

**KAJIAN KARAKTERISTIK MUARA CILIWUNG DENGAN  
MODEL BUDGET NITROGEN**  
(*Assessment of Ciliwung Estuary Characteristic with Nitrogen Budget Model*)

**Devi Dwiyanti Suryono<sup>1\*</sup> dan Setyo S. Moersidik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir,  
Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan-KKP,  
Jln. Pasir Putih I Ancol Timur, Jakarta 14430-Indonesia.

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Kampus Universitas Indonesia, Depok.

\*Penulis korespondensi. No Tel: 021-64711583. Fax: 021-64711654.  
Email: devibasworo@yahoo.com.

Diterima: 12 Januari 2015

Disetujui: 23 Februari 2015

**Abstrak**

Perairan muara merupakan perairan yang mempunyai karakteristik yang khas karena dipengaruhi oleh faktor hidrodinamika dan pola musim, yaitu musim timur dan musim barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan metode perhitungan *budget* biogeokimia berdasarkan pendekatan LOICZ pada perairan muara Ciliwung dan memperoleh informasi tentang karakteristik *budget* nitrogen pada perairan muara Ciliwung. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa pada musim timur dan musim barat perairan muara Ciliwung berperan sebagai *source* nitrogen. Pada musim timur perairan muara Ciliwung bersifat autotrofik, sedangkan pada musim barat perairan tersebut bersifat heterotrofik. Hal ini dicirikan melalui siklus nitrogen dengan laju fiksasi lebih besar daripada laju respirasi pada musim timur, sedangkan pada musim barat yang terjadi adalah sebaliknya, laju respirasi lebih besar dibandingkan dengan laju fiksasinya, sebesar 21,14 mg/hari.

**Kata kunci:** budget, fiksasi, muara ciliwung, nitrogen, respirasi.

**Abstract**

*Estuarine ecosystem was an unique ecosystem because of the hydrodynamic factor and seasonal pattern i.e. east season and west season, that influence the characteristic of the estuarine. The purpose of this study was to apply the LOICZ biogeochemical budgeting approach to Ciliwung estuary and to get the information about nitrogen budget in Ciliwung estuary. Based on the analysis the function of the estuary was as source of nitrogen on west season and east season. Nitrogen budget of the Ciliwung estuary obtained that the system was autotrophic while in east season, and tend to heterotrophic in west season. This condition was indicated that in the east season the fixation rate was more than respiration rate, but in west season the respiration rate was more than fixation rate with the respiration rate is 21.14 mg/day.*

**Keywords:** budget, fixation, ciliwung estuary, nitrogen, respiration.

**PENDAHULUAN**

Dinamika perairan muara mempunyai karakteristik yang khas karena adanya pengaruh pasang surut dan pola arus (Supriadi, 2001, Mukhtasor, 2007, Ongkosongo, 2010). Demikian juga dinamika yang terjadi di muara Ciliwung yang terletak di teluk Jakarta yang merupakan tempat bermuaranya daerah aliran sungai (DAS) Ciliwung. Kasus pencemaran kawasan pesisir teluk Jakarta akibat faktor tekanan lingkungan sebagai salah satu dampak pembangunan telah lama terjadi dan menjadi perhatian karena kawasan ini memiliki arti dan peranan yang sangat penting (Anggraeni, 2002; Supriharyono, 2009). Menurut Suhartono (2009), nilai Indeks Pencemaran muara Ciliwung adalah

10,39, nilai ini menunjukkan bahwa kondisi muara Ciliwung sudah tercemar berat. Salah satu penyebab utama terjadinya degradasi ekosistem muara Ciliwung adalah akibat penggunaan perairan muara sebagai tempat pembuangan limbah secara terus menerus, terutama limbah dari kegiatan di darat (*land based pollution*). Melalui pergerakan air sungai, aliran air larian (*direct runoff*), dan aliran air tanah (*ground water flow*), nutrisi, bahan pencemar, dan sedimen dari daratan akan bermuara di perairan pesisir (Anonim, 2007<sup>a</sup>, Anonim, 2007<sup>b</sup>, Dahuri dkk., 2004).

Sumber limbah dari kegiatan di darat terutama dari kegiatan rumah tangga dan pertanian yang sebagian besar mengandung bahan organik. Menurut Effendi (2003) dan Supriharyono (2000)

hasil penguraian bahan organik tersebut akan menghasilkan unsur hara, di antaranya adalah nitrogen (N) dan fosfor (P). Kandungan unsur hara N dan P yang berlebihan akibat pembuangan limbah organik di perairan muara yang melebihi kemampuan daya asimilasi muara tersebut akan menyebabkan pencemaran muara dan menimbulkan penyuburan berlebihan (*eutrofikasi*). Gejala ini akan menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga dapat menyebabkan kematian organisme perairan. Fenomena *eutrofikasi* di teluk Jakarta telah rutin terjadi sejak tahun 1970-an. Pada tahun 2004 fenomena *eutrofikasi* terjadi tiga kali, pada tahun 2005 terjadi empat kali dan tiga kali pada tahun 2006, dan menyebabkan kematian massal ikan di perairan tersebut. Fenomena ini sering terjadi dengan area cakupan sekitar 5 km pada tahun 1988 semakin luas menjadi sekitar 12 km pada tahun 1992 (Sutomo dkk., 1994, Damar, 2003, Wouthuyzen, 2006).

