

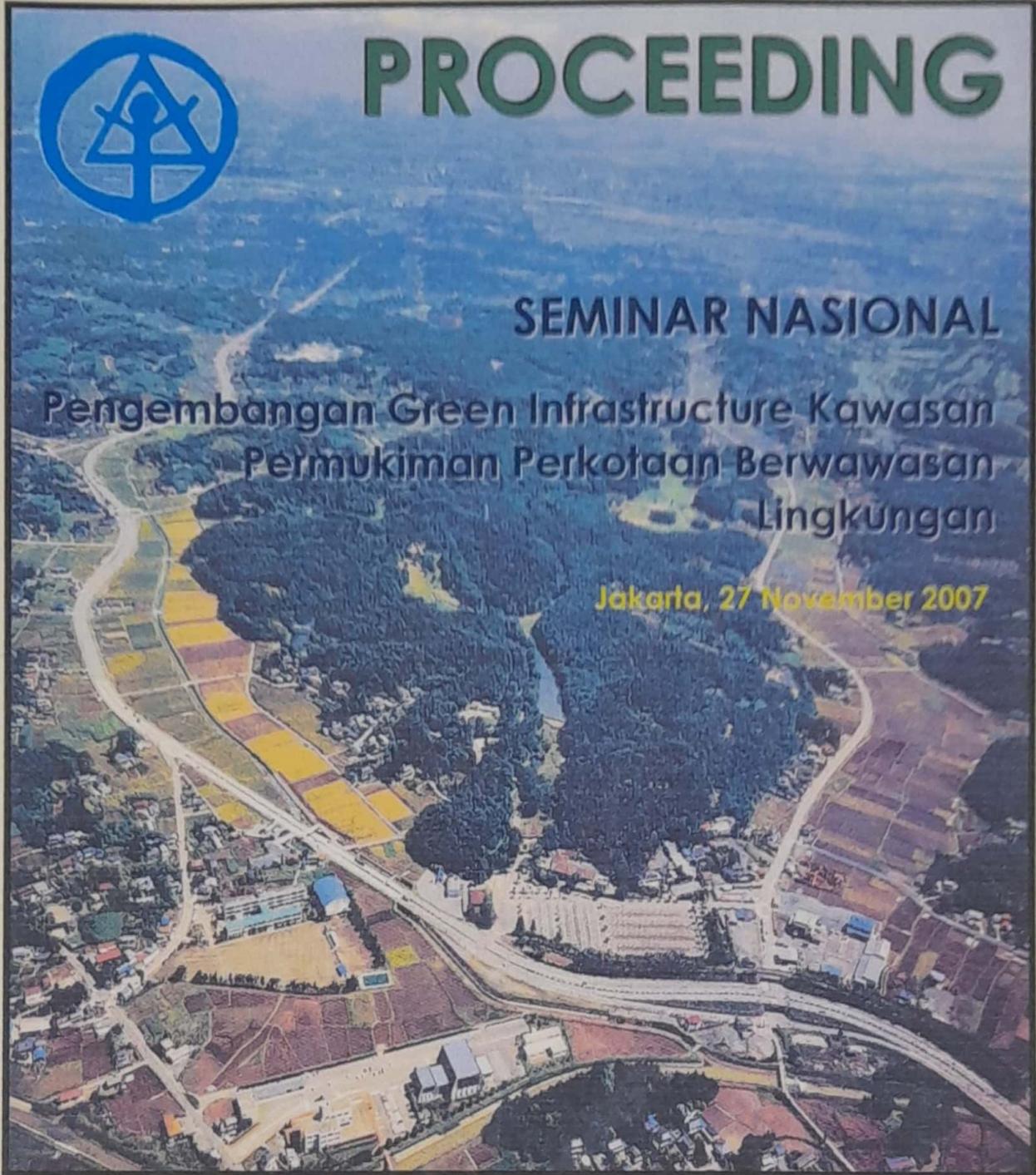


PROCEEDING

SEMINAR NASIONAL

Pengembangan Green Infrastructure Kawasan
Permukiman Perkotaan Berwawasan
Lingkungan

