

PRODUKTIVITAS PRIMER FITOPLANKTON DAN KETERKAITANNYA DENGAN UNSUR HARA DAN CAHAYA DI PERAIRAN TELUK BANTEN¹

(Phytoplankton Primary Productivity and its Relationship
to Nutrients and Light Availabilities in Banten Bay)

Alianto², Enan M. Adiwilaga³, dan Ario Damar⁴

ABSTRAK

Pada ekosistem perairan, keberadaan cahaya dan unsur hara di kolom air merupakan faktor utama yang mengontrol laju produktivitas primer fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara produktivitas primer fitoplankton dengan keberadaan intensitas cahaya dan unsur hara di kolom perairan Teluk Banten. Pengukuran produktivitas primer dilakukan dengan menggunakan metode oksigen botol terang dan gelap. Pengambilan contoh air laut untuk pengukuran produktivitas primer dan unsur hara dilakukan pada dua stasiun dengan empat titik kedalaman. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa produktivitas primer fitoplankton pada setiap kedalaman inkubasi berkisar dari 13.56-29.59 $mg\ C/m^3/jam$ di kedua stasiun pengamatan. Terdapat kecenderungan kolom perairan di lokasi penelitian termasuk massa airnya tercampur. Hal ini terlihat dari distribusi vertikal unsur hara yang homogen. Disamping itu, cahaya cenderung berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Terdapat hubungan yang sangat erat antara cahaya yang ada di kolom air dengan produktivitas primer (82% dan 64%) dan sebaliknya, unsur hara dengan produktivitas primer berkorelasi lemah (berkisar antara 0.9%-16.5%). Cahaya lebih bersifat sebagai pembatas dibanding unsur hara bagi produktivitas primer.

Kata kunci: produktivitas primer fitoplankton, cahaya, DIN (nitrogen anorganik terlarut), DIP (fosfat anorganik terlarut).

ABSTRACT

In aquatic ecosystems, light and nutrients in water column are the primary factors governing the planktonic primary productivity. The aim of this research is to estimate planktonic primary productivity and its relationship to nutrient availability and light intensity in Banten Bay. The measurement was made by deploying a series of dark-light oxygen bottle. Nutrient samplings and measurements of primary productivity were done at 2 different stations each with 4 depth intervals. The results showed that the planktonic primary productivity ranged from 13.56 to 29.59 $mg\ C/m^3/hours$. It is likely that the study area is a mixed water column, resulting in a homogenous nutrient vertical distribution. However, light is more dispersed, showing a decreasing intensity down into the bottom. There was a strong relationship between light intensity and primary productivity (82% and 64%) while conversely, nutrient and primary productivity is weakly correlated (ranges between 0.9% to 16.5%). Light is more limiting than nutrient for the phytoplankton primary productivity in the study area.

Key word: phytoplankton primary productivity, light, DIN (Dissolved inorganic nitrogen), DIP (dissolved inorganic phosphate)

PENDAHULUAN

Pengukuran produktivitas primer fitoplankton merupakan satu syarat dasar untuk

mempelajari struktur dan fungsi ekosistem perairan (Gocke & Lenz 2004). Fitoplankton merupakan tumbuhan yang paling luas tersebar dan ditemui di seluruh permukaan laut dan pada kedalaman sampai setebal lapisan eufotik. Fitoplankton menghasilkan karbon 10^{10} ton setiap tahun atau kira-kira 50% dari seluruh karbon yang dihasilkan oleh seluruh tumbuh-tumbuhan (Smayda 1970; Meadows & Campbell 1988) dan diperkirakan 50% produktivitas primer di laut dihasilkan oleh fitoplankton (Falkowski *et al.* 1998).

¹ Diterima 3 April 2007 / Disetujui 14 Mei 2007.

² Balai Riset Perikanan Perairan Umum, Palembang.

