

**PERANAN UPWELLING TERHADAP PEMBENTUKAN  
DAERAH PENANGKAPAN IKAN**

**Karya Ilmiah**

**Disusun oleh :**

**SUNARTO  
NIP 132086360**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS PADJADJARAN  
2008**

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang atas rahmat dan karunianya tulisan ini dapat penulis susun. Pada tulisan ini penulis mencoba mengungkapkan suatu fenomena alam yang terjadi di laut. Fenomena penaikan massa air laut (*upwelling*) banyak terjadi pada daerah-daerah yang ternyata menjadi pusat-pusat perikanan dunia. Pertanyaan yang muncul dari kenyataan tersebut adalah: adakah keterkaitan antara fenomena tersebut dengan tingkat produksi ikan di laut dan bagaimana proses terjadinya. Pertanyaan itulah yang hendak penulis jawab melalui isi tulisan ini. Penulis mencoba menyajikan data-data empirik tentang keterkaitan antara fenomena *upwelling* dan proses produksi di laut dan terbentuknya daerah penangkapan ikan.

Penulis berharap semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan sebagai sumber informasi maupun referensi dalam kajian-kajian ilmiah. Penulis juga berharap semoga pemaparan tentang fenomena alam ini dapat menggugah kesadaran pembaca bahwa Kekuasaan Allah SWT meliputi seluruh jagat termasuk di lautan yang luas.

Akhirnya penulis memohon maaf apabila ada kajian dan penyajian yang kurang baik dalam tulisan ini dan untuk itu penulis membuka diri untuk menerima saran dan kritik konstruktif bagi perbaikan tulisan ini.

Bandung, Oktober 2008

PENULIS

## DAFTAR ISI

<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	4
1.3. Metode .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Daerah Penangkapan Ikan .....	5
2.2. Upwelling .....	6
2.3. Proses Terjadinya Upwelling .....	7
2.4. Wilayah Upwelling Dunia .....	14
<b>III. UPWELLING, PROSES PRODUKSI DAN PEMBENTUKAN DPI .</b>	<b>18</b>
3.1. Produktivitas Primer dan Faktor yang mempengaruhinya .....	20
3.2. Produktivitas Sekunder .....	25
3.3. Upwelling dan Produksi Ikan .....	29
<b>IV. KESIMPULAN .....</b>	<b>30</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>No.</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal.</b>
1.	Posisi Cahaya , nutrient dan fitoplankton sebelum dan sesudah upwelling.....	2
2.	Sketsa proses terjadinya upwelling .....	10
3.	Divergensi di laut lepas .....	11
4.	Daerah upwelling di Samudera Hindia pada bulan Agustus .....	12
5.	Defleksi akibat adanya guyot yang menimbulkan upwelling .....	13
6.	Defleksi akibat punggung semenanjung .....	13
7.	Wilayah upwelling Pantai utama dunia .....	15
8.	Piramida makanan yang menunjukkan tingkat tropic, produser dan konsumen .....	19
9.	Diagram siklus musiman kelimpahan fito-zooplankton pada wilayah yang berbeda .....	20
10.	Perbandingan musiman produksi primer dan stok zooplankton antara Somali dan Laut Banda .....	27

**DAFTAR TABEL**

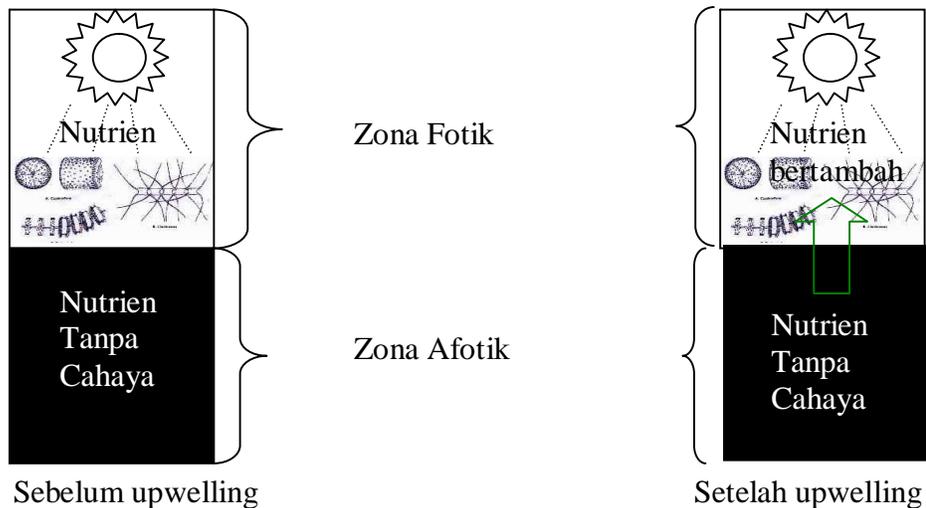
<b>No.</b>	<b>Judul</b>	<b>Hal.</b>
1.	Wilayah utama tempat utama upwelling terjadi.....	16
2.	Perbandingan produktivitas primer di beberapa perairan laut .....	22
3.	Kelimpahan relative ichthyoplankton.....	28
4.	Estimasi produksi ikan pada tiga komunitas laut .....	29
5.	Rata-rata biomas fitoplankton,zooplankton, mikronekton dan produksi ikan di Laut Banda selama periode upwelling dan downwelling.....	29

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam bidang penangkapan ikan, perairan pantai Peru dikenal sebagai daerah penangkapan ikan yang memiliki produksi tinggi. Pada musim penangkapan jumlah ikan sangat melimpah. Faktor apa yang mempengaruhinya? Adakah hubungannya dengan pergerakan massa air? Perairan Peru termasuk perairan tropis yang memiliki kesuburan dan produktivitas perairan yang tinggi. Unsur-unsur hara yang tinggi mengendap di dasar perairan tanpa dapat dimanfaatkan oleh organisme autotrop seperti fitoplankton. Fitoplankton membutuhkan unsur hara dan cahaya untuk dapat berfotosintesis. Fitoplankton berada pada lapisan fotik dimana cahaya masih dapat menembus sedangkan unsur hara dengan jumlah yang relatif besar berada di lapisan afotik dimana cahaya tidak dapat menembus (Gambar 1) sehingga keberadaan nutrisi atau unsur hara tidak dapat bersinergi dengan cahaya untuk membantu proses fotosintesis. Lalu mengapa produktivitas perairannya subur? Ternyata ada mekanisme pengangkatan massa air dari lapisan bawah yang mengandung banyak hara atau nutrisi ke bagian atas. Mekanisme ini dapat mempertemukan nutrisi, cahaya dan fitoplankton pada lapisan yang sama. Dengan demikian maka fitoplankton dapat memanfaatkan unsur hara dan cahaya secara bersama untuk menghasilkan produktivitas primer. Mekanisme pengangkatan massa air tersebut dikenal sebagai *Upwelling*. Pertanyaan

selanjutnya adalah mengapa upwelling ini terjadi dan apa peranannya dalam pembentukan daerah penangkapan ikan?



