyono S. Baskoro)

Analisis Struktur Ekosistem Mangrove di Desa Kukupang, Kecamatan Kepulauan Jorong, Kabupaten Halmahera Selatan, Maluku Utara. *Community Analysis of Mangrove Ecosystem in Kukupang Village of Jorong Island District South North Maluku Halmahera.* (Nasir Haya, Nevlaty P. Zamani, Dedi Soedharmo)

Tingkat Efisien Pemasaran Ikan Laut Segar di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong. *Level Marketing Efficiency of Fresh Fish in Brondong Fishing Port.* (Miftachul Huda, Jin Solihin, Ernan Lubis)

Kajian Manfaat Kawasan Konservasi bagi Perikanan yang Berkelanjutan di Pesisir Timur Pulau Weh. *Study of Benefits Marine Protection Area for sustainable Fishing on the East Coast of Weh Island.* (Rany Hastuty, Luky Anthonio, NurWidha)



JURNAL TEKNOLOGI PERIKANAN DAN KELAUTAN

JURNAL TEKNOLOGI PERIKANAN DAN KELAUTAN diasuh oleh Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor dengan jadwal penerbitan 2 (dua) kali dalam satu tahun dengan tujuan menyebarkan informasi ilmiah tentang perkembangan teknologi perikanan dan kelautan, antara lain: *teknologi perikanan tangkap, teknologi kelautan, inderaja kelautan, akustik dan instrumentasi, teknologi kapal perikanan, teknologi pengolahan hasil perikanan, teknologi budidaya perikanan dan bioteknologi kelautan*. Naskah yang dimuat dalam jurnal ini terutama berasal dari penelitian maupun kajian konseptual yang dilakukan oleh mahasiswa dan staf pengajar/akademisi dari berbagai universitas di Indonesia, para peneliti di berbagai bidang lembaga pemerintahan dan pemerhati permasalahan teknologi perikanan dan kelautan di Indonesia.

Lembaga Penerbit

Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan:

- Pelindung : Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan - IPB
Pemimpin Redaksi : Roza Yusfiandayani
Dewan Penyunting :
Ketua : Indra Jaya
Anggota : Tri Wiji Nurani, Agus Soleh Atmadipoera, Alimuddin, Achmad Fahrudin, Iriani Setyaningsih
Mitra Bestari
(Peer Reviewer) : Agus S. Atmadipoera, Majariana Kristanti, M. Riyanto, Mujizat Kawaroe, Roza Yusfiandayani, Sigid Hariyadi, Sri Pujiyati, Tri Prartono, Tri Wiji Nurani, Yonvitner
Staf Pelaksana : Sri Ratih Deswati, Jean Olivia
Alamat Redaksi : Sekretariat JTPK, Gedung FPIK-IPB Lt. 3
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga
Telp./Fax. (0251) 8628832, E-mail: jurnalfpik.ipb@gmail.com
Foto Cover : Jean Olivia

Diterbitkan atas kerjasama:

Masyarakat Sains Kelautan dan Perikanan Indonesia (MSKPI) dan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan - IPB

ESTIMASI INTENSITAS UPWELLING PANTAI DARI SATELIT AQUAMODIS DI PERAIRAN SELATAN JAWA DAN BARAT SUMATERA

(ESTIMATION OF COASTAL UPWELLING INDEX USING AQUA-MODIS SATELLITE SENSOR IN SOUTH JAVA AND WEST SUMATERA)

