

PRODUKTIVITAS PRIMER ESTUARI SUNGAI CISADANE PADA MUSIM KEMARAU

Sigid Hariyadi^a, Enan M. Adiwilaga^b, Tri Prartono^c,
Sudodo Hardjoamidjojo^d & Ario Damar^b

^a Mahasiswa Program Doktor-IPB

^b Staf Pengajar Dep. Manajemen Sumberdaya Perairan-IPB

^c Staf Pengajar Dep. Ilmu dan Teknologi Kelautan-IPB

^d Staf Pengajar Sekolah Pascasarjana IPB

Diterima redaksi : 11 Februari 2010, Disetujui redaksi : 15 Maret 2010

ABSTRAK

Estuari Sungai Cisadane yang mencakup bagian sungai sepanjang 12 km di muara telah mengalami pencemaran akibat berbagai kegiatan, terutama pencemaran organik dari kegiatan perkotaan di bagian hulu. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat produktivitas primer perairan estuari yang telah mengalami pencemaran bahan organik tersebut pada musim kemarau saat debit aliran sungai rendah. Selain itu juga dibahas seberapa besar peranan produktivitas primer dalam memasok oksigen bagi keperluan respirasi dan dekomposisi perairan. Tingkat produktivitas primer estuari Cisadane di permukaan sampai kedalaman 80 cm berkisar 53,52-128,91 mgC/m³/jam. Tingkat produktivitas ini tergolong tidak banyak berbeda dengan tingkat produktivitas beberapa perairan estuari dan perairan teluk lainnya di Indonesia. Walaupun demikian, tingkat kecerahan yang rendah, yang hanya belasan cm saja dibanding dengan kedalaman perairan yang rata-rata 5,3 m, nampaknya membatasi tingkat produktivitas primer secara keseluruhan, sehingga tidak cukup berperan dalam memasok oksigen bagi keperluan metabolisme perairan.

Kata kunci : Produktivitas primer, fitoplankton, estuari, Sungai Cisadane.

ABSTRACT

PRIMARY PRODUCTIVITY OF CISADANE RIVER ESTUARY IN DRY SEASON. Cisadane River estuary encompassing river section along 12 km in the river mouth have been suffering pollution due to various activities, especially organic pollution from cities activity in the upstream. This research is aimed to determine the primary productivity level of estuarine waters that has polluted by organic matter, in the dry season where the river discharges are low. In addition, the role of the primary productivity in supplying oxygen for estuarine respiration and decomposition is also discussed. The primary productivity of Cisadane estuary in the surface up to 80 cm-depth were around 53.52-128.91 mgC/m³/hr. This productivity level is not quite different with the productivity of some estuaries and other gulf waters in Indonesia. However, low Secchi depth visibility, which only teens of cm in extreme condition (due to high turbidity and low attenuation) compared to the average depth of estuary that is around 5.3 m, seems to be a factor that limits the primary productivity in the estuary, and therefore, is not having quite important role in supplying dissolved oxygen for aquatic metabolism.

Key words : Primary productivity, phytoplankton, estuary, Cisadane River.

PENDAHULUAN

Informasi mengenai produktivitas primer perairan penting diketahui sehubungan dengan peranannya sebagai penyedia makanan (produser) dalam ekosistem perairan, serta perannya sebagai pemasok kandungan oksigen terlarut di perairan (Clark, 1996). Tingkat produktivitas primer suatu perairan memberikan gambaran apakah suatu perairan cukup produktif dalam menghasilkan biomassa tumbuhan, terutama fitoplankton, termasuk pasokan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis yang terjadi, sehingga mendukung perkembangan ekosistem perairan. Produktivitas perairan yang terlalu tinggi dapat mengindikasikan telah terjadi eutrofikasi, sedangkan yang terlalu rendah dapat memberikan indikasi bahwa perairan tidak produktif atau miskin. Dalam penelitian ini, produktivitas primer yang dimaksud terutama adalah produktivitas oleh fitoplankton, dan terkait dengan oksigen yang dihasilkan.