Gambar 1. Posisi Cahaya, nutrisi dan fitoplankton sebelum dan sesudah upwelling.

Laut merupakan ekosistem yang dinamis baik secara fisika, kimia maupun biologi. Dinamika laut dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor geomorfologi laut itu sendiri, faktor cuaca seperti perubahan angin dan curah hujan dan faktor iklim akibat perbedaan penyinaran matahari secara temporal maupun spasial.

Faktor geomorfologi laut akan menentukan sebaran karakteristik dan pola pergerakan massa air. Perubahan angin dan curah hujan mengakibatkan perubahan karakteristik kimia fisika laut seperti suhu, salinitas dan arus. Iklim merupakan faktor global yang dapat mengakibatkan perbedaan pergerakan dan distribusi massa air serta perubahan karakteristik fisika kimia dan biologi laut. Iklim terbentuk terutama oleh perbedaan energi matahari yang diterima oleh permukaan

bumi yang berakibat pada perbedaan suhu dan tekanan udara. Perbedaan tekanan udara dapat menimbulkan pergerakan angin dari wilayah bertekanan tinggi ke wilayah bertekanan rendah. Sesuai dengan sifat fluida maka bertiupnya angin di atas lautan mengakibatkan pergerakan massa air. Perbedaan tekanan udara juga mengakibatkan perbedaan kelembaban dan curah hujan yang jatuh ke laut. Hal ini akan berakibat terjadinya perubahan atau perbedaan karakteristik fisika, kimia maupun biologi yang tidak sama antara wilayah yang mendapat curah hujan tinggi dan curah hujan rendah.

Selain pergerakan secara horizontal akibat tiupan angin, pergerakan massa air juga dapat terjadi secara vertikal. Pergerakan air secara horizontal di daerah pantai dapat mengakibatkan gradien tekanan antara perairan di pinggir pantai dengan perairan di luar pantai. Gradien tekanan ini dapat menimbulkan pergerakan air yang berasal dari lapisan bawah ke permukaan (*upwelling*) maupun sebaliknya (*downwelling*).

Upwelling mengangkat massa air bagian bawah ke permukaan (lapisan fotik/*photic zone*). Massa air yang terangkat umumnya memiliki kandungan zat hara yang tinggi yang dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton sebagai sumber energi. Fitoplankton merupakan organisme autotrophy yang merupakan mata rantai awal pada proses produksi di laut. Selanjutnya fitoplankton akan menjadi sumber energi bagi konsumen tingkat pertama dan seterusnya akan terjadi proses pemangsaan pada tingkat tropis yang lebih tinggi. Dengan demikian maka proses upwelling

merupakan faktor yang sangat penting dalam ikut serta menunjang proses produksi bagi seluruh kehidupan di laut dan dalam pembentukan daerah penangkapan ikan (DPI).

## **1.2. Tujuan**

Tulisan ini bertujuan untuk melihat faktor-faktor penyebab dan proses terjadinya upwelling serta peranannya terhadap pembentukan daerah penangkapan ikan (DPI) melalui analisis produktivitas perairan.

## **1.3. Metode**

Metode pengkajian yang di gunakan dalam penulisan karya ilmiah ini adalah kajian dan analisis berbagai data dan pustaka yang sangat erat kaitanya dengan tulisan ini. Melalui kajian tersebut penulis mensintesisnya menjadi tulisan ilmiah.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Daerah Penangkapan Ikan**

Operasi penangkapan ikan bertujuan mendapatkan hasil tangkap yang sesuai dengan yang diinginkan baik jenis, ukuran dan volumenya. Salah satu syarat yang harus ada dalam operasi penangkapan ikan adalah adanya daerah penangkapan ikan. Daerah dapat didefinisikan sebagai suatu areal perairan dimana kita dapat melakukan penangkapan ikan target yang layak tangkap baik jenis, ukuran dan volumenya yang didasarkan pada asas pemanfaatan yang berkelanjutan dan regulasi yang berlaku baik lokal, nasional maupun internasional.

Untuk mendapatkan jenis ikan target, terlebih dahulu harus diketahui bahwa pada areal tersebut merupakan habitat dari ikan yang ingin ditangkap. Untuk jenis-jenis ikan lokal atau endemik, habitat ikan dapat diketahui dengan baik namun untuk jenis-jenis ikan yang beruaya harus diketahui waktu ruayanya. Untuk mendapatkan ukuran ikan target yang layak tangkap harus diketahui waktu yang tepat dan daerah pemijahan yang menjadikan daerah penangkapan ikan tersebut merupakan daerah ruaya atau mencari makan ikan-ikan dalam ukuran tertentu. Ukuran ikan sangat dipengaruhi kecepatan perumbuhannya. Untuk mengetahui ukuran ikan harus diketahui dimana dan kapan ikan-ikan tersebut memijah sehingga dapat dipredikisi ukuran yang bias ditangkap pada daerah penangkapan.

Jumlah atau volume ikan dapat dipengaruhi oleh musim pemijahan dan ruaya ikan memasuki daerah penangkapan ikan. Volume ikan yang berlimpah

merupakan akibat pemijahan maupun sebagai akibat adanya ruaya ikan yang memasuki areal tersebut karena adanya makanan yang berlimpah. Pada areal perairan tertentu di bumi ini memiliki kelimpahan makanan yang sangat tinggi bagi ikan umumnya wilayah tersebut merupakan areal upwelling.

## **2.2. Upwelling**

Upwelling telah banyak dikaji oleh para peneliti baik mengenai proses terjadinya maupun akibat yang ditimbulkannya. Upwelling adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses-proses yang menyebabkan air bergerak ke atas dari suatu kedalaman menuju lapisan permukaan. Kedalaman lapisan upwelling biasanya berkisar 200-300 m (Bowden, 1983; Stewart, 1983). Karena temperatur di laut biasanya berkurang dengan penambahan kedalaman, maka air yang terangkat dari kedalaman adalah air yang lebih dingin daripada air permukaan yang digantikannya. Upwelling biasanya mengakibatkan konsentrasi nutrien (nitrit, phospat dan silikat) lebih tinggi dibandingkan air permukaan yang nutriennya telah berkurang oleh pertumbuhan fitoplankton. Wilayah upwelling biasanya memiliki produktivitas biologi yang tinggi. Peningkatan pertumbuhan fitoplankton dapat mendukung konsentrasi zooplankton yang sangat besar yang dapat menjaga populasi ikan. Sebagian besar perikanan penting dunia berada pada wilayah upwelling.