Dortje Thedora Silubun¹, Jonson Lumban Gaol², Yuli Naulita²

¹Corresponding author

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Kelautan SPs IPB

²Staf Pengajar Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

E-mail: nona.silubun@gmail.com

ABSTRACT

Monsoonal upwelling generally occurred along the coasts of South Java to West Sumatera. The aimed of this study was to estimate the upwelling intensity derived from sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a. SST and chlorophyll-a data was obtained from 3rd level of Aqua-MODIS satellite sensor, and wind data derived from Quikscat satellite sensor on July 2002 to June 2011. Upwelling index derived from coastal upwelling index (CUIx) formula. Statistical analysis was used to describe the relationship of SST and chlorophyll-a to CUIx. The result of this study show that the occurrence of upwelling was in east monsoon temporally, the range of SST is about 25,10 – 27,30°C and chlorophyll-a is about 0,30 – 0,67 mg m⁻³. However in 2006 the anomaly of upwelling intensity coincide perfectly with the descend of SST to 24,98 °C (Sout Java) and 25,97 °C (West Sumatera), meanwhile the concentration of chlorophyll-a is increase to 1,33 mg m⁻³ (West Sumatra) and 3,71 mg m⁻³ (South Java). Statistical analysis show that the SST give a strong relationship between CUIx and SST ($r=0,84$) in West Sumatera. Meanwhile in South Java, both of those parameters (SST and Chlorophyll-a) gives the strong relationship to CUIx respectively ($r= 0,86$ and $r = 0,81$).

Keyword: Coastal Upwelling Index, Aqua Modis, south Java, west Sumatera, SST, chlorophyll-a

ABSTRAK

Upwelling musiman pada umumnya terjadi di sepanjang selatan jawa hingga barat Sumatera. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi intensitas upwelling dari data SPL dan konsentrasi klorofil-a dari sensor satelit. Data SPL dan Klorofil-a yang digunakan adalah data satelit Aqua-MODIS level-3 dan data angin dari satelit Quikscat pada bulan Juli 2002 sampai Juni 2011. Indeks upwelling diperoleh dengan formula Coastal Upwelling Index (CUIx). Analisis statistik digunakan untuk melihat hubungan antara SPL dan klorofil dengan CUIx. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara temporal upwelling terjadi pada musim timur, dengan kisaran SPL 25.10 – 27.30 °C dan konsentrasi klorofil-a 0.30 – 0.67 mg m⁻³. Namun pada tahun 2006 terjadi anomali intensitas upwelling yang ditandai dengan SPL yang turun mencapai 24.98 °C (Selatan Jawa) dan 25.97 °C (Barat Sumatera), konsentrasi klorofil-a meningkat 1.33 mg m⁻³ (Barat Sumatera) dan 3.71 mg m⁻³ (Selatan Jawa). Hasil analisis menunjukkan bahwa SPL memiliki hubungan yang sangat kuat dengan CUIx di Barat Sumatra ($r=0.84$). Sementara di perairan selatan Jawa, kedua parameter (SPL dan klorofil-a) menunjukkan hubungan yang sangat kuat dengan CUIx ($r=0.86$ yang untuk SPL dan $r = 0.81$ untuk klorofil-a).

Kata kunci: Coastal Upwelling Indcx, Aqua Modis, Selatan Jawa, Barat Sumatera, SPL, klorofil-a

I. PENDAHULUAN

Upwelling adalah peristiwa naiknya massa air dari lapisan bawah ke permukaan perairan (Nontji 2007, Nybakken 1988). Proses upwelling disebabkan karena adanya pengaruh angin dan proses divergensi Ekman. Angin yang berhembus terus menerus dengan kecepatan penuh dalam waktu

yang lama sejajar garis pantai mendorong massa air dan karena gaya coriolis, sebagai akibat pengaruh rotasi bumi, massa air bergerak menjauhi pantai. Di belahan bumi utara pembelokan mengarah ke kanan dari arah arus sedangkan pada belahan bumi selatan pembelokan mengarah ke kiri dari arah arus. Air permukaan yang bergerak menjauhi pantai akan diisi air

yang dingin di bawahnya naik untuk mengisi kekosongan pada daerah permukaan (Wyrтки 1961, Bowden 1983, Pond dan Pichard 1983, Hutabarat dan Evans 1985, Mann dan Lazier 1993, Stewart 2002).