Sungai Cisadane adalah salah satu sungai utama di Propinsi Banten dan Jawa Barat. Sungai sepanjang 137 km ini mengalir melalui dua kota besar yakni Bogor dan Tangerang, dan bermuara ke Laut Jawa di Desa Tanjung Burung, Teluk Naga, Kabupaten Tangerang (PUSARPEDAL, 2008 ; Puslitbang Sumberdaya Air, 2008 ; UNESCO, 2004). Sungai ini diduga telah mengalami pencemaran akibat masuknya berbagai jenis limbah dari berbagai kegiatan yang berada di sepanjang daerah aliran sungai (DAS)-nya, terutama yang berada di kedua kota tersebut. Di kota Tangerang sendiri, selain kegiatan domestik dan perkotaan, terdapat puluhan industri besar dan kecil yang dapat dipastikan berkontribusi dalam menurunkan kualitas S. Cisadane. Pada akhirnya dampak dari berbagai aktivitas yang ada di bagian tengah dan hulu sungai tersebut akan mempengaruhi kondisi ekologis estuari S. Cisadane yang menjadi muaranya.

Berdasarkan pemantauan kualitas air S. Cisadane di wilayah Kota Tangerang tahun 2008 dan 2009 (BPLH Kota Tangerang, 2010) terlihat bahwa limbah organik yang masuk ke sungai dan estuari Cisadane cukup besar. Pencemaran organik yang berasal dari kegiatan pertanian, domestik dan industri ini akan berdampak pada peningkatan kebutuhan oksigen perairan bagi keperluan proses dekomposisi. Hal ini lebih lanjut akan dapat menimbulkan kondisi *hypoxia* – kandungan oksigen sangat rendah, bahkan anoksik (kondisi tanpa oksigen) di wilayah estuari jika tidak tersedia cukup oksigen di perairan.

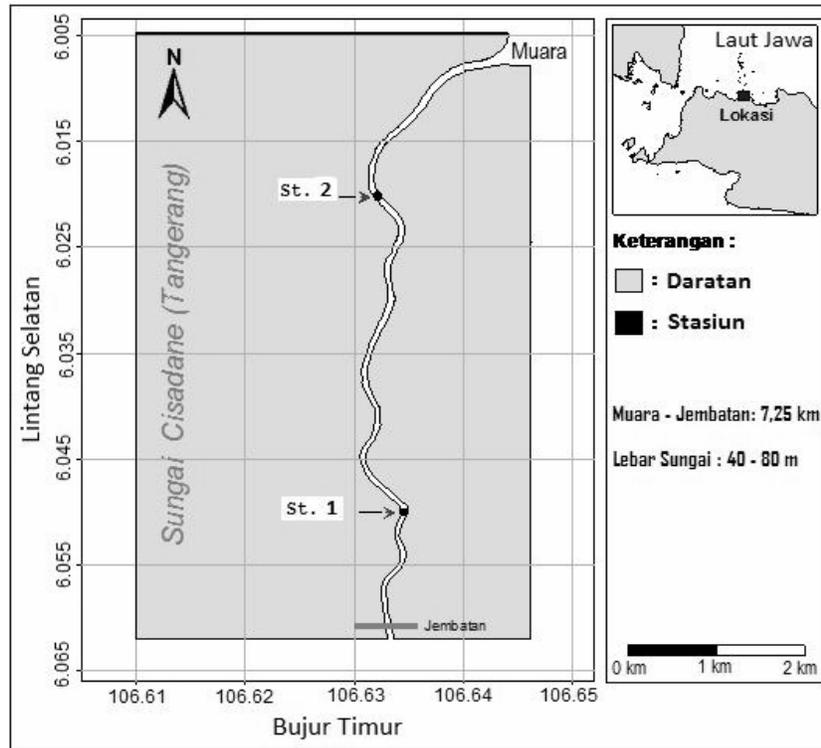
Selain dari atmosfer melalui difusi, salah satu pasokan oksigen terlarut di perairan adalah dari proses fotosintesis fitoplankton atau produksi primer. Sehubungan dengan itu, penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar produktivitas primer perairan estuari Cisadane yang relatif telah mengalami pencemaran dan peranannya dalam menyediakan kandungan oksigen terlarut, khususnya pada musim kemarau pada saat mana debit aliran sungai rendah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada musim kemarau 2008 yakni pada bulan Juni, Juli dan Agustus di muara Cisadane, pada dua titik pengamatan, yakni Stasiun (St.) 1 dan St. 2, yang diharapkan mewakili estuari Cisadane yang mencakup ruas sungai muara yang cukup panjang (± 12 km). Penelitian ini adalah dalam kerangka penelitian mengenai kualitas perairan estuari Cisadane terkait dengan kemungkinan pencemaran yang terjadi pada kondisi debit aliran sungai rendah, sehingga dilakukan pada musim kemarau. Stasiun 1 berjarak sekitar 6,1 km dari mulut muara, lokasi yang mewakili estuari hulu dengan kegiatan-kegiatan pemukiman, peternakan, pertanian, pengumpulan pasir dan galangan kapal. Stasiun 2 sekitar 2,5 km dari mulut muara

