

Karakteristik Upwelling di Sepanjang Perairan Selatan NTT Hingga Barat Sumatera

Kunarso^{1*}, Nining Sari Ningsih², Agus Supangat²

¹⁾ Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang

²⁾ Program Studi Oseanografi, Institut Teknologi Bandung, Bandung

Abstrak

Kejadian upwelling di sepanjang perairan Selatan Nusa Tenggara Timur (NTT) hingga Barat Sumatera merupakan bentuk evolusi upwelling yang setiap tahun berulang. Fenomena upwelling ini dipengaruhi oleh musim dan iklim. Adanya perubahan fenomena iklim (Normal, El Niño, dan La Niña) diduga akan menyebabkan perubahan karakteristik upwelling, baik temporal (periode upwelling), spasial (distribusi horisontal), maupun intensitasnya. Berdasarkan hasil analisa dari data pola angin, model pola arus, sebaran suhu dari model maupun dari WOD (Word Ocean Data), serta data satelit yang berupa SST (Sea Surface Temperature) dan chlorofil-a, ditemukan bahwa pada variasi fenomena iklim (Normal, El Niño dan La Niña) tahunan, menunjukkan karakteristik upwelling yang berbeda. Upwelling pada tipe periode El Niño mempunyai karakteristik lebih lama, lebih luas distribusi spasialnya dan lebih kuat intensitasnya dibanding pada periode Normal dan La Niña. Upwelling pada tipe periode La Niña mempunyai karakteristik paling singkat kejadiannya, paling sempit distribusi spasialnya dan paling kecil intensitasnya dibanding periode El Niño dan Normal.

Kata Kunci : Upwelling, Normal, El Niño, La Niña

Abstract

Upwelling evolution on the Southern Coast of NTT to the Western Coast of Sumatera occurs periodically every year. This upwelling phenomenon is affected by weather and climate. The climate variability (Normal, El Niño, dan La Niña) are supposed to causes the upwelling characteristic changes, both temporally (upwelling periodic) and spacially (horizontal distribution) and also upwelling intensity. Based on wind data analysis, current patern model, temperature distribution carried out from model data, Word Ocean Data and Sea Surface Temperature and chlorophyl-a obtained from satelite image, it is found that interannual variability of climate (Normal, El Niño, and La Niña events) causes different upwelling characteristics. Upwelling during the El Niño event has longer period, wider spacial distribution and stronger intensity than that during the Normal and La Niña ones. Upwelling during the La Niña events has shorter period, narrower spacial distribution, and weaker intensity than that during the El Niño and Normal event.

Key words : Upwelling, Normal, El Niño, La Niña

Pendahuluan

Upwelling adalah peristiwa naiknya massa air dari lapisan bawah ke permukaan perairan (Nontji,1987; Nybakken,1988). Adanya fenomena upwelling menimbulkan dampak positif terhadap lingkungan perairan. Nutrien dari lapisan bawah yang lebih tinggi konsentrasinya akan naik ke lapisan permukaan. Hal ini tentu akan menyuburkan suatu perairan. Kesuburan perairan yang tinggi dengan adanya intensitas cahaya matahari yang cukup akan

meningkatkan produktivitas primer. Selanjutnya produktivitas perikanan akan meningkat pula pada perairan tersebut (Thurman,1991).

Dari keterangan di atas menunjukkan lokasi upwelling mempunyai arti penting terhadap dunia perikanan khususnya perikanan tangkap. Daerah upwelling umumnya merupakan *fishing ground* yang potensial (Gunarso, 1985). Upwelling di sepanjang perairan Selatan NTT hingga Barat Sumatera merupakan fenomena yang cukup menarik perhatian para peneliti.

Susanto (2001) terutama mempelajari evolusi upwelling dari sepanjang perairan Selatan Jawa hingga Barat Sumatera. Dia menjelaskan bahwa upwelling di lokasi ini terjadi pada musim Tenggara sekitar bulan Mei hingga Oktober. Khususnya pada tipe tahun El Niño upwelling mencapai Barat Sumatera pada bulan Nopember. Pada tipe tahun tersebut intensitas upwelling lebih kuat daripada tipe tahun La Niña.