Daerah *upwelling* sangat menarik bagi para peneliti karena di daerah *upwelling* kesuburan perairan dan produktivitas primer tinggi sehingga produktivitas perikanan akan meningkat pula di perairan tersebut (Thurman 1991 dalam Kunarso 2005). Oleh karena itu daerah *upwelling* sangat penting dalam dunia perikanan khususnya perikanan tangkap. Sekitar 90% hasil perikanan dunia dipanen dari sekitar 2-3% luasan lautan, yang sebagian besarnya adalah daerah *upwelling* (Dahuri 1996, Nybakken 1988). Produktivitas rata-rata dari daerah *upwelling* adalah sekitar 300 gC/cm²/tahun, dan dapat memproduksi ikan basah sebesar 12 x 10⁵ ton/tahun. Fenomena *upwelling* ini sangat menarik untuk dikaji karena walaupun area terjadinya *upwelling* hanya sekitar 1% dari luas permukaan laut, namun mendukung 20% lebih terhadap produktivitas perikanan dunia (Cushing 1971, Mann 2000).

Terjadinya *upwelling* menyebabkan suhu permukaan laut (SPL) rendah, salinitas tinggi, densitas tinggi, oksigen relatif rendah dan nutrien tinggi yang menyebabkan fitoplankton melimpah. Intensitas/kekuatan *upwelling* biasanya dihitung dengan menggunakan indeks *upwelling* yang dikembangkan oleh Bakun (1973). Parameter yang digunakan dalam indeks *upwelling* adalah kecepatan angin.

Beberapa penelitian di perairan Selatan Jawa sebelumnya telah dilakukan untuk mengkaji daerah *upwelling*. Penelitian diawali dengan penelitian berskala *in situ* yang dilakukan oleh Wyrтки (1961). Kemudian berlanjut dengan menggunakan data penginderaan jauh, Gaol (2003) menganalisis *upwelling* di Selatan Jawa dengan memetakan data penginderaan jauh. Tubalawony (2007) mengkaji *upwelling* dari kedalaman transport Ekman. Inaku (2011) menganalisis pola sebaran dan perkembangan area *upwelling* di selatan perairan Selat Makasar. Pengaruh dari durasi dan intensitas *upwelling* terhadap produktivitas primer di perairan

Indonesia dipengaruhi oleh fenomena *El Nino*, pada saat *El Nino* durasi *upwelling* lebih lama dan intensitas *upwelling* meningkat, sehingga menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan tahun-tahun normal (Kemili 2012). Semua penelitian tersebut hanya mengkaji *upwelling* dari perubahan fisik, kimia dan biologi tanpa menghitung intensitas *upwelling*, sehingga dalam penelitian ini perlu dilakukan perhitungan untuk mengkaji kekuatan dari *upwelling*.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh memberikan kemudahan untuk pemetaan sebaran SPL dan konsentrasi klorofil-a sehingga tersedia cukup banyak data baik secara spasial maupun temporal. Aqua-MODIS merupakan salah satu satelit yang dapat digunakan untuk memetakan sebaran SPL dan konsentrasi klorofil-a karena secara temporal datanya tersedia sampai saat ini. Ketersediaan data ini yang dapat digunakan untuk mengkaji intensitas *upwelling*. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengestimasi intensitas *upwelling* dari data SPL dan konsentrasi klorofil-a menggunakan satelit Aqua MODIS serta mengkaji variabilitas intensitas *upwelling* berdasarkan parameter SPL dan konsentrasi klorofil-a.

II. METODOLOGI

2.1. Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan pada perairan pantai barat Sumatera sampai selatan Jawa, koordinat 2° LS – 10° LS dan 98° BT - 115° BT (Gambar 1). Data yang digunakan adalah data SPL dan konsentrasi klorofil-a citra satelit Aqua-MODIS level-3 dengan resolusi spasial 0.05° x 0.05° dan resolusi temporal bulanan dari bulan Juli 2002 sampai Juni 2011. Data vektor angin dari satelit Quikscat pada bulan Juli 2002 sampai Juni 2011 yang diperoleh dari website *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) - USA* (<http://las.pfeg.noaa.gov/OceanWatch/oceanwatch/php>).