mewakili bagian estuari hilir dengan kegiatan pemukiman yang mulai berkurang, adanya aktivitas penambangan pasir, pertambangan dan kolam pemancingan (Gambar 1).

terdapat cahaya dengan intensitas yang cukup bagi berlangsungnya fotosintesis, dan pada kedalaman 20% Secchi mewakili kedalaman dengan intensitas cahaya optimum. Contoh air di tiap stasiun berasal



Gambar 1. Stasiun Pengamatan di Estuari Cisadane, Tanjung Burung, Tangerang

Pengamatan sebaran salinitas dan tipe estuari serta pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan instrumen CTD (*Conductivity-Temperature-Depth*) dan SCT (*Salinity-Conductivity-Temperature*) meter YSI model 33. Produktivitas primer diamati dengan metode oksigen (botol gelap – botol terang) dengan inkubasi di kolom air selama 4 jam (APHA, 2005) dimulai dari pukul 09:00 dan 10:00. Botol gelap dan botol terang (duplo) yang telah diisi contoh air, diinkubasikan kembali kedalam kolom air dengan mengikatkan pada struktur bambu, pada kedalaman 20% dan kedalaman 100% dari kedalaman Secchi pada saat pengamatan di setiap stasiun. Penentuan ini didasarkan pada pertimbangan bahwa pada kedalaman Secchi dapat dipastikan masih

dari titik kedalaman inkubasi masing-masing.

Contoh plankton diambil dari bagian permukaan (sampai sedalam 50 cm) sebanyak 50 liter dan dipekatkan menjadi 30 ml dengan plankton net (*mesh size* = 35 μ m), diawet dengan larutan Lugol 1% untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium. Identifikasi dan pencacahan plankton dengan menggunakan *sedgwick rafter cell* (SRC) pada perbesaran mikroskop binokuler 100x (APHA, 2005) berdasarkan Yamaji (1979) dan Mizuno (1979).

Oksigen terlarut diukur di lapangan dengan titrasi Winkler modifikasi sulphamic acid, pH diukur dengan kertas pH indicator MERCK (ketelitian 0,5 unit), dan kecerahan diukur dengan keping Secchi berdiameter

20 cm. Beberapa parameter kualitas air lainnya, seperti kekeruhan, padatan tersuspensi (TSS), BOD, COD, amonia total, nitrat, nitrit dan khlorofil a dianalisis pada contoh air yang dibawa ke laboratorium. Kekeruhan diukur dengan *nephelometric turbidity-meter*, TSS dianalisis dengan metode gravimetri, amonia dengan metode spektrofotometri-*brucine*, nitrat dengan metode spektrofotometri-*phenate*, nitrit dengan metode spektrofotometri-*sulphanilamide*, dan khlorofil a dengan metode *Trichromatic-spectrophotometry*. Contoh air diambil di bagian permukaan dengan menggunakan *Van Dorn sampler* berukuran 3 liter. Pengawetan dan analisis contoh air mengacu pada metode baku (APHA, 2005).