Menurut Dahuri *et al.* (1996) Upwelling dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Jenis tetap (*stationary type*), yang terjadi sepanjang tahun meskipun intensitasnya dapat berubah-ubah. Tipe ini terjadi merupakan tipe upwelling yang terjadi di lepas pantai Peru.
2. Jenis berkala (*periodic type*) yang terjadi hanya selama satu musim saja. Selama air naik, massa air lapisan permukaan meninggalkan lokasi air naik, dan massa air yang lebih berat dari lapisan bawah bergerak ke atas mencapai permukaan, seperti yang terjadi di Selatan Jawa.
3. Jenis silih berganti (*alternating type*) yang terjadi secara bergantian dengan penenggelaman massa air (*sinking*). Dalam satu musim, air yang ringan di lapisan permukaan bergerak keluar dari lokasi terjadinya air naik dan air lebih berat di lapisan bawah bergerak ke atas kemudian tenggelam, seperti yang terjadi di laut Banda dan Arafura.

### **2.3. Proses Terjadinya Upwelling**

Upwelling menggerakkan massa air dari kedalaman menuju ke permukaan. Menurut Cushing (1975) air jarang naik dari kedalaman lebih dari 200 m dan pada beberapa upwelling lebih rendah dan berasal dari perairan yang cukup dangkal antara 20-40 m. Menurut Pond dan Pickard, (1983) upwelling datang dari kedalaman tidak lebih dari 200 –300 m. Selama musim upwelling arus balik turun di bawah 200m yang bergerak menuju kutub dan kadang-kadang arus balik permukaan yang

terlihat sangat dekat dengan pantai juga bergerak ke arah kutub. Di Peru, ada arus balik utama pada daerah yang sangat jauh dari pantai.

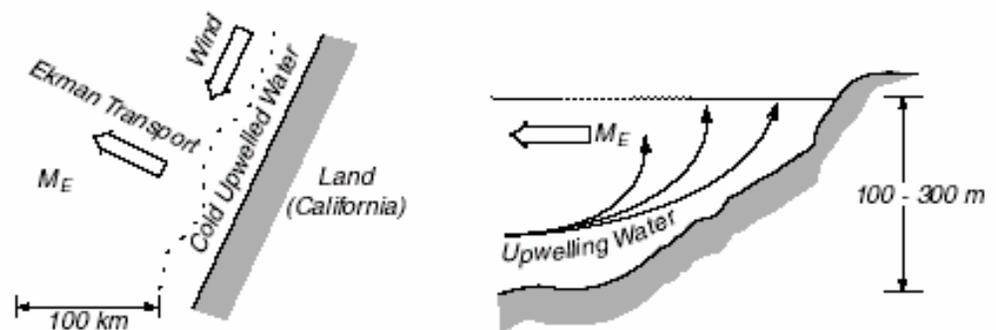
Menurut mekanisme penyebab pembentukannya, terdapat beberapa jenis upwelling :

#### 1. Ekman Pump

Transport massa air dapat terjadi baik di sekitar pantai maupun di laut terbuka. Penggerak utama massa air adalah angin. Angin yang berhembus secara terus-menerus dapat menjadi energi penggerak massa air permukaan. Energi angin yang merupakan penyebab utama, ditransfer ke permukaan air dalam bentuk Gesekan Reynold. Pada lapisan ekman, transport massa air dipengaruhi oleh gaya coriolis . Pergerakan massa air di belahan utara dibelokkan ke kanan dan di belahan bumi selatan pergerakan massa air dibelokkan ke kiri dari arah angin. Pergerakan akibat gaya coriolis disebut transport ekman. Transport ekman dapat menjadi penyebab munculnya upwelling. Contoh ekman transport yang menyebabkan upwelling terjadi di sebagian besar pantai barat benua atau pantai timur samudera. Pada daerah ini betiup terus-menerus angin pasat (Tradewind) dari daerah lintang sedang baik di utara maupun selatan bergerak menuju ekuator. Angin pasat ini merupakan penggerak massa air di pantai barat benua atau timur samudera. Angin pasat timur laut (*northeast tradewind*) di belahan bumi utara dan angin pasat tenggara (*southeast tradewind*) di belahan bumi selatan menjadikan transper ekman (Q) menjauhi pantai. Kekosongan di pantai diisi massa air dari

lapisan dalam sehingga terbentuk upwelling. Upwelling akibat Ekman transport diperaikan pantai ini terjadi di pantai Peru, Pantai Oregon dan California di Amerika dan Pantai Senegal Afrika.

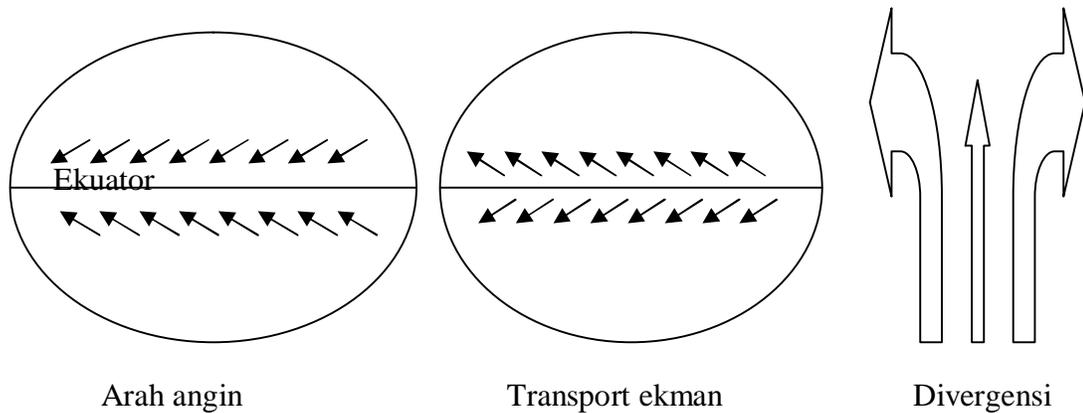
Pada daerah upwelling yang terjadi karena adanya Ekman pump atau Ekman transport, angin betiup sejajar atau membentuk sudut yang kecil dengan garis pantai dan karena gaya coriolis, sebagai akibat pengaruh rotasi bumi, massa air bergerak menjauhi pantai. Dibelahan bumi utara pembelokan mengarah kekanan dari arah arus sedangkan pada belahan bumi selatan pembelokan mengarah ke kiri dari arah arus. Karena air pada permukaan bergerak menjauhi pantai maka air dingin yang ada dibawahnya bergerak naik mengisi kekosongan pada daerah permukaan (arahnya dipengaruhi oleh gesekan dasar) maka terjadilah *upwelling* (Bowden, 1983; Stewart, 2002; Pond dan Pichard, 1983; Mann dan Lazier, 1993). Untuk melihat bagaimana angin menyebabkan upwelling, dapat dilihat gambarannya di pantai California. Angin utara atau angin pasat timur laut (northeast tradewind) yang bertiup sejajar Pantai California secara terus menerus (Gambar 2: kiri) menghasilkan transport massa air menjauhi pantai karena adanya gaya coriolis). Air yang menjauhi pantai hanya dapat digantikan oleh air dari bawah lapisan Ekman dan inilah yang disebut *upwelling* (gambar 2: kanan). Karena air yang terangkat ini dingin, upwelling menimbulkan permukaan perairan sepanjang pantai berair dingin. Air yang dingin ini kaya akan nutrisi dan siklus produksi yang tinggi terjadi pada daerah ini.