Di Indonesia ada sekitar 20 jenis alga (fitoplankton) yang dapat menyebabkan ikan mati. Di teluk Jakarta sendiri terdapat 17 jenis yang tergolong beracun dan akan meledak (*blooming*) bila terjadi pengayaan nutrien di perairan. Berdasarkan hasil pemantauan tahun 1996-2002, perairan teluk Jakarta pada umumnya berada pada tingkat buruk berdasarkan indeks Storet, terutama di zona I (10 stasiun dekat pantai) dan di muara-muara sungai seperti di muara Kamal, muara Angke, muara Ciliwung, muara Kalibaru, muara Kali Sunter, dan muara Kali Cakung, serta pada beberapa kali pemantauan di zona II (7 stasiun agak ke tengah perairan) dan zona III (6 stasiun di bagian tengah perairan). Kondisi baik hanya ditemui pada pemantauan bulan Agustus 2000 di zona II dan III dan pada Agustus 2001 di zona III. Kondisi sedang terjadi pada Maret 1998 (zona III) dan Januari 2002 (zona II dan III). Kondisi perairan yang tergolong berkualitas buruk tersebut terutama disebabkan oleh tingginya nilai beberapa parameter seperti nitrit, fenol, logam-logam berat Cu, Ni, Pb, Zn dan bakteri coliform yang melebihi baku mutu. Beberapa pengamatan juga menunjukkan kandungan yang tinggi dari padatan tersuspensi, deterjen dan amonia serta kadar oksigen terlarut yang rendah di muara-muara sungai (Anggraeni, 2002).

Pendekatan model *budget* yang dikembangkan oleh Gordon dkk. (1996) melalui program *Land Ocean Interaction in the Coastal Zone (LOICZ)* digunakan untuk mengetahui *budget* nitrogen di muara Ciliwung. Salah satu tujuan LOICZ adalah mempelajari bagaimana perubahan pemanfaatan lahan, iklim, muka air laut, dan aktivitas manusia mempengaruhi fluks material yang dihasilkan dari suatu wilayah yang pada akhirnya melalui sungai dan akan mempengaruhi wilayah pesisir.

Pendekatan LOICZ antara lain dilakukan dengan cara mengembangkan pemodelan fluks karbon (C), nitrogen (N), dan fosfor (P) dan sedimen dalam skala lokal pada suatu perairan semi tertutup. Model tersebut diharapkan dapat digunakan untuk estimasi dalam menyusun model fluks C, N, P, dan sedimen dalam skala yang lebih besar, yaitu skala regional dan global (Gordon dkk., 1996). Pendekatan dengan metode ini sudah banyak digunakan di berbagai Negara (Kelderman dkk., 2002; Sylaios, 2003; Joao dkk., 2007; Georgios dan Vassilios, 2009), misalnya di Australia yang dijelaskan Smith dan Crossland (1999), Dupra (1999), Eyre dan Lester (2002). Namun, di perairan Indonesia baru dikembangkan untuk muara Cisadane dan delta Mahakam (Hadikusumah dan Marojahan, 2011). Menurut Gordon dkk. (1996) *budget* N dan P dapat digunakan untuk memperkirakan metabolisme sistem bersih yang direpresentasikan oleh metabolisme ekosistem bersih (*p-r*) dan kinerja siklus nitrogen (*nfix-denit*) dengan perhitungan perbandingan stoikiometri berdasar pada asumsi fitoplankton sebagai produser produktivitas primer. Rasio Redfield untuk C : N : P adalah 106 : 16 : 1.

Sementara itu Swaney (2000) menyatakan proses-proses yang terjadi di dalam sistem atau disebut juga metabolisme sistem bersih dapat diperoleh melalui dua variabel dari  $\Delta DIP$  dan  $\Delta DIN$ . *Pertama*, produksi primer minus respirasi (*p-r*) atau nama lainnya adalah metabolisme ekosistem bersih. Nilai (*p-r*) didapatkan dari persamaan (1)

$$(p-r) = - (C:P)_{part} \times \Delta DIP \quad (1)$$

Boudreau (2006) menyatakan perbedaan antara produksi primer dan respirasi seringkali disebut produksi ekosistem bersih atau *net ecosystem production* (NEP) atau metabolisme ekosistem bersih atau *net ecosystem metabolism* (NEM), kedua istilah tersebut adalah sama. Untuk mencari nilai *net ecosystem metabolism* (NEM) atau metabolisme ekosistem bersih yang dilambangkan dengan (*p-r*) dari persamaan (2).