Untuk menentukan kedalaman fotosintesis digunakan persamaan kedalaman Secchi = $2/K_d$ yang digunakan oleh CSIRO Australia (SERM, 2002) dalam mengembangkan model respon estuari sederhana. K_d adalah koefisien peredupan cahaya dari persamaan Lambert-Beer tentang radiasi aktif fotosintesis (PAR), $I_z = I_0 e^{-K_d z}$ (Devlin *et al.*, 2008). Bila fotosintesis terjadi sampai kedalaman dengan intensitas cahaya, $I_z = 1\%$ dari intensitas cahaya permukaan, I_0 ($I_0 = 100\%$), maka akan diperoleh hubungan $Z_{1\%} = 4,6/K_d$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan sebaran salinitas, diketahui bahwa estuari Cisadane meliputi bagian ruas sungai hingga sejauh sekitar 12 km dari mulut muara ke arah darat, dengan rata-rata lebar sungai 51 m dan rata-rata kedalaman 5,3 m. Pada ruas estuari ini, sebaran salinitas terklasifikasi sebagai tercampur sebagian (*partially mixed estuary*) (Dyer, 1973; Webster *et al.*, 2010), yakni pada kisaran 0,5 – 32 psu (*practical salinity unit*).

Kondisi kualitas perairan estuari Cisadane pada saat penelitian adalah seperti

disajikan pada Tabel 1. Nampak bahwa nilai kecerahan pada pengamatan Juli 2008 tergolong rendah, dengan kekeruhan yang tinggi. Kandungan oksigen terlarut (DO) pada umumnya rendah (3,58 mg/L atau kurang) dengan kandungan bahan organik yang relatif tinggi sebagaimana digambarkan oleh nilai BOD dan COD. Pada pengamatan Agustus 2008, kandungan nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) dan kelimpahan fitoplankton lebih tinggi daripada pengamatan sebelumnya.

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa kecerahan di estuari Cisadane pada saat penelitian hanya berkisar 12 – 80 cm, atau sekitar 2-15% dari rata-rata kedalaman perairan. Dengan menggunakan persamaan kedalaman Secchi terhadap K_d yang digunakan oleh SERM (2002) sebagaimana tersebut dalam metode, maka kedalaman fotosintesis di estuari Sungai Cisadane setara dengan 2,3 kali kedalaman Secchi (kecerahan). Dengan demikian, proses fotosintesis di estuari Cisadane hanya terjadi di bagian permukaan saja, yakni sampai kedalaman 27 cm hingga kedalaman 184 cm (1,84 m), masing-masing pada kondisi kekeruhan tinggi (48 NTU) dan pada kondisi kekeruhan rendah (6 NTU) (Tabel 1).

Nilai produktivitas primer perairan yang diamati pada kisaran kedalaman 10-20 cm (bagian permukaan) dan 45-80 cm (kedalaman Secchi) adalah berkisar 0.58 – 3.37 $\text{mgO}_2\text{/L/4 jam}$ (Tabel 2). Kisaran yang cukup lebar disebabkan adanya perbedaan kedalaman dan kekeruhan perairan. Nampak bahwa di bagian yang lebih dalam, dalam hal ini adalah pada kedalaman Secchi atau sesuai nilai kecerahan, produktivitas primer perairan lebih rendah daripada di bagian permukaan (Gambar 2). Perbedaan tingkat kecerahan antar pengamatan juga berpengaruh pada produktivitas primer. Pada pengamatan Juli 2008, perairan sangat keruh (sampai 48 NTU) dengan kecerahan yang sangat rendah (12 – 17 cm), karenanya pengamatan hanya dilakukan pada satu kedalaman saja yakni pada kedalaman

10 cm. Produktivitas primer pada pengamatan Juli tersebut adalah yang paling rendah dibandingkan dengan pengamatan lainnya yang kondisi kekeruhan perairannya lebih rendah (Tabel 1).

Tingkat produktivitas primer pada bulan Agustus 2008, khususnya di St. 2, relatif tinggi bila dibandingkan dengan produktivitas pada pengamatan-pengamatan sebelumnya. Hal ini berhubungan dengan kondisi kelimpahan fitoplankton yang memang jauh lebih tinggi yang diduga juga

terkait dengan kandungan nutrisi, khususnya nitrat, yang juga tinggi dibanding pengamatan sebelumnya (Tabel 1). Hal yang agak berbeda adalah di St. 1 pada pengamatan yang sama (Agustus 2008), dimana tingkat produktivitas primernya relatif rendah dibandingkan dengan produktivitas di St. 2. Kondisi kualitas air dan kandungan nutrisi di kedua stasiun dapat dikatakan juga tidak terlalu berbeda (Tabel 1).

