

## **UPWELLING DI PERAIRAN SELATAN JAWA**

**Martono**

**Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN**

**Email : mar\_lapan@yahoo.com**

### **ABSTRACT**

*Upwelling is one an oceanic event that has an important role on the atmospheric conditions. Upwelling process will change sea surface temperature. Sea surface temperature has an important role in the interaction between the atmosphere and the ocean. The important role was related to the exchange of energy between the atmosphere and the ocean. This research was conducted to understand the characteristics of upwelling in the Jawa south waters at seasonal and interannual time scales under normal, El Niño and La Niña conditions. In the research we used statistical methods with descriptive analysis. The data was used consist of the monthly sea surface temperature. The analysis showed that upwelling occurred from July to October. At the time of upwelling the sea surface temperatures was cooler with a range of about 25.8 OC, 25.9 OC, 26.6 OC of each month. Upwelling intensity during positive phase Indian Ocean Dipole and El Niño was stronger and during negative phase Indian Ocean Dipole and La Niña was weaker than normal conditions.*

**Keywords:** *upwelling, normal, Indian Ocean Dipole, El Niño, La Niña*

### **ABSTRAK**

*Upwelling merupakan salah satu peristiwa oseanik yang mempunyai peranan penting terhadap kondisi atmosfer di atasnya. Proses upwelling akan mengubah suhu permukaan laut. Suhu permukaan laut mempunyai peranan penting dalam interaksi antara atmosfer dan laut. Peranan penting ini berkaitan dengan pertukaran energi antara atmosfer dan laut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik upwelling di perairan selatan Jawa dalam skala musiman dan tahunan yang mewakili kondisi normal, Indian Ocean Dipole, El Niño, dan La Niña. Dalam penelitian digunakan metode statistik dengan analisis deskriptif. Data yang digunakan adalah suhu permukaan laut rata-rata bulanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa upwelling terjadi dari bulan Juli sampai dengan Oktober. Pada saat upwelling suhu permukaan laut lebih dingin dengan kisaran sekitar 26,65 OC, 25,93 OC, 25,97 OC, 26,72 OC masing-masing bulan. Secara*

umum, intensitas *upwelling* pada saat *Indian Ocean Dipole* fase positif dan *El Niño* lebih kuat dan pada saat *Indian Ocean Dipole* fase negatif dan *La Niña* lebih lemah daripada saat normal.

Kata kunci: *upwelling*, normal, *Indian Ocean Dipole*, *El Niño*, *La Niña*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem iklim bumi sangat kompleks dan terdiri atas lima komponen utama yaitu atmosfer, daratan, laut, tutupan es dan tumbuhan (Prawirowardoyo, 1996; Barry dan Choerly, 2003; Santoso dan Forner, 2006). Kelima komponen iklim ini saling berinteraksi secara terus menerus. Atmosfer dan laut mempunyai sifat yang sama yaitu berupa fluida sehingga selalu bergerak secara terus menerus. Karena mempunyai sifat yang sama, maka terjadi interaksi yang kuat antara atmosfer dan laut dibandingkan dengan komponen iklim lainnya. Interaksi antara atmosfer dan laut terjadi di lapisan batas yang meliputi pertukaran energi, pertukaran momentum dan pertukaran massa.

Suhu permukaan laut mempunyai peranan penting dalam interaksi antara atmosfer dan laut. Peranan penting ini berkaitan dengan pertukaran energi antara atmosfer dan laut. Pertukaran energi ini akan mempengaruhi unsur-unsur iklim seperti curah hujan, suhu udara, kelembaban dan angin permukaan. Salah satu fenomena laut yang berhubungan erat dengan perubahan suhu permukaan adalah *upwelling*. *Upwelling* adalah proses penaikan massa air dari lapisan bawah ke lapisan permukaan. Massa air yang naik ini mempunyai suhu yang dingin, salinitas tinggi dan kaya akan kandungan zat-zat hara (Mann and Lazier, 1991; Kudela et al. 2005). Proses ini ditandai dengan ditemuinya kelandaian suhu permukaan laut yang cukup mencolok yaitu sekitar 2 OC untuk daerah tropis dan lebih besar 2 OC untuk daerah subtropis (Dahuri dkk. 1996).