Jakarta, 27 November 2007



Kerja sama antara :



**Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan
Universitas Trisakti**

Kampus A, Gd. K, Lt. 7, Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol Jakarta Barat 11440
Telp. 021-5663232 ext.755/761/773

dan



**Direktorat Jendral Cipta Karya
Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia**

Jl. Palimura No.20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan
Telp. Dan Fax. 021-72796582

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL PENGEMBANGAN GREEN INFRASTRUCTURE KAWASAN PERMUKIMAN PERKOTAAN BERWAWASAN LINGKUNGAN

Jakarta, 27 November 2007

Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti
Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum

PENERBIT :

Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti
Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum

Cetakan Pertama 2007

ISBN : 978-979-99119-2-6

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun termasuk fotocopy,
tanpa izin tertulis dari penerbit

Dicetak oleh

Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti
Direktorat Jendral Cipta Karya, Departemen Pekerjaan Umum

Daftar Isi

Daftar Isi	i
Laporan Ketua Pelaksana	v
Kata Sambutan Dekan FALTL	vi
Susunan Panitia	viii
Susunan Acara	x

MATERI A : PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR DALAM RANGKA REVITALISI KAWASAN WARISAN BUDAYA

A.1.1 Kawasan Pemakaman Masyarakat Hindu Di Bali Ditinjau Dari System Tata Ruang Dan Peran Serta Fungsinya Bagi Lingkungan (Ida A.S. Danur)	1
A.1.2 Kajian Infrastruktur Hijau Pusat Kota Lama Tangerang (Hinijati Widjaja)	9
A.1.3 Arsitektur Hijau Dalam Revitalisasi Kawasan Wisata Pantai (Maria Immaculata Ririk Winandari)	15
A.1.4 Konstruksi Pedestrian Di Pinggir Pantai Yang Berkonsep <i>Green Infrastructure</i> , Studi Kasus: Kawasan Pantai Losari, Makassar (Mutmainnah, Sugeng Triyadi S., Andi Harapan S)	19
A.1.5 Model Pemukiman di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Yang Berwawasan Lingkungan sebagai Upaya Mengantisipasi Banjir (Nur Intan Mangunsong)	33

MATERI B : PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR KAWASAN PERKOTAAN YANG BERWAWASAN LINGKUNGAN

B.1.1 Konstruksi Area Pengelolaan Sampah dengan Konsep <i>Green infrastructure</i> di Kawasan Pariwisata Situ Rawa Besar, Depok (Anedya Wardhani, Sugeng Triyadi S, Andi Harapan S)	42
B.1.2 Fungsi Ekologis Situ di Perkotaan dalam Membantu Mengurangi Pemanasan Global (Diana Hendrawan, Melati Ferianita Fachrul)	52
B.1.3 Reposisi Ruang Terbuka Hijau Dalam Pembangunan Kota (Endrawati Fatimah)	59
B.1.4 <i>Green Infrastructure</i> Sebagai Pemahaman Menuju Pembangunan Berkelanjutan (S.Rahardjo)	68

FUNGSI EKOLOGIS SITU DI PERKOTAAN DALAM MEMBANTU MENGURANGI PEMANASAN GLOBAL

Diana Hendrawan ; Melati Ferianita Fachrul

Jurusan Teknik Lingkungan,
Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan
Universitas Trisakti
nana_hdr@yahoo.com, melatif_99@yahoo.com