³ Bagian Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

⁴ Bagian Ekobiologi, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Dari perkiraan 20.000 jenis fitoplankton (Falkowski & Raven 1997), hanya sebagian kecil yang berperan penting dalam mengontrol siklus karbon dan bioelemen lainnya di perairan (Rost *et al.* 2003). Bioelemen terpenting terdiri dari nitrogen (Dore *et al.* 2002) dan fosfat (Benitez-Nelson & Karl 2002). Unsur-unsur bioelemen ini ketersediaannya di perairan bervariasi dan saling mempengaruhi dalam memberikan kontribusi bagi produktivitas primer fitoplankton (Rost *et al.* 2003). Unsur nitrogen dan fosfat dibutuhkan dalam jumlah besar akan tetapi ketersediaannya hanya dalam jumlah sedikit sehingga menjadi pembatas bagi pertumbuhan fitoplankton (Cloern 2002).

Faktor utama lainnya yang mengontrol laju produktivitas primer fitoplankton di perairan adalah cahaya. Aspek dasar dari cahaya yang penting secara biologi adalah kuantitas dan kualitasnya (Parsons *et al.* 1984), kedua karakter ini berfluktuasi di laut, bergantung kepada waktu, ruang, kondisi cuaca, penyebaran sudut, dan polarisasi (Kennish 1990). Proses fotosintesis di dalam perairan hanya dapat berlangsung jika ada cahaya sampai pada kedalaman tertentu tempat fitoplankton berada (Lalli & Parsons 1993). Tingkat penyerapan cahaya oleh fitoplankton sekitar 1.4% di perairan jernih dan 40% di perairan yang sangat keruh (Kishino 1994).

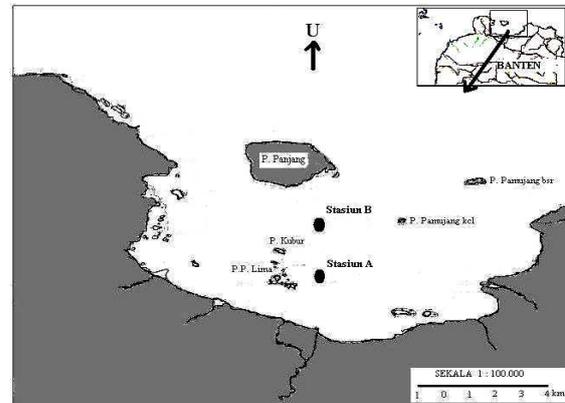
Distribusi cahaya dan unsur hara di perairan pada umumnya tidak serasi dengan kebutuhan fitoplankton. Adanya kekeruhan yang disebabkan oleh partikel-partikel tersuspensi mengakibatkan adanya perbedaan potensi tumbuh fitoplankton pada suatu kolom air. Hal ini akan berpengaruh pada produktivitas primer fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara produktivitas primer fitoplankton dengan intensitas cahaya, ketersediaan unsur hara dan klorofil-a di perairan Teluk Banten.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Teluk Banten, Propinsi Banten yang berlangsung dari Tanggal 27 Maret sampai 25 April 2005 pada musim peralihan I (musim hujan ke musim kemarau). Pengambilan contoh dilakukan pada dua stasiun pengamatan dalam tiga periode dengan interval waktu setiap dua ming-

gu (Gambar 1). Contoh air laut diambil dengan menggunakan *Van Dorn* kapasitas 5 liter pada kedalaman 0.20 m, 1 m, 4 m, dan 5 m di stasiun A dan kedalaman 0.20 m, 2 m, 5 m, dan 6 m di stasiun B.



Gambar 1. Lokasi penelitian di perairan Teluk Banten.

Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas Cahaya Matahari permukaan diukur dengan menggunakan alat *Automatic Weather Station* (AWS) tipe JY 106 dari Badan Meteorologi dan Geofisika Serang. Distribusi intensitas cahaya matahari di kolom air ditentukan menurut Hukum Beer-Lambert (Parsons *et al.* 1984) dengan formula sebagai berikut:

$$I_z = I_0 e^{-k_T z}$$

dimana I_z adalah intensitas cahaya pada kedalaman z , I_0 adalah intensitas cahaya permukaan, k_T adalah koefisien peredupan, dan z adalah kedalaman.

Koefisien peredupan dihitung dari pembacaan kedalaman keping *Secchi disk* (S_d (m)) dengan menggunakan hubungan persamaan empiris (Tilman *et al.* 2000), dengan formula sebagai berikut $k_T = 0.191 + 1.242/S_d$.