Yusuf (2002) mempelajari upwelling dengan modeling. Dia menjelaskan upwelling di Selatan Sumbawa hingga Barat Sumatera mulai terbentuk pada bulan April mencapai puncaknya di selatan Jawa pada bulan Mei dan September dan berakhir pada bulan Nopember. Sedangkan di Barat Sumatera upwelling mulai terbentuk pada bulan Juni dan mencapai puncaknya pada bulan Agustus dan berakhir sekitar bulan September.

Upaya lebih lanjut penelitian untuk mengungkapkan karakteristik upwelling yang lebih jelas perlu dilakukan. Dalam penelitian ini akan diidentifikasi karakteristik temporal, spasial dan intensitas upwelling pada tipe periode fenomena iklim yang berbeda.

Materi dan Metode

Wyrтки (1961) dan Sapulete (1996) telah melakukan pengamatan upwelling dengan cara membandingkan parameter fisis (temperatur dan salinitas) hasil dari pengamatan dalam kurun waktu yang berbeda. Dalam penelitian ini juga akan digunakan metoda perbandingan parameter, baik fisika, biologi maupun kimia pada kurun waktu yang berbeda.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data model, data satelit, data insitu yang dikumpulkan oleh WOD (Word Ocean Data Base) dan data angin yang dikumpulkan BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika).

Data model yang digunakan terdiri dari data model distribusi temperatur dan pola arus. Data ini

merupakan hasil olahan model COHERENS (3D) yang dibangun oleh Luyten *et al* (1999) yang diaplikasikan di perairan Indonesia oleh penelitian Supangat, *dkk* (2004).

Data satelit yang digunakan terdiri dari data SST (*Sea Surface Temperature*) dan data chlorofil-a. Data ini bisa di download dari internet dengan alamat :

http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/level_3pl Data chlorofil-a yang berbentuk HDF diolah dengan software seadas yang aktif dalam Linux Redhad 7.1 – 7.3.

Data insitu yang dikumpulkan oleh WOD (*Word Ocean Data base*) merupakan kumpulan data oseanografi dari proyek nasional dan internasional yang dikelola oleh *National Oceanography Data Center* (NODC) yang berpusat di Amerika. Data ini bisa di download dari internet dengan alamat [http:// www.nodc.noaa.gov/](http://www.nodc.noaa.gov/). Data ini diolah dengan Software ODV (*Ocean Data View*). Data yang dipakai dari WOD terdiri dari data temperatur, salinitas dan nutrien (fosfat dan nitrat).

Data-data yang sudah diolah dan dikumpulkan kemudian dikelompokkan secara bulanan berdasarkan tipe periode fenomena iklim yang sama, selanjutnya dianalisa upwelling dan karakteristiknya berdasarkan indikator upwelling. Indikator upwelling yang digunakan meliputi suhu, chlorofil-a, salinitas, nutrien, angin dan pola arus (Nontji, 1987; Thurman, 1991; Stewart, 2002; Setiapermana, *dkk*, 1992; Nybakken, 1988).

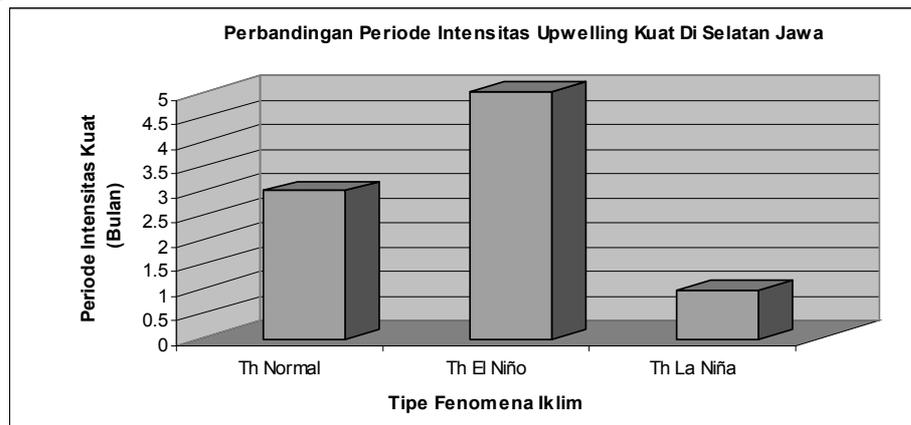
Hasil dan Pembahasan

Hasil analisa lokasi upwelling, waktu kejadiannya dan intensitasnya ditabulasikan dalam Tabel 2, 3 dan 4 di bawah.