Gambar 2. Sketsa proses terjadinya upwelling di belahan bumi utara. **Kiri**: tampak atas. Angin utara sepanjang pantai timur di belahan bumi utara menyebabkan transport Ekman ( $M_E$ ) menjauhi pantai. **Kanan** : penampang melintang. Transport yang menjauhi pantai harus digantikan oleh air Upwelling dari lapisan bawah (Sumber: Stewart, 1983)

Ekman Transport juga dapat terjadi di laut terbuka. Di sepanjang ekuator angin bertiup ke arah barat semakin jauh dari ekuator baik di sisi utara maupun selatan, kecepatan angin semakin kuat. Transport Ekman menuju ke utara dan selatan menjauhi ekuator. Gerakan massa air yang saling menjauhi ini disebut divergensi. Divergensi mengakibatkan terjadinya kekosongan massa air pada lapisan atas di daerah ekuator (gambar 3). Massa air di lapisan bawahnya mengisi kekosongan tersebut sehingga terjadilah proses naiknya massa air yang disebut *upwelling*. Pada beberapa tempat lain yang terjadi fenomena divergensi atau arus permukaan yang

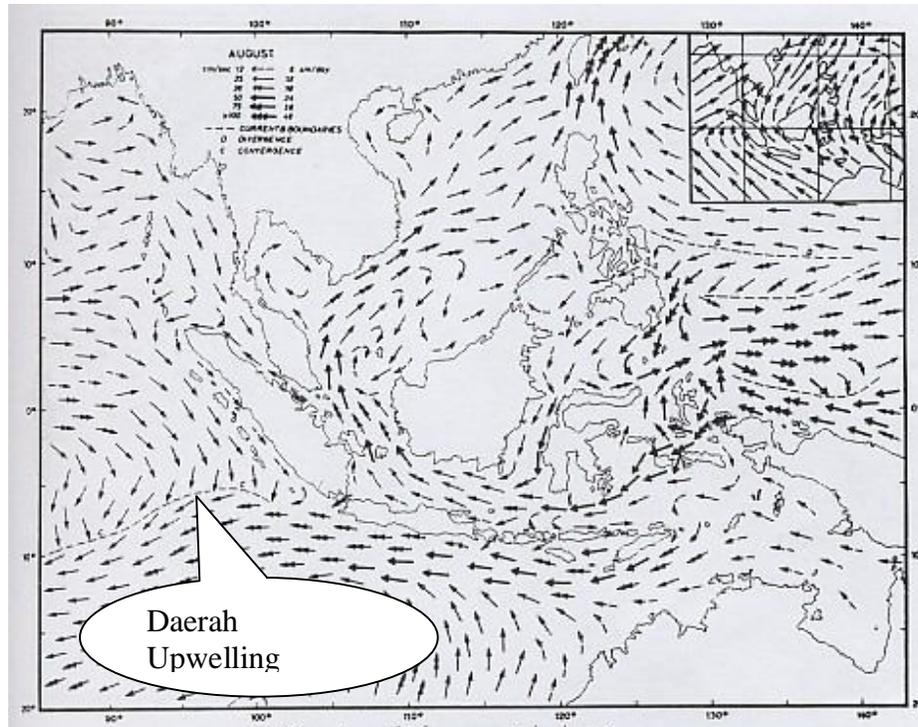
saling menjauhi juga terjadi upwelling. Di Indonesia fenomena ini dapat terjadi di perairan selatan Bali dan selatan Selat Sunda.



Gambar 3. Divergensi di laut lepas.

Sekitar 100 km di lepas pantai pada empat daerah utama (daerah Arus California, Arus Peru, Arus Canary dan Arus Benguela) ada suatu sistem batas dinamik dimana gerak air permukaan lepas pantai terdorong untuk tenggelam oleh kekuatan massa air yang ada di lapisan permukaan oseanik.

Divergensi dapat terjadi karena angin muson yang bertiup secara terus menerus dan menimbulkan arus yang berbeda atau saling menjauh. Fenomena ini terjadi di samudera Hindia selatan Jawa yang terjadi antara lain pada bulan Agustus (Gambar 4). Angin muson barat dan muson timur pada bulan Agustus bertemu dan saling berbelok sehingga mengakibatkan upwelling.



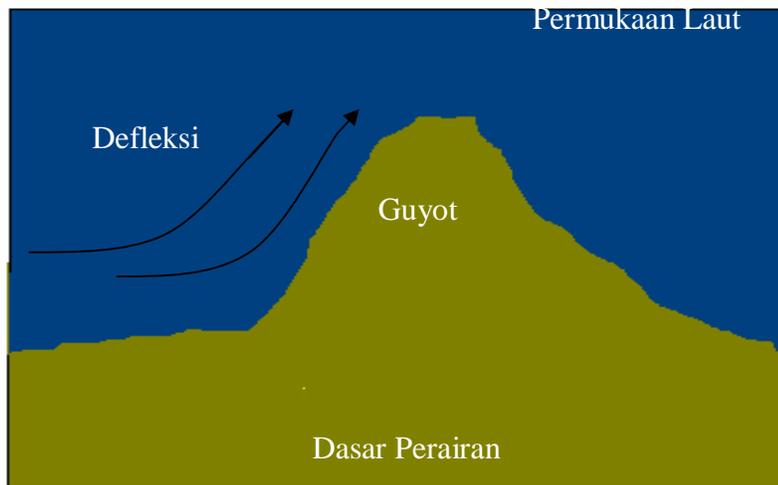
Gambar 4. Daerah upwelling di Samudera Hindia pada bulan Agustus (Wirtky 1961)

## 2. Defleksi

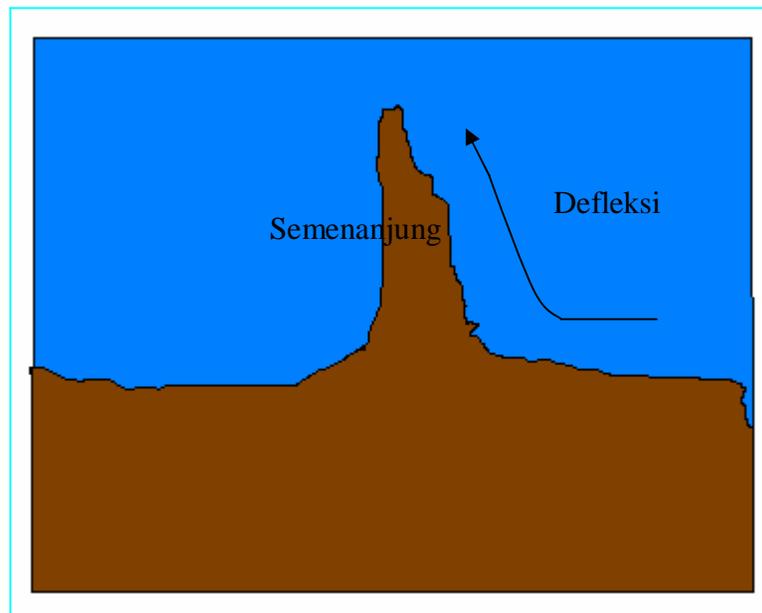
Upwelling dapat terjadi karena adanya defleksi atau pembelokan arus dalam oleh adanya Mid Ocean Ridge sehingga arus naik ke atas. Upwelling dapat terjadi oleh karena massa air bergerak menaiki suatu dasar perairan yang berupa bukit kecil yang disebut *guyot* (Gambar 5 ).