Perubahan suhu permukaan laut akibat *upwelling* akan mengubah kondisi lingkungan perairan laut. Perubahan suhu permukaan laut akan mempengaruhi suhu udara dan suhu udara akan mempengaruhi sirkulasi angin (Ningsih, 2003). *Upwelling* juga berperan penting terhadap proses pertukaran CO<sub>2</sub> antara atmosfer dan laut, daur ulang karbon dan transfer ke

laut, serta iklim lokal (McGregor dan Mulitza, 2007; Surinati, 2009; Narayan dkk. 2010; Miranda et al. 2012) dan variabilitas sistem iklim (Boe et al. 2011).

Selama ini penelitian *upwelling* di perairan selatan Jawa lebih difokuskan kaitannya dengan tingkat kesuburan perairan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji lebih mendalam mengenai *upwelling* di perairan selatan Jawa dalam skala musiman dan tahunan serta dampaknya terhadap suhu permukaan laut. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung program penelitian mengenai proses interaksi antara laut dan atmosfer yang mempunyai dampak besar terhadap atmosfer di sekitar.

## **2. METODE PENELITIAN**

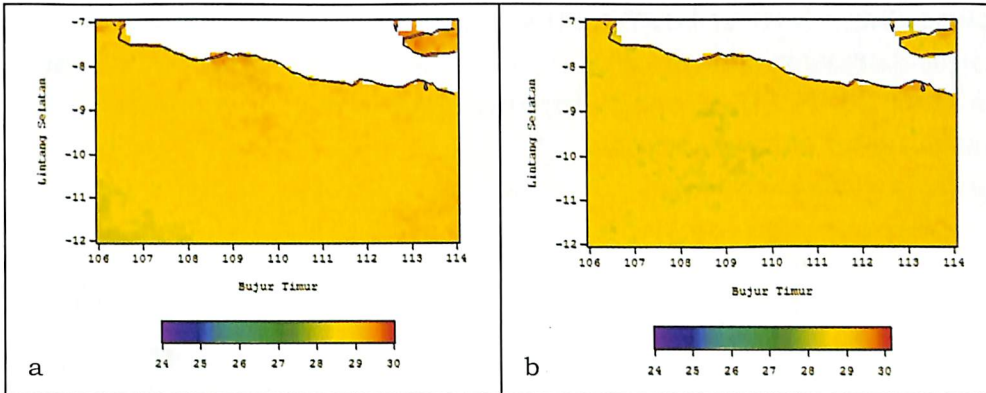
Lokasi penelitian adalah perairan selatan Jawa yang meliputi  $7^{\circ}$  LS -  $12^{\circ}$  LS dan  $106^{\circ}$  BT -  $114^{\circ}$  BT. Data yang digunakan adalah suhu permukaan laut bulanan dari NOAA AVHRR Pathfinder v5 dan v5.1 dengan rentang tahun 1990-2009. Dalam penelitian ini digunakan metode statistik dengan analisis deskriptif. Data suhu dirata-ratakan sehingga diperoleh rata-rata bulanan selama 20 tahun. Data suhu permukaan laut diperoleh dari website <http://oceanwatch.pifsc.noaa.gov/>. Kejadian **upwelling** diidentifikasi dengan adanya kelandaian suhu permukaan laut yang cukup mencolok yaitu sekitar  $2^{\circ}\text{C}$ .