$$(p-r) = -106\Delta DIP \quad (2)$$

Boudreau (2006) menambahkan jika nilai (*p-r*) > 0 maka sistem merupakan produser material organik (autotrofik) terdapat *sink* dari DIP ( $\Delta DIP < 0$ ), sebaliknya jika (*p-r*) < 0 maka sistem merupakan konsumen material organik (heterotrofik) terdapat *source* dari DIP ( $\Delta DIP > 0$ ). Dalam kinerja siklus nitrogen, fiksasi nitrogen dan denitrifikasi merupakan rangkaian penting *budget* nitrogen sehingga perbedaan ini digunakan sebagai ukuran fiksasi nitrogen minus denitrifikasi (*nfix-denit*). Nilai ini dihitung dengan persamaan (3).

$$(nfix - denit) = \Delta DIN - 16\Delta DIP \quad (3)$$

Boudreau (2006) menambahkan jika nilai ( $nfix-denit$ )  $> 0$  maka dalam sistem berlangsung proses fiksasi nitrogen sebaliknya jika nilai ( $nfix-denit$ )  $< 0$  maka dalam sistem berlangsung proses denitrifikasi. Pada siklus nitrogen, denitrifikasi mengubah nitrat menjadi gas nitrogen sedangkan fiksasi nitrogen mengubah gas nitrogen menjadi nitrogen organik. Reaksi tersebut memproduksi atau mengkonsumsi bentuk-bentuk nitrogen. Analisis *budget* akan membantu memahami peran kawasan pantai sebagai *source* atau *sink* dari nitrogen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik perairan muara Ciliwung dengan mengaplikasikan metode perhitungan *budget* biogeokimia berdasarkan pendekatan LOICZ sebagai basis data untuk memperoleh informasi tentang karakteristik *budget* nitrogen pada perairan muara Ciliwung.

### METODE PENELITIAN

Prosedur umum penyusunan *budget* berdasarkan pendekatan LOICZ. Metode pendekatan yang dikembangkan Gordon dkk.(1996) adalah metode pendekatan yang digunakan untuk menyusun *budget* N di muara Ciliwung. Kelebihan LOICZ model ini adalah dengan ketersediaan data kualitas air yang terbatas, model *budget* dapat dibangun. Prinsip konservasi massa digunakan dalam prosedur penyusunan *budget* seperti terlihat pada Gambar 1. *Budget* N di muara Ciliwung ini menggunakan metode box model yang dianggap sebagai satu sistem yang menggambarkan *budget* N pada lapisan permukaan di perairan muara Ciliwung. Deskripsi rinci tentang prosedur perhitungan matematik merujuk pada prosedur Gordon dkk. (1996). Penyusunan *budget* N di ekosistem muara melalui tahapan perhitungan neraca massa air (persamaan (4)), neraca salinitas

(persamaan (5)), dan neraca massa N (persamaan (6) dan (7)).

a. Perhitungan neraca massa air

$$V_R = -(V_Q + V_p + V_G + V_o + V_E) \quad (4)$$

b. Perhitungan neraca salinitas

$$V_x = -\frac{V_R S_R}{(S_{Ocn} - S_{Sys})} \quad (5)$$

c. Perhitungan neraca nitrogen

$$V \frac{dY}{dt} + Y \frac{dV}{dt} = \sum V_{in} Y_{in} - \sum V_{out} Y_{out} + \Delta Y \quad (6)$$

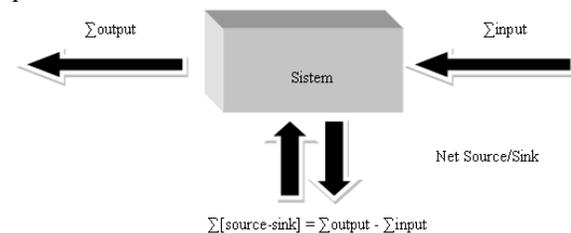
$$\Delta Y = V \frac{dY}{dt} + Y \frac{dV}{dt} - \sum V_{in} Y_{in} + \sum V_{out} Y_{out} \quad (7)$$

Keterangan:

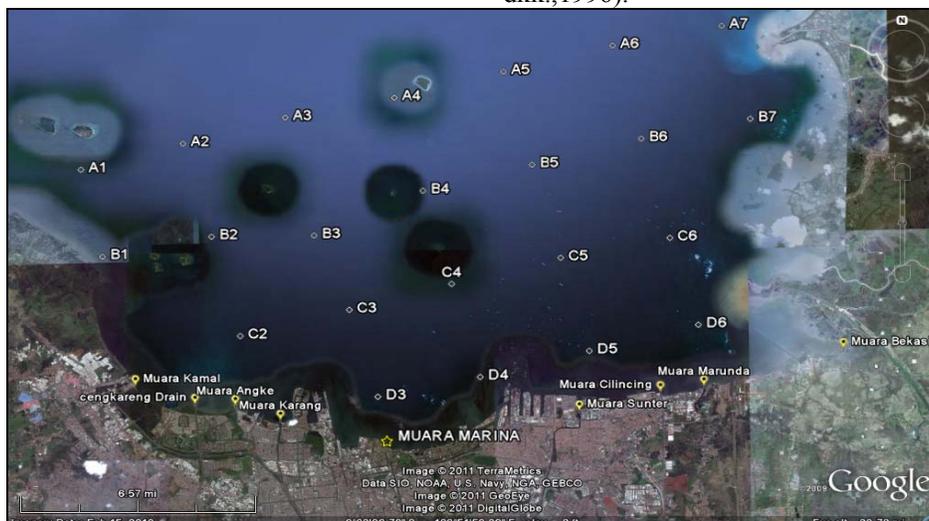
$V_R$  : volume residual

$Y$  : kadar N

Data yang digunakan dalam perhitungan *budget* N di muara Ciliwung adalah data kualitas air muara Ciliwung hasil pemantauan kualitas air tahun 2008 yang dilakukan oleh Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) propinsi DKI Jakarta untuk kualitas air muara, laut, dan sungai dan ditetapkan secara *purposive*. Lokasi pengambilan sampel meliputi wilayah yang teridentifikasi terpengaruh oleh kegiatan domestik, kegiatan permukiman, kegiatan industri, dan kondisi alamiah di wilayah pantai seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Konsep perhitungan *budget* berdasarkan pendekatan LOICZ (Gordon dkk.,1996).



**Gambar 2.** Lokasi penelitian di muara Ciliwung.

**Tabel 1.** Data kualitas air muara Ciliwung pada musim timur dan musim barat.

Parameter	Konsentrasi (mg/L)					
	Musim timur			Musim barat		
	Sungai	Muara	Laut	Sungai	Muara	Laut
Amonia	6,20	2,53	0,16	5,78	10,96	0,12
Nitrat	5,60	0,12	0,01	4,51	2,68	0,06
Nitrit	0,30	0,02	Ttd	1,66	0,01	Ttd

(Sumber : BPLHD DKI Jakarta)

Penentuan posisi sampling dilakukan dengan asumsi titik tersebut dekat dengan sumber pencemaran dan meluas hingga ke pantai. Penentuan titik sampling juga memperhatikan pengaruh situasi pasang surut seperti terlihat pada Gambar 2. Selain data kualitas air, data curah hujan dan evaporasi yang diperoleh dari BMKG digunakan juga dalam perhitungan *budget* N.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi nitrogen di perairan muara Ciliwung diidentifikasi berdasarkan distribusi konsentrasi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), dan amonia ( $\text{NH}_3$ ). Senyawa nitrogen merupakan unsur sangat penting di dalam perairan karena peranannya dalam reaksi biologi perairan dan merupakan salah satu nutrisi di perairan. Nitrogen merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan organisme dan proses pembentukan protoplasma, serta merupakan salah satu unsur utama pembentukan protein (Chen Shu-tu, 1997). Hasil analisis kualitas air terhadap  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , dan  $\text{NH}_3$  pada tahun 2008 yang digunakan sebagai dasar perhitungan *budget* muara Ciliwung dapat dilihat pada Tabel 1.