ABSTRAK

Situ merupakan salah satu system penyangga kehidupan yang sangat penting dalam tatanan lingkungan hidup, yang apabila mengalami kerusakan akan mengganggu keseimbangan ekosistemnya. Fungsi situ-situ adalah sebagai daerah tangkapan air, pengendali banjir, ketersediaan air, irigasi, tempat memelihara ikan dan juga sebagai tempat rekreasi, sebagai sumber air merupakan salah satu sumberdaya alam yang mempunyai fungsi bagi kehidupan dan penghidupan manusia. Dalam konteks mengatasi pemanasan global, situ berfungsi sebagai pengatur iklim mikro dimana proses ekologis lewat peran fitoplankton di dalam situ sangat membantu dalam mengurangi pemanasan udara. Di Kab. Bogor telah terjadi pengurangan luas situ sebanyak 114.75 Ha (22.64 %), di Depok telah terjadi pengurangan luas situ sebanyak 27.1 Ha (18.58 %) dan di DKI Jakarta 40 situ diketahui 19 (47,5 %) situ dalam kondisi terawat, 14 (35%) situ dalam kondisi tidak terawat dan 5 (12,5 %) situ telah berubah menjadi daratan. Perlu dilakukan konsevasi sumberdaya air yang melibatkan semua pihak dan mentaati rencana tata ruang yang telah disepakati.

Key words : situ, pemanasan global, fitoplankton, situ sebagai penangkap karbon

I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dampak pertumbuhan penduduk, peningkatan ekonomi, penyelenggaraan pembangunan serta perilaku menjadikan degradasi sumberdaya air juga meningkatnya buangan ke udara sebagai penyebab meningkatnya Gas Rumah Kaca. Aktivitas penduduk seperti bertambahnya kendaraan bermotor, industri, pembukaan lahan merupakan penyumbang keberadaan karbon dan zat pencemar udara lainnya yang menyebabkan meningkatnya suhu di perkotaan yang pada gilirannya menjadi penyumbang dalam pemanasan global.

Perubahan daerah konservasi tangkapan air di daerah Bogor, Depok dan Jakarta secara langsung dan tidak langsung berpengaruh pada kualitas lingkungan. Situ merupakan penampung sejumlah air yang berfungsi sebagai daerah tangkapan air, pengendali banjir, ketersediaan air, pengatur iklim mikro, menetralkan limbah sebelum dilepas ke sungai, irigasi, tempat memelihara ikan dan juga sebagai tempat rekreasi. Perubahan fungsi situ akan mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan di sekitarnya seperti adanya banjir dan sangat terasa beberapa tahun belakangan ini.

Dalam konteks mengatasi pemanasan global, situ berfungsi sebagai pengatur iklim mikro dimana proses ekologis di dalam situ sangat membantu dalam mengurangi pemanasan udara. Plankton yang terkandung di dalam situ berfungsi sebagai

penyerap karbon di udara digunakan dalam proses fotosintesa dan oksigen yang terbentuk dilepaskan kembali ke udara.

Dalam proses pembangunan kota Jakarta dan meminimumkan kenaikan temperatur di perkotaan, semua pihak harus dilibatkan untuk melakukan pengelolaan terpadu seperti penghijauan, pengendalian penebangan, konservasi tanah, pengamanan sungai, situ dan rawa, pembuatan sumur resapan serta pengelolaan limbah cair, padat dan gas.

1.2. TUJUAN

Makalah ini bertujuan :

1. Mengetahui kondisi situ di Bogor, Depok dan Jakarta
2. Melihat fungsi ekologis situ dalam membantu mengurangi efek gas rumah kaca

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. EFEK RUMAH KACA DI PERKOTAAN

Efek rumah kaca adalah suatu fenomena penyerapan sinar infra merah yang dilakukan oleh gas-gas rumah kaca dan partikel-partikel yang ada di atmosfer. Dengan adanya fenomena tersebut, udara didekat permukaan bumi menjadi hangat. Gas-gas rumah kaca diantaranya adalah karbon dioksida (CO₂), metan (CH₄), Chlorofluorocarbon (CFC) dan Nitrogen oksida (N₂O). Gas-gas tersebut cenderung meningkat jumlahnya sejalan dengan meningkatnya aktivitas manusia. Gas-gas tersebut membentuk lapisan di permukaan bumi yang dapat ditembus oleh sinar ultra violet tapi tidak tertembus oleh sinar infra merah sehingga akan menahan panas yang dipantulkan oleh permukaan bumi.