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

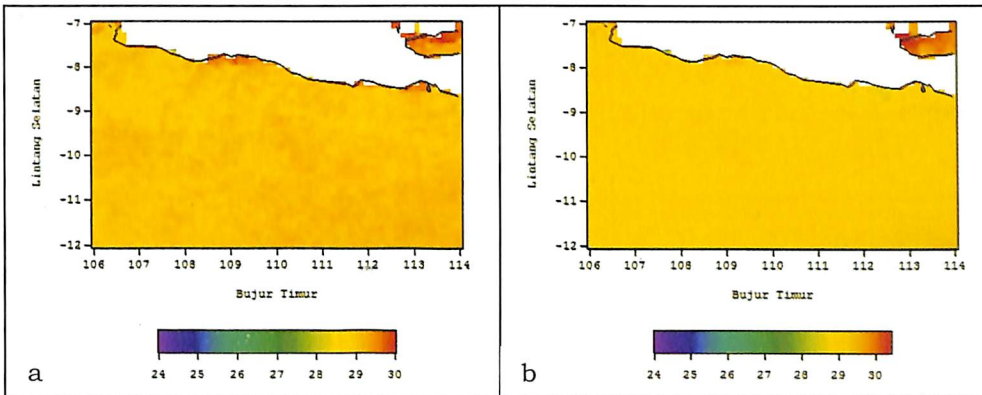
Distribusi suhu permukaan laut rata-rata bulan Januari dan bulan Februari di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 3.1. Variasi suhu permukaan laut bulan Januari di perairan ini berkisar antara  $27,59^{\circ}\text{C}$  -  $29,54^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $28,73^{\circ}\text{C}$ . Distribusi suhu permukaan laut pada bulan Februari mempunyai variasi yang sama dengan bulan Januari yaitu berkisar antara  $27,45^{\circ}\text{C}$  -  $29,92^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $28,65^{\circ}\text{C}$ .

Distribusi suhu permukaan laut rata-rata bulan Maret dan bulan April di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 2. Suhu permukaan laut bulan Maret lebih hangat daripada bulan Februari yang berkisar antara  $27,95^{\circ}\text{C}$  -  $30,26^{\circ}\text{C}$  dengan

rata-rata sekitar  $29,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Distribusi suhu permukaan laut bulan April mempunyai variasi yang sama dengan bulan Maret yang berkisar antara  $28,40\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $29,98\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $29,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



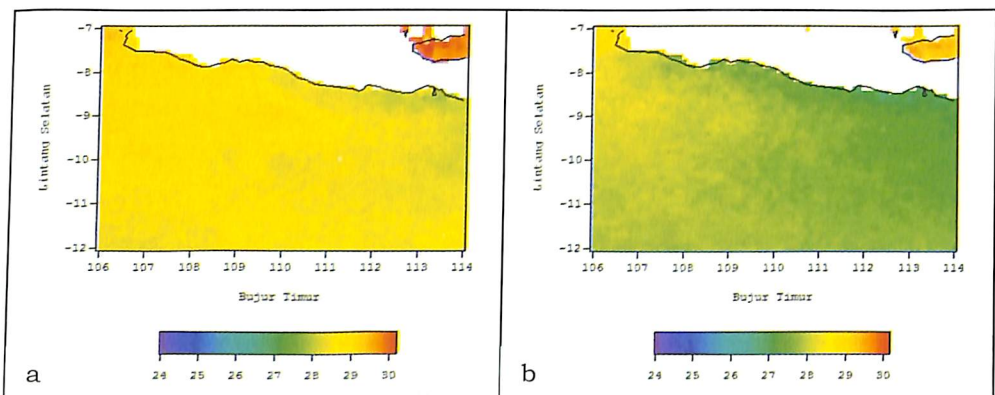
**Gambar 3.1** Suhu permukaan laut bulan Januari (a) dan Februari (b)



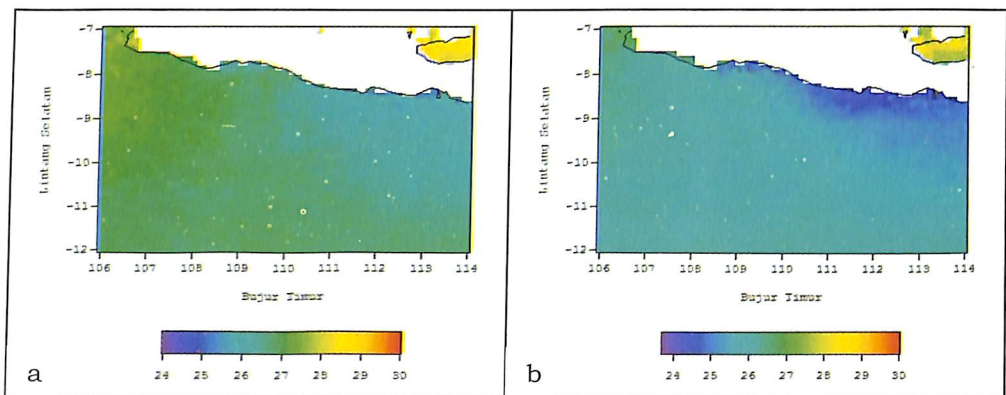
**Gambar 3.2** Suhu permukaan laut bulan Maret (a) dan April (b)