Penentuan nilai kisaran intensitas upwelling didasarkan pada kisaran rata-rata nilai suhu dan chlorofil-a dari hampir semua lokasi upwelling di Indonesia. Nilai kisaran suhu diperoleh antara 25 – 28 °C, sedangkan chlorofil-a 0,7 – 10 mg/m³, nilai ini kemudian dibagi 3 kriteria dengan dasar utama suhu permukaan laut (Tabel 1).

Tabel 1. Kriteria Intensitas Upwelling

Simbol	Suhu (°C)	Chlorofil-a (mg/m ³)	Kriteria Upwelling
•	> 27	< 1	Intensitas upwelling lemah
✓	26 – 27	1 – 2	Intensitas upwelling sedang
!	< 26	> 2	Intensitas upwelling kuat



Gambar 1. Perbandingan periode upwelling intensitas kuat di Selatan Jawa

Sebelum melangkah ke pembahasan lebih jauh perlu diketahui beberapa terminologi istilah yang digunakan (mengacu dari Wiratmo, 1998) yaitu :

1. Tipe periode Normal yaitu waktu dimana kondisi meteorologi mengacu pada nilai rata-rata unsur meteorologi (tekanan, suhu, angin) dalam periode tahunan. Para ahli sepakat memilih periode 30 tahun untuk menyatakan kondisi Normal.
2. Tipe periode El Niño yaitu periode kejadian adanya penampakan air permukaan laut yang panas (tidak normal) di wilayah Pasifik equator bagian timur dan tengah.
3. Tipe periode La Nina yaitu periode kejadian adanya penampakan suhu air permukaan laut yang lebih rendah dari kondisi normal di wilayah Pasifik equator tengah dan timur.

Tabel 2 : Lokasi Upwelling, bulan kejadian dan intensitasnya pada tipe periode Normal

No	Lokasi Upwelling	Bulan Kejadian											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Selatan NTT				•	•	√	!	!!	!	√	•	
2	Selatan NTB				•	•	√	!	!!	!	√	•	
3	Selatan Jawa				•	•	√	!	!!	!	√	•	
4	Barat Sumatera							!	!	!	√	•	

Tabel 3 : Lokasi Upwelling, bulan kejadian dan intensitasnya pada tipe periode El Niño

No	Lokasi Upwelling	Bulan Kejadian											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Selatan NTT				•	•	√	!	!	√	√		
2	Selatan NTB				•	•	√	!	!!	!	√	√	
3	Selatan Jawa				•	•	√	!	!	!	!!	!	
4	Barat Sumatera							√	!	!	!	!!	!

Tabel 4 : Lokasi Upwelling, bulan kejadian dan intensitasnya pada tipe periode La Niña

No	Lokasi Upwelling	Bulan Kejadian											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	Selatan NTT						•	•	!	√	•		
2	Selatan NTB				•	•	•	•	!	√	•		
3	Selatan Jawa				•	•	•	•	!	√	•		
4	Barat Sumatera												

Keterangan:

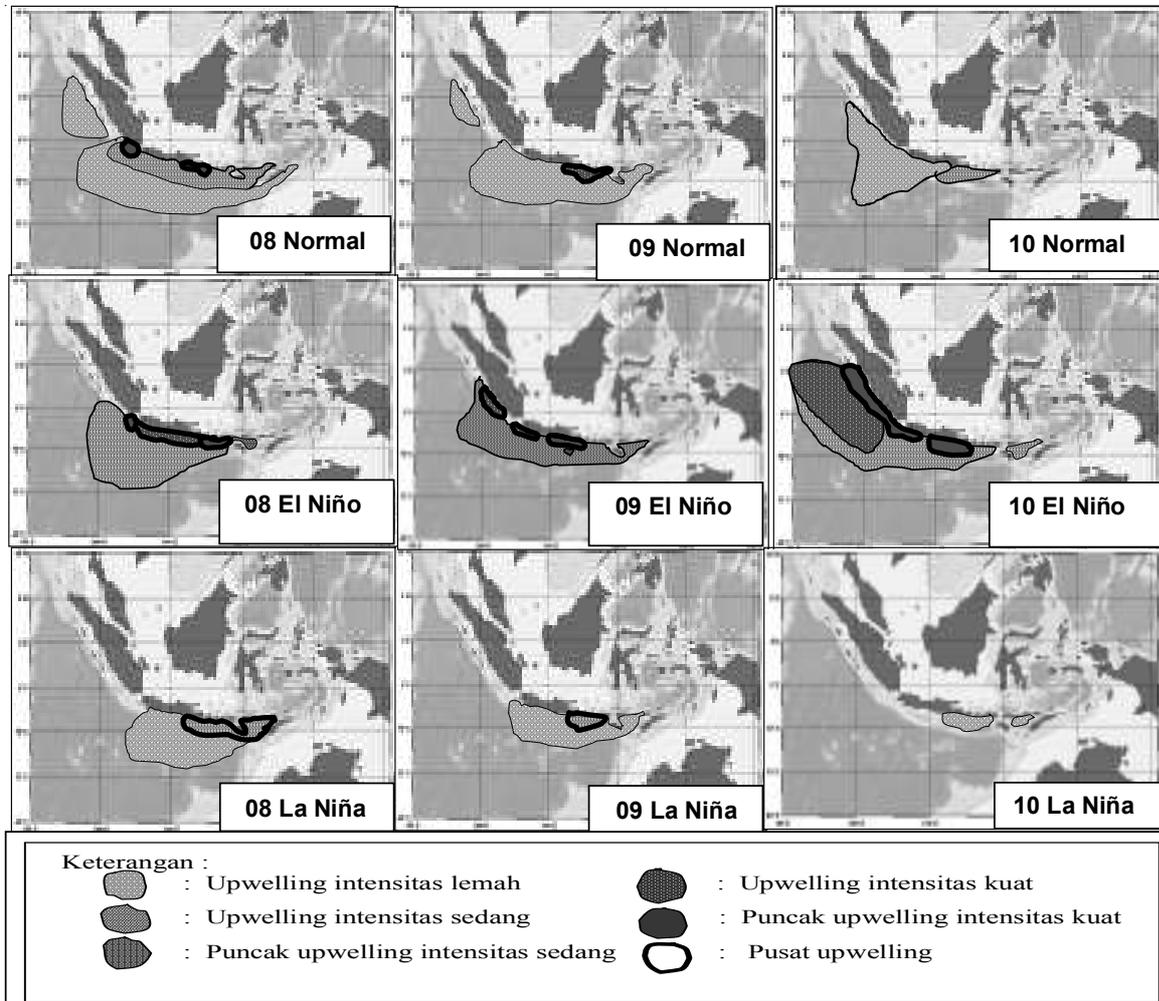
- = Upwelling Intensitas lemah (Kisaran suhu > 27°C dan kadar chlorofil-a < 1 mg/m³).
- ◐ = Upwelling Intensitas sedang (Kisaran suhu 26 – 27 °C dan kadar chlorofil-a hingga 2 mg/m³).
- = Puncak upwelling intensitas sedang
- ! = Upwelling Intensitas kuat (Kisaran suhu < 26°C dan kadar chlorofil-a hingga > 2 mg/m³).
- ! = Puncak upwelling Intensitas kuat

Pengaruh Perbedaan Tipe Periode Terhadap Karakteristik Upwelling

Dari hasil analisa sebagaimana dipaparkan dalam Tabel 2, 3 dan 4 tampak ada kecenderungan

konsistensi waktu kejadian upwelling walaupun tipe periodenya berbeda. Secara umum kejadian upwelling akan berulang secara periodik pada musim tenggara (angin dari tenggara). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Susanto, dkk (2001) dan Yusuf (2003), yang menerangkan bahwa upwelling di selatan Jawa terjadi pada Musim Tenggara.