2.2. Pengolahan dan Analisa Data

Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Ferret 6.8 untuk menghasilkan pola sebaran SPL dan konsentrasi klorofil-a. Algoritma yang

u_n dan v_n = komponen angin setelah

u_0 dan v_0 = komponen vektor angina

ϕ = Sudut rotasi yang

berlawanan arah jam

dengan daratan disebelah

kanannya

Indeks *Upwelling* pantai kemudian

dihitung dengan formula dikembangkan

dari teori Ekman's (1905), perhitungan

transport Ekman menggunakan

persamaan (Pond and Pickard 1983):

$$M_x = \frac{f}{T} \dots (5)$$

dimana :

M_x = Massa *offshore* transport ekman

(kg det⁻² m⁻¹)

T = Gesekan angin komponen

mengagak pantai (kg det⁻² m⁻¹)

f = parameter coriolis (rad det⁻¹)

Sedangkan,

$$f = 2 \Omega \sin \theta \dots (6)$$

dimana:

Ω = Kecepatan rotasi bumi pada

sumbu = 7.29×10^{-5} rad det⁻¹

θ = lintang

Formula untuk mendapatkan

indeks *upwelling* pantai (UI)

menggunakan persamaan (Bakun 1973):

$$UI = M_x \frac{100m \text{ coastline}}{m^3} \left(\frac{100}{m \text{ coastline}} \right) \dots (7)$$

dimana:

M_x = Massa *offshore* transport ekman

(kg det⁻² m⁻¹)

UI = Indeks *Upwelling* Pantai

dimana:

$$u_n = -u_0 \sin \phi + v_0 \cos \phi \dots (4)$$

$$v_n = u_0 \cos \phi + v_0 \sin \phi \dots (3)$$

menggunakan formula (Arfken, 1985):

mengagak pantai (komponen y)

(komponen x) dan komponen angin

menjadi komponen angin sejajar pantai

data vektor angin terlebih dahulu diubah

Untuk perairan Barat Sumatera,

sumbu y (m det⁻¹)

v = komponen kecepatan angin pada

sumbu x (m det⁻¹)

u = komponen kecepatan angin pada

W = Kecepatan angin (m det⁻¹)

ρ = densitas udara = 1.3 kg m^{-3}

C_D = Koefisien Drag = 1.4×10^{-3}

mengagak pantai (kg det⁻² m⁻¹)

T_y = Gesekan angin komponen

pantai (kg det⁻² m⁻¹)

T_x = Gesekan angin komponen sejajar

dimana:

$$T_y = \rho C_D W v \dots (2)$$

$$T_x = \rho C_D W u \dots (1)$$

kemukakan oleh Kutsuwada (1998):

menggunakan persamaan yang di

stress) tiap komponen angin dengan

mendapatkan gesekan angin (*wind*

Menggunakan data vektor angin untuk

sebagai berikut:

dihitung dengan beberapa tahap formula

Indeks *Upwelling* Pantai (UI)

klorofil-a.

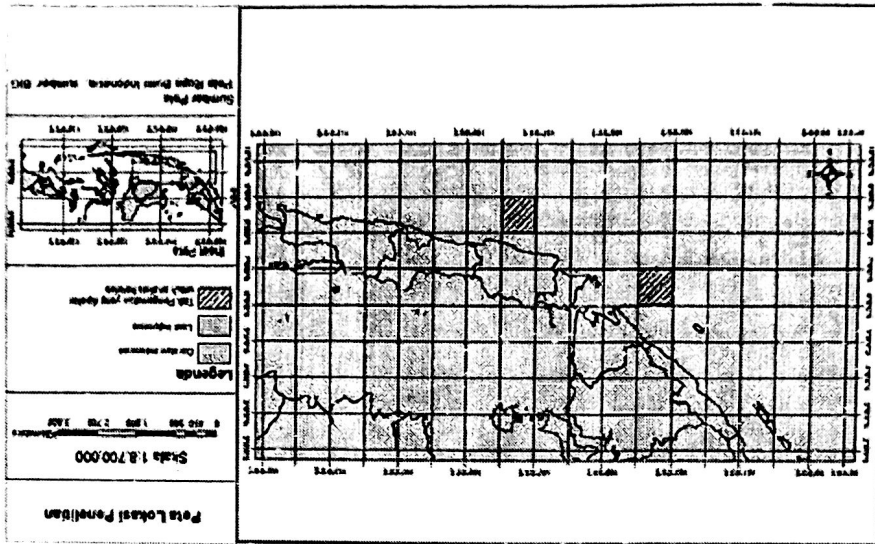
O'Reilly et al. (2000) untuk konsentrasi