Defleksi arus juga dapat terjadi karena arus yang mengalir sejajar pantai terhalang punggung semenanjung sehingga arus mengalami defleksi ke laut lepas. Kekosongan massa air di bagian hilir tanjung atau hadland mengakibatkan massa air yang berada di bawahnya mengisi kekosongan tersebut sehingga terjadi upwelling. Upwelling ini menyebar ke laut lepas

(Gambar 6). Daerah upwelling jenis ini di sebut Jet atau squirts seperti yang terjadi di pantai Peru dan Senegal.



Gambar. 5. Defleksi akibat adanya Guyot yang menimbulkan upwelling



Gambar. 6. Defleksi akibat punggung semenanjung

### 3. Pusaran Siklon

Pusaran siklon digerakan oleh angin yang mengakibatkan massa air menjauhi pusat pusaran sehingga terjadi kekosongan massa air di permukaan. Massa air dari bawah bergerak naik (*upwelled*) mengisi kekosongan di bagian atas. Pusaran siklon berbeda antara belahan bumi utara dan belahan bumi selatan. Pada belahan bumi utara arah putaran siklon berlawanan dengan jarum jam (*anti clockwise*) sedangkan di belahan bumi selatan arah putarannya searah jarum jam (*clockwise*)

Air yang terangkat (*upwelled*) lebih dingin daripada air yang biasa ditemukan dipermukaan dan lebih kaya nutrisi. Nutrien penyubur fitoplankton pada lapisan tercampur (*mixed layer*), yang merupakan makanan zooplankton, yang dimakan oleh ikan-ikan kecil, yang merupakan makanan ikan-ikan lebih besar dan seterusnya. Sebagai akibatnya, daerah *upwelling* merupakan perairan produktif yang mendukung perikanan utama dunia.

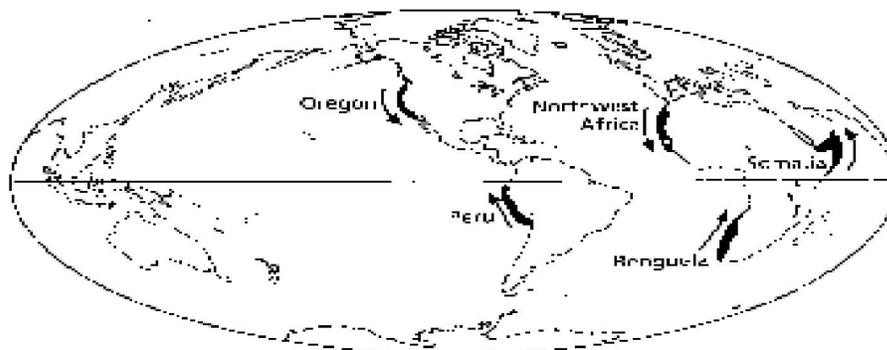
#### **2.4. Wilayah Upwelling Dunia**

Menurut Nybakken (1988) sekitar 90 % hasil perikanan dunia dipanen dari sekitar 2-3 % luasan lautan, dan sebagian besar dari luasan ini adalah daerah *upwelling*. Produktivitas rata-rata dari daerah *upwelling* adalah sekitar 300 gC/cm<sup>2</sup>/tahun, dan dapat memproduksi ikan basah sebesar 12 x 10<sup>5</sup> ton/tahun.

Daerah *upwelling* utama di dunia umumnya terdapat di pantai barat benua, meliputi daerah lepas pantai barat Amerika Serikat dengan sistem

arus California; daerah lepas pantai semenanjung Siberia dan Afrika Barat Daya dengan sistem arus Canary; daerah pantai barat Afrika Selatan dengan sistem arus Benguela; dan daerah pantai barat Amerika Selatan, dengan sistem arus Peru.

Chusing, (1975 ) menyebutkan ada 4 wilayah utama upwelling yaitu daerah Arus California, Arus Peru, Arus Canary dan Arus Benguela dan masing-masing merupakan *eastern boundary current* di suatu anti siklon subtropics di Samudera Pasifik atau Atlantik. Eastern boundary current bergerak pelahan (sekitar setengah knot), sedikit tawar oleh adanya air hujan, menuju ekuator dan bergabung dengan arus ekuator. Stewart (2002) menunjuk Daerah-daerah utama upwelling adalah pantai Peru, California, Somalia, Morocco dan Namibia (Tabel 1) atau menurut Mann dan Lazier (1993) Peru, California(Oregon), Canary (Afrika barat laut), Somalia dan Benguela (Gambar 7). Di Indonesia daerah yang mengalami upwelling antara lain Laut Flores,Laut Banda (Tomascik dkk. 1997), Selatan Jawa (Nontji, 1987) dan Selat Bali (Wudianto, 2001).



Gambar 7. Wilayah upwelling pantai utama di dunia.

Tabel 1. Wilayah utama tempat upwelling terjadi, baik secara musiman atau sepanjang tahun

Atlantik utara	: Wilayah Canary Current	10 <sup>0</sup> - 40 <sup>0</sup> Utara
Atlantik Selatan	: Wilayah Benguela Current	5 <sup>0</sup> - 30 <sup>0</sup> Selatan
Pasifik Utara	: Wilayah California Current	25 <sup>0</sup> - 45 <sup>0</sup> Utara
Pasifik Selatan	: Wilayah Peru Current	5 <sup>0</sup> - 45 <sup>0</sup> Selatan
Samudera India	: Pantai Somalia dan Arabia selama angin monsoon barat daya	

Peru terletak di bagian barat dari Amerika Selatan. Seluruh wilayah Peru di bagian barat berbatasan dengan Samudera Pasifik. Peru terletak di belahan bumi selatan dengan pantainya berada di barat benua atau yang merupakan bagian timur samudera Pasifik. Di pantai Peru bertiup angin pasat tenggara (*southeast tradewind*) yang bertiup secara menetap ke arah ekuator. Angin pasat ini yang menyebabkan massa air bergerak ke utara dan kekuatan coriolis atau ekman transport membawa massa air menjauhi pantai sehingga air di pantai kosong dan digantikan oleh massa air dari bagian bawah. Massa air yang naik ke permukaan (upwelled) membawa unsur hara dari dasar perairan sehingga perairan Peru sangat subur dan memiliki produktivitas perikanan yang tinggi. Perairan pantai Peru dikenal sebagai daerah penangkapan ikan anchovy (Famili Engraulidae) sejenis teri. Selain Peru, perairan pantai California telah lama dikenal sebagai tempat yang baik

untuk penangkapan ikan *Sardinops* (Famili Clupeidae). Di pantai barat Afrika merupakan daerah penangkapan ikan *Sardinella* sp.

