

MODEL DINAMIK UNTUK MEMREDIKSI DAYA DUKUNG PERAIRAN SITU CIBUNTU DALAM MENERIMA BEBAN NUTRIEN DAN KARBON ORGANIK

Tuahta Tarigan*

ABSTRAK

Penyusutan jumlah dan luas situ (danau kecil-Jawa Barat), khususnya di wilayah Jakarta, Bogor, Tangerang dan Bekasi (Jabotabek) terjadi karena pendangkalan, sebagai akibat dari sedimentasi dan eutrofikasi. Mengingat pentingnya peranan situ, maka penyusutan jumlah dan luas situ harus dicegah. Situ Cibuntu, yang berlokasi di Kabupaten Bogor, keberadaannya sangat dipengaruhi beban yang masuk kedalam badan situ tersebut, diantaranya adalah kehadiran karbon organik, fosfat dan nitrogen an-organik. Penelitian kemampuan Situ Cibuntu dalam menerima beban konsentrasi nutrisi (N, P) dan karbon organik sangat diperlukan, untuk mengantisipasi kondisi kesuburan air yang mengancam kelestariannya. Telah dikembangkan model dinamik untuk memprediksi kondisi situ untuk 15 tahun kedepan. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa nutrisi, yaitu Total N dari inlet sebesar 1,94 mg/L turun menjadi 0,8 mg/L di outlet, sedangkan total P dari 0,48 mg/L di inlet menjadi 0,24 mg/L di outlet. Sedangkan untuk karbon organik dari 26,4 mg/L turun menjadi 13 mg/L pada tahun ke 8, untuk tahun ke 15 naik menjadi 34,8 mg/L. Oksigen terlarut (DO) sekitar 6,2 mg/L sampai 3,6 mg/L mulai dari inlet sampai outlet, jadi untuk DO relatif baik untuk selama 15 tahun dan dari hasil simulasi untuk parameter-parameter sebesar tersebut masih dalam keadaan baik selama 15 tahun.

Kata kunci : Dinamik model, eutrofikasi, beban, nutrisi, situ

ABSTRACT

A DYNAMIC MODEL FOR PREDICTION OF ALLOWABLE NUTRIENT AND CARBON ORGANICS LOAD IN TO A SMALL LAKE, CIBUNTU.

Decreasing number and wide of Situ (small lakes in the West Java), particularly in the area of Jakarta, Bogor, Bekasi and Tangerang (Jabotabek) occurred particularly due to sedimentation and eutrophication. Considering the important role of situ for the ecological balance, the situ has to be prevented from eutrophication. Cibuntu lake which is located in Bogor is influenced by nutrient loading from the inlet and the catchment area, which is indicated by the presence of organic carbon, as well as, inorganic nitrogen and phosphate. Research to study the capability of Cibuntu lake to receive loading nutrient (N, P) and organic carbon is necessary for anticipation of threaten the eutrofik conditions. Accordingly, a dynamic model has been developed to predict the condition of the water for 15 years ahead. The simulation results show that nutrient of Total N at the inlet was 1,94 mg/L declined to be 0,8 mg/L at the outlet, while the total P of 0,48 mg/L at the inlet also dechine to 0,24 mg/L at the outlet. While for the organic carbon was predicted to be down from 26.4 mg/L to 13 mg/L in 8 year and will increase to 34,8 mg/L after 15 years. Dissolved oxygen (DO) concentration alters from 6,2 mg/L to 3,6 mg/L from the inlet to outlet, which indicates good water conditions up to 15 years ahead.

Key words : Dynamic model, eutrophication, loading, nutrients, lake

PENDAHULUAN

Situ adalah istilah daerah (Jawa-Barat) untuk menyebut danau kecil. Jumlah

situ di wilayah Jabotabek (Jakarta-Bogor-Tangerang-Bekasi) yang tercatat pada tahun 1998, adalah 193 buah dengan luas total sekitar 2.288,93 ha. Di Kabupaten Bogor

* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

terdapat 122 situ dengan luas total 649 ha, 45 situ di Kabupaten Tangerang dengan luas total 1.335,05 ha, 17 situ di Kabupaten Bekasi dengan luas total 136 ha dan sembilan situ di DKI (Daerah khusus Ibukota) Jakarta dengan luas total 168 ha (Anonymous, 1998). Fungsi situ-situ di Jabotabek tersebut pada awalnya adalah sebagai sumber air irigasi, yang pada waktu berikutnya dimanfaatkan pula sebagai sumber baku air bersih dan pengembangan pariwisata.

Berdasarkan data terakhir, situ-situ di Jabotabek jumlahnya tinggal 134 buah dengan luas total 1550 ha, yang mana di Kabupaten Bogor yang masih ada 102 buah dengan luas total 515 ha, di Kabupaten Tangerang yang bertahan 19 buah dengan luas total 968 ha, di Kabupaten Bekasi tinggal delapan buah dengan luas total 9 ha, dan di DKI tersisa lima buah dengan luas total 58 ha. (Anonymous, 2004).

Penyusutan jumlah dan luas situ-situ di Jabotabek terjadi karena pendangkalan, sebagai akibat dari sedimentasi dan eutrofikasi, yang pada akhirnya situ menjadi daratan dan digunakan sebagai lahan tanaman atau pengembangan pemukiman (Aboejoewono, 1999). Mengingat pentingnya peranan situ-situ di Jabotabek terutama sebagai sumber air dan penunda serta peredam puncak hidrograf banjir, maka penyusutan jumlah dan luas harus dicegah dan situ-situ yang masih ada harus dilestarikan.

Diantara situ-situ tersebut yang masih baik adalah Situ Cibuntu, yang berada di wilayah Kabupaten Bogor, dan tepatnya di Kecamatan Cibinong. Keberadaan Situ Cibuntu sangat dipengaruhi oleh keadaan eksternalnya atau dengan perkataan lain kelestariannya sangat dipengaruhi seberapa besarnya beban yang masuk kedalam badan situ yang masih mampu diterimanya, sehingga situ dalam keadaan tetap sehat.

Kehadiran beban, diantaranya karbon organik dan nitrogen an-organik, dapat berasal dari limbah penduduk atau aktivitas lain di daerah tangkapan Situ Cibuntu. Berdasarkan data pengukuran pada tahun 1996, 1999, 2001 dan 2002 yang dilaporkan Rahel (2005) beban nutrien yang masuk masih tinggi, yaitu kadar nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), total nitrogen (TN) dan total fosfat (TP), masing-masing 0,932, 2,109 dan 0,604 mg/L). Hal itu menunjukkan bahwa Situ Cibuntu sudah mengalami eutrofikasi.

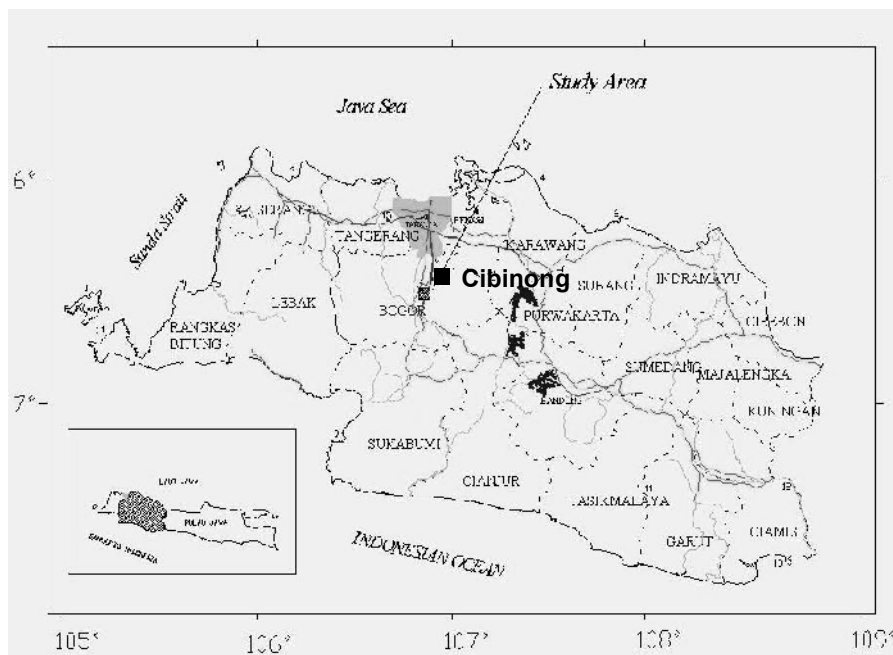
Eutrofikasi perairan pada tahap lanjut akan diikuti oleh *blooming* fitoplankton yang umumnya didominasi oleh alga biru atau padatnya tumbuhan air (Fahrudiani dalam Nugroho, 2002). Aboejoewono (1999) mengemukakan bahwa, pada umumnya kerusakan danau maupun situ merupakan akibat dari rusaknya daerah tangkapan. Jingjie, *et al.* (2005) dan Jan, *et al.* (2007) mengemukakan bahwa kerusakan danau atau situ tergantung pada besarnya nutrien (*point & non-point nutrient*) dari daerah tangkapannya.

Penelitian kemampuan Situ Cibuntu dalam menerima beban konsentrasi nutrien (N, P) dan organik karbon sangat diperlukan, untuk mengantisipasi kondisi yang semakin eutrofik yang mengancam kelestariannya.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian dan Pengukuran Parameter

Situ Cibuntu mempunyai luas permukaan sekitar 15.834 m², kedalaman rata-rata 1,8 m dan volume sekitar 13.545 m³, terletak di Kabupaten Bogor, dan berada pada posisi geografis 06° 29' LS , 103° 51' LB dan 103 m dpl (Gambar 1; Tarigan 2001). Sementara itu menurut Sulawesty, *et al.* (2000), Situ Cibuntu mempunyai kedalaman maksimum 2 m dan kedalaman rata-rata 0.88 m.



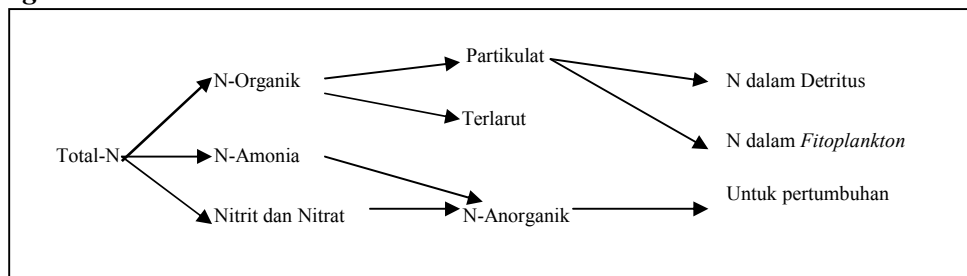
Gambar 1. Lokasi Penelitian Situ Cibuntu Cibinong- Bogor

Pengukuran parameter kimia dan fisika dilakukan selama tiga kali yaitu bulan Februari, April dan Mei, 2007. Pengukuran kadar TN, TP, BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan klorofil *a* digunakan metode *spektrofotometri* (APHA, 1989), pengukuran pH, suhu serta oksigen terlarut (DO; *Dissolved Oxygen*) dilakukan secara *in situ* menggunakan WQC (*Water Quality Checker*)- Horiba U-10. Sedangkan tingkat

kecerahan perairan diukur dengan keping Sechi.

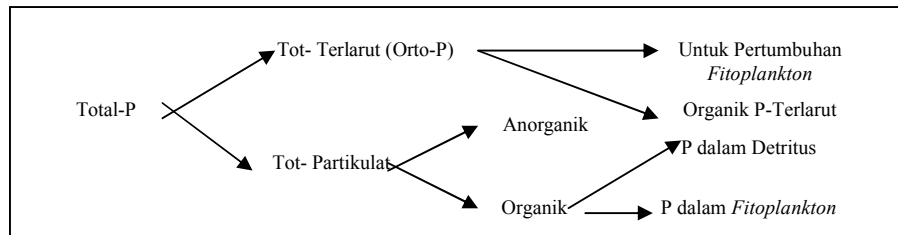
Untuk mengkaji waktu kemampuan situ dalam menerima beban tersebut mengacu pada pendekatan sistem proses dalam situ (Gambar 2, 3 dan 4), sedangkan prosesnya menggunakan model dinamik **POWERSIM Versi 2.5** (Forrester, 1994) dengan skematik bangunan model (Gambar 5).

N- Sebagai nutrient



Gambar 2. N- Sebagai Nutrient dalam Situ. Sumber : Thomann (1987)

P- Sebagai nutrient



Gambar 3. P- Sebagai Nutrient dalam Situ. Sumber : Thomann (1987)

Formulasi Model

Model dinamik dikembangkan berdasarkan rasio N/P sebagai indikator *Eutrofikasi*. Thomann (1987) mengemukakan bahwa untuk mengendalikan dan menurunkan nutrien di badan air maka parameter yang harus dikendalikan adalah fosfor atau nitrogen. Hal ini dikembangkan dari kebutuhan nitrogen dan fosfor oleh tumbuhan air (metode rasio N/P). Jumlah nutrien yang diperbolehkan masuk ke badan air adalah pada kondisi tidak menimbulkan peledakan populasi (*blooming*) tumbuhan air. Rasio N/P ini menggunakan perbandingan antara parameter N dan P yang berbanding dengan kelimpahan fitoplankton, dalam hal ini diperhitungkan dalam satuan klorofil-*a*, yang persamaannya sebagai berikut :

$$P = \frac{N}{a_{N-CA}} \text{ atau } \frac{p}{a_{p-CA}}$$

dimana :

N = konsentrasi Total N yang masuk ke badan air (mg/L)

P = konsentrasi Total P yang masuk ke badan air (mg/L)

a_{N-CA} = rasio konsumsi nitrogen oleh klorofil ($7 - 10 \mu\text{g N}/\mu\text{g CA}$)⁻¹

a_{p-CA} = rasio konsumsi fosfor oleh klorofil ($0.5 - 2.0 \mu\text{g P}/\mu\text{g CA}$)⁻¹

P = konsentrasi klorofil-*a* ($\mu\text{g/L}$)

Fungsi dari rasio N/P ini adalah untuk mengetahui nutrien yang paling berperan dalam perkembangan tumbuhan air. Apabila rasio N/P < 10, maka nutrien yang dikontrol adalah nitrogen, sedangkan bila rasio N/P > 10, maka fosfor yang dikontrol.

Selanjutnya Thomann (1987) mengembangkan hubungan antara beban nutrien yang masuk (fosfor) ke dalam badan air dan konsentrasi TP yang ada di badan air sehubungan dengan status tropiknya, adalah sebagai berikut :

Tingkat beban TP yang diterima

$$= 0.01 (vs + HP)$$

Tingkat beban TP yang tidak diterima

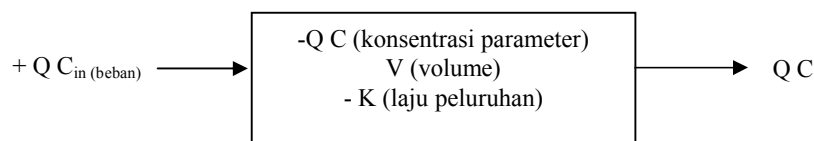
$$= 0.02 (vs + HP)$$

yang mana :

H = kedalaman air (m)

P = konsentrasi fosfor dalam air (mg/L)

Adapun bangunan model dalam penelitian dikembangkan dari persamaan dan skematik model seperti pada (Gambar 4).



Gambar 4. Kondisi situ tercampur sempurna

Persamaan model sederhana air situ tercampur sempurna adalah :

$$\text{Akumulasi} = \text{Input massa} - \text{Output massa} \pm \text{Laju reaksi}$$

$$V \frac{dC}{dt} = W - QC - KVC$$

- V = volume situ (m³)
- W = beban yang masuk (kg m⁻³ hari⁻¹)
- C = konsentrasi parameter (mg/L)
- Q = Debit (m³/dt)
- T = waktu (dt)
- K = konstanta laju peluruhan (hari⁻¹)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran di perairan Situ Cibuntu rata-rata dari tiga kali pengukuran (Februari, April dan Mei, 2007), untuk parameter-parameter BOD, TN, TP, Kl, pH, Secchi, Suhu dan DO, masing-masing adalah 16,5 mg/L, 1,95 mg/L, 0,39 mg/L, 0,51

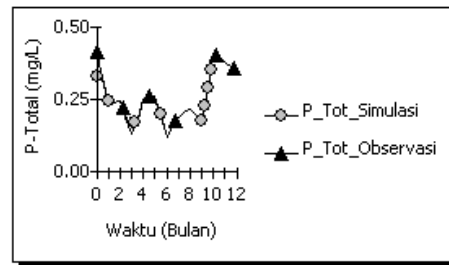
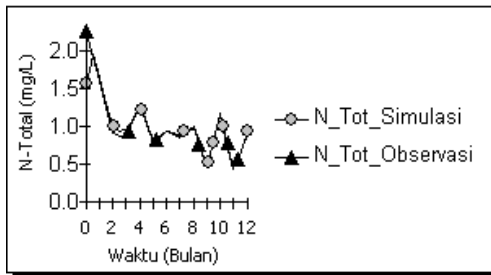
µg/L, 7,15, 82,4 cm, 27,6 °C dan DO 5,52 mg/L (Tabel 1). Debit (Q) yang memegang peranan penting yang masuk ke badan situ rata-rata sebesar 3500 m³/hari.

Dari besaran parameter-parameter kimia (Tabel 1) dan fisik (Q) seperti ini, maka dilakukan simulasi selama satu tahun untuk mengkalibrasi model. Dari hasil model dengan observasi antara inlet dengan outlet selama satu tahun, hasilnya mendekati sama atau perbedaannya sekitar 15 % (Gambar 5).

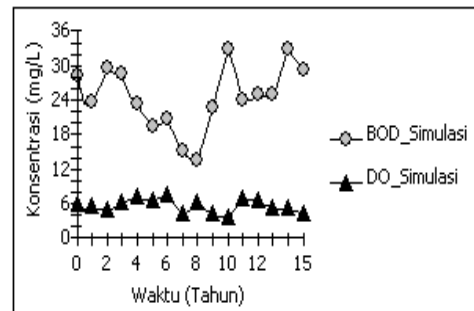
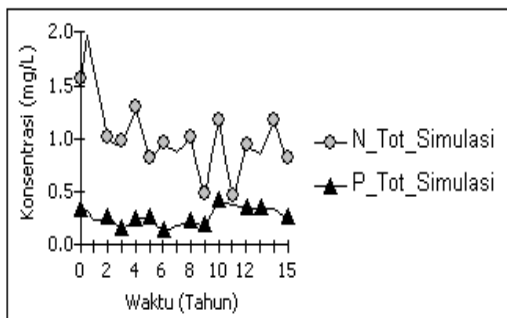
Dengan perbedaan tersebut, maka model sudah mendekati valid, sehingga dilakukan simulasi untuk parameter kimia (TP dan TN) selama 15 tahun kedepan bagaimana keberadaannya di badan situ. Hasil simulasi selama 15 tahun menunjukkan bahwa Total N dan P mulai dari inlet sampai dengan outlet sekitar (1,94 – 0,8 mg/L) dan (0,48 – 0,24 mg/L), sedangkan untuk parameter BOD dan DO masing-masing berkisar antara 26,4 – 34,8 mg/L dan 6,2 – 3,6 mg/L (Gambar 6).

Tabel 1. Nilai Rata-rata Data Hasil Pengukuran Kualitas Air Situ Cibuntu 2007

Waktu Pengamatan	BOD (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Kl. <i>a</i> (µg/L)	pH	Suhu (°C)	DO (mg/L)
Feb	32,5	1,84	0,41	0,58	6,78	27	5,02
	27,85	1,63	0,39	0,59	6,86	26,5	5,07
	23,21	1,42	0,38	0,6	6,86	26	5,012
	23,84	1,18	0,44	0,5	6,9	24	4,57
	24,47	0,93	0,52	0,4	6,98	25	4,03
April	24,28	0,89	0,42	0,58	6,45	27	5,13
	24,09	0,85	0,34	0,77	6,58	27	6,23
	18,27	1,28	0,54	0,72	7,02	28	6,27
	12,45	1,7	0,43	0,65	7,04	26	7,21
	15,53	1,24	0,26	0,49	6,58	25	6,78
Mei	18,6	0,78	0,19	0,33	6,88	24	6,34
	19,45	0,86	0,156	0,47	7,12	28	5,47
	20,3	0,94	0,21	0,62	7,02	25	4,91
	17,29	0,91	0,22	0,58	6,86	26	5,05
	14,28	0,86	0,19	0,62	6,24	25	4,36
Rata-rata	16,5	1,95	0,39	0,51	7,15	27,6	5,52



Gambar 5. Grafik Uji Model Antara Observasi dengan Simulasi



Gambar 6. Hasil Simulasi Total- NP, BOD dan DO Selama 15 Tahun

Berdasarkan simulasi untuk periode 15 tahun, nilai BOD (35 mg/L) sedangkan DO (3.8 mg/L) dan nilai BOD terendah (13 mg/L) terjadi pada tahun kedelapan. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa, badan situ sebagai reaktor hanya mampu untuk mendegradasi BOD setelah tahun kedelapan, sedangkan untuk parameter lainnya badan situ masih mampu setelah 15 tahun. Jorgensen (1989) mengemukakan untuk danau-danau kecil, sebagaimana Situ Cibuntu, parameter sebesar tersebut masih dalam keadaan baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa, badan Situ Cibuntu masih mampu mendegradasi nutrien selama 15 tahun, sedangkan bahan organik (BOD), degradasinya berjalan sampai tahun kedelapan, setelah itu ada peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboejoewono, A., 1999, Pengelolaan Situ-situ di Wilayah DKI Jakarta, Makalah Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk. Ditjen Pengairan dan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Anonimous. 1998, Pembinaan Pengelolaan Situ-situ di Wilayah Jabotabek. Intruksi Menteri Dalam Negeri Nomor 14 Tahun 1998. Depdagri. Jakarta.
- Anonimous. 2004, Data Dirjen Pengairan Dinas Pekerjaan Umum di Kawasan Jabotabek. Departemen Pekerjaan Umum Jakarta.
- APHA, 1989, *Standard Method for The Examination of Waste Water*. 17th Edition. APHA, AWWA (American Water Works Association) and WPCF (Water Pollution Control

- Federation). Washington D. C. 1527 p.
- Forrester, J. W., 1994, *Powersim*. User's Guide and Reference Version 2.0. Mode Data. Norway.
- Jan, T. K., Pin, H. H. & Wei, S. J., 2007, Lake Eutrophication Management Modeling Using Dynamic Programming. *Journal of Environmental Management* 65 (4) 383 – 394.
- Jingjie, Z. & Jorgensen, SE., 2005, Modelling of Point and Non-Point Nutrient Loadings From a Watershed. WWW. Elsevier.com/locate/envsoft
- Jorgensen, S. E., 1989, *Principles of Environmental Science and Technology*. Elsevier, Amsterdam.
- Nugroho, N., 2000, Analisis Beberapa Aspek Limnologis Situ Cibuntu, Cibinong-Bogor. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. Bogor. 50 h.
- Rahel, M. G., 2005, Ketersediaan Unsur Hara N dan P di Situ Cibuntu, Cibinong- Bogor. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. Bogor. 68 h.
- Tarigan, T., 2001, Perencanaan Pengelolaan Daerah Tangkapan Untuk Pelestarian Situ Cibuntu Cibinong Menggunakan Model AGNPS. Tesis Program Pascasarjana IPB. Bogor. 122 h.
- Thomann, R. V. & J. A. Mueller. (1987), *Principles of Surface Modelling and Control*. Harper Collins Publisher. Philadepia.
- Sulawesty , F., Badjoery., Y. Sudarso & E. Mulyana. (2000), Struktur Komunitas Makrozoobentos di Perairan Situ Cibuntu. Hal 503 – 510 dalam Laporan Teknis Proyek Penelitian, Pengembangan dan Pendayagunaan Biota Darat Puslit Limnologi- LIPI. Bogor.