Konsentrasi Unsur Hara

Contoh air laut diambil sebanyak 1 liter dan disaring dengan filter *nukleopore* (diameter 47 mm dan porositas 0.45 μ m) dengan menggunakan pompa vakum melewati suatu *glass microfibre filter*. Contoh air laut yang telah disaring dimasukkan dalam botol contoh polietilen kapasitas 250 ml untuk analisis DIN (ammonia-nitrogen, nitrat-nitrogen, nitrit-nitrogen), DIP

(ortofosfat), dan silikat. Selanjutnya contoh air disimpan di *freezer* sebelum dianalisis. Konsentrasi unsur hara diukur dengan alat spektrofotometer dengan metode analisis mengacu pada Grasshof (1976).

Konsentrasi Klorofil-a

Contoh air laut diambil sebanyak 1 liter dan dimasukkan kedalam botol polietilen kapasitas 1 liter (ditutup rapat dengan plastik hitam), dan disimpan dalam *box ice* bersuhu dingin untuk di analisis di laboratorium. Konsentrasi klorofil-a dihitung dengan menggunakan formula menurut APHA (1998), sebagai berikut :

$$\text{Klorofil}_a \left(\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{26.7(664_b - 665_a)V_1}{V_2I}$$

dimana V_1 adalah volume air yang dieksrak (l), V_2 adalah volume air contoh (m^3), 664_b adalah absorbansi pada panjang gelombang 664 nm dikurangi absorbansi pada panjang gelombang 750 nm sebelum pengasaman, 665_a adalah absorbansi pada panjang gelombang 665 nm dikurangi dengan absorbansi pada panjang gelombang 750 nm setelah pengasaman, dan I adalah panjang kuvet (cm).

Produktivitas Primer Bersih

Pengukuran produktivitas primer dilakukan dengan metode oksigen. Inkubasi dilakukan selama 5 jam (09.00-14.00 WIB). Nilai produktivitas primer perairan diukur dengan menggunakan formula sebagai berikut (Umalý & Cuvín 1988):

$$NPP = \frac{(O_2BT - O_2BA) \times 1000 \times 0.375}{PQ(t)}$$

dimana NPP adalah produktivitas primer bersih ($\text{mg C/m}^3/\text{jam}$), O_2BT adalah oksigen pada botol terang (BT) setelah inkubasi (mg/l), O_2BA adalah oksigen pada botol inisial (BA) (mg/l), PQ adalah koefisien fotosintesis (1.2), t adalah waktu inkubasi (jam), 1000 adalah konversi liter menjadi m^3 , dan 0.375 adalah koefisien konversi oksigen menjadi carbon (12/32).

Analisis Data

Untuk mengetahui pola hubungan antara produktivitas primer dengan intensitas cahaya digunakan *model Von Platt* (Platt *et al.* 1980; Damar 2003). Sedangkan untuk mengetahui pola hubungan antara produktivitas primer dengan

unsur hara DIN, DIP, dan silikat dengan menggunakan analisis regresi linear (Mattjik & Sumertajaya 2000). Kedua pola hubungan ini di analisis dengan menggunakan *software kgraph*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Produktivitas Primer Dengan Intensitas Cahaya

Pengukuran nilai produktivitas primer dan intensitas cahaya selama penelitian di stasiun A dan B berturut-turut berkisar dari $13.56-29.59 \text{ mg C/m}^3/\text{jam}$ dan $3.841-79.411 \text{ MJ/m}^2$. Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan antara produktivitas primer dengan intensitas cahaya memperlihatkan korelasi yang erat. Hal ini terlihat dari nilai koefisien determinasi yang diperoleh di stasiun A sebesar 0.82 dan di stasiun B sebesar 0.64 (Gambar 2). Korelasi antara keduanya memperlihatkan pola kuadratik, artinya produktivitas primer di perairan Teluk Banten sangat bergantung pada keberadaan intensitas cahaya matahari yang masuk ke kolom air.

