

## **Ekohidrologi Konsep Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan**

**Tri Retnaningsih Soeprbowati**

Laboratorium Ekologi dan Biosistemik Jurusan Biologi FMIPA Undip  
trsoeprbowati@yahoo.co.id

### **Abstract**

*Ecohydrology is the study on the interaction hydrological process or aquatic with biological dynamic spatially and temporarily. Ecohydrology promises to be a tool of the sustainable use of aquatic resources by ecological analysis integrated with freshwater aquatic conservation. Methodologically, ecohydrology is a management tool using organism to control hydrological process and using hydrology to control biota. Basically, ecohydrology is water resource development that oriented on the capacity and ability to maintain it. Spatially, it requires an understanding about the role of organism. Temporarily, it requires reconstruction on the paleohydrology as a base of the water resource development that put global changes into account. Based on the successful implementation of ecohydrological concept on Saguling Reservoir, it able to be implemented for another aquatic ecosystem.*

**Keywords:** *ecohydrology, sustainable management*

### **PENDAHULUAN**

Air merupakan kebutuhan utama bagi manusia. Seiring dengan pertambahan penduduk yang sedemikian pesat, maka kebutuhan airpun meningkat. Sementara kuantitas air di bumi jumlahnya tetap konstan, hanya terjadi perubahan wujud dan tempatnya saja (siklus). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, rerata cadangan air dunia per orang di atas 2.000 meter kubik per hari. Namun cadangan air di Indonesia hanya mampu memenuhi kebutuhan per orang 1.700 meter kubik per hari (Kementrian Riset dan Teknologi, 2007). Hal ini diakibatkan oleh telah rusak atau tercemarnya sumber daya air seperti danau dan sungai di Indonesia. Kerusakan/pencemaran tersebut diakibatkan oleh eksploitasi yang terlalu berlebihan oleh manusia.

Upaya konservasi sumber daya air telah dilakukan, namun tidak cukup hanya dengan pendekatan hidrologi saja. Di Eropa konservasi sumber daya air telah dilakukan dengan pendekatan ekohidrologi. Ekohidrologi merupakan ilmu baru yang memadukan pendekatan hidrologi dan ekologi agar perlakuan eksploitatif terhadap sumber daya air menjadi perlakuan yang ramah lingkungan, sehingga keseimbangan pemanfaatan

dan konservasi air tetap terjaga. Pengelolaan air permukaan dan air tanah dilakukan secara terintegrasi, lintas sektor dan lintas disiplin, yang bersifat jangka panjang dengan perencanaan spasial dan tata ruang.

Belajar dari keberhasilan penerapan ekohidrologi di Eropa, sudah waktunya Indonesia menerapkan konsep ekohidrologi untuk penyelesaian problem perairan. Uji coba implementasi ini telah dilakukan di Waduk Sangguling dan terbukti berhasil meningkatkan 25% tingkat kebersihan waduk tersebut. Apakah sebenarnya konsep ekohidrologi?

### **PENGERTIAN EKOHIKROLOGI**

Ekohidrologi merupakan paradigma baru, konsep yang merupakan perpaduan harmonis antara ekologi dan hidrologi. Cabang ilmu ini digagas UNESCO pada pertengahan 1990. Istilah ekohidrologi pertama kali disampaikan di Dublin pada tahun 1992 pada *International Conference on Water and Environment*, merupakan paradigma baru yang merupakan perpaduan antara hidrologi dan dinamika biota di daerah tangkapan untuk diaplikasikan dalam penyelesaian masalah lingkungan (Zalewski *et al.*, 1997). Konsep

tersebut berdasarkan asumsi bahwa pembangunan berkelanjutan dari sumber daya air tergantung pada kemampuan alam dalam menyimpan, mengelola proses sirkulasi air dan energi serta energi yang terdapat di daerah basin. Vivile & Littlewood (1997) menekankan ekohidrologi sebagai perpaduan ilmu biologi dan fisika dalam upaya untuk lebih memahami ekosistem. Namun, Bonnell (2002) tidak sepekat jika dikatakan bahwa ekohidrologi merupakan konsep baru. Hal ini didasari beberapa fakta bahwa sesungguhnya integrasi bidang ilmu ekologi dan hidrologi sudah sejak lama ada. Sesuatu yang baru adalah awal penggabungan proses lansekap meliputi air, transfer nutrien dan sedimen, proses air permukaan dan air tanah dengan *in-stream* hidrobiologi serta peranan zona pinggir dalam proses tersebut. Jadi ekohidrologi adalah integrasi hidrologi lansekap dengan biologi perairan tawar.