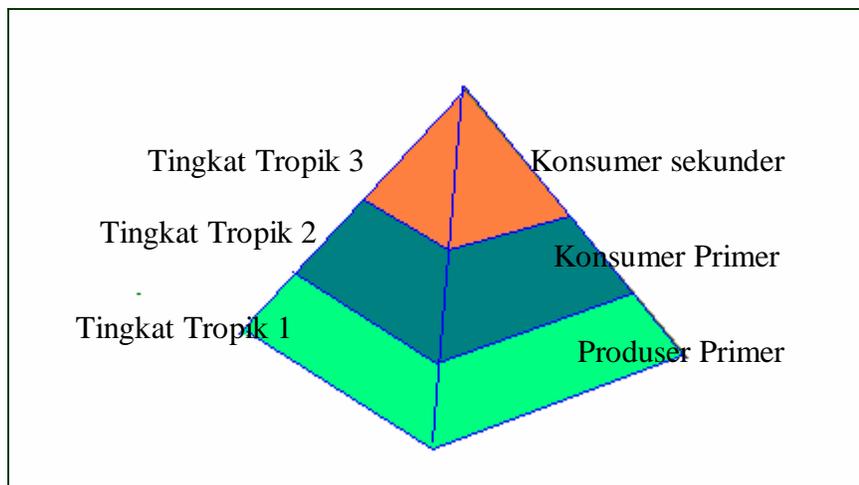
Bowden (1983) menyatakan, variasi musiman upwelling terjadi berhubungan dengan perubahan kekuatan angin. Sebagai contohnya pada bagian timur Atlantik Utara, batas selatan upwelling pantai ditentukan oleh tropical front yang bergerak dari sekitar  $10^{\circ}$  Utara pada musim dingin menuju  $20^{\circ}$  Utara pada musim panas. Mula pantai Senegal, Gambia, dan Mauritania, pada lintang  $12^{\circ}$  –  $20^{\circ}$  Utara upwelling terjadi selama periode Januari sampai Mei. Antara  $20^{\circ}$  dan  $25^{\circ}$  Utara di wilayah Cap Blanc ada upwelling kuat sepanjang tahun. Dari  $25^{\circ}$  sampai  $43^{\circ}$  Utara termasuk wilayah Pantai Maroko dan Portugal, upwelling terjadi terutama pada bulan-bulan musim panas, khususnya dari Juni sampai Oktober. Pada wilayah utama upwelling lain biasanya paling kuat pada bulan-bulan musim spring (semi) atau panas, tetapi bagian selatan daerah Arus Peru merupakan suatu pengecualian dengan upwelling terkuat terjadi pada musim dingin.

### III. UPWELLING, PROSES PRODUKSI DAN PEMBENTUKAN DPI

Ada dua kelompok rantai makanan yang ada di ekosistem laut yaitu Rantai makanan grazing (*grazing food chain*) dan Rantai makanan detrital (*detritus food chain*). Rantai makanan grazing dimulai dari proses transfer makanan pertama kali oleh organisme herbivora melalui proses grazing. Makanan pertama itu berupa fitoplankton dan herbivor yang memanfaatkan fitoplankton adalah zooplankton. Mata rantai pertama pada rantai makanan ini adalah fitoplankton yang merupakan sumber pertama bagi seluruh kehidupan di laut. Ujung dari rantai makanan ini adalah konsumen tingkat tinggi (seperti ikan dan konsumen lainnya) yang apabila mengalami kematian akan menjadi detritus pada ekosistem laut. Detritus menjadi awal pembentukan rantai makanan detrital yang banyak dilakukan oleh organisme pengurai atau dekomposer. Hasil dari proses dekomposisi yang dilakukan dekomposer adalah terbentuknya bahan anorganik maupun organik. Bahan anorganik akan dimanfaatkan oleh organisme autotrop seperti fitoplankton. Bahan organik dapat dimanfaatkan langsung oleh beberapa organisme pemakan detritus (*detritus feeder*).

Pada ekosistem perairan alami, siklus produksi dimulai oleh produser. Produser adalah organisme autotrop yang mampu mensintesa bahan organik yang berasal dari bahan anorganik melalui proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari. Produser utama pada ekosistem perairan adalah fitoplankton.

Tingkat tropis terendah dalam proses produksi di laut adalah tumbuhan hijau terutama fitoplankton. Fitoplankton adalah tumbuhan mikroskopik (bersel tunggal, berbentuk filamen atau berbentuk rantai) yang menempati bagian atas perairan (*zona fotik*) laut terbuka dan lingkungan pantai. Dalam piramida makanan fitoplankton menduduki tingkat yang paling rendah yang berarti bahwa fitoplankton merupakan penopang utama seluruh produksi yang ada di laut (Gambar .). Menurut Steeman-Nielsen (1975) fitoplankton menyumbangkan 90% produksi primer di laut. Posisi terbawah dalam piramida makanan menunjukkan jumlahnya yang besar dan ukuran yang kecil dan sebaiknya dipuncak piramida menunjukkan jumlahnya yang sedikit dengan ukuran yang paling besar.



Gambar 8. Piramida makanan yang menunjukkan tingkat tropik, produser dan konsumen

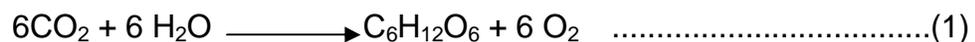
### 3.1. Produktivitas Primer dan Faktor yang Mempengaruhinya

Produktivitas primer dapat didefinisikan sebagai laju penyimpanan energi radiasi matahari melalui aktivitas fotosintesis yang dilakukan produser primer yang mampu memanfaatkan zat-zat anorganik (nutrien) dan merubahnya menjadi bahan organik (Odum,1971; Barnes dan Hughes, 1982).