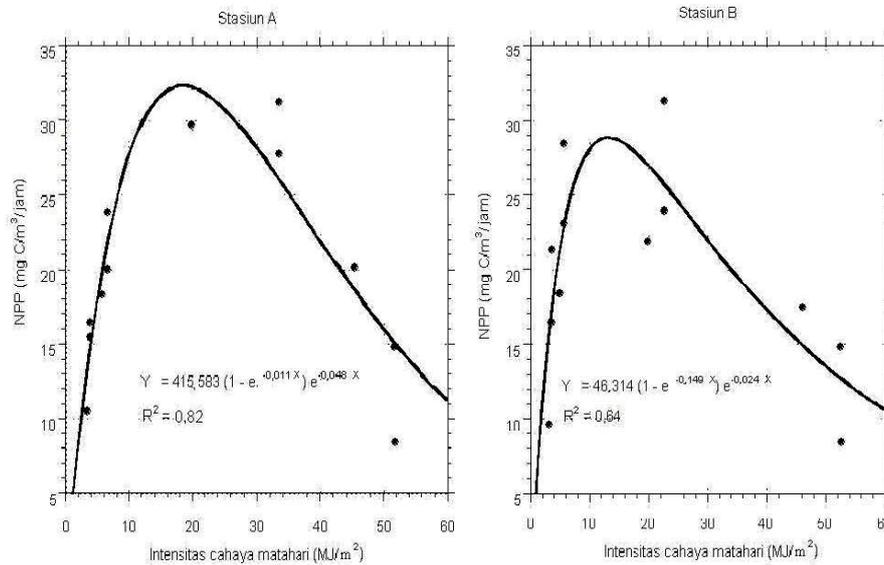
Dari Gambar 2 terlihat pula bahwa setiap peningkatan intensitas cahaya akan selalu diikuti oleh peningkatan nilai produktivitas primer sampai pada suatu titik optimum. Intensitas di atas cahaya optimum merupakan cahaya penghambat dan dibawah cahaya optimum juga merupakan cahaya pembatas (Miller 2004). Pada penelitian ini diperoleh cahaya optimum pada level 28.875 MJ/m^2 (48.2%) di stasiun A dan 21.717 MJ/m^2 (32.6%) di stasiun B. Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas primer fitoplankton di perairan Teluk Banten dengan waktu inkubasi 5 jam di kedalaman 0.20 m, 1 m, 2 m, 4 m, 5 m, dan 6 m pada musim peralihan I (hujan ke kemarau) akan mencapai maksimal pada kisaran level cahaya $21.717-28.875 \text{ MJ/m}^2$.

Hubungan Produktivitas Primer dengan Unsur Hara

Nilai DIN, DIP, dan silikat yang diperoleh selama penelitian di stasiun A dan B berturut-turut berkisar dari $0.072-0.217 \text{ mg-at N/l}$, $0.001-0.009 \text{ mg-at P/l}$, dan $0.145-1.715 \text{ mg-at Si/l}$. Hasil analisis menunjukkan bahwa unsur hara DIN, DIP, dan silikat dalam mempengaruhi nilai produktivitas primer berkorelasi rendah. Hal ini dapat diketahui dari nilai koefisien determinasi di bawah 50% di stasiun A dan B. Dari Gambar 3 terlihat ada dua pola korelasi antara

produktivitas primer dengan unsur hara, yaitu korelasi positif (DIN di stasiun A dan B serta DIP stasiun B) dan korelasi negatif (DIP di stasiun A dan silikat di stasiun A dan B). Pola korelasi positif menunjukkan kecenderungan bahwa setiap peningkatan konsentrasi unsur hara

(terutama DIN) akan diikuti oleh peningkatan produktivitas primer. Sebaliknya pola korelasi negatif menunjukkan kecenderungan bahwa keberadaan unsur hara (terutama DIP dan silikat) tidak selalu diikuti peningkatan produktivitas primer.



Gambar 2. Grafik Pola Hubungan Produktivitas Primer dengan Intensitas Cahaya Matahari di Perairan Teluk Banten.