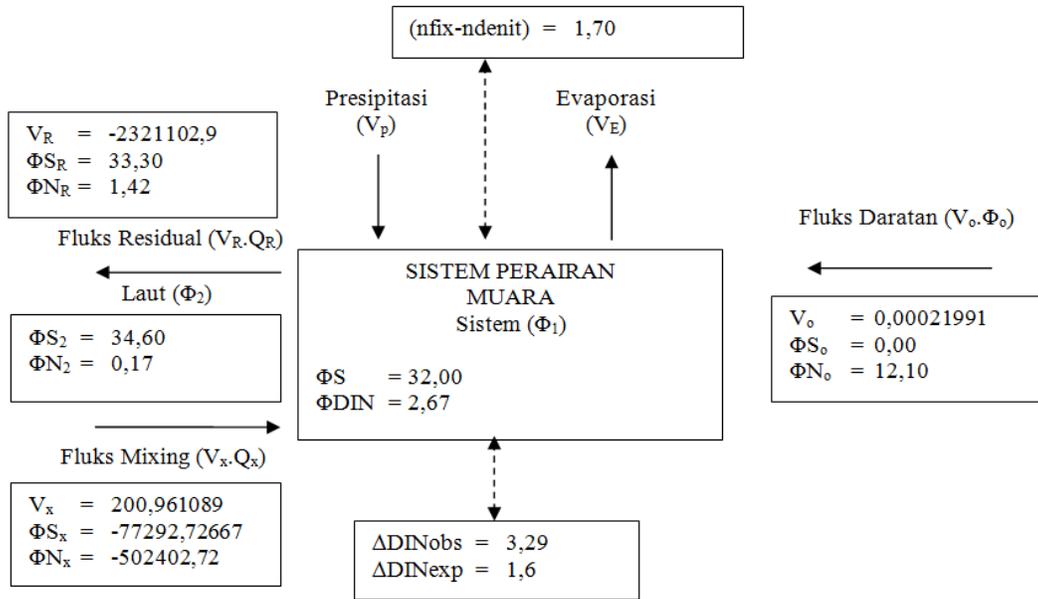
Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa konsentrasi parameter  $\text{NO}_2^-$  di laut tidak terdeteksi, hal ini disebabkan karena  $\text{NO}_2^-$  merupakan bentuk peralihan  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_3$  yang tidak stabil, tergantung pada keberadaan oksigen. Jika oksigen normal maka keseimbangan akan menuju nitrat. Pada saat oksigen rendah keseimbangan akan menuju amonia dan sebaliknya (Naqvi dkk., 2008). Dengan demikian nitrat adalah hasil akhir dari oksida nitrogen dalam laut. Untuk parameter  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_3$  pada umumnya telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hal ini dapat disebabkan karena berbagai aktivitas sepanjang aliran sungai Ciliwung yang memberikan kontribusi terhadap terakumulasinya beban pencemaran di muara Ciliwung, seperti kegiatan permukiman penduduk, industri, pertanian, dan lain-lain. Kondisi pasang surut di perairan muara juga mempengaruhi dinamika reaksi yang terjadi. Konsentrasi  $\text{NO}_3^-$  yang tinggi pada saat pasang menunjukkan adanya reaksi oksidasi akibat adanya limpasan air pada saat pasang yang menyebabkan tingginya konsentrasi  $\text{NO}_3^-$ . Kondisi sebaliknya konsentrasi  $\text{NH}_3$  lebih

tinggi pada saat surut disebabkan adanya reaksi reduksi yang menyebabkan tingginya konsentrasi  $\text{NH}_3$ .

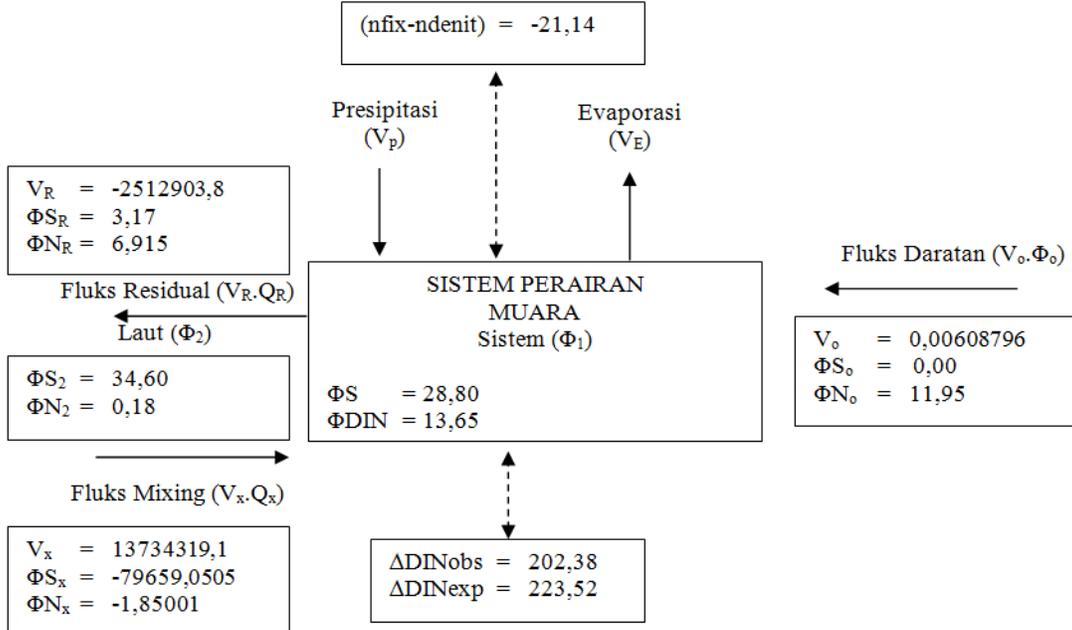
Perhitungan dan analisis *budget* N di muara Ciliwung dilakukan berdasarkan perbedaan musim, yaitu musim timur dan musim barat. Hal ini dilakukan karena dinamika perairan muara sangat dipengaruhi oleh pola musim yang berimplikasi pada pola arus dan akan menghasilkan perbedaan pola *budget* N di muara Ciliwung. Musim barat terjadi pada musim penghujan, sedangkan musim timur pada saat musim kemarau. Musim barat ditandai dengan bergeraknya arus dari barat ke timur disertai dengan curah hujan yang tinggi, diikuti sungai membawa banyak sedimen, kemudian terbawa arus dan mengendap di pantai timur. Pada musim timur arus bergerak dari timur ke barat, yang terjadi saat musim kemarau, sungai tidak banyak membawa sedimen, sehingga yang diendapkan di pantai barat relatif sedikit daripada di pantai timur. Musim barat umumnya berlangsung dari bulan Desember sampai dengan bulan Maret, sedangkan musim timur berlangsung dari bulan Mei sampai dengan bulan Oktober.