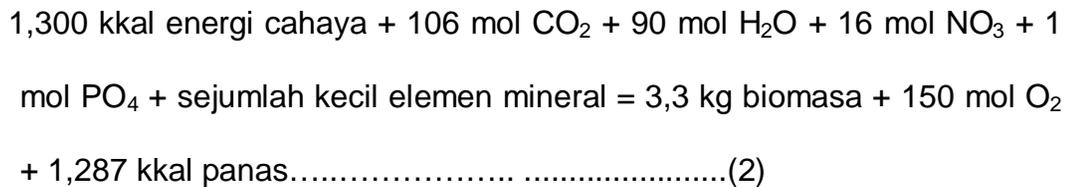
Produktivitas primer merupakan laju produksi dari produser primer pada rentang waktu tertentu. Besarnya produktivitas primer merupakan salah satu ukuran kualitas suatu perairan. Semakin tinggi produktivitas primer suatu perairan semakin besar pula daya dukungnya bagi kehidupan komunitas penghuninya. Sebaliknya produktivitas primer yang rendah menunjukkan daya dukung yang rendah pula.

Produser primer adalah tumbuhan yang mampu menggunakan radiasi sinar matahari untuk membuat cadangan energi dalam jaringan sel dalam bentuk bahan organik dari bahan anorganik melalui proses fotosintesis (Parsons dkk. , 1984).

Produktivitas primer perairan pada dasarnya bergantung kepada aktivitas fotosintesis dari organisme autotrop yang mampu mentransformasi CO<sub>2</sub> menjadi bahan organik dengan bantuan sinar matahari. Fotosintesis adalah proses fisiologis dasar yang penting bagi nutrisi taaman. Persamaan umum proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan hijau (fitoplankton) adalah sbb:



Persamaan umum fotosintesis seperti di atas sebenarnya kurang lengkap, karena produser membutuhkan bermacam-macam nutrisi anorganik untuk mensintesis beberapa senyawa yang ada dalam sel. Persamaan tersebut seharusnya melibatkan beberapa unsur terkait dengan proses tersebut, persamaan tersebut dapat ditulis (misalnya):



Persamaan (2) di atas masih harus disesuaikan dengan kebutuhan nutrisinya karena setiap jenis fitoplankton memiliki perbedaan kebutuhan nutrisi baik dalam jenis maupun kadarnya

Faktor utama yang mempengaruhi proses fotosintesis dan tentu saja produktivitas primernya adalah keberadaan cahaya dan nutrisi. Kedua faktor ini menentukan distribusi spasial maupun temporal fitoplankton. Faktor-faktor ini harus berada pada tempat dan waktu secara bersamaan. Nutrisi yang tinggi yang menempati lapisan dimana cahaya tidak dapat menembus (apotic zone) lagi, tidak bermanfaat bagi proses fotosintesis. Sebaliknya pada lapisan permukaan dimana intensitas cahaya berlimpah, fotosintesis tidak dapat berjalan sempurna tanpa adanya nutrisi. Oleh karena itu mekanisme alami telah mempertemukan kedua faktor itu antara lain melalui proses upwelling.

Menurut Millero dan Sohn (1992) perairan yang merupakan wilayah upwelling memiliki tingkat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan

dengan wiayah perairan lainnya (Tabel 2). Upwelling berfungsi mengangkat nutrien ke lapisan dimana fitoplankton mampu memanfaatkan nutrien tersebut.

Tabel 2. Perbandingan produktivitas Primer di beberapa perairan laut

Area	g C/m <sup>2</sup> /tahun
Laut terbuka	18-55
Samudera Pasifik	180
Samudera Hindia	73 – 90
Daerah Upweling	180 – 3600
Continental shelf New York	72 (18-168)
Continental Shelf North Sea	120
Kuroshio	50-80
Arctic	18-36
Rata-rata seluruh laut	50-370

- **Intensitas Cahaya**

Keberadaan cahaya mutlak dibutuhkan bagi proses fotosintesis. Umumnya fotosintesis bertambah sejalan dengan intensitas cahaya sampai pada suatu nilai optimum tertentu (cahaya saturasi). Lebih tinggi dari nilai tersebut tersebut, cahaya merupakan penghambat bagi fotosintesis (cahaya inhibisi), sedangkan di bawahnya merupakan cahaya pembatas sampai pada suatu kedalaman di mana fotosintesis sama dengan respirasi (Cushing, 1975; Mann, 1982; Valiela, 1984; Parsons dkk., 1984; Neale, 1987).

Cahaya matahari yang memasuki suatu medium optik seperti air intensitasnya akan berkurang atau mengalami peredupan

(*extinction/attenuation*) seiring dengan kedalaman perairan. Besarnya tingkat peredupan bergantung kepada materi yang terkandung dalam kolom air itu sendiri. Pada kolom air yang memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi, tingkat peredupannya juga tinggi. Materi-materi yang biasanya menjadi penyebab peredupan adalah suspended solid, DOM, dan POM termasuk plankton.

Besarnya tingkat peredupan ditunjukkan oleh besarnya koefisien peredupan. Nilai koefisien peredupan berdasarkan Hukum Lambert Beer dapat dirumuskan sebagai berikut: (Parsons dkk, 1984; Valiela, 1984).

$$I_z = I_0 e^{-kZ}$$

di mana  $k$  = koefisien peredupan

$I_0$  = intensitas cahaya di permukaan

$I_z$  = intensitas cahaya pada kedalaman  $Z$

$Z$  = kedalaman.

Fitoplankton merupakan organisme autotrop yang mampu membentuk bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan cahaya melalui proses fotosintesis (Mann, 1982; Parsons, Takahashi dan Hargrave, 1984; Grahame, 1987). Dengan demikian maka cahaya menjadi faktor utama yang menentukan proses produksi primer di laut.

Upwelling terjadi pada kedalaman tidak lebih dari 200 –300 m (Pond dan Pickard, 1989), dan pergerakannya ke arah permukaan mengangkat nutrien menuju lapisan fotik dimana intensitas cahaya masih memungkinkan untuk terjadinya fotosintesis, merupakan zona yang baik bagi produksi fitoplankton.

- **Nutrien**

Proses produksi dilaut selain membutuhkan cahaya, dibutuhkan pula nutrient. Nutrien merupakan bahan baku dalam proses fotosintesis oleh fitoplankton di laut. Nutrien di laut dapat bersumber dalam laut itu sendiri (autochthonous) maupun terbawa dari daratan maupun atmosfer (allochthonous). Nutrien yang terjebak didasar laut dapat terangkat ke atas dan menjadi sumber nutrisi bagi kehidupan organisme laut terutama organisme autotrop.

Pergerakan air dari bawah ke permukaan mengakibatkan terangkatnya unsur-unsur potensial seperti bahan organik dan anorganik yang terjebak pada lapisan bawah. Bahan-bahan organik yang terjebak pada daerah anaerob pada lapisan bawah terangkat ke atas memasuki daerah aerob sehingga proses dekomposisi dapat berjalan dengan sempurna. Bahan organik ini dilapisan permukaan akan menjadi bahan anorganik (nutrien) yang dapat langsung dimanfaatkan oleh organisme autotrop seperti fitoplankton. Bahan anorganik yang terjebak tidak dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton karena pada lapisan bawah intensitas cahaya terlalu kecil untuk terjadinya proses fotosintesis yang efektif. Melalui proses upwelling maka unsur-unsur potensial yang berada dibawah dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton. Upwelling meningkatkan produktivitas biologi yang merupakan rantai makanan penting dalam proses produksi di laut.