Terdapat dua alasan yang dapat menjelaskan terjadinya pola korelasi negatif antara produktivitas primer dengan DIP dan silikat. Pertama, kandungan ortofosfat yang dibutuhkan lebih tinggi jika nitrogen yang digunakan tersedia dalam bentuk nitrat (Boney 1975), sehingga ortofosfat yang diperoleh pada penelitian ini belum dapat memacu pertumbuhan fitoplankton. Kedua, konsentrasi DIP dan silikat makin berkurang ke arah laut karena sumber utama fosfat dan silikat di laut berasal dari aliran sungai (Lewis *et al.* 1985). Sehingga konsentrasinya akan semakin berkurang ke arah laut. Hal ini didukung oleh pernyataan Risgaard-Petersen *et al.* (1994) bahwa pola korelasi negatif akan terjadi pada kondisi ortofosfat dengan konsentrasi rendah sehingga fitoplankton tidak dapat berfotosintesis.

Sebaliknya terlihat pula pola korelasi positif antara produktivitas primer dengan DIP pada kondisi perairan dengan konsentrasi ortofosfat yang rendah (Gambar 3 tengah stasiun B). Hal ini diduga picoplankton yang pada penelitian ini tidak teramati karena ukurannya yang sangat kecil (lebih kecil 2 μm) turut memberikan

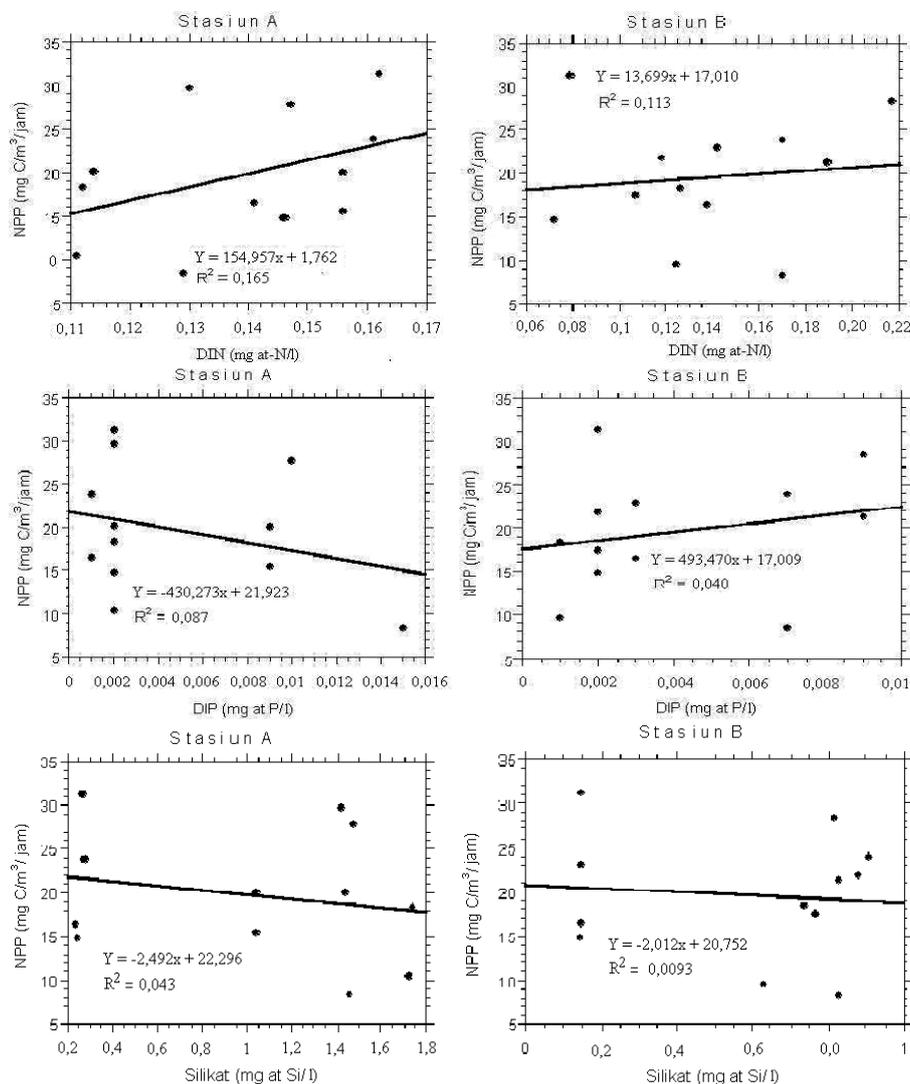
kontribusi pada peningkatan produktivitas primer tersebut. Kondisi ini memungkinkan terjadi karena picoplankton selalu berada pada perairan yang oligotrophic, stratifikasi produktivitas primer (Li & Harrison 2001), tetapi memberikan kontribusi yang relatif kecil pada peningkatan produktivitas primer (Fernandez *et al.* 2003). Walaupun demikian pola korelasi tersebut (Gambar 3 tengah stasiun B), tidak memberikan hubungan yang signifikan. Hal ini diketahui dari nilai koefisien determinasi yang sangat rendah di stasiun B sebesar 0.4. Kondisi ini menunjukkan bahwa produktivitas primer di stasiun B tidak dipengaruhi oleh ortofosfat secara relatif.