Berdasarkan hasil perhitungan *budget* air di muara Ciliwung pada musim timur tahun 2008 seperti terlihat pada Gambar 3, diketahui debit sungai ( $V_0$ ) didapatkan sebesar  $2,1991 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hari}$ , volume dalam sistem muara ( $V_x$ ) didapatkan sebesar  $200,96 \text{ m}^3/\text{hari}$ , *budget* curah hujan ( $V_p$ ) didapatkan sebesar  $258.708,234 \text{ m}^3/\text{hari}$  dan *budget* evaporasi ( $V_E$ ) didapatkan sebesar  $2.771.612,07 \text{ m}^3/\text{hari}$ , maka *budget* air tawar yang keluar dari sistem atau menuju laut ( $V_R$ ) didapatkan sebesar  $-2.321.102,9 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Hasil perhitungan *budget* N di muara Ciliwung pada musim timur tahun 2008, diketahui bahwa kadar DIN adalah  $12,10 \text{ mg/L}$  sedangkan *budget* DIN yang terbawa air sungai adalah  $2,66 \text{ mg/hari}$ . Setelah memasuki sistem muara Ciliwung kadar DIN menjadi  $2,67 \text{ mg/hari}$  dan *budget* DIN sebesar  $3.296.468.518 \text{ mg/hari}$ . Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa nitrogen tersebut mengalami pengurangan setelah memasuki sistem muara dengan *budget* DIN yang keluar adalah  $-502.402,72 \text{ mg/hari}$ .

Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi muara Ciliwung pada musim timur tahun 2008 berperan sebagai *source* dari DIN



**Gambar 3.** Model *budget* nitrogen pada perairan muara Ciliwung pada musim timur pada tahun 2008.



**Gambar 4.** Model *budget* nitrogen pada perairan muara Ciliwung pada musim barat pada tahun 2008.

sebesar 3.296.468.518 mg/hari. Berdasarkan hasil perhitungan, maka muara Ciliwung pada musim timur tahun 2008 merupakan perairan dengan metabolisme yang bersifat autotrofik dengan laju fiksasi nitrogen sebesar 1,70 mg/hari.

Berdasarkan hasil perhitungan *budget* air di muara Ciliwung pada musim barat tahun 2008 seperti terlihat pada Gambar 4, diketahui bahwa debit sungai ( $V_0$ ) didapatkan sebesar  $6,0879 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/hari, volume dalam sistem muara ( $V_x$ ) didapatkan sebesar 13734319,1 m<sup>3</sup>/hari, *budget* curah hujan ( $V_p$ ) didapatkan sebesar 258.708,234 m<sup>3</sup>/hari dan *budget* evaporasi ( $V_E$ ) didapatkan sebesar 2.771.612,07m<sup>3</sup>/hari, maka *budget* air tawar

yang keluar dari sistem atau menuju laut ( $V_R$ ) didapatkan sebesar -2.512.903,8 m<sup>3</sup>/hari. Hasil perhitungan *budget* N di Muara Ciliwung pada musim barat tahun 2008 pada Gambar 4, diketahui bahwa kadar DIN adalah 11,95 mg/L sedangkan *budget* DIN yang terbawa air sungai adalah 72,75 mg/hari. Setelah memasuki sistem muara Ciliwung kadar DIN menjadi 13,65 mg/L dan *budget* DIN sebesar  $2,02 \times 10^{11}$  mg/hari. Berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa ketiga materi tersebut mengalami pengurangan setelah memasuki sistem muara dengan *budget* DIN yang keluar adalah -1,85001 mg/hari. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi muara Ciliwung pada

**Tabel 2.** Hasil perhitungan *budget* nitrogen dan siklusnya di muara Ciliwung.

Musim	(Nfix-Denit)	Fungsi	Kondisi
Timur	1,70	Source	Heterotrofik
Barat	-21,14	Source	Autotrofik

musim barat tahun 2008 berperan sebagai *source* dari DIN sebesar  $2,02 \times 10^{11}$  mg/hari. Berdasarkan hasil perhitungan, maka muara Ciliwung pada musim barat tahun 2008 merupakan perairan dengan metabolisme yang bersifat heterotrofik, yaitu laju respirasi lebih besar dari laju fiksasi nitrogen sebesar 21,14 mg/hari.