Chlorophyll 3-band algoritm MODIS

(2001), dan algoritma OC3M (Ocean

adalah algoritma Miami Pathfinder

digunakan untuk mengestimasi SPL



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Dengan asumsi bahwa jika nilai transport ekman's negatif (*ekman's transport offshore*) maka Coastal Upwelling Index (UI) akan menunjukkan terjadinya proses *upwelling* sebaliknya jika nilainya positif (*ekman's transport onshore*) maka yang terjadi adalah proses *downwelling*.

Hubungan antara CUIx dengan SPL dan konsentrasi klorofil-a dikaji dengan menggunakan analisis regresi dan korelasi dengan menggunakan persamaan $y = a + bx$ dimana: $y = \text{CUIx}$; $x = \text{SPL}$, konsentrasi klorofil-a.

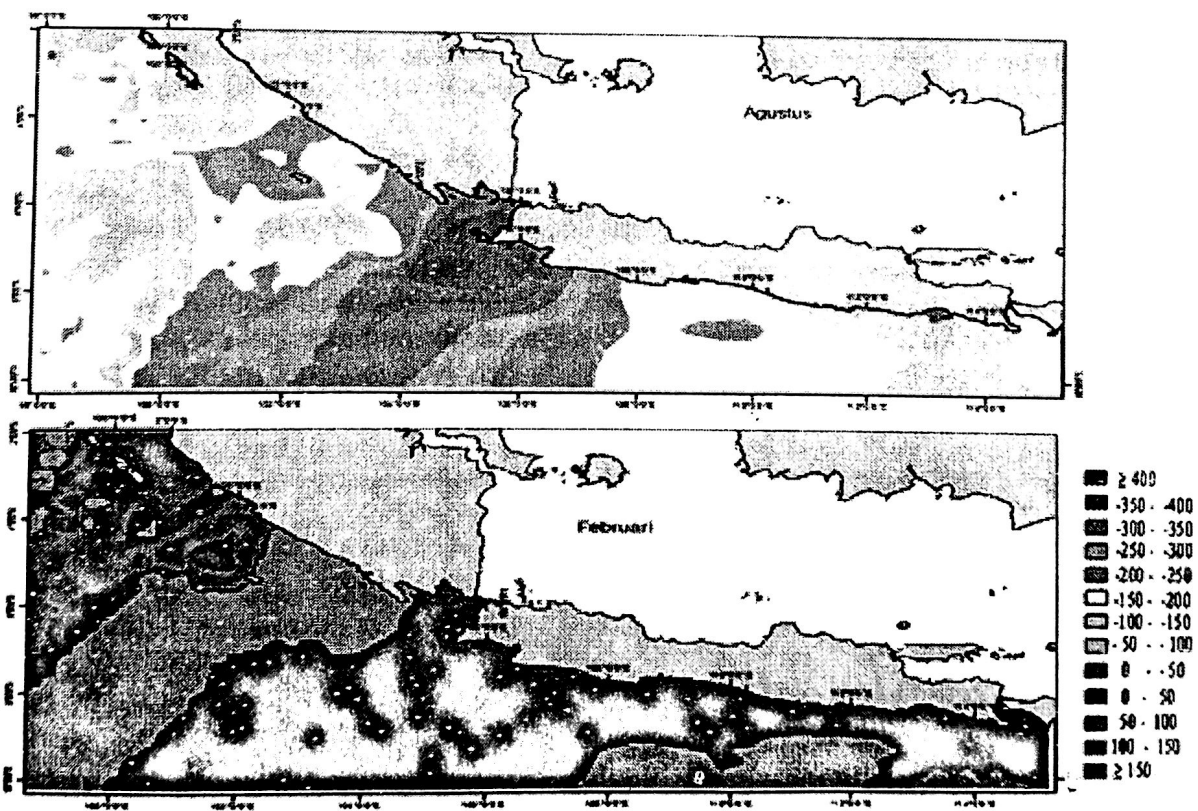
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Intensitas Upwelling Pantai