Nutrien makro yang penting dilaut adalah ammonia, nitrat, nitrit, silicon terlarut, dan posfor ( Odum, 1971; Codispoti, 1983). Silikat jumlahnya

berlimpah di laut dangat dibutuhkan oleh fitoplankton terutama dari kelas diatom.

### 3.2. Produktivitas Sekunder

Produktivitas sekunder dapat diukur melalui produksi zooplankton. Pada daerah upwelling, produksi sekunder sangat dipengaruhi oleh keberadaan fitoplankton sebagai makanannya. Kelimpahan zooplankton sangat erat kaitannya dengan produksi fitoplankton. Terangkatnya nutrien ke lapisan atas mengakibatkan berkembangnya fitoplankton dan diikuti berkembangnya zooplankton. Akan tetapi periode awal peningkatan atau perkembangan zooplankton tidak langsung terjadi setelah peningkatan fitoplankton sebagai akibat upwelling. Ada masa yang disebut *delay period* (periode tunda) yang merupakan selisih waktu berkembangnya fitoplankton dengan zooplankton (Gambar .9 ).Setelah terjadinya upwelling diperkirakan akan terjadi peningkatan yang tinggi dalam jumlah ikan setelah 14 hari kemudian.

Data yang dikemukakan oleh Tomascik dkk.(1997) yang didapat dari utara Somalia dan Laut Banda dapat memberi ilustrasi tentang adanya hubungan yang erat antara produksi fitoplankton dan zooplankton (Gambar 10 ).

### 3.4. Upwelling dan Produksi Ikan

Sebagai konsumen tingkat tinggi produksi ikan sangat bergantung pada keberadaan konsumen pertama maupun produser. Pada wilayah upwelling memiliki produksi ikan lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan laut yang lain. Parsons dkk. (1987) membuat perbandingan produksi ikan antara wilayah oseanik, continental shelf dan daerah upwelling, dan terlihat bahwa daerah upwelling memiliki produksi terbesar (Tabel . 4) Pada periode upwelling ada suatu kenyataan bahwa pada daerah ini memiliki produksi ikan lebih tinggi dibandingkan pada periode downwelling (Tabel. 5).

Tabel 4 . Estimasi produksi ikan pada tiga komunitas laut

Lingkungan Laut	Rataan Prod. Primer (g C/m <sup>2</sup> /th)	Trophic level	Efisiensi (%)	Produksi Ikan (mg C/m <sup>2</sup> /th)
Oseanik	50	5	10	0-5
Continental Shelf	100	3	15	340
Upwelled	300	1-5	20	36 000

Tabel. 5 Rata-rata biomas fitoplankton (klorofil-a), zooplankton, Mikronekton dan produksi ikan di Laut Banda yang diukur selama periode upwelling (Agustus 1984) dan downwelling (Februari 1985).

Komponen Stok	Upwelling (g c/m <sup>2</sup> )	Downwelling (g c/m <sup>2</sup> )
Fitoplankton	3.7	2.1
Zooplankton	1.0	0.5
Mikronekton	0.14	0.10
Sumberdaya Ikan	0.08	0.02

Sumber : Tomascik, (1997)

## **KESIMPULAN**

1. Upwelling merupakan proses menaiknya massa air dari bagian yang lebih dalam ke bagian permukaan laut sebagai akibat terbetuknya gradien tekanan.
2. Upwelling hanya terjadi pada bagian-bagian tertentu dari wilayah laut.
3. Upwelling mengangkat massa air yang umumnya relatif subur dibandingkan dengan massa air di bagian permukaan.
4. Unsur hara yang muncul akibat proses upwelling menjadi sumber nutrisi bagi produser primer di laut yang selanjutnya akan menjadi sumber energi bagi seluruh konsumen termasuk ikan yang terlibat dalam proses produksi di laut.
5. Sebagian besar daerah penangkapan ikan utama dunia merupakan daerah subur sebagai akibat upwelling.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowden, K.F. 1983. *Physical Oceanography of Coastal Waters*. Ellis Horwood Limited Publisher. Chichester.
- Codispoti, L.A. 1983. On Nutrient Variability and Sediment in Upwelling Region *dalam* Coastal Upwelling its Sedimentary Regime to Present Coastal Upwelling. Eds. By Erwin Suess and Jörn Thiede. Plenum Press. New York and London. P.125-143.
- Cushing, D.H., 1975. *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge University Press. London.
- Dahuri, R., J. Rais., S.P. Giting dan M.J. Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Grahame, J., 1987. *Plankton and Fisheries*. Edward Arnold.
- Laivastu, T dan I. Hela. 1970. *Fisheries Oceanography*. Fishing News Books Ltd. London.
- Mann, K.H. dan J.R.N. Lazier. 1993...*Dynamics of Marine Ecosystems*. Second Edition. Blackwell Science. 395 hal.
- Morton, J. 1990. *The Shore Ecology of Tropical Pacific*. First Edition. Unesco. Jakarta.
- Neale. 1987. *Algal Photoinhibition and Photosynthesis in the Aquatic Environment* *In* D.J. Kyle, C.B. Osmon dan C.J. Arntzen (Eds). Photoinhibition. Elsevier.
- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan . Jakarta.
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan ekologis*. Penerbit PT. Gramedia. Jakarta.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Third edition. W.B. Saunder Company. Philadelphia. London. Toronto.
- Parsons, T.R., M. Takahashi dan B. Hargrave. 1984. *Biological Oceanographic Processes*. Third Edition. Pergamon Press. Oxford.
- Pond, S dan G.L.Pickard, 1983. *Introductory Dynamical Oceanography*. Second Edition. Pergamon Press. Toronto.

- Sorokin, Y.I. 1993. Coral Reef Ecology. Springer-Verlag.
- Steeman-Nielsen, E. 1975. Marine Photosynthesis with Emphasis on the Ecological Aspect. Elsevier Oceanography Series 13. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam
- Stewart, R. H., 2002. Introduction To Physical Oceanography.
- Tomascik, T., A.J. Mah., A. Nontji dan M.K. Moosa. 1997. The Ecology of Indonesian Seas. Part Two. The Ecology of Indonesian Series Vol. VIII. Periplus Edition. Singapore.
- Valiela, I. 1984. Marine Ecological Processes. Springer-Verlag. New York.
- Wudianto. 2001. Analisis sebaran dan Kelimpahan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di perairan Selat Bali kaitannya dengan optimasi penangkapan. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Wyrki, K. 1961. Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. Naga Report. Vol.2.

