
IV. IDENTIFIKASI PROSES TRANSFER MATERI DAN ENERGI ANTARA EKOSISTEM SUNGAI

Oleh:

Awalina, Yustiawati, Dede Irving Hartoto, Tuahta Tarigan, M. Suhaemi Syawal, Rosidah

ABSTRAK

Identifikasi proses transfer materi dan energi antara ekosistem sungai dan terrestrial. Sebuah model pengelolaan perairan sungai, sangat dipengaruhi terhadap daerah aliran sungainya, disusun berdasarkan pengetahuan mengenai proses transfer energi dan materi yang terjadi dalam ekosistem tersebut. Proses Biogeokimia merupakan bagian terpenting dari proses transfer materi dan energi, dalam hal ini yang paling krusial untuk dikaji adalah proses-proses yang berkaitan dengan siklus-siklus Karbon (C), Nitrogen (N), Fosfor (P), Belerang (S), Fe (Besi), dan Silika (Si). Penelitian tentang komponen-komponen pelaksana dan laju fungsi perpindahan melalui jalur siklus-siklus tersebut di daerah tropis masih sangat jarang. Diduga ada perbedaan karakteristik komponen-komponen pelaksana dan laju fungsi perpindahan melalui jalur kelima siklus tersebut pada daerah tropis dan daerah empat musim. Dalam studi ini akan dilakukan identifikasi struktur dan ukuran komponen-komponen biotik dan abiotik yang ada di ekoton antara ekosistem sungai, dengan terrestrial. Laju proses transfer diukur berdasarkan laju perubahan keluar masuk energi dan materi pada masing-masing material and energy pools dengan menghitung parameter-parameter *ex situ* dan *in situ*. Pelaksanaan kegiatan di rencanakan berlangsung di Sungai Cisadane atau pun sungai lain yang bermuara ke Teluk Jakarta pada rentang waktu kegiatan tahun 2003-2007 dan akan melibatkan para peneliti dari berbagai disiplin ilmu yang relevan dengan penelitian ini dari Puslit Limnologi, Oseanografi dan Geoteknologi.

Kata kunci : proses transfer, energi, materi, siklus biogeokimia, sungai, daratan.

1. PENDAHULUAN

Latar belakang, ruang lingkup dan batasan kegiatan

Akhir-akhir ini begitu banyak permasalahan serius muncul berkaitan dengan masalah pengelolaan DAS yang pada akhirnya menjadi permasalahan terhadap sungai sebagai badan air penerimanya. Wilayah Jabotabek misalnya, hampir setiap tahun menghadapi masalah banjir, adapun permasalahan tersebut dikarekan system pengelolaan DAS Ciliwung dan DAS Cisadane yang belum baik. Sehingga penyusunan sistem/model pengelolaan pada masing-masing jenis ekosistem tersebut sudah seharusnya bersifat holistic dan didasari dengan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah pengelolaan lingkungan air dan daratan erat hubungannya dengan studi pemahaman tentang struktur dan fungsi ekosistem (dalam hal ini proses transfer materi dan energi) di kedua lingkungan tersebut. Suatu model pengelolaan perairan sungai dan daerah aliran

sungai yang dipengaruhinya, sudah seharusnya di dasarkan atas pengetahuan tentang proses biogeokimia yang berlangsung di dalam dan di antara ekosistem yang bersangkutan. Oleh karena itu studi mengenai siklus biogeokimia ini sangat perlu untuk dilakukan untuk memahami proses transfer energi dan materi yang terjadi dalam ekosistem tersebut.

Perumusan Masalah

Proses Biogeokimia adalah bagian integral dari proses transfer materi dan energi. Dalam hal ini yang paling utama adalah siklus Karbon (C), Nitrogen (N), Fosfor (P), Belerang (S), Fe (besi) dan Silika (Si). Selama ini referensi untuk model pengelolaan DAS yang dipengaruhinya berasal dari pengalaman empiris Negara-negara empat musim (Eropa dan USA), hal ini karena penelitian tentang komponen-komponen pelaksana dan laju fungsi transfer melalui siklus-siklus tersebut di daerah tropis khususnya masih sangat jarang. Padahal data-data tersebut sangat perlu untuk menunjang system pengelolaan DAS yang dipengaruhinya untuk Indonesia yang beriklim tropis, agar dapat berfungsi dengan optimum.

1.1. TUJUAN

1. Teridentifikasinya komponen-komponen ekosistem yang melaksanakan proses transfer energi dan materi antara ekosistem sungai dan daratan.
2. Teridentifikasinya mekanisme laju proses transfer energi dan materi antara ekosistem sungai dengan daratan.
3. Meramu pengetahuan tentang struktur dan mekanisme proses transfer energi dan materi sebagai masukan utama penyusunan konsep dan model pengelolaan perairan sungai dan daerah aliran sungai.

1.2. LUARAN

Draft Informasi ilmiah tentang mekanisme laju proses transfer energi dan materi antara ekosistem sungai dan daratan di daerah tropis.

2. METODOLOGI

Tahapan proses untuk mencapai sasaran

Dalam penelitian ini akan diidentifikasi struktur dan ukuran komponen-komponen biotic (flora, fauna, mikroba) dan abiotik (metals dan nutrient pools) yang ada di ekoton antara ekosistem sungai dan daratan, seperti tipe-tipe habitat sempadan sungai, permukaan sungai, dan sediment dasar sungai.. Demikian pula halnya dengan ekoton antara ekosistem daratan dan lautan seperti habitat vegetasi daratan pantai, daerah litoral laut, sediment laut dan lain-lain.

Habitat ekoton ekosistem sungai yang menjadi pusat perhatian adalah habitat riparian, dan plumes air sungai serta habitat-habitat lain. Komponen-komponen tersebut selanjutnya dianggap sebagai material and energy pools. Laju proses transfer diukur berdasarkan laju perubahan masuk dan keluarnya energi dan materi pada masing-masing material and energi pools, dengan cara menghitung parameter-parameter secara ex situ dan in-situ, seperti misalnya laju fotosintesis, dekomposisi, efisiensi pemakaian energi, turn over rate nutrient dan unsur lainnya, laju pengendapan dan pelepasan dan lain sebagainya..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

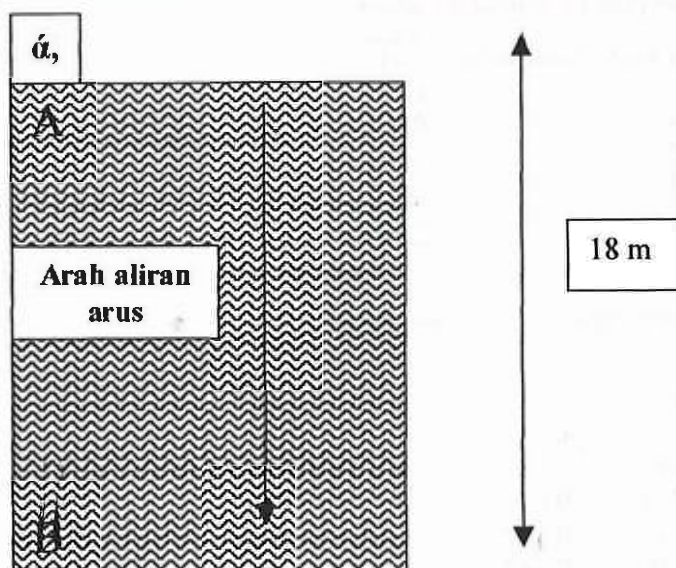
Dalam periode pengambilan data pertama (I) telah dilakukan pengambilan data di lapangan yang berlokasi di Sungai Cikaniki pada tanggal 22-24 April 2004., sedangkan pada triwulan III tahun 2004, telah dilakukan sampling II dan III pada bulan Juli dan September 2004 di Sungai Cikaniki yang merupakan anak sungai Cisadane. Beberapa parameter kualitas air seperti suhu, konduktivitas, pH, oksigen terlarut dan turbiditas diukur secara langsung di lapangan dengan menggunakan Water Quality Checker (WQC) Horiba U 10. Pada lokasi penelitian dilakukan juga pengukuran kecepatan arus, kedalaman dan lebar badan sungai tersebut. Pada sampling kali ini digunakan pupuk urea dan NPK sebagai solute (zat yang dilarutkan ke badan sungai) selanjutnya dianalisis konsentrasi amoniaknya dan fosfatnya di Laboratorium Hidrokimia, Puslit Limnologi-LIPI. Dari data yang diperoleh dapat dihitung konstanta dispersinya (D) dengan menggunakan rumus tertentu.

Tujuan kegiatan ini adalah untuk menentukan besaran konstanta dispersi (D) untuk senyawa ammonia (NH_3) dalam perairan sungai Cikaniki. Hal ini penting untuk dilakukan sebab besaran ini merupakan salah satu kunci menurut persamaan yang dikemukakan oleh Bencala & Walters (1983), Newbold et al. (1983a, 1983b), Kuwabara et al. (1984) dalam masing-masing model mereka tentang hubungan antara reaksi solute dan transformasi serta transportasi ke arah hilir sungai. Dalam beberapa model tersebut ternyata didasarkan pada persamaan yang menghubungkan konsentrasi solute terhadap adveksi dan disperse yang terjadi dalam channel yang uniform dengan debit yang konstan. Persamaan itu adalah sebagai berikut:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial C}{\partial x} + D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \dots\dots (1)$$

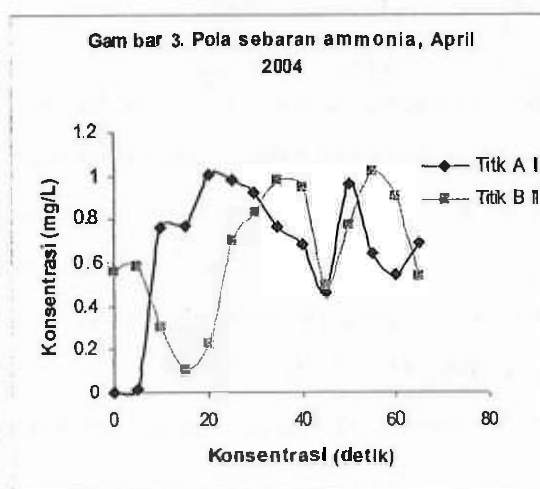
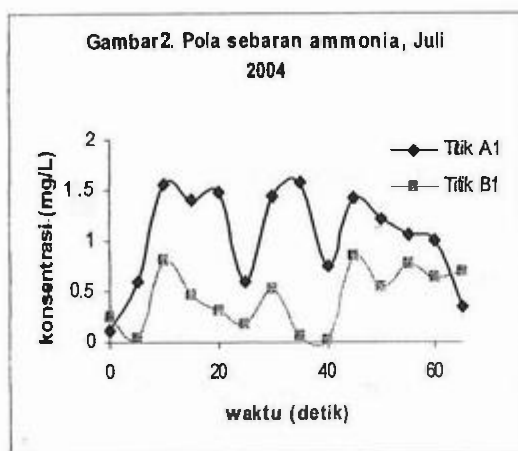
dimana C adalah konsentrasi solute, t adalah waktu, x adalah jarak, u adalah kecepatan aliran air ($=Q/A$, debit/ cross sectional area) dan D adalah koefisien dispersi.

Untuk itu dilakukan segmentasi perairan sungai Cikaniki sepanjang 18 meter dengan asumsi bahwa segmen sungai ini beraliran cukup uniform. Sebagai solute adalah urea sebanyak 6 kg yang dilarutkan dalam 8 L aquadest. Penuangan solute dalam segmen sungai dilakukan pada titik α , sementara pada titik A dilakukan pengambilan data solute terlarut untuk pertama kali. Bersamaan dengan itu pada titik B juga dilakukan pengambilan data solut. Waktu pengambilan data (t detik) ditentukan dari 0 detik sampai 65 detik dengan interval sampling time sebesar 5 detik. Jarak dari titik α ke A adalah 1 meter. Proses ini dilakukan dalam 2 kali (duplo). Secara skematis teknis pelaksanaan pengambilan data adalah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1a. Skematik titik sampling pada segmen sungai April 2005

Dari hasil pengolahan data mentah diperoleh gambar seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan 3, yaitu sebagai berikut:



Hasil ini tidak memungkinkan untuk menentukan secara pasti Δt juga ΔC , oleh karena itu perlu dilakukan beberapa pendekatan yang intinya menyederhanakan perhitungan.

Table 2. data hasil pengukuran kedalaman

	Kedalaman perairan (m)
	0.180
	0.540
	0.700
rata-rata (m)	0.473

Tabel 3. data hasil pengukuran kecepatan arus

Flow rate (m/detik)		
A	B	C
0.440	0.630	0.680
0.390	0.610	0.610
0.400	0.640	0.570
0.400	0.640	0.540
0.400	0.640	0.580
0.380	0.650	0.590
0.360	0.630	0.600
0.400	0.620	0.590
0.400	0.640	0.590
0.370	0.650	0.640
0.350	0.640	0.660
0.310	0.640	0.630

Rata-rata kecepatan arus = 0,542 m /detik

Luas penampang permukaan sebesar 7,05 m².

Dari hasil pengolahan data mentah di atas diperoleh informasi bahwa :

$$Q = A \cdot v = 7,05 \text{ m}^2 \times 0,542 \text{ m /detik} = 3,82 \text{ m}^3 \text{ /detik.}$$

Waktu yang diperlukan oleh solute untuk mencapai titik B adalah

$$18 \text{ meter} / 0,542 \text{ m/detik} = 33,21 \text{ detik.}$$

Dari persamaan (1) diperoleh penurunan persamaan untuk mencari nilai D sbb:

$$D = \frac{\Delta x / \Delta t (C_2 - C_1) + U(C_2 - C_1)}{C_2^2 - 2C_1C_2 + C_1^2} \dots\dots\dots(2)$$

Karena telah diketahui bahwa

$$\Delta x \text{ sebesar } 18 \text{ m , } U = 0,542 \text{ m/detik}$$

Δt sebesar 33,21 detik, Sedangkan pada titik A rata-rata pada Δt mendekati 33,21 detik diperkirakan $C_1 = 1,568$ dan $C_2 = 0,121$ (Tabel 1 ulangan 1). Nilai ini hanya pendekatan saja karena pada table 1 sesuai dengan hasil sampling tidak dilakukan pada tepat 33,21 detik. Dengan demikian maka nilai D pada titik A berdasarkan penurunan persamaan (1) adalah

$$D = \frac{\Delta x^2 / \Delta t (C_2 - C_1) + U \Delta x (C_2 - C_1)}{C_1^2 - 2 C_1 C_2 + C_2^2}$$

$$D_{AI} = 10,44$$

Sedangkan pada titik B diperkirakan $C_1 = 0,056$ dan $C_2 = 0,254$ (lihat Tabel 1 untuk ulangan 1) maka

$$D_{BI} = 42,69$$

Pada ulangan kedua pada titik A diperkirakan $C_1 = 0,000$ dan $C_2 = 0,760$ (lihat Tabel 1 untuk ulangan 2) maka

$$D_{AII} = 25,65$$

Sedangkan untuk titik B diperkirakan $C_1 = 0,561$ dan $C_2 = 0,972$ (lihat Tabel 1 untuk ulangan 2) maka $D_{BII} = 47,45$

$$\begin{aligned} \text{Jadi untuk sementara nilai D pada titik A adalah } \frac{D_{AI} + D_{AII}}{2} &= \frac{10,44 + 25,65}{2} \\ &= 18,045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sedangkan D pada titik B adalah } \frac{D_{BI} + D_{BII}}{2} &= \frac{42,69 + 47,45}{2} \\ &= 45,07 \end{aligned}$$

yang telah dikemukakan, sebenarnya semua hasil perhitungan nilai D tersebut di atas masih sangat kasar, karena begitu banyak menggunakan pendekatan-pendekatan yang sangat sederhana. Tampaknya untuk periode pengambilan data berikutnya (ke II dan ke III) harus dilakukan perbaikan-perbaikan yang cukup mendasar.

Perbaikan mendasar yang diterapkan pada periode pengambilan data berikutnya untuk menentukan besaran nilai D adalah perbaikan langkah teknis di lapangan akan

mengalami perbaikan sesuai dengan sara-saran (pers. Comm.. dengan Dr. Eko Harsono) sebagai berikut:

1. Pilih jenis solut yang konservatif saja dalam arti tidak mudah terdegradasi seperti halnya ammonia. Sebaiknya gunakan saja NaCl, Li Cl, Cu SO₄, dll.
2. Tentukan dulu jarak dimana solut sudah terdispersikan secara sempurna. Caranya dengan menghitung terlebih dulu besaran longitudinal Dispersion (E) (Fischer et al. 1979) yaitu $E = 0,011 \frac{U^2 B^2}{H.U}$

$$H.U$$

Dimana U adalah shear velocity (m/det), H adalah depth average dan B adalah lebar sungai, shera velocity ($U = \sqrt{gHs}$). Dimana g adalah gaya gravitasi, H adalah depth average dan s adalah slope.

Besarnya slope ditentukan dari

$$U = 1/n R^{2/3} S^{1/2} \text{ dimana } U = \frac{X_2 - X_1}{t_2^* - t_1^*}$$

Nilai x merupakan hasil perhitungan nilai E. Dengan demikian konstanta dispersi akan dihitung dengan rumus menurut Fischer (1968).

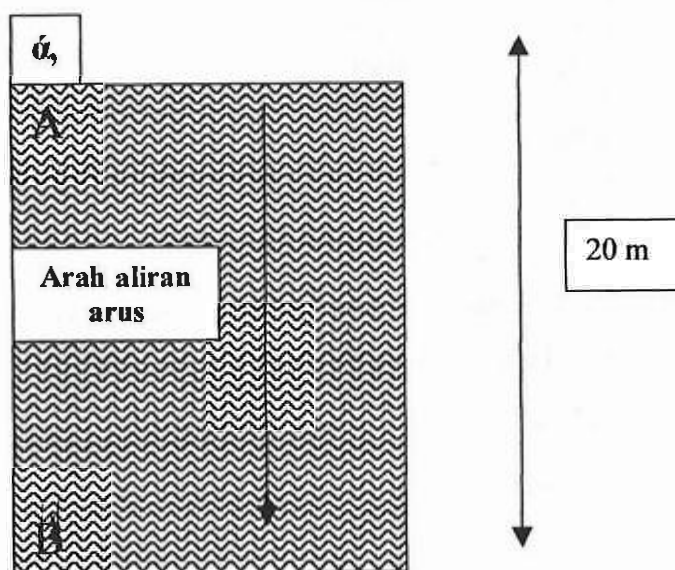
$$D = \frac{U_2 (St_2^2 - St_1^2)}{2(t_2^* - t_1^*)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana t* adalah travel time dan St adalah temporal variance. Dengan demikian diharapkan perhitungan nilai konstanta Dispersi akan lebih mendekati kebenaran. Selanjutnya nilai D yang diperoleh dapat dimasukkan dalam persamaan (2).

Data yang diperoleh pada sampling II dan III (bulan Juli dan September 2004) disajikan dalam Gambar 4 dan 5 . Tujuan kegiatan ini adalah untuk menentukan besaran konstanta disperse (D) untuk senyawa ammonia (NH₃) dan fosfat (PO₄) dalam perairan sungai Cikaniki. Unsur N dan P merupakan unsur- unsur kunci dalam siklus biogeokimia, sehingga digunakan Urea dan pupuk TSP sebagai bahan eksperimen.

Pada sampling ke-2 dan ke-3 “spiking” dilakukan dengan menggunakan campuran 6 kg urea dan 2 kg NPK lalu dilarutkan dalam 20 L air. Jarak antara titik A dan titik B adalah 20 meter, segmen sungai Cikaniki yang diambil untuk percobaan ini terletak di desa Cisarua, dengan. Penuangan solute dalam segmen sungai dilakukan pada titik α, sementara pada titik A dilakukan pengambilan data solute terlarut untuk pertama

kali. Bersamaan dengan itu pada titik B juga dilakukan pengambilan data solut. Waktu pengambilan data (t detik) ditentukan dari 0 detik sampai 65 detik dengan interval sampling time sebesar 5 detik. Jarak dari titik α ke A adalah 1 meter. Proses ini dilakukan dalam 2 kali (duplo). Seperti sampling I secara skematis teknis pelaksanaan pengambilan data adalah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1b. Skematik lokasi sampling Juli 2005

Table 4. data hasil pengukuran kedalaman sampling II (Juli 2004)

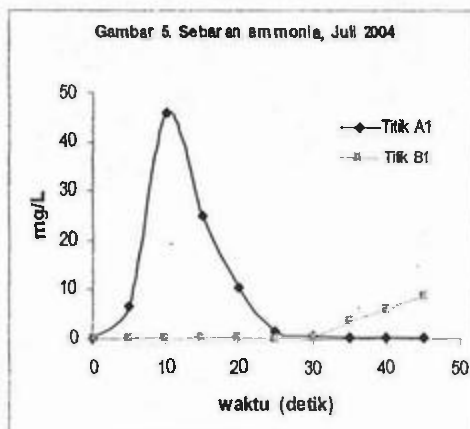
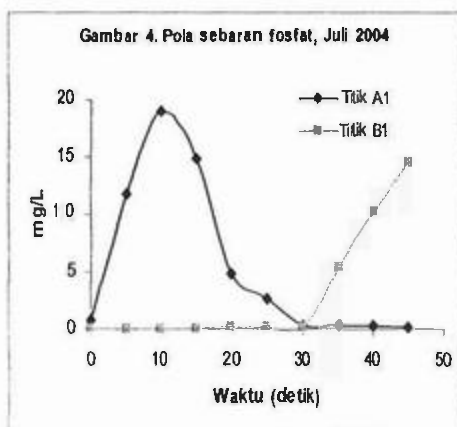
	Kedalaman perairan (m)
	0.22
	0.77
	0.75
rata-rata (m)	0.58

Tabel 5 data hasil pengukuran kecepatan arus sampling II (Juli 2004)

Flow rate(m/det)		
A	B	C
0.37	0.34	0.86
0.33	0.29	0.82
0.41	0.25	0.82
0.37	0.29	0.83
0.52	0.30	0.85
0.51	0.25	0.90
0.53	0.27	0.86
0.53	0.20	0.88
0.52	0.24	0.93
0.53	0.29	0.88
0.51	0.20	0.96
0.50	0.30	0.91

Kecepatan arus rata-rata: 0,538 m/detik

Hasil "spiking" seperti yang telah dikemukakan di atas menghasilkan grafik pola sebaran sebagaimana yang digambarkan oleh Gambar 4 sampai Gambar 9.



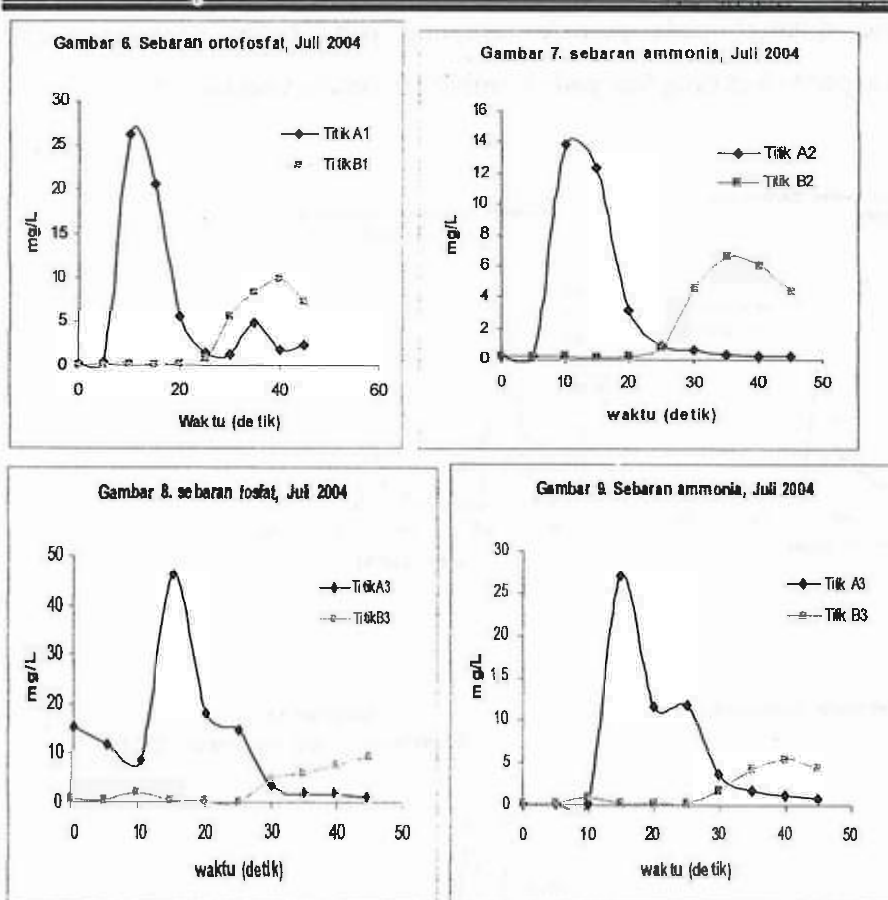


Table 4. Data hasil pengukuran kedalaman sampling III (September 2004)

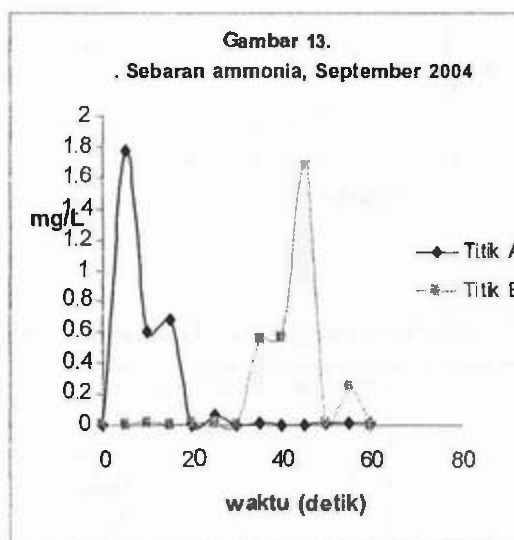
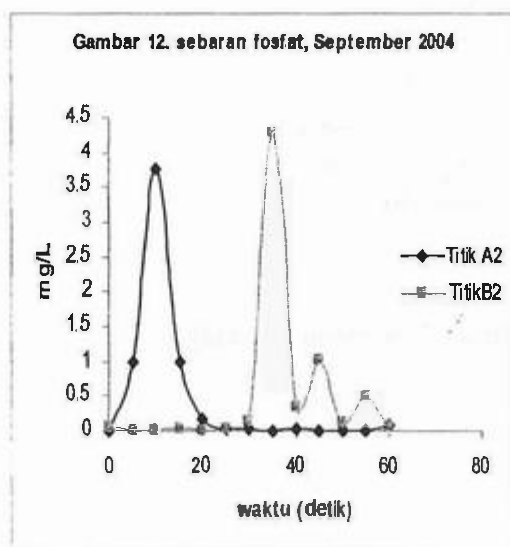
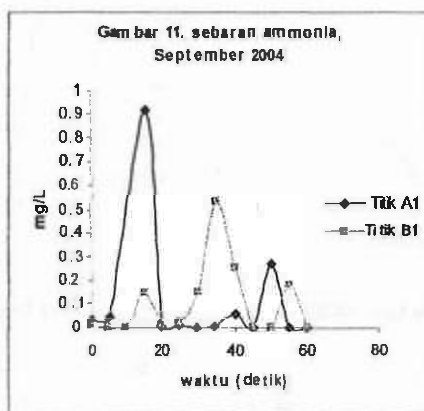
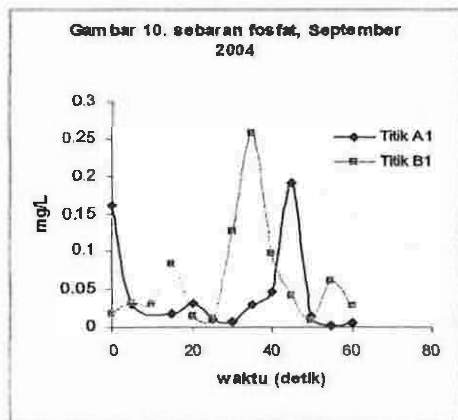
	Kedalaman perairan (m)
	0.70
	0.70
	0.46
	0.20
raa-rata (m)	0.515

Tabel 5. Data hasil pengukuran kecepatan arus sampling III (September 2004)

Flow rate(m/detik)			
A	B	C	D
0.61	0.49	0.65	0.23
0.66	0.51	0.64	0.20
0.66	0.52	0.64	0.26
0.63	0.59	0.72	0.26
0.62	0.51	0.63	0.25
0.65	0.59	0.70	0.25

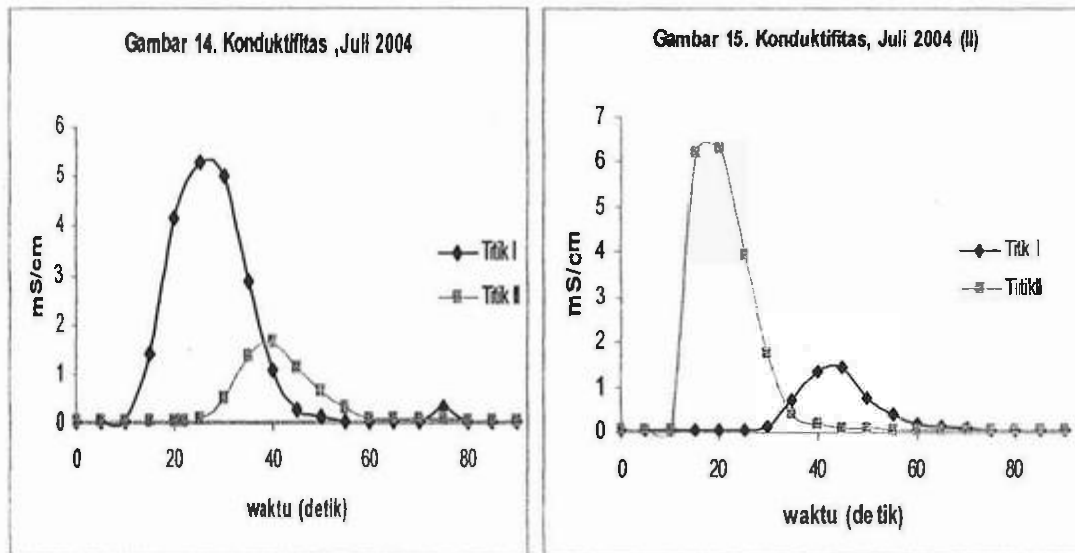
Kecepatan arus rata-rata: 0,52 m/detik

Sedangkan “solute spiking” pada periode sampling pada bulan September 2004 memberikan hasil seperti yang disajikan pada Gambar 10 sampai Gambar 13.



Pada bulan Juli 2004 telah pula dilakukan uji coba penentuan distribusi solute yang secara konvensional sering dilakukan karena diasumsikan lebih stabil yaitu larutan NaCl.

Hasilnya seperti yang tersaji dalam Gambar 14 dan 15.



Data yang diperoleh dalam tahap pengambilan sampel yang kedua dan ketiga terbukti telah dapat menghasilkan parameter yang penting (ΔC , Δt , E , H , U , dll) untuk digunakan dalam menghitung besaran konstanta Dispersi untuk perpindahan solut yang terjadi pada bulan Juli dan September 2004. Meskipun semua hasil perhitungan belum dapat disajikan secara lengkap, untuk sementara dapat disimpulkan bahwa teknik sampling lapangan yang kedua (Juli) dan yang ketiga (September) adalah teknik yang tepat untuk memperoleh informasi tentang konstanta dispersi solut di perairan Sungai Cikaniki.

DAFTAR PUSTAKA

- Aumen, G. N. 1989. Concept and methods for assessing solute dynamics in stream ecosystems. *J.N. Am.benthol. Soc.*1990.9(2):95-119
- Buffle,J. and de Vitre, R.R. 1993. Chemical and Biological regulations of Aquatic system. Lewis publisher. 385 p.
- Cole, G.A. 1975. Textbook of Limnology. The CV Mosby company.283 p
- Guidelines of Lake Management Vol.1. principles of Lake management. S.E. Jorgensen and R.A. Vollenweider. 1989.ILEC-UNEP
- Hutchinson, G.E. 1962. A treatise on Limnology. Vol.1. Geography, Physics, and Chemistry. John Wiley and Sons, Inc.New York.1015 pp
- Wetzel, R.G. 2001. Limnology of Lake and River Ecosystem. Third edition. Academic Press.