Tabel 1. Kualitas Air Estuari Cisadane pada Saat Pengamatan (2008)

Parameter	Juni		Juli		Agustus	
	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2	St. 1	St. 2
Temperatur (°C)	28	31	26	27,5	24	26
Kecerahan (cm)	32,5	80	12	17	75	75
Kekeruhan (NTU)	7	6	48	35	11	7,5
TSS (mg/L)	12	11	61	34	10	7
Salinitas (‰)	1,2	3,0	0,5	1,3	2,4	4,5
pH	7	7	6,5	6,5	7	7
DO (mg/L)	1,26	1,79	3,58	2,48	2,58	2,74
BOD (mg/L)	6,11	7,16	6,12	5,72	4,31	5,09
COD (mg/L)	73,42	16,86	105,75	65,34	24,94	41,10
NO ₂ -N (mg/L)	0,242	0,013	0,045	0,067	0,092	0,200
NO ₃ -N (mg/L)	0,801	0,741	0,550	0,611	1,469	1,122
Amonia total (mgN/L)	1,094	1,384	0,688	0,609	0,711	0,814
Khlorofil a (µg/L)	8,010	2,670	1,068	4,272	4,272	16,020
Kelimpahan fitoplankton (sel/L)	1047	2436	2994	1598	10602	8815

Tabel 2. Produktivitas Primer di Estuari Sungai Cisadane Selama Penelitian

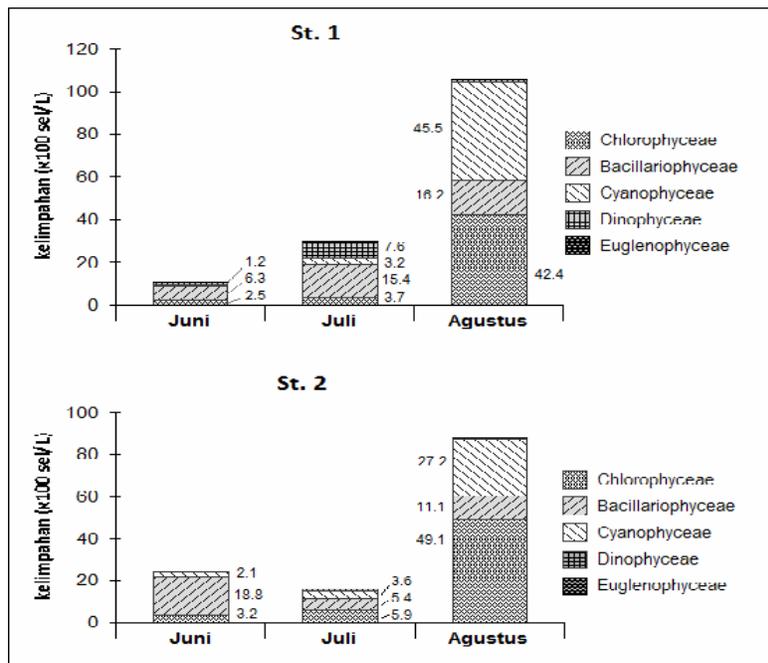
Stasiun	Kedalaman (cm)	Produktivitas Primer Bersih (NPP)						Rata-rata
		(mgO ₂ /L/4 jam)			(mgC/m ³ /jam)			
		Juni	Juli	Agustus	Juni	Juli	Agustus	
1	D ₁ : 10-15	1,22	0,58	1,00	95,31	45,31	78,13	72,92 ± 25
	D ₂ : 45-70	0,63	-	0,74	49,22	-	57,81	53,52 ± 6
2	D ₁ : 10-20	0,94	0,64	3,37	73,44	50,00	263,28	128,91 ± 117
	D ₂ : 70-80	0,63	-	1,68	49,22	-	131,25	90,24 ± 58