Distribusi suhu permukaan laut rata-rata bulan Mei dan bulan Juni di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 3.3. Suhu permukaan laut bulan Mei lebih dingin daripada bulan April yang berkisar antara  $27,13\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $29,35\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $28,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Di bagian timur Jawa Timur suhu permukaan laut mulai dingin. Distribusi suhu permukaan laut bulan Juni lebih dingin daripada bulan Mei yang berkisar antara  $25,75\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $28,95\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $27,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Distribusi suhu permukaan laut rata-rata bulan Juli dan bulan Agustus di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 3.4. Suhu permukaan laut bulan Juli lebih dingin daripada bulan Juni yang berkisar antara  $24,83\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $29,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $26,66\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Di perairan pantai selatan Jawa Timur suhu permukaannya semakin dingin. Distribusi suhu permukaan laut bulan Agustus lebih dingin daripada bulan Juli yang berkisar antara  $24,41\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $28,26\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $25,94\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hampir sepanjang pantai selatan Jawa suhu permukaan semakin dingin.



**Gambar 3.3** Suhu permukaan laut bulan Mei (a) dan Juni (b)



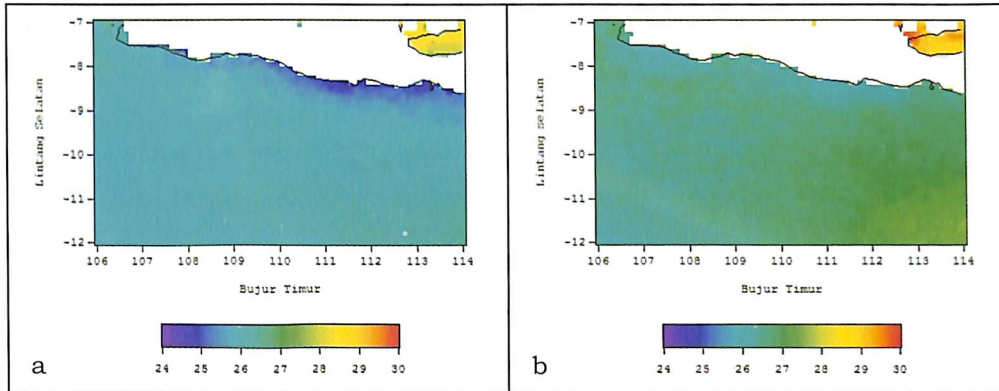
**Gambar 3.4** Suhu permukaan laut bulan Juli (a) dan Agustus (b)

Distribusi suhu permukaan laut rata-rata bulan September dan bulan Oktober di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 3.5. Suhu permukaan laut bulan