Fungsi perairan muara Ciliwung sebagai sumber (*source*) N baik pada musim timur maupun barat seperti terlihat pada Tabel 2, dapat dijelaskan dengan mekanisme fungsi nitrogen yang merupakan salah satu unsur penting bagi pertumbuhan organisme dan proses pembentukan protoplasma, serta merupakan salah satu unsur utama pembentukan protein. Pada umumnya nitrogen diabsorpsi oleh fitoplankton dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan amonia ( $\text{NH}_3$ ). Fitoplankton lebih banyak menyerap  $\text{NH}_3$  dibandingkan dengan  $\text{NO}_3^-$  karena lebih banyak dijumpai di perairan baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. Fitoplankton berkembang dengan cepat pada kondisi lingkungan dan unsur hara yang cukup.

Pertumbuhan fitoplankton ini yang terjadi pada perairan muara Ciliwung. Pertumbuhan fitoplankton berlangsung pesat karena keberadaan unsur hara N yang berlebihan. Peningkatan keberadaan fitoplankton di muara Ciliwung akan meningkatkan pula terjadinya proses fotosintesis. Fenomena ini dapat mengakibatkan terjadinya kelebihan pertumbuhan populasi alga yang berlebihan (*blooming alga*). Fenomena ini sering terjadi di perairan muara Ciliwung. Unsur hara yang berlebihan di perairan muara disebabkan adanya beban pencemaran yang berlebihan dari kegiatan di darat yang mengandung bahan organik dan berasal dari hasil metabolisme organisme hidup dan proses dekomposisi organisme yang telah mati serta sisa-sisa makanan. Kegiatan di darat yang dapat menjadi sumber unsur hara di perairan diantaranya adalah kegiatan industri, permukiman, pertanian (Koropitan dkk., 2009). Kasus yang hampir sama terjadi di India. Singbal dkk. (1976) dalam penelitiannya menyatakan bahwa, seringnya terjadi kematian ikan di teluk Velsao (India) seiring dengan berdirinya pabrik agrokimia di sekitar perairan tersebut. Menurutnya hal ini disebabkan oleh adanya senyawa nitrogen dan arsen dalam air laut, namun di antara kedua senyawa kimia itu yang menimbulkan masalah primer adalah senyawa nitrogen-amonia dalam perairan tersebut yang

kadarnya mencapai 174  $\mu\text{g/L}$ . Menurut Landner (1977) bahwa industri agrokimia menempati urutan nomor dua sebagai sumber limbah nitrogen di perairan Finlandia. Dengan demikian, ada keterkaitan atau hubungan antara kegiatan atau aktivitas di darat dengan fenomena yang terjadi di perairan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap *budget* nitrogen di perairan muara Ciliwung dapat disimpulkan bahwa baik pada musim timur maupun musim barat pada tahun 2008, perairan muara Ciliwung berfungsi sebagai sumber (*source*) N. Pada musim timur tahun 2008 muara Ciliwung bersifat heterotrofik. Hal ini dicirikan melalui siklus nitrogen dengan laju fiksasi lebih besar daripada laju respirasi, sedangkan pada musim barat yang terjadi adalah sebaliknya, laju respirasi nitrogen lebih besar dibandingkan dengan laju fiksasinya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BPLHD Provinsi DKI Jakarta atas data monitoring lingkungan yang digunakan untuk menyusun model dalam tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, 2002. *Kualitas Air Perairan Laut Teluk Jakarta Selama Periode 1996-2002*. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Anonim, 2007<sup>a</sup>. *Land Based Pollution in The South China Sea*. UNEP/GEF/SCS Technical Publication No. 10, Bangkok.
- Anonim, 2007<sup>b</sup>. *Modelling the Carrying Capacity of the South China Sea Marine Basin with Respect to Nutrient Loading from Land-Based Sources in the Context of the UNEP/GEF Project Entitled: "Reversing Environmental Degradation Trends in the South China Sea and Gulf of Thailand"*. South China Sea Knowledge Document No. 5/UNEP/GEF/SCS/Inf.5, Bangkok.
- Boudreau, P.R., 2006. *Stoichiometric Analysis of CNP Budgets*. Website : <http://data.ecology.su.se/MNODE/Methods/stoich.htm>.
- Chen, S., 1997. Biogeochemical Behaviour of Nutrients and Their Fluxes in the Minjiang River Estuary. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 15(2):150-155.