Kondisi yang tampak membedakan dari kedua stasiun adalah komposisi fitoplankton dan kandungan klorofil a-nya. Pada St. 2 kelompok plankton Chlorophyceae lebih dominan daripada kelompok lainnya seperti Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae dan Dinophyceae. Kelimpahan Chlorophyceae di St. 2 juga lebih tinggi daripada kelimpahan Chlorophyceae di St. 1 (Gambar2). Sementara di St. 1, yang lebih dominan kelimpahannya adalah kelompok plankton Cyanophyceae. Dalam kaitan ini, pengamatan Lehman (2007) pada estuari sungai menyimpulkan bahwa komposisi komunitas fitoplankton di bagian sungai lebih hulu hingga bagian sungai yang terkena pasang surut (estuari) ikut berperan penting dalam menentukan produktivitas estuari. Ini berarti, jenis atau kelompok fitoplankton tertentu lebih banyak menghasilkan produk biomassa, yang berarti juga menghasilkan oksigen lebih banyak, dibandingkan jenis atau kelompok fitoplankton lainnya. Selanjutnya berdasarkan kandungan klorofil a-nya di St. 2 juga

lebih tinggi daripada di St. 1 (Tabel 2).

Hal ini menjelaskan bahwa walaupun dari jumlah individu atau kelimpahan fitoplankton di St. 2 agak lebih rendah tetapi secara biomassa, sebagaimana ditunjukkan oleh kandungan klorofil a, lebih besar, sehingga menghasilkan tingkat produktivitas primer lebih tinggi.

Di estuari Cisadane ini, walaupun pergerakan massa airnya dipengaruhi oleh pasang surut air laut, tetapi melihat sistem estuari dengan salinitas yang tercampur sebagian, yang ditunjukkan oleh gradasi salinitas yang semakin tinggi pada bagian yang lebih dalam, maka di lapisan atas tempat produksi primer ini berlangsung cenderung lebih banyak dipengaruhi oleh aliran air sungai. Dengan demikian, di St. 2 cenderung menerima beban organik ataupun nutrisi lebih besar, selain beban yang diterima oleh St. 1 yang lebih hulu pada akhirnya akan sampai juga di stasiun ini. Berbagai kegiatan yang berasal dari daerah tangkapan (*catchment area*) antara St. 1 dan St. 2 akan menambah beban organik dan nutrisi di St. 2.



Gambar 2. Kelimpahan dan Komposisi Fitoplankton pada Dua Stasiun Pengamatan di Estuari Cisadane (2008)

Fitoplankton yang teramati di estuari Cisadane mencakup 38 genera dari kelas-kelas Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Dinophyceae dan Euglenophyceae. Jenis yang kelimpahannya cukup besar adalah jenis-jenis *Skeletonema*, *Melosira* (Bacillariophyceae), *Microcystis*, *Oscillatoria* (Cyanophyceae), *Scenedesmus*, *Dictyosphaerium*, *Pediastrum*, dan *Eudorina* (Chlorophyceae). Tingginya kelimpahan genera dari kelas Cyanophyceae dapat menjadi indikasi terjadinya pencemaran organik di sungai atau estuari. Keberadaan genera *Microcystis*, *Oscillatoria*, dan *Scenedesmus* dalam jumlah cukup besar mengindikasikan kondisi perairan yang tercemar. Genus-genus tersebut berasosiasi dengan perairan yang tercemar (APHA, 2005; Ekwu dan Sikoki, 2006). Ekwu dan Sikoki (2006) pada penelitiannya di estuari Cross River, Nigeria, mendapati terjadinya peningkatan genus *Oscillatoria* dan *Anacystis* (atau *Microcystis*) dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya. Atobatele *et al.* (2007) juga menemukan tingginya kelimpahan fitoplankton terutama dari kelas Cyanophyceae, dan juga Chlorophyceae dan Bacillariophyceae, di Sungai Ogunpa yang tercemar limbah perkotaan di Nigeria.