Konsistensi kejadian upwelling pada tipe periode berbeda ini, ternyata tidak 100%. Perbedaan tipe periode fenomena iklim menyebabkan perbedaan karakter temporal (lama waktu upwelling) dan spasial (jangkauan luasan upwelling). Lebih jelas perbedaan karakter temporal dan spasial dapat dilihat dalam Tabel 2, 3, 4 dan Gambar 2. Dari Tabel dan contoh gambar tersebut, tampak bahwa karakteristik



Gambar 2. Perbandingan distribusi spasial kejadian upwelling di sepanjang perairan Selatan NIT hingga barat Sumatera pada bulan yang sama ((08)Agustus, (09) September dan, (10) Oktober) pada tipe periode yang berbeda (antara periode Normal, El Niño dan La Niña

temporal dan spasial upwelling pada periode El Niño terjadi lebih lama dan lebih luas distribusinya daripada pada tipe periode Normal dan La Niña. Pada saat El Niño upwelling terjadi hingga bulan Desember, saat Normal terjadi hingga bulan Nopember, sedangkan pada tipe periode La Nina upwelling terjadi lebih singkat hanya sampai bulan Oktober. Periode upwelling yang lebih lama ini diduga disebabkan pola angin tenggara pada periode El Niño lebih lama daripada pada tipe Normal dan La Niña. Distribusi spasial ke arah barat jelas sekali perbedaannya (Gambar 2). Pada periode El Niño distribusi spasial hingga barat propinsi Aceh terjadi pada bulan Desember. Pada saat Normal distribusi spasial sampai perairan sebelah barat propinsi Sumatera Barat terjadi pada bulan Agustus (Gambar 2), sedangkan saat La Niña hanya sampai selatan Ujung Kulon Jawa Barat juga terjadi pada bulan Agustus (Gambar 2).

Disamping distribusi temporal dan spasialnya yang berbeda, intensitas upwelling juga tampak berbeda. Pada contoh Gambar 2 bulan Oktober (10) di lokasi sepanjang perairan selatan NTB hingga Jawa Timur pada periode Normal intensitas upwelling tampak sedang, pada saat El Niño intensitas upwelling kuat dan pada periode La Niña intensitas upwelling lemah. Perbandingan intensitas upwelling kuat di selatan Jawa bisa di lihat dalam gambar Gambar 1 di bawah.

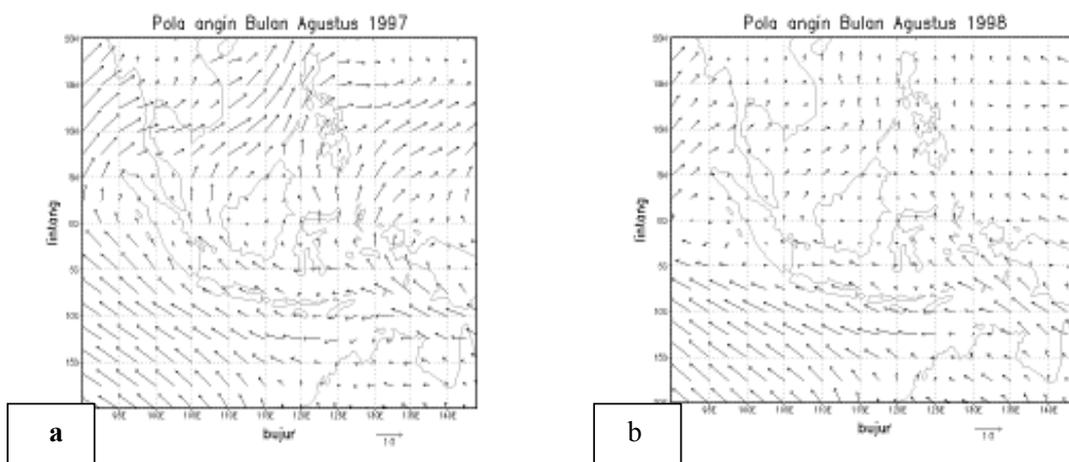
Berdasarkan data distribusi suhu dan chlorofil-a bisa diketahui perbedaan intensitasnya, dimana upwelling yang kuat umumnya suhu lebih rendah dan kadar chlorofil-a lebih tinggi, secara umum kisaran chlorofil-a di lokasi upwelling tersebut