- Dahuri, R., Jacob, R., Sapta, P.G., dan Sitepu, M.J., 2004. *Menata Ruang Laut Terpadu*, Cetakan ketiga, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- Damar, A., 2003. *Effects of Enrichment On Nutrient Dynamics, Phytoplankton Dynamics and Productivity in Indonesia Tropical Waters : A Comparasion Between Jakarta Bay, Lampung Bay and Semangka Bay*. Disertasi. Christian Albrechts University. Kiel.
- Dupra, V., 1999. *Manukau Harbour, North Island*, LOICZ Report & Studies No.12, Texel, Amsterdam.
- Effendi, H., 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Eyre, B.D., dan Lester, J.M., 2002. Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Budgets for a Shallow Subtropical Coastal Embayment (Moreton Bay, Australia). *Lymnology, Oceanography*, 47(4):1043-1055.
- Georgios, K.S, dan Vassilios, A.T, 2009. A Budget Model to Scale Nutrient Biogeochemical Cycles in Two Semienclosed Gulfs. *Environmental Modelling Assessment*, 14:59-72.
- Gordon, D.C., Boudreau, P.R., Mann, K.H., Ong, J.E., Silvert, W.L., Smith, S.V., Wattayakorn, G., Wulff, F., dan Yanagi, T., 1996. *LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines*, LOICZ/R&S/95-5, VI + 96pp, LOICZ, Texel, Amsterdam.
- Hadikusumah, dan Marojahan S., 2011. Box Model Air Tawar, Salinitas, dan Zat Hara di Delta Mahakam, Kalimantan Timur. *Makara Sains*, 15(1):79-88.
- Joao, M.N., Mogens, R.F., Joao, C.M., dan Miguel, A.P., 2007. Modelling Nutrient Mass Balance in Temperate Meso Tidal Estuary: Implication for Management. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, 76(1):175-185.
- Kelderman, P., Barendregt, A., Normala, S., Douven, M., dan Heun, J.C., 2002. Using Mass Budgets for The Assessment of Water and Nutrient Inputs from The Banten River into Banten Bay (Indonesia)., *Jurnal Pesisir dan Lautan*, 4(2):1-8.
- Koropitan, A.F., Ikeda, M., Damar, A., dan Yamanaka, Y., 2009. Influences of Physical Processes on the Ecosystem of Jakarta Bay: a Coupled Physical-Ecosystem Model Experiment. *ICES Journal of Marine Science*, 66(2):336-348.
- Landner, L., 1977. *Sources of Nitrogen as A Water Pollutant: Industrial Waste Water. Proceedings of The Conference on Nitrogen as A Water Pollutant*. (S.H. Jenkins ed). August, Copenhagen: 55-65 pp.
- Mukhtasor, 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. Cetakan Pertama, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Naqvi, S.W.A., Voss, M., dan Montoya, J.P., 2008. Recent Advances in the Biogeochemistry of Nitrogen in Ocean. *Biogeosciences*, 5:1033-1041.
- Ongkosongo, O.S.R., 2010. *Kuala, Muara Sungai, dan Delta*, LIPI, Jakarta.
- Singbal, S.Y, Pondekar, S.P. dan Reddy, C.V.G., 1976. *Chemical Characteristics of The Inshore Water in Velsao Bay (Goa)*. *Mahasagar Bulletin of the National Institute of Oceanography*, Dona Paula, Goa.
- Suhartono, E., 2009. Identifikasi Kualitas Perairan Pantai Akibat Limbah Domestik Pada Monsun Timur dengan Metode Indeks Pencemaran, Studi Kasus di Jakarta, Semarang, dan Jepara. *Wahana Teknik Sipil*, 14(1):51-62
- Supriadi, I.H., 2001. Dinamika Estuaria Tropik. *Oseana*, 26(4):1-11.
- Supriharyono, 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Supriharyono, 2009. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Peisir dan Laut Tropis*. Edisi Kedua, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Sutomo, A.B., Adnan Q., dan Ermaitis, 1994. *Pelacakan Noctiluca miliaris Suriray di Teluk Jakarta*, Seminar Pemantauan Pencemaran Laut, Jakarta.
- Smith S.V., dan Crossland, C.J., 1999. *Australian Estuarine System: Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxs*, LOICZ Report & Studies No.12, Texel, The Netherlands, p.182.
- Swaney, D.P. 2000. *Rules of Thumb in Coastal Nutrient Budgets: General Notes*. <http://data.ecology.su.se/MNODE/Methods/ro t/thumb.htm>.
- Sylaos, G., 2003. A Budget Model of Water, Salt, and non-Conservative Nutrients in Strymonikos and Ierissos Gulfs, *European Water*, 1(2):31-36.
- Wouthuyzen, 2006. *Pendeteksian Dini Kejadian Marak Alga (Harmful Alga Bloom/HAB) Perairan Teluk Jakarta dan Sekitarnya*. P2O-LIPI, Jakarta.