Ekohidrologi perlu dibedakan dengan hidroekologi. Hidroekologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang proses ekologi dan hidrologi di sungai dan paparan banjirnya. Oleh karenanya maka kajian terfokus pada hubungan antara hidrologi dan biologi dalam memahami biota perairan tawar. Disamping itu juga mempelajari perubahan ekosistem akuatik sebagai akibat dari aliran, kualitas air dan struktur sungai. Sementara itu istilah ekohidrologi digunakan untuk menjelaskan respon tumbuhan terestrial dan efeknya terhadap fase lahan dalam siklus hidrologi. Oleh karena itu kajian ekohidrologi fokus pada hubungan antara pola ekosistem dengan kelembababan tanah, iklim dan tanah; serta peranan vegetasi dalam keseimbangan air, energi aliran permukaan (Vivoni, 2003).

UNESCO (2004) menetapkan bahwa ekohidrologi memiliki dimensi temporal dan spasial. Oleh karenanya ekohidrologi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari interaksi proses hidrologi atau perairan dengan dinamika biologi secara spasial dan temporal.

Konsep ekohidrologi menunjukkan kepedulian tenaga ahli hidrologi terhadap metoda ekologi atau sebaliknya, secara evolutif. Pada masa lampau hidrologi fokus pada kejadian katastrofik seperti banjir, kekeringan, pencemaran atau erosi. Ekologi masih bersifat deskriptif dan terbatas pada konservasi ekosistem akuatik.

Konsep sustainabilitas menjadi visi utama. Pengelolaan berkelanjutan perlu didasari pada integrasi ekologi dan hidrologi, sehingga di masa mendatang, ekohidrologi merupakan perangkat yang digunakan dalam pemanfaatan sumber daya air yang berkelanjutan dengan kajian analisis/fungsional ekologi dengan integrasi dan kreativitas konservasi sumber daya perairan tawar. GIS merupakan perangkat terbaik yang mampu menyatukan ekologi dan hidrologi.

Ekohidrologi membawa dimensi baru dalam pengelolaan air. Paradigma baru ini terdiri dari pemikiran proses yang memungkinkan sinergi berbagai sektor dan dapat diaplikasikan untuk sektor yang saling berkoneksi seperti cadangan air, denitrifikasi, purifikasi air, biofiltrasi. Ekohidrologi merupakan ilmu yang multidisiplin yang memungkinkan semua ilmuwan dapat berperan dalam bidangnya masing-masing.

Dalam penanganan pencemaran air, khususnya di Indonesia, ekohidrologi merupakan konsep pendekatan baru yang berbasiskan pada pendekatan aspek regulasi, integrasi dan harmonisasi. Regulasi hidrologi dengan perampingan biota dan regulasi biota dengan alterasi hidrologi. Integrasi berbagai tipe regulasi sebagai satu sinergi untuk meningkatkan dan menstabilkan ekosistem akuatik (Kementrian Riset dan Teknologi, 2007).