Pemanasan global yang terkait dengan perubahan iklim akan berdampak pada lebih panjangnya musim kemarau dan musim hujan yang lebih pendek tetapi dengan intensitas hujan yang tinggi. Indonesia diperkirakan akan mengalami kenaikan curah hujan sebesar 2 sampai 3 % pertahun (Ratak, 2007 dalam Anonim, 2007)

2.2. FUNGSI SITU

Menurut Aboejoeno (1999), Situ merupakan salah satu sumberdaya air yang mempunyai fungsi dan manfaat sangat penting bagi kehidupan dan lingkungannya, sehingga keberadaan situ-situ dalam suatu wilayah sangat potensial untuk menciptakan keseimbangan hidrologi dan keanekaragaman hayati serta potensial meningkatkan kesejahteraan kehidupan masyarakat. Diketahui beberapa fungsi penting situ yaitu :

1. Sebagai sumber air bagi kehidupan, Banyak situ-situ terutama di Jabotabek yang dimanfaatkan sebagai sumber air oleh masyarakat. Masyarakat di sekitar situ umumnya memanfaatkan situ untuk keperluan MCK dan sebagian lagi menggunakan situ sebagai sumber air minum. Selain itu, situ juga dimanfaatkan sebagai sumber air untuk irigasi maupun industri.
2. Pengaturan tata air dan pemasok air tanah. Dalam pengaturan tata air (fungsi hidrologi) situ merupakan tempat penampungan air, baik yang berasal dari hujan maupun sumber air mengalir (sungai). Air yang tertampung di dalam suatu situ merupakan pemasok air ke aquifer, air tanah atau situ lainnya yang letaknya

lebih rendah. Dengan demikian keberadaan situ sangat penting dalam mempertahankan air tanah dangkal yang merupakan sumber air bagi masyarakat sekitarnya.

3. Pengendali banjir. Pada waktu musim hujan situ-situ dapat menyimpan kelebihan air, baik air yang berasal dari air hujan maupun dari sungai. Dengan demikian situ-situ akan dapat mengurangi volume air pada waktu musim hujan sehingga mengurangi terjadinya banjir sekaligus mempertahankan persediaan air pada musim kemarau.
4. Pengatur iklim makro. Proses evapotranspirasi yang terjadi di sebuah situ dapat menjaga kelembaban di daerah sekitarnya. Selain itu, situ yang luas dan memiliki hutan/pepohonan yang baik akan mampu menyimpan air hujan dan kelembaban dapat dipertahankan sepanjang waktu.
5. Pengendap lumpur dan pengikat zat pencemar. Adanya vegetasi yang tumbuh di situ-situ akan memperlambat aliran air. Hal ini menyebabkan air akan tertahan lebih lama dan menyebabkan terjadinya pengendapan lumpur-lumpur yang terbawa aliran air. Selain itu, adanya vegetasi, melalui sistem perakarannya, dapat menyerap unsur hara dan mengikat polutan-polutan terutama limbah B3.
6. Habitat berbagai jenis flora/fauna. Adanya situ-situ dalam satu kesatuan ekosistem merupakan habitat berbagai jenis flora dan fauna. Berbagai jenis flora dan fauna kehidupannya sangat tergantung dengan adanya situ. Berbagai jenis burung dan tumbuhan tertentu serta hewan-hewan air dapat hidup dan berkembang biak tergantung dari keberadaan situ, sehingga situ turut membantu melestarikan keanekaragaman hayati.
7. Tempat rekreasi/wisata. Di wilayah Jabotabek banyak situ yang digunakan untuk memelihara ikan dan taman pemancingan. Situ-situ yang cukup luas biasanya dikelola secara komersial sebagai tempat rekreasi yaitu sebagai tempat olah raga air dan taman perahu. Dengan demikian keberadaan situ secara ekonomi mampu menunjang pendapatan masyarakat, baik secara langsung maupun tidak langsung.
8. Budidaya perikanan. Banyak situ khususnya di wilayah Jabotabek yang dimanfaatkan oleh masyarakat untuk budidaya ikan. Jenis ikan yang dibudidayakan umumnya adalah ikan mas atau tawes dengan sistem keramba.