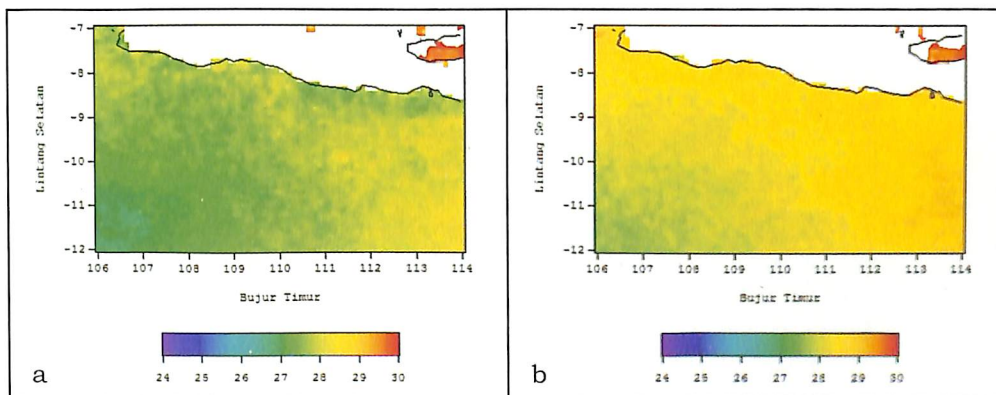


September mempunyai variasi yang sama dengan bulan Agustus yang berkisar antara  $24,36\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $27,60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $25,98\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Distribusi suhu permukaan bulan Oktober lebih hangat daripada bulan September yang berkisar antara  $25,33\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $27,78\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $26,72\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Distribusi suhu permukaan laut rata-rata bulan Nopember dan bulan Desember di perairan selatan Jawa diperlihatkan pada Gambar 3.6. Suhu permukaan laut bulan Nopember lebih hangat daripada bulan Oktober yang berkisar antara  $26,22\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $28,73\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $27,69\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Distribusi suhu permukaan bulan Oktober lebih hangat daripada bulan Nopember yang berkisar antara  $27,60\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $29,33\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan rata-rata sekitar  $28,38\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

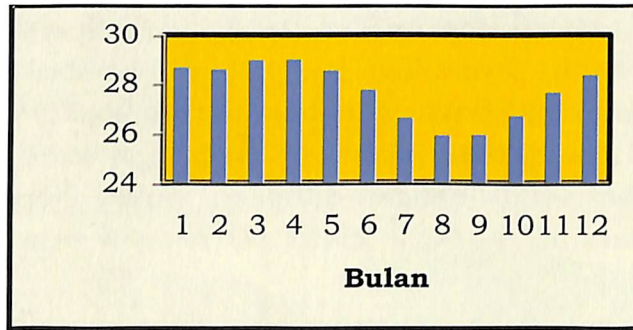


**Gambar 3.5** Suhu permukaan laut bulan September (a) dan Oktober (b)



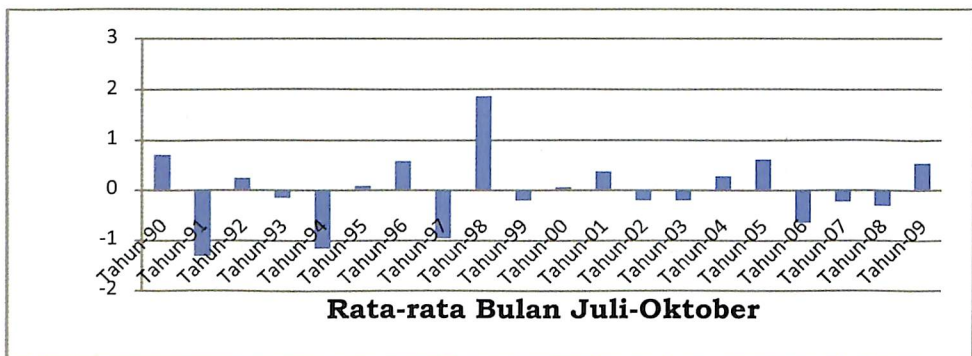
**Gambar 3.6** Suhu permukaan laut bulan Nopember (a) dan Desember (b)

*Upwelling* diindikasikan dengan suhu permukaan laut yang dingin. Berdasarkan Gambar 3.7 terlihat bahwa *upwelling* di perairan selatan Jawa terbentuk dari bulan Juli sampai Oktober dengan rata-rata suhu permukaan masing-masing bulan sekitar 26,65 OC, 25,93 OC, 25,97 OC dan 26,72 OC.



**Gambar 3.7** Variasi suhu permukaan laut rata-rata bulanan

Anomali suhu permukaan laut tahunan pada saat *upwelling* rata-rata bulan Juli sampai Oktober di perairan selatan Jawa dari tahun 1990-2009 diperlihatkan pada Gambar 3.8. Berdasarkan Gambar 3.8 diketahui bahwa pada tahun 1991, 1994 dan 1997 intensitas *upwelling* di perairan ini semakin kuat, tetapi pada tahun 1998 semakin lemah. Menguat dan melemahnya *upwelling* ini diperkirakan akibat pengaruh fenomena *Indian Ocean Dipole*, *El Niño* maupun *La Niña*