Konsep ekohidrologi berdasarkan pada 3 prinsip, yaitu kerangka kerja, target dan metodologi (UNESCO, 2004). Perlindungan ekosistem tidaklah cukup hanya dengan cara sederhana, sementara populasi meningkat secara drastis yang berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan materi. Diperlukan suatu upaya peningkatan kapasitas ekosistem untuk menyerap dampak lingkungan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Upaya pengelolaan lingkungan harus berprinsip pada integrasi daerah tangkapan dan organisme yang ada di dalamnya sebagai *superorganism* Platonium yang utuh, mencakup aspek skala, dinamika dan hirarki faktor. Pada skala meso, siklus peredaran air yang terjadi di dalam suatu basin, yang merupakan perpaduan ekosistem daratan dan perairan, menyediakan suatu wadah bagi terjadinya proses ekologis. Secara dinamik, air dan temperatur telah menjadi daya penggerak di dalam ekosistem

daratan dan perairan tawar. Dari aspek hirarki faktor, apabila proses abiotik dominan (misalnya proses hidrologis), maka interaksi faktor biotik boleh jadi menjelma kembali pada saat kondisi dalam keadaan stabil dan dapat diprediksi. Secara metodologis, ekohidrologi merupakan piranti manajemen dengan pemanfaatan biota dalam pengontrolan proses hidrologis dan sebaliknya dengan menggunakan ilmu hidrologi untuk mengatur biota.

de Beauregard *et al.* (2002) membagi kerangka kerja metodologis dalam ekohidrologi dalam 3 tahap yaitu (1) kajian *catchment preliminary* dengan pemahaman mendalam tentang lingkungan secara ekologis (iklim, ilmu tanah, vegetasi dan peran manusia); (2) pencegahan pencemaran yang merupakan landasan pembangunan yang berkelanjutan. Implikasinya dilakukan melalui penetapan model *catchment* sehingga pengelolaan tata guna lahan yang berkelanjutan dapat diterapkan di daerah tangkapan; dan (3) implementasi teknologi seperti fitoremediasi dan biomanipulasi sebagai upaya penguatan ekosistem.

Fitoremediasi merupakan pemanfaatan vegetasi untuk penanganan pencemaran ekosistem secara *in-situ* (Schnoor, 2000). Apabila 2 komunitas saling tumpang tindih tanpa batasan, dikenal sebagai *continuum*. Tetapi jika diantara 2 ekosistem ada batasan karakteristik ekosistem yang jelas maupun spesies penyusunnya, dikenal sebagai *Ecotone* yang berperan sangat penting dalam struktur lansekap, siklus biogeokimia dan diversitas (Zalewski *et al.*, 1997). *Typha* spp. dan *Phragmites mommunis* merupakan biofilter yang baik sebagai sistem perangkap nutrien dan buffer eutrofikasi (Torres, 2000). Oleh karena itu konservasi dan pengelolaan daerah ekoton dengan fitoremediasi mempunyai peranan dalam menjaga kualitas perairan dalam jangka waktu yang panjang.

Biomanipulasi merupakan upaya pengontrolan piramida trofik secara *top-down*. Di sisi lain, strategi *bottom-up* terdiri dari upaya pengurangan nutrient, polutan dan materi organik eksternal yang masuk ke dalam perairan, sehingga ketersediaannya dalam perairan merupakan hasil dari keluaran materi yang tersimpan dalam sedimen (Koschel, 1995). Ada banyak teknik yang

dapat diterapkan dalam biomanipulasi, antara lain: 1) eliminasi ikan pemangsa plankton menggunakan rotenone (Moss, 1993); 2) penggunaan jaring atau pancing listrik untuk mengeliminasi ikan pemangsa zooplankton, 3) introduksi ikan perca untuk meningkatkan populasi zooplankton; 4) fluktuasi muka air (de Beauregard *et al.*, 2002). Biomanipulasi lebih tepat diimplementasikan untuk danau kecil dan dangkal.