Kemampuan situ dalam penangkap karbon dapat terlihat dari total akumulasi organik karbon di danau sebesar 54 ton gr/tahun, waduk 265 ton gr/tahun dan lahan basah 415 ton gr/tahun. Meskipun total area dari ketiga penyerap karbon (carbon sinks) hanya 2 % dibanding lautan tapi kecepatan penghilangan karbon pada daerah tersebut empat kali lebih cepat dibanding lautan (<http://pubs.usgs.gov>).

III. ANALISIS

3.1. KONDISI SITU DI BOGOR, DEPOK DAN JAKARTA

Situ di Bogor, Depok dan Jakarta dalam beberapa tahun terakhir ini mengalami perubahan dalam hal luas. Perubahan tersebut terjadi karena kebutuhan lahan yang semakin tinggi untuk keperluan permukiman dan usaha. Tabel 1 memperlihatkan kondisi situ di Bogor, Depok dan Jakarta.

Tabel 1. Perubahan luas situ di Bogor, Depok dan Jakarta

	Jumlah	Luas situ		Pengurangan
		Sebelum	Sekarang	
Bogor	101	506.9 Ha	392.15 Ha	114.75 Ha
Kondisi			10 situ terawat 72 situ rusak 19 situ menjadi daratan	
Depok	21	145.87 Ha	118.77 Ha	27.1 Ha
Kondisi			5 situ terawat 12 situ rusak 4 situ menjadi daratan	
Jakarta	40	326.125 Ha	182.9 Ha	143.23 Ha
Kondisi			19 situ terawat 16 situ rusak 5 situ menjadi daratan	

Dari tabel diatas terlihat bahwa dari luas situ di Kab. Bogor seluas 506.9 Ha telah berkurang menjadi 392.15 Ha berarti telah terjadi pengurangan luas situ sebanyak 114.75 Ha (22.64 %). 72 situ (71.29 %) ada dalam kondisi rusak, 19 situ (18.81 %) menjadi daratan. Sedangkan di Depok luas awal situ sebesar 145.87 Ha telah berkurang menjadi 118.77 Ha yang berarti telah terjadi pengurangan luas situ sebanyak 27.1 Ha (18.58 %). 12 situ (57.14 %) dalam kondisi rusak, 4 situ (19.05 %) menjadi daratan. DKI Jakarta mempunyai 40 situ diketahui 19 (47,5 %) situ dalam kondisi terawat, 14 (35%) situ dalam kondisi tidak terawat dan 5 (12,5 %) situ telah berubah menjadi daratan.

Bogor, Depok dan Jakarta dalam tata airnya, terhubung oleh salah satu DAS yang besar yaitu DAS Ciliwung. Pada tahun 1970, luas lahan tidak terbangun sekitar 66% dari luas DAS atau sekitar 25.687,99 Ha. Namun, pada tahun 2000, luas penggunaan lahan daerah tidak terbangun tersebut hanya sekitar 38% dari luas DAS atau hanya sekitar 15.079,84 Ha. Dalam kurun waktu 30 tahun (1970-2000), luas penggunaan lahan Tanah Basah dan Badan Air berkurang hingga sekitar 55% atau sekitar 5.774 Ha

Pembangunan tanpa memperdulikan lingkungan mengakibatkan situ dianggap sumberdaya yang tidak mempunyai nilai ekonomis. Meningkatnya jumlah penduduk dan pembangunan ekonomi menyebabkan semakin meningkatnya tekanan terhadap alam dan dalam pertimbangan pembangunan infrastruktur dalam rangka pemekaran kota, situ menjadi salah satu sumberdaya alam yang harus mengalah, akibatnya situ-situ mengalami pengurangan dan berganti fungsi.

Permasalahan yang menyebabkan situ-situ kurang mendapat perhatian adalah kurang jelasnya batas penguasaan situ, perubahan tataguna lahan dan peralihan fungsi situ, rendahnya kesadaran masyarakat akan fungsi dan keberadaan situ, rendahnya pengawasan dan penegakan hukum serta kurangnya penyuluhan dan sosialisasi akan peranan dan manfaat situ-situ.