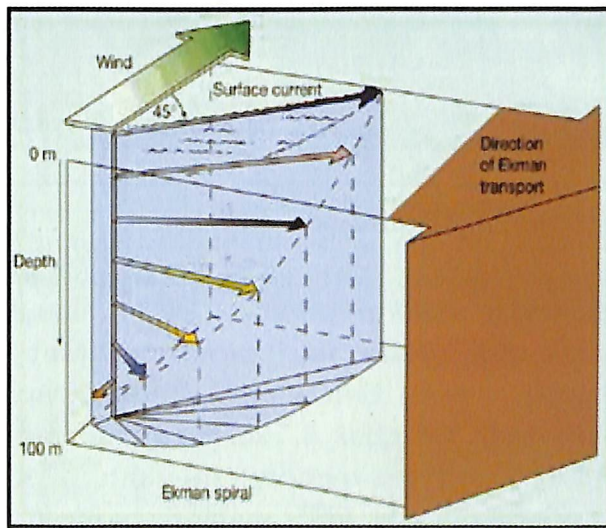


**Gambar 3.8** Anomali suhu permukaan laut tahunan pada saat *upwelling*

Berdasarkan hasil pengolahan data suhu permukaan laut menunjukkan bahwa *upwelling* di perairan selatan Jawa terbentuk dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober. *Upwelling* di perairan ini termasuk tipe berkala yaitu hanya terbentuk pada waktu tertentu saja dan merupakan *upwelling* pantai. Mekanisme pembentukan *upwelling* ini berkaitan erat dengan angin musim.

Pada saat musim timur antara bulan Juni sampai dengan bulan Agustus angin pasat tenggara yang berkembang di perairan selatan Jawa semakin kuat yang berkaitan dengan adanya tekanan udara tinggi di atas Benua Australia dan tekanan udara rendah di atas Benua Asia. Angin pasat tenggara ini menggerakkan massa air permukaan mengikuti gerakan angin. Gerakan massa air dalam skala luas sangat dipengaruhi oleh gaya coriolis. Pengaruh gaya coriolis di belahan bumi bagian selatan berbeda dengan di belahan bumi bagian utara.

Perairan selatan Jawa terletak di belahan bumi bagian selatan, sehingga gerakan massa air dibelokkan ke arah kiri. Dalam gerakannya, massa air membentuk *Ekman Spiral* sehingga arah gerakan massa air dibelokkan  $45^\circ$  ke kiri dari arah tekanan angin. Total transpor massa air dalam *Ekman Spiral* atau yang lebih dikenal dengan nama *Ekman Transport* dibelokkan  $90^\circ$  ke arah kiri terhadap arah tekanan angin seperti diperlihatkan pada Gambar 3.9.

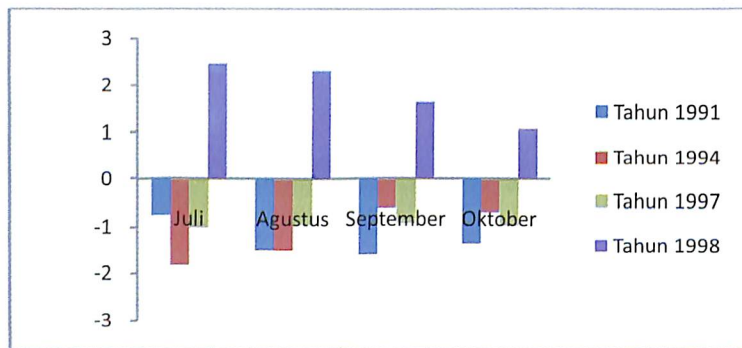


**Gambar 3.9** Gerakan Ekman Spiral dan Ekman Transport (sumber: [http://secoora.org/classroom/flowing\\_ocean/currents\\_glossary](http://secoora.org/classroom/flowing_ocean/currents_glossary))



Akibat *Ekman Transport* ini massa air di perairan pantai selatan Jawa bergerak menuju ke perairan laut lepas sehingga terjadi kekosongan massa air permukaan. Untuk mengembalikan kesetimbangan hidrostatis ini maka massa air yang lebih dalam akan naik ke permukaan. Proses ini akan berlangsung secara terus menerus selama pengaruh tekanan angin permukaan masih memungkinkan. Massa air yang naik ini (*upwelling*) mempunyai suhu yang dingin, sehingga *upwelling* diindikasikan dengan suhu permukaan laut yang dingin.