Aplikasi ekohidrologi terutama dalam penyelesaian masalah lingkungan yang terkait erat dengan siklus biogeokimia perubahan iklim dan bionergi; biodiversitas dan perikanan, eutrofikasi dan kesehatan manusia, serta produksi makanan. Ekohidrologi tergolong dalam ekoteknologi, yang merupakan penggabungan antara pengetahuan lingkungan dengan teknologi. Salah satu terapan yang sudah banyak dilakukan di negara maju adalah fitoteknologi, yakni pemanfaatan tumbuhan atau vegetasi dalam mengatasi masalah lingkungan. Sebagai contoh, untuk menurunkan kadar fosfat dalam air bila dilakukan dengan solusi teknologi biasa akan memerlukan biaya tinggi, tapi dengan fitoteknologi yang merupakan salah satu bagian ekohidrologi, penurunan kadar fosfat bisa dibantu dengan bantuan bakteri dalam air. Fitoteknologi dapat diaplikasikan dalam bidang pengelolaan ekosistem terintegrasi, penanggulangan kerusakan lingkungan, kontrol proses lingkungan, remediasi dan restorasi ekosistem yang telah rusak, dan dalam strategi monitoring dan pengkajian. Strategi pengelolaan dengan pemanfaatan biomassa di daerah tersebut dapat dikembangkan dengan perpaduan aspek sosial ekonomi dalam perencanaan *constructed wetland*.

## PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Dalam rangka memenuhi kebutuhannya, maka apabila diperlukan air dalam jumlah banyak, maka dibuatlah bendungan. Untuk menangani kawasan yang terendam air, maka dibuatlah saluran lurus ke laut sehingga biaya ringan. Air tanah disedot besar-besaran melebihi kapasitas bumi dalam penyediaannya kembali melalui siklus hidrologi. Kondisi ini diperparah dengan kerusakan lingkungan, seperti deforestasi, konversi lahan dan pencemaran air. Hal yang tidak disadari, dengan pembuatan

bandungan secara artifisial, banyak sekali keanekaragaman hayati yang hilang, disamping banyaknya penduduk yang harus direlokasi. Saluran air lurus menuju ke laut dengan dinding dari batu, tidak memungkinkan tumbuhan untuk hidup disepanjang alirannya sehingga retensi air menjadi kecil sekali. Sebagai akibatnya, maka air tanah semakin sulit didapatkan, banjir di musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau. Sungai yang terpotong saluran tersebut menjadi tempat pembuangan sarang nyamuk dan seringkali menjadi tempat pembuangan sampah.

Pengelolaan air di Indonesia hingga awal 2000 masih bersifat eksploitatif. Diperlukan suatu upaya yang tidak lagi bersifat pragmatis, namun konsep pengelolaan yang bersifat sustainabel sehingga upaya penyelesaian permasalahan perairan tidak berdampak pada munculnya permasalahan lain. Semenjak diresmikannya UU No7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air yang mengamankan pengelolaan untuk menyeimbangkan eksploitasi dan konservasi maka diperlukan suatu konsep khusus untuk mewadahi perubahan mendasar itu yaitu melalui konsep ekohidrologi.

Konsep ekohidrologi menawarkan upaya pengelolaan yang sustainabel tersebut. Pendekatan ekohidrologi bila dilakukan secara benar dapat mengurangi degradasi lingkungan, menjamin keberlanjutan air, ekosistem, dan masyarakat. Salah satu persoalan penting yang harus dilakukan dalam proses ekohidrologi, para ahli harus memiliki data selengkap mungkin mengenai obyek yang akan ditangani. Meskipun butuh waktu, pemulihan alam seperti daur hidrologi sangat penting. Menurut Zalewski (1997), ketidakstabilan proses hidrologi mempengaruhi peningkatan suhu global seperti sekarang.

Belajar dari pengalaman negara lain seperti Jerman, Amerika, Kanada, dan berbagai negara Eropa yang sudah menerapkan ekohidrologi pada dekade 1980-an. Hal ini terlihat dari pengembalian sungai yang diluruskan menjadi berkelok-kelok alami, memfungsikan lagi daerah retensi air seperti rawa-rawa untuk menyerap air sekaligus kawasan konservasi, dan penanaman kembali bakau di daerah pantai (Maryono, 2005). Pendekatan holistik teramat sangat penting karena air sebenarnya tidak berdiri sendiri. Keberadaannya

terkait erat dengan kondisi lingkungan seperti hutan, sungai, tutupan lahan, dan komponen alam lainnya sehingga penanganannya harus lintas lintas sektoral.

Di dalam pengelolaan sumber daya air yang berorientasi pada