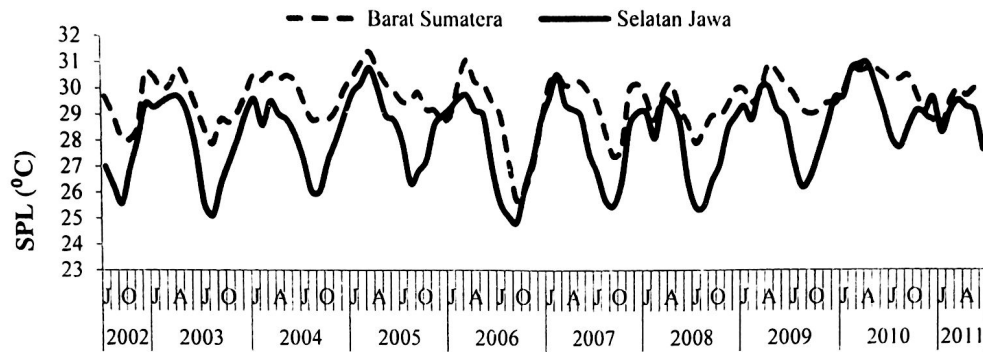
Gambar 2 memperlihatkan distribusi intensitas *upwelling* pantai secara spasial yang menunjukkan adanya intensitas yang tinggi pada perairan barat selatan Jawa selama musim timur (Gambar 2 bagian atas). Intensitas *upwelling* umumnya terjadi pada musim timur dan peralihan II di perairan selatan Jawa dan barat Sumatera (Susanto *et al.*

2001). Adanya intensitas yang tinggi di bagian barat perairan selatan Jawa pada musim timur (bulan Agustus) karena adanya tiupan angin yang kuat. Susanto *et al.* (2001) mengatakan bahwa pada bulan Juli – Agustus di perairan selatan Jawa Barat (sekitar 105° BT) bertiup angin muson tenggara. Pengaruh gesekan angin di perairan selatan Jawa pada musim timur semakin melemah ke arah timur selatan Jawa yang mengakibatkan intensitas *upwelling* juga semakin melemah.

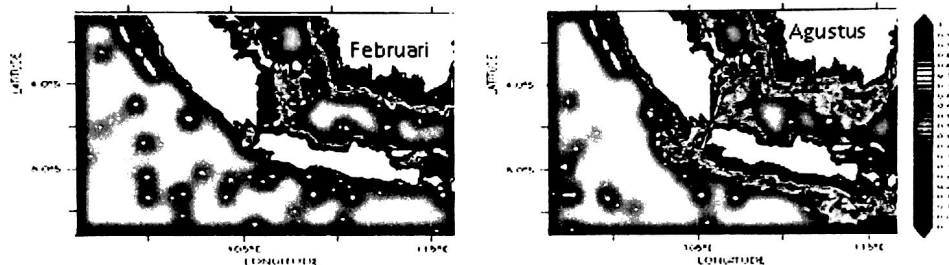
Pada musim timur tiupan angin memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari pada musim lainnya di perairan barat Sumatera (Tubalawony 2007). Sehingga berpengaruh juga pada intensitas *upwelling* di barat Sumatera. Kondisi yang berbeda terjadi pada musim barat (Gambar 2 bagian bawah) dimana tidak terlihat adanya intensitas *upwelling* di sepanjang perairan tersebut, walaupun hasil indeks menunjukkan adanya nilai negatif tetapi intensitasnya sangat rendah jika dibandingkan dengan musim timur.