berkisar 0,7 – 10 mg/m³. Kadar chlorofil-a di pusat upwelling hingga 10 mg/m³ sedangkan kalau tidak terjadi upwelling umumnya kadarnya dibawah 0,5 mg/m³. Pada daerah pusat-pusat upwelling, selain chlorofil-a-nya tinggi, suhu permukaannya juga tampak paling rendah hingga 25°C, kisaran suhu permukaan di lokasi upwelling antara 25 – 27,5 °C. Pada saat tidak terjadi upwelling suhunya berkisar 29 – 31°C.

Perubahan-perubahan fisis upwelling yang terjadi karena perbedaan tipe periode sebagaimana terurai di atas, diduga disebabkan oleh perbedaan tekanan tinggi dan tekanan rendah antara Samudera Hindia dan Pasifik.

Pada saat terjadi El Niño tekanan udara di Pasifik timur kecil, akibatnya angin dan kolom air hangat dari Pasifik barat mengalir ke Pasifik timur. Hal ini membawa dampak suhu dan paras muka laut di Pasifik barat turun (Tjasyono, 2003). Adanya penurunan suhu di Pasifik Barat mempengaruhi suhu air di wilayah Indonesia menjadi lebih dingin pada saat El Niño. Adanya penurunan paras laut di barat Pasifik pada saat El Niño, diduga mempengaruhi tekanan air naik ke atas (upwelling) di perairan Indonesia menjadi lebih besar. Hal ini diduga menjadi salah satu sebab mengapa upwelling pada saat El Niño lebih kuat intensitasnya daripada saat Normal dan La Niña.

Kecepatan dan arah angin serta sifat fisis air permukaan laut tampak berbeda dengan adanya perubahan tipe periode (mewakili perubahan iklim). Angin tenggara pada saat El Niño lebih kuat dari



Gambar 3. Perbandingan pola angin bulan Agustus pada tipe periode El Niño dan La Niña (Sumber : BMG, Jakarta)

pada saat Normal dan La Niña, sebagaimana tampak dalam Gambar 3 di bawah.

Dari dua Gambar 3 a dan b, tampak pada saat El Niño Agustus 1997 angin tenggara pada beberapa lokasi diantaranya di sepanjang pantai barat Sumatera, di atas Laut Cina Selatan, di atas Laut Halmahera dan tempat-tempat lain kecepatannya lebih besar dari pada saat La Niña Agustus 1998. Perbedaan kecepatan angin ini diduga karena angin di atas wilayah Indonesia bagian utara equator, berhembus kuat ke arah Pasifik Timur pada saat El Niño. Aliran angin ke arah timur ini memacu kecepatan angin tenggara berhembus lebih kuat untuk mengisi kekosongan udara di wilayah utara equator. Sementara pada saat La Niña Agustus 1998 di wilayah Indonesia bagian utara equator angin justru datang dari arah Samudera Pasifik sehingga menghambat aliran Angin Tenggara oleh karena itulah kecepatannya lebih kecil.

Arah Evolusi dan Mekanisme Kejadian Upwelling

Upwelling di sepanjang perairan Selatan NTT hingga Barat Sumatera mengalami evolusi dari arah timur ke barat, hal ini terjadi berkaitan arah pola angin yang membangkitkan upwelling tersebut (Gambar 2)

Terjadinya upwelling di lokasi ini diduga disebabkan karena adanya mekanisme *Transport Ekman*. Mekanisme ini timbul karena adanya pola angin yang bertiup ke arah barat dan barat laut yang cenderung sejajar garis pantai sepanjang pesisir pulau-pulau dari NTT hingga Barat Sumatera. Di belahan bumi selatan arah arus permukaan akan dibelokkan ke kiri 45° dari arah angin, (Stewart,2002). Angin tersebut berarti membangkitkan arus permukaan ke arah selatan atau barat daya menjauhi garis pantai. Arus permukaan yang meninggalkan pantai ini menimbulkan kekosongan masa air permukaan yang segera diisi oleh masa air dari lapisan di bawahnya, maka terjadilah proses upwelling.