Intensitas *upwelling* di perairan selatan Jawa dipengaruhi oleh *Indian Ocean Dipole*, *El Niño* maupun *La Niña*. Hal ini terlihat pada tahun 1991, 1994 dan 1997 intensitas *upwelling* sangat kuat dengan nilai anomali suhu sekitar  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tahun 1998 intensitas *upwelling* melemah dengan nilai anomali suhu sekitar  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  seperti diperlihatkan pada Gambar 10. Pada tahun 1991 dan 1994 terjadi *Indian Ocean Dipole* fase positif dan tahun 1997 terjadi *Indian Ocean Dipole* fase positif dan *El Niño*. Sementara itu, tahun 1998 terjadi *Indian Ocean Dipole* fase negatif dan *La Niña*.

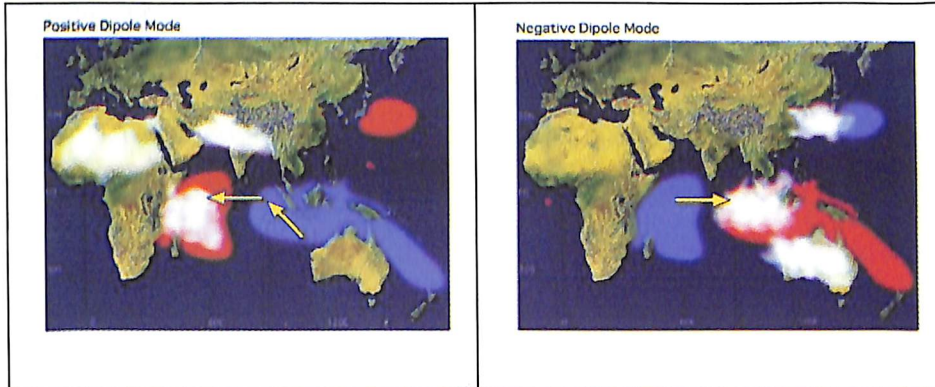


**Gambar 3.10** Anomali suhu permukaan laut

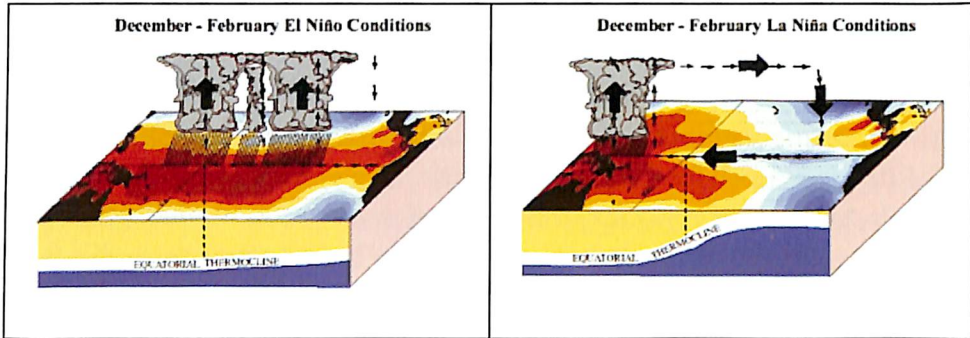
Pada saat *Indian Ocean Dipole* fase positif terjadi pergerakan massa udara dari perairan barat daya Indonesia menuju bagian barat Samudera Hindia tropis seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.11a. Gerakan massa udara dalam skala yang luas dan terus menerus ini akan mendorong massa air permukaan bergerak ke arah bagian barat Samudera Hindia tropis, sehingga di perairan barat daya dan selatan Indonesia terjadi pendangkalan lapisan termoklin. Pendangkalan lapisan

termoklin ini akan memperkuat intensitas *upwelling*. Kondisi sebaliknya terjadi pada saat terjadi *Indian Ocean Dipole* fase negatif seperti diperlihatkan pada Gambar 3.11b. Mekanisme tersebut akan menyebabkan terjadinya penurunan lapisan termoklin dan akhirnya akan memperlemah *upwelling*.