3.2. FUNGSI EKOLOGIS SITU SEBAGAI PENANGKAP KARBON

Situ berperan sebagai daerah tangkapan air, ekohidrologi dan penseimbang siklus di daerah sekitarnya. Pengurangan luas situ disebabkan karena kebutuhan lahan yang mendesak untuk permukiman, perdagangan dan kegiatan lainnya. Dari data terlihat bahwa sebenarnya jumlah situ di Bogor, Depok dan Jakarta lebih dari 100 buah, namun 90 % dalam kondisi rusak. Jika dikaitkan dengan kemampuan menahan air limpasan hujan, peran situ sangat besar. Pengurangan fungsi situ berarti berdampak pada berkurangnya daerah tangkapan air, berkurangnya lahan terbuka hijau, berkurangnya evaporasi dari situ dan meningkatnya suhu di daerah sekitarnya.

Situ memainkan peranan penting dalam proses perombakan bahan organik yang berasal dari lahan di sekitarnya dan juga pencemar udara yang masuk ke dalam perairan. Lewat proses perombakan oleh mikroorganisme, bahan pencemar tersebut berubah menjadi senyawa esensial seperti N dan P yang dimanfaatkan oleh fitoplankton dalam perairan sebagai bahan untuk perkembangannya. Proses perombakan tersebut akan menghasilkan CO₂ dan senyawa lain. Selanjutnya fitoplankton akan memanfaatkan karbon yang terbentuk atau yang masuk dari udara untuk proses fotosintesis. Selain fitoplankton, beberapa jenis makrofita dalam air juga turut membantu proses fotosintesis yang berarti ikut menambah suplai oksigen di dalam air.

Fitoplankton di dalam situ berperan sebagai produsen primer di perairan. Dalam proses biologisnya, fitoplankton akan memanfaatkan karbon sebagai sumber energinya dan melalui proses fotosintesis akan dihasilkan oksigen. Oksigen akan terlepas ke dalam air dan ke udara. Selain itu ekosistem alami situ dengan pohon yang rindang akan membantu proses pelepasan oksigen ke udara. Sehingga terlihat bahwa situ dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan karbon dan memprosesnya. Oleh karena itu, sistem alami mempunyai kontribusi yang tinggi dalam membantu mengurangi pencemar di udara yang berarti mengurangi pemanasan secara mikro di tempat tersebut. Jika ruang terbuka hijau dan situ sebagai tempat tangkapan air tetap dilestarikan, maka pembangunan perkotaan akan berjalan dengan baik dan tidak terjadi bencana jangka pendek maupun jangka panjang.

3.3. PROGRAM PENYELAMATAN EKOSISTIM SITU

Dalam Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air dikatakan bahwa pengelolaan sumberdaya air adalah upaya merencanakan, memantau dan mengevaluasi penyelenggaraan konservasi sumber daya air, pendayagunaan sumber daya air dan pengendalian daya rusak air. Sedangkan konservasi sumber daya air merupakan upaya memelihara keberadaan serta keberlanjutan keadaan, sifat dan fungsi sumberdaya air agar senantiasa dalam kuantitas dan kualitas yang memadai untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup baik pada waktu sekarang maupun yang akan datang.

Bertitik tolak dari Undang-undang diatas maka perlu dilakukan program penyelamatan ekosistem air. Pengelolaan situ-situ dapat dikelompokkan ke dalam 2 bagian yaitu pengembangan secara alami dan pengembangan dengan perlakuan. Pengembangan secara alami, situ dikelola tanpa fasilitas tambahan (pengatur air).