Tingkat produktivitas primer estuari Cisadane ini tidak terlalu berbeda dengan produktivitas primer estuari lainnya yang juga mengalami tekanan ekologis berupa

pencemaran bahan organik. Hasil penelitian Madubun (2008) pada bulan Juli dan Agustus 2007 di Muara Jaya, Teluk Jakarta (Bekasi), menunjukkan nilai produktivitas primer pada kisaran yang hampir sama (Tabel 3), demikian juga produktivitas primer perairan estuari Boa dan Ponrang, Teluk Bone, Sulawesi (Andriani, 2004). Tingkat produktivitas primer estuari Cisadane juga tidak banyak berbeda dengan produktivitas primer Teluk Hurun, Lampung (Tambaru, 2000 ; Sunarto, 2001). Bahkan pada saat tertentu produktivitas primer estuari Cisadane tergolong sangat tinggi, khususnya di St. 2 (pengamatan Agustus 2008).

Walaupun tingkat produktivitas primer estuari Cisadane berada pada kisaran yang tergolong tidak rendah, tetapi sehubungan dengan fluktuasi kekeruhan yang demikian tinggi maka ketebalan lapisan kolom air yang produktif juga sangat berfluktuasi. Pada kondisi yang ekstrim, yakni perairan keruh dan kondisi mendung, kecerahan hanya sampai belasan centimeter saja, ini berarti lapisan produktif hanya sekitar 30-40 cm di lapisan permukaan dibandingkan dengan kedalaman rata-rata perairan yang sebesar 5,3 m. Kedalaman lapisan produktif ini, yang hanya sekitar 6 - 8% dari kedalaman perairan, tergolong sangat rendah. Sebagai perbandingan, di estuari sungai Douro (Portugal) yang dapat dijadikan sebagai gambaran estuari daerah

Tabel 3. Produktivitas Primer di Beberapa Estuari dan Teluk di Indonesia

Perairan	Pengamatan	Produktivitas primer (mgC/m ³ /jam)	Referensi
Estuari Cisadane	Juni-Agt, 2008	53,52-128,91	hasil penelitian ini
Estuari Muara Jaya, Teluk Jakarta	Juli-Agt, 2007	39,57-96,89	Madubun (2008)
Estuari Boa, Teluk Bone	Juni-Juli, 2003	15,63-74,22	Andriani (2004)
Estuari Ponrang, Teluk Bone	Juni-Juli, 2003	35,16-105,47	Andriani (2004)
Teluk Hurun, Lampung	1999	36,72-52,87	Tambaru (2000)
Teluk Hurun, Lampung	Hujan, 2001	69,40	Sunarto (2001)

beriklim sedang, pada umumnya, lapisan produktif mencapai 23% dari kedalaman perairan (Azevedo *et al.*, 2006).

Kondisi estuari Cisadane yang mengalami pencemaran organik, sebagaimana digambarkan oleh nilai BOD dan COD yang relatif tinggi (Tabel 1), menyebabkan kebutuhan oksigen untuk proses dekomposisi menjadi lebih besar daripada kondisi normal. Dengan demikian proses produksi primer di lapisan permukaan, estuary Cisadane termasuk tambahan dari proses reaerasi dan bawaan aliran sungai atau pasang, tidak cukup besar memberikan pasokan oksigen terlarut bagi keperluan dekomposisi dan respirasi biota di kolom air dan sedimen. Hal ini terlihat dari kandungan oksigen terlarut perairan yang tergolong rendah selama pengamatan, yakni kurang dari 3,5 mg/L (Tabel 1). Pada kondisi ekosistem yang baik, seyogyanya kandungan oksigen perairan, yang menggambarkan kandungan oksigen sisa setelah terpakai oleh dekomposisi dan respirasi biota, tidak kurang dari 4 mg/L (NTAC *in* Nemerow, 1991; Clark, 1996).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Fajar Renita yang telah membantu dalam penelitian dan pengolahan data. Terima kasih juga disampaikan pada beasiswa BPPS Direktorat Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional yang telah memberikan bantuan dana bagi pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Andriani, 2004, Analisis Hubungan Parameter Fisika-Kimia dan Klorofil-a dengan Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Pantai Kabupaten Luwu, *Tesis*, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