Pada saat *El Niño* terjadi pergerakan massa air hangat dari Samudera Pasifik bagian barat menuju ke bagian tengah dan timur seperti diperlihatkan pada Gambar 3.12a. Kondisi ini menyebabkan terjadi pendangkalan lapisan termoklin di bagian barat Samudera Pasifik termasuk perairan laut Indonesia dan penurunan lapisan termoklin di Samudera Pasifik bagian timur. Akibat pendangkalan lapisan termoklin akibat *El Niño* maka intensitas *upwelling* di selatan Jawa semakin kuat. Sebaliknya terjadi pada saat *La Niña* seperti diperlihatkan pada Gambar 3.12b. Mekanisme akibat *La Niña* akan menyebabkan terjadinya penurunan lapisan termoklin di Samudera Pasifik bagian barat termasuk perairan laut Indonesia yang pada akhirnya akan memperlemah *upwelling* di selatan Jawa.



**Gambar 3.11** Ilustrasi mekanisme fenomena (a) *Indian Ocean Dipole* fase positif dan (b) *Indian Ocean Dipole* fase negatif  
Sumber: [www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/](http://www.jamstec.go.jp/frcgc/research/d1/iod/)



**Gambar 3.12** Ilustrasi mekanisme fenomena (a) *El Niño* dan (b) *La Niña*  
 Sumber: <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/>

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis di atas dapat disimpulkan bahwa *upwelling* di perairan selatan Jawa terjadi dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober. *Upwelling* di perairan ini terbentuk akibat pengaruh tipuan angin pasat tenggara yang berkembang di atasnya. Puncak *upwelling* terjadi pada bulan Agustus dan bulan September dengan suhu permukaan laut mencapai sekitar 26 °C. Intensitas *upwelling* sangat dipengaruhi oleh *Indian Ocean Dipole*, *El Niño* maupun *La Niña*. *Indian Ocean Dipole* fase positif dan *El Niño* memperkuat intensitas *upwelling*, sebaliknya *Indian Ocean Dipole* fase negatif dan *La Niña* memperlemah.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Barry, R.G and Choerly, R.J. (2003): Atmosphere, Weather and Climate, Routledge, London.
- Boe, J., Hall, A., Colas, F., McWilliams, J.C., Qu, X., Kurian, J., Kapnick, S.B. (2011): What shapes mesoscale wind anomalies in coastal upwelling zones?, *Clim Dyn* (2011) 36:2037–2049. DOI 10.1007/s00382-011-1058-5
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., Sitepu, M.J. (1996): Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Laut Secara Terpadu, PT.Pradnya Paramita.

<http://oceanwatch.pifsc.noaa.gov>

- Kudela, R., Pitcher, G., Probyn, T., Figueiras, F., Moita, T., Trainer, V. (2005): Harmful Algal Blooms Upwelling, *Oceanography* Vol.18, No.2.
- Mann, K.H. dan Lazier, J.R.N. (1991): *Dynamics of Marine Ecosystems*, Blackwell Scientific Publications.
- McGregor, H.V and Mulitza, S. (2007): Rapid 20th-century increase in coastal upwelling off northwest Africa revealed by high-resolution marine sediment cores, *PAGES News*, Vol.15.No 2.
- Miranda, P.M.A., Alves, J.M.R., Serra, N. (2012). Climate change and upwelling: response of Iberian upwelling to atmospheric forcing in a regional climate scenario, *Clim Dyn.* DOI 10.1007/s00382-012-1442-9.
- Narayan N., Paul A., Mulitza S., Schulz, M. (2010): Trends in coastal upwelling intensity during the late 20th century, *Ocean Sci. Discuss.*, 7, 335–360.
- Ningsih, N.S. (2003): Peranan Iklim Pada Studi-Studi Kelautan, Prosiding Seminar dan lokakarya Kajian Aspek Klimatologi dan Lingkungan Serta Pemanfaatannya, LAPAN, Bandung.
- Prawiwardoyo, S. (1996): *Meteorologi*, Institut Teknologi Bandung.
- Santoso, H dan Forner, C. (2006): *Climate Change Projections for Indonesia, Southeast Asia Kick-off Meeting oh The Project Tropical Forests and Climate Change Adaptation*, Bogor.
- Surinati, D. (2009): Upwelling dan efeknya terhadap perairan laut, *Oseana*, Volume XXXIV, Nomor 4, 35-42.