Hubungan Produktivitas Primer dengan Klorofil-a

Nilai klorofil-a yang diperoleh selama penelitian di stasiun A dan B berkisar dari 0.069-0.303 mg chl-a/m^3 . Hubungan antara produktivitas primer dengan klorofil-a memperlihatkan korelasi yang sangat rendah dengan pola korelasi negatif (koefisien determinasi di stasiun A sebesar 0.01 dan stasiun B sebesar 0.02) (Gambar 4). Faktor penyebabnya adalah ke-

ungkinan nilai klorofil-a yang terukur diduga tidak hanya disumbangkan dari sel fitoplankton,

tetapi juga dari klorofil-a yang ada di detritus yang masih mengandung klorofil-a.



Gambar 3. Pola Hubungan Produktivitas Primer Bersih dengan Unsur Hara di Perairan Teluk Banten.

Hal tersebut mungkin terjadi mengingat kedua stasiun pengamatan terletak tidak jauh dari (1) wilayah pesisir yang masih mendapat pengaruh air sungai yang dapat membawa masuk klorofil-a dari detritus, dan (2) pulau-pulau kecil di sekitarnya yang banyak mengandung mangrove dan lamun, sehingga klorofil-a dapat berasal dari detritus hasil pembusukan atau penguraian serasah mangrove dan lamun yang telah mati. Hal serupa juga ditemui pada sebagian hasil penelitian Damar (2003) di Teluk Jakarta yang menemukan adanya beberapa lokasi yang berada di sekitar pesisir yang memiliki korelasi rendah antara produktivitas primer dengan klorofil-a.

KESIMPULAN

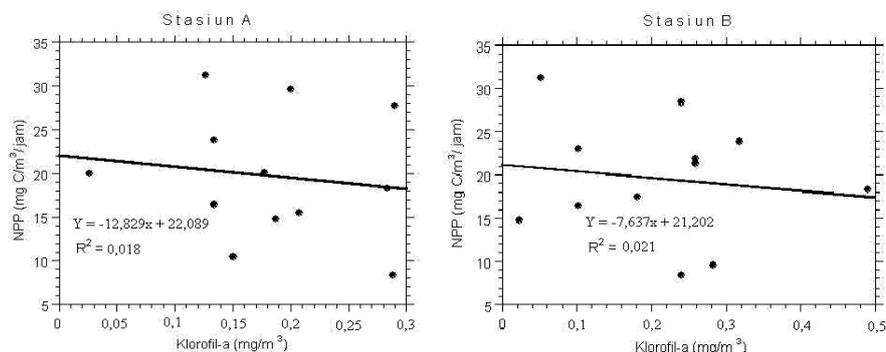
Dari uraian yang telah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa ternyata cahaya merupakan faktor pembatas penting bagi produktivitas primer fitoplankton dibandingkan dengan unsur hara pada masa peralihan musim hujan ke musim kemarau di perairan Teluk Banten.

PUSTAKA

APHA (American Public Health Association). 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Edition. APHA, AWWA (American Water Works Association), and WPCF (Water Pollution Control Federation). Washington, D.C.

Benitez-Nelson, C. R. and D. M. Karl. 2002. **Phosphorus cycling in the north pacific subtropical gyre using**

cosmogenic ^{32}P and ^{33}P . *Limnol. Oceanogr.* **47(3): 762-770.**



Gambar 4. Grafik Hubungan Produktivitas Primer Bersih dengan Klorofil-a di Perairan Teluk Banten.