Tipe Upwelling

Berdasarkan hasil analisis dalam Tabel 2, 3 dan 4 tampak bahwa kejadian upwelling terulang secara periodik terutama pada Musim Timur, sehingga upwelling di lokasi NTT hingga barat Sumatera bisa digolongkan bertipe periodik (periodic type).

Kesimpulan

Perbedaan tipe periode fenomena iklim (Normal, El Niño dan La Niña) mengakibatkan perbedaan karakteristik upwelling di sepanjang perairan Selatan NTT hingga Barat Sumatera, baik karakter temporal, spasial, maupun intensitasnya. Upwelling pada tipe periode El Niño mempunyai karakteristik lebih lama, lebih luas distribusi spasialnya dan lebih kuat intensitasnya dibanding pada periode Normal dan La Niña. Upwelling pada tipe periode La Niña mempunyai karakter paling singkat kejadiannya, paling sempit distribusi spasialnya dan paling kecil intensitasnya dibanding pada periode El Niño dan Normal.

Daftar Pustaka

- Gunarso, W, 1985, *Tingkah Laku Ikan*, IPB. Bogor, 149 hal.
- Luyten, P.J., J.E, Jones., R. Proctor, A. Tabor, P. Tet and K. Wild-Allend 1999, *Coherens A Coupled hydrodynamical-Ecologocal Model for Regional and Shelf Seas*, User Documentation, MAS3-CT97-0088.
- Nontji, A, 1987, *Laut Nusantara*, Djarbatan, Jakarta, 368 hal.
- Nybakken, J.W, 1988, *Biologi Laut*, suatu pendekatan ekologi, PT, Gramedia, Jakarta, 459 hal.
- Sapulete, D, 1996, *Sebaran Vertikal Temperatur dan Salinitas Dalam Kaitannya dengan Kemungkinan Terjadinya Upwelling Di Teluk Piru*, Puslitbang-Oceanologi, LIPI, Ambon.
- Setiapermana, D., S.H. Santoso, Riyono, 1992, *Chlorofil Content in Relation to Physical Structure in East Indian Ocean*, *Oceanologi Indonesia*, LIPI No 25: 13 - 29. Jakarta..
- Stewart, R.H, 2002, *Introduction to Physical Oceanography*, Department of Oceanography Texas A & M University, 341 p.
- Supangat, A, N.S. Ningsih, 2004, *Model Sebaran Suhu Permukaan Laut Untuk Mempelajari Pergerakan "Kolam Air Hangat" (Sebagai Tambang Tuna) Di Perairan Indonesia dan Korelasinya Dengan Variabilitas Iklim*, Laporan RUT tahun 2004. LPPM-ITB, Kementrian Riset dan Teknologi dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

- Susanto, R.D. and A.L. Gordon, Q. Zheng. 2001. Upwelling along the Coast of Java and Sumatra and its relation to ENSO. *Journal of Geophysical Research Letters*. American Geophysical Union. USA
- Tjasyono, B, 2003, *Geosains*, Penerbit ITB, Bandung, 133 hal.
- Thurman, H.V, 1991, *Introductory Oceanography*, Sixth Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 526 p.
- Wiratmo, J, 1998, *La Niña dan El Niño?*, Penerbit ITB, Bandung, 30 hal.
- Wyrtki, K.A, 1961, *Naga Report Volume 2: Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. The University of California. California, 195 p.
- Yusuf, M, 2002, *Model Numerik Upwelling Di Perairan Indonesia Wilayah Tengah Dan Barat Serta Kaitannya Dengan Perubahan Monsun*. Bidang khusus Oseanografi, Program Studi Oseanografi dan Sains Atmosfir, Program Pascasarjana, ITB.