- APHA, 2005, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 21st edition. APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) dan WPCF (Water Pollution Control Federation), Baltimore, MD. 1081 h.
- Atobatele, O.E., O.A. Ugwumba, & O.A. Morenikeji, 2007, Taxa Composition, Abundance, Distribution and Diversity of the Planktonic Organisms of River Ogunpa, Ibadan, Nigeria, *IFE Journal of Science* Vol. 9 (1): 17-22.
- Azevedo, I.C., P.M. Duarte, & A.A. Bordalo, 2006, Pelagic Metabolism of the Douro Estuary (Portugal) - Factors Controlling Primary Production, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* Vol. 69 : 133-146.
- BPLH Kota Tangerang, 2010, Pemantauan Sungai Cisadane di Wilayah Kota Tangerang Tahun 2004 – 2009. Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (BPLH) Pemerintah Kota Tangerang (disampaikan dalam Rapat Teknis Pemantauan Sungai Cisadane Antar Wilayah Tahun 2010, 27 Mei 2010).
- Clark, J.R., 1996, Coastal Zone Management Handbook. Lewis Publishers (CRC Press LLC), Washington D.C. 694 p.
- Devlin, M.J., J. Barry, D.K. Mills, R.J. Gowen, J. Foden, D. Sivy, & P. Tett, 2008, Relationships between Suspended Particulate Material, Light Attenuation and Secchi Depth in UK Marine Waters, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79, 429–439.
- Dyer, K.R., 1973, Estuaries: A Physical Introduction. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, London – New York, 140 p.
- Ekwu, A.O. & F.D. Sikoki, 2006, Phytoplankton Diversity in the Cross River Estuary of Nigeria, *J. Appl.*

- Sci. Environ, Mgt. Vol. 10 (1): 89 – 95.
- Lehman, P.W., 2007, The Influence of Phytoplankton Community Composition on Primary Productivity Along the Riverine to Freshwater Tidal Continuum in the San Joaquin River, California, *Journal Estuaries and Coasts* Vol. 30 (1) : 82-93.
- Madubun, U., 2008, Produktivitas Primer Fitoplankton dan Kaitannya dengan Unsur Hara dan Cahaya di Perairan Muara Jaya Teluk Jakarta, *Tesis*. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mizuno, T., 1979, Illustrations of the freshwater plankton of Japan. Revised edition, Hoikusha Publishing Co., Ltd. Osaka, Jepang, 353 p.
- Nemerow, N.L., 1991, Stream, Lake, Estuary, and Ocean Pollution. 2nd ed. (Water Quality Recommended by National Technical Advisory Committee (NTAC) for Fish and Other Aquatic Life and Wildlife), Van Nostrand Reinhold, New York, pp.247-249.
- Puslitbang Sumberdaya Air, 2008, Status Mutu Air Sungai Di Indonesia Volume I: S. Cisadane, S. Ciliwung, S. Citarum, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air, Departemen Pekerjaan Umum.
- PUSARPEDAL, 2008, Sungai Cisadane, Hasil Pemantauan 2007, Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan (PUSARPEDAL) – Deputi VII, Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- SERM, 2002, Simple Estuary Response Model, CSIRO, Australia. http://www.per.marine.csiro.au/serm/indicators/secchi_depth.htm Diakses tanggal 14 Januari 2010.
- Sunarto, 2001, Pola Hubungan Intensitas Cahaya dan Nutrien dengan Produktivitas Primer Fitoplankton di Teluk Hurun, Lampung, *Tesis*. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Tambaru, R., 2000, Pengaruh Intensitas Cahaya pada berbagai Waktu Inkubasi terhadap Produktivitas Primer Fitoplankton di Perairan Teluk Hurun. *Tesis*, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization), 2004, Kali Cisadane, h. 45-56 *in* Yasuto Tachikawa, Ross James, Keizrul Abdullah, Mohd. Norbin, Mohd. Desa (Ed.), Catalogue of rivers for Southeast Asia and Pacific Volume V. UNESCO-IHP Publication, Tokyo, Jepang.
- Yamaji, I., 1979, Illustrations of the Marine Plankton of Japan, Enlarged & Revised edition, Hoikusha Publishing Co., Ltd. Osaka, Jepang, 350 p.
- Webster, I., I. Atkinson; L. Radke, 2010, Salinity. OzCoasts – Australian Online Coastal Information, <http://www.ozcoasts.org.au/indicator/s/salinity.jsp> Diakses tgl. 6 Februari 2010.