- Boney, C.A.D. 1975. **Phytoplankton.** 1st Edition. Camelot Press Ltd, Southampton.
- Cloern, J.E. 2002. **Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem.** *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (210): 223-253.
- Damar, A. 2003. **Effects of enrichment on nutrient dynamics, phytoplankton dynamics and productivity in Indonesian tropical waters. A comparison between Jakarta Bay, Lampung Bay and Semangka Bay.** *Phd Dissertation.* Christian Albrechts University, Kiel, Germany.
- Dore, J. E., J. R. Brum, L. M. Tupas and D. M. Karl. 2002. **Seasonal and interannual in sources of nitrogen supporting export in the oligotrophic subtropical north pacific ocean.** *Limnol. Oceanogr.* **47(6): 1595-1607.**
- Falkowski, P. G., R. T. Barber and V. Smetacek. 1998. **Biogeochemical controls and feedbacks on ocean primary production.** *Sci.*, (281): 200-2006.
- _____, and J. A. Raven. 1997. **Aquatic Photosynthesis.** Blackwell, USA
- Fernandez, E., E. Maranon, X. A. G. Moran, and P. Serret. 2003. **Potential causes for the unequal contribution of picophytoplankton to total biomass and productivity in oligotrophic waters.** *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (254): 101-109.
- Gocke, K., and J. Lenz. 2004. **A new "turbulence incubator" for measuring primary production in non-stratified waters.** *J. Plankton Res.*, **26(3): 357-369.**
- Grasshof, K. 1976. **Methods of Seawater Analysis.** Verlag Chemie, New York.
- Kennish, M. J. 1990. **Ecology of Estuaries.** 2nd Edition. CRC Press, Florida.
- Kishino, M. 1994. **Interrelationships Between Light and Phytoplankton in the Sea.** In *Ocean Optics.* Spinrad, R.W., Kendall L. Carder and Mary Jane Perry (eds.). Oxford University Press, New York. pp 73-102.
- Lalli, C. M. dan T. R. Parsons. 1993. **Biological Oceanography: An Introduction.** Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Lewis, E. F., S. L. Sager, and S. C. Wofsy. 1985. **Factor controlling of soluble phosphorus in the Mississippi estuary.** *Limnol. Oceanogr.*, **30(4): 826-832.**
- Li, W. K. W. and W. G. Harrison. 2001. **Chlorophyll bacteria and picophytoplankton in ecological provinces of the north atlantic.** *Deep-Sea Res.*, **11(48): 2271-2293.**
- Mattjik, A. A. dan M. Sumertajaya. 2000. **Perancangan Percobaan Dengan Aplikasi SAS dan MINITAB.** Jilid I. IPB Press, Bogor.
- Meadows, P. S. and J. I. Campbell. 1988. **An Introduction to Marine Science.** 2nd Edition. John Wiley & Sons, New York.
- Miller, C. B. 2004. **Biological Oceanography.** Blackwell Science Ltd, USA.
- Parsons, T. R., M. Takahashi, and B. Hargrave. 1984. **Biological Oceanographic Processes.** 2nd Edition. Pergamon Press, Oxford.
- Platt, T., C. K. Gallegos and W. G. Harrison. 1980. **Photo-inhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton.** *J. Mar. Res.*, (38): 687-701.
- Risgaard-Petersen, N., L. P. Nielsen, and N. P. Revsbech. 1994. **Diurnal variation of denitrification in sedimen colonized by benthic microphytes.** *Limnol. Oceanogr.*, **39(3): 573-579.**
- Rost, B., U. Riebesell, and S. Burkhardt. 2003. **Carbon acquisition of bloom-forming marine phytoplankton.** *Limnol. Oceanogr.*, **48(1): 55-67.**
- Smayda, J. T. 1970. **The suspension and sinking of phytoplankton in the sea.** *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, (8): 353-414.
- Tilmann, U., K. J. Hesse and F. Colijn 2000. **Planktonic primary production in the German Wadden sea.** *J. Plankton Res.*, **22(7): 1253-1276.**
- Umlay, R. C. and L. A. Cuvin. 1988. **Limnology: Laboratory and Field Guide Physico-Chemical Factors, Biology Factors.** National Book Store Publ., Manila.