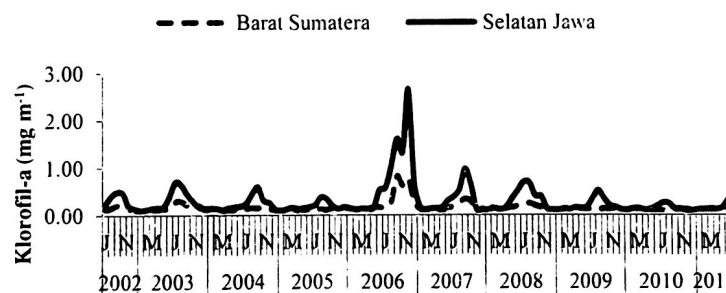
Gambar 2. Sebaran Indeks *Upwelling* Pantai rata-rata selama tahun 2002 - 2011 pada musim timur bulan Agustus (atas) dan pada musim barat bulan Februari (bawah)



Gambar 6. Sebaran SPL rata-rata selama tahun 2002 - 2011 pada perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa



Gambar 7. Konsentrasi Klorofil-a pada musim barat bulan Februari (kiri) dan musim timur bulan Agustus (kanan)



Gambar 8. Konsentrasi Klorofil-a Rata-rata selama tahun 2002 - 2011 pada Perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa

Pada bulan Maret 2010 terjadinya sebaran SPL yang tinggi di selatan Jawa diduga terkait dengan IODM negatif dan *La Nina* yang menyebabkan perairan Indonesia termasuk selatan Jawa memiliki SPL yang lebih tinggi dari kondisi normal (Yoga *et al.* 2014). Sebaran SPL yang tinggi pada bulan Maret 2005 di Barat Sumatera menurut Amri (2012) terjadi karena pengaruh massa air dari Samudera Hindia bagian barat dan Teluk Bengal yang mengisi perairan timur laut Samudera Hindia posisinya melebar dari utara dan barat perairan Barat Sumatera pada kondisi IODM negatif.

3.4. Konsentrasi Klorofil-a

Konsentrasi Klorofil-a secara spasial disajikan pada Gambar 7, dimana terlihat bahwa pada musim barat tidak adanya indikasi konsentrasi klorofil-a yang meningkat, sedangkan pada musim timur terlihat jelas bahwa adanya konsentrasi klorofil-a yang tinggi dari bagian timur perairan selatan Jawa sampai ke bagian Barat Sumatera (Kepulauan Mentawai). Peningkatan konsentrasi klorofil-a dan meluasnya daerah sebaran konsentrasi klorofil-a memiliki hubungan yang erat dengan menurunnya SPL di perairan ini selama musim timur.

Gambar 8 menunjukkan konsentrasi klorofil-a secara temporal, dimana konsentrasi klorofil-a perairan

Barat Sumatera berkisar antara 0.09 - 0.33 mg m⁻³, sedangkan selatan Jawa 0.08 - 0.97 mg m⁻³ pada kondisi normal. Pada kondisi anomali (tahun 2006) terjadi peningkatan klorofil-a di perairan barat Sumatera mencapai 1.44 mg m⁻³ dan selatan Jawa mencapai 2.66 mg m⁻³. Hendiarti *et al.* (2004) menjelaskan bahwa peningkatan klorofil-a di Selatan Jawa karena adanya mekanisme upwelling yang makin intensif sehingga meningkatkan kadar nutrisi yang menghasilkan kadar klorofil-a yang tinggi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Pada musim timur terjadi *upwelling* yang ditandai dengan menurunnya SPL dan meningkatnya klorofil-a pada Selatan Jawa 25.10 °C dan 0.67 mg m⁻³ dan Barat Sumatera 27.30 °C dan 0.3 mg m⁻³. Selain itu, terjadinya kondisi anomali pada tahun 2006 sebagai akibat adanya IODM positif yang berpengaruh pada penurunan SPL 24.98 °C (Selatan Jawa) dan 25.97 °C (Barat Sumatera) dengan konsentrasi klorofil-a 3.71 mg m⁻³ (Selatan Jawa) dan 1.13 mg m⁻³ (Barat Sumatera).

4.2. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan untuk melihat indeks *upwelling* dengan menggunakan data *in situ* angin, SPL dan konsentrasi klorofil-a, sehingga diperoleh hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri K. 2012. *Kajian Kesuburan Perairan Pada Tiga Kondisi Moda Dwikutub Samudera Hindia (Indian Ocean Dipole Mode) Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Ikan Pelagis di Perairan Barat Sumatra*. [desertasi] Bogor (ID): IPB
- Bakun A. 1975. *Daily and Weekly Upwelling Indices West Coast of North America 1967 - 1973*. NOAA.
- Bowden K.F. 1983. *Physical Oceanography of Coastal Waters*. Ellis Horwood Limited Publisher. Chichester.
- Cushing D.H. 1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press. London
- Dahuri R, Rais J, Gintin SP dan Sitepu MJ. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradanya Paramita. Jakarta.
- Gaol JL. 2003. *Kajian Karakteristik Oseanografi Samudera Hindia Bagian Timur dengan menggunakan Multi Sensor Citra Satelit dan Hubungannya dengan Hasil Tangkapan Tuna Mata Besar (Thunnus obesus)*. [desertasi] Bogor (ID): IPB
- Hendiarti N, Siegel H and Ohde T. 2004. *Investigation Of Different Coastal Processes In Indonesian Waters Using Seawifs Data*. Deep-Sea Res. II, 51: 85 - 97
- Hutabarat S dan Evans SM. 1985. *Pengantar Oseanography*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Kemili P dan Putri MR. 2012. *Pengaruh Durasi dan Intensitas Upwelling berdasarkan Anomali Suhu Permukaan Laut terhadap Variabilitas Produktivitas Primer di Perairan Indonesia*. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, vol. 4 no. 1 hlm 66-79
- Kunarso, Ningsih NS, Supangat A. 2005. *Karakteristik Upwelling di Sepanjang Perairan Selatan NTT hingga Barat Sumatra*. Ilmu Kelautan UNDIP Vol. 10
- Kunarso, Hadi S, Ningsih NS, Mulyono, Baskoro S. 2011. *Variabilitas Suhu dan Klorofil-a-a di daerah Upwelling pada Variasi Kejadian ENSO dan IOD di Perairan Selatan Jawa sampai Timor*. Ilmu Kelautan UNDIP vol. 16
- Nybakken JW. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan ekologis*. Penerbit PT. Gramedia. Jakarta.

- Nontji A. 2007. Laut Nusantara. edisi revisi cetakan kelima. Penerbit Djambatan Jakarta.
- Pond S dan Pickard GL. 1983. *Introductory Dynamical Oceanography*. Second Edition. Pergamon Press. Toronto.
- Sorokin, Y.I. 1993. *Coral Reef Ecology*. Springer-Verlag
- Stewart R. H. 2002. *Introduction to Physical Oceanography*. Departement of Oceanography Texas A & M University.
- Susanto D, Gordon AL, Q zheng. 2001. *Upwelling Along the Coast of Java and Sumatra and its Relation to ENSO*. *Geophysical Research Letter*, vol.28, no.8, pages 1599-1602, 2001
- Susanto D, Moore TS, Marra J. 2006. *Ocean Color Variability in Indonesian Seas during the SeaWIFS Era*. *J Geochemistry Geophysics Geosystem*,7: 1525-2027.
- Tubalawony S. 2007. *Kajian Klorofil-a-A dan Nutrien serta interelasinya dengan Dinamika Massa Air di Perairan Barat Sumatera dan Selatan Jawa - Sumbawa*. [desertasi] Bogor (ID): IPB
- Wyrcki K. 1961. *Physical Oceanography of Southeast Asian Water*. Naga Report vol. 2. The University of California. Scripps Institution of Oceanography La Jolla. California
- Yoga RB, Setyono H, Harsono G. 2014. *Dinamika Upwelling dan Downwelling Berdasarkan Variabilitas Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a-a di Perairan Selatan Jawa.*, *jurnal Oseanografi* vol.3, no.1 hal 57-66.