Muka air situ mengikuti kondisi iklim yang ada. Keberadaan situ sangat tergantung kondisi alam. Tindakan-tindakan dilakukan seperlunya pada situ. Pengembangan dengan cara ini merupakan kontrol dalam menentukan kebijakan selanjutnya. Sedangkan pengembangan dengan perlakuan : situ-situ dikelola dengan berbagai perlakuan. Perlakuan pada dasarnya merupakan tindakan pengendalian (preventif) agar situ-situ dapat dipertahankan keberadaannya dengan tujuan :

- mempertahankan muka air maksimum situ-situ pada elevasi tertentu;
- mengendalikan fluktuasi muka air situ-situ yang selalu tinggi;
- meningkatkan potensi perikanan;
- mempertahankan luas kawasan situ-situ; sebagai daerah resapan air hujan

Program yang dapat dilakukan untuk memelihara keberadaan situ-situ seperti pengerukan situ yang mengalami pendangkalan, pembuatan pelimpah dan pintu air, pengurangi blooming tumbuhan air, mengurangi masukan limbah padat dan cair ke situ, penghijauan di sekitar situ dan penyuluhan pada masyarakat mengenai fungsi dan manfaat situ.

IV. KESIMPULAN

1. Di Kab. Bogor telah terjadi pengurangan luas situ sebanyak 114.75 Ha (22.64 %), di Depok telah terjadi pengurangan luas situ sebanyak 27.1 Ha (18.58 %) dan di DKI Jakarta 40 situ diketahui 19 (47,5 %) situ dalam kondisi terawat, 14 (35%) situ dalam kondisi tidak terawat dan 5 (12,5 %) situ telah berubah menjadi daratan.
2. Situ dapat berfungsi sebagai penangkap karbon lewat proses fotosintesis dan dapat mengurangi efek gas rumah kaca
3. Perlu dilakukan konsevasi sumberdaya air yang melibatkan semua pihak dan mentaati rencana tata ruang yang telah disepakati

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Indonesia dan Perubahan Iklim : Status terkini dan Kebijakannya*. Bank Dunia.
- Daftar Inventarisasi Situ-Situ di Jabotabek. 2003. Departemen Pekerjaan Umum
- Hendrawan, D., Fachrul, M., Nugrahadi, A dan Sitawati, A. 2005. *Perubahan Guna Lahan terhadap Kualitas Air di DAS Ciliwung*. Laporan Penelitian Unggulan Trisakti VII, Universitas Trisakti
- Hendrawan, D., Fachrul, D. 2006. *Pembangunan ke Arah Megalopolis VS Keberadaan Situ-Situ di Bogor, Depok dan Jakarta*, Proseding Seminar Nasional FALTL, Peluang dan Tantangan Pengelolaan Megalopolis dalam Persepektif Publik USAKTI, 11 Juli 2006
- Fachrul, M.F., Hendrawan, D. 2006. *Penyelamatan Air dengan Penyelamatan Ekosistem Situ melalui Partisipasi Masyarakat (Kasus : Situ-Situ di DKI Jakarta)*, Proseding Seminar Hari Air Dunia 25 April 2006
- Formapel Kodya Jakarta Timur. 2003. *Program Penyelamatan Air dan Penanggulangan Bencana. Penanganan Situ secara Terpadu dan Berkesinambungan*

Kodoatie, R dan Sjarif, R. 2005. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Penerbit Andi, Yogyakarta

Kesepakatan Dialog Penyelamatan Air dalam Rangka HAS 2003

Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Propinsi DKI Jakarta. 2000. *Neraca Kualitas Lingkungan Daerah DKI Jakarta 2000*.

Nemerow, N.L. 1991. *Stream, Lake, Estuary and Ocean Pollution*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Norm Meck. 1996. **Technology Needs for Lake Management in Indonesia**. Newsletter and Technical Publications. www.yahoo.com.

U.S. Geological Survey Fact Sheet FS-058-99. *Magnitude and Significance of Carbon Burial in Lakes, Reservoirs, and Northern Peatlands*. <http://pubs.usgs.gov>

Sobek, Sebastian, Björn Söderbäck, Sara Karlsson, Eva Andersson, and Anna Kristina Brunberg. 2006. *A Carbon Budget of a Small Humic Lake : An Example of the Importance of Lakes for Organic Matter Cycling in Boreal Catchments*. *A Journal of the Human Environment*. pp. 469–475. <http://www.bioone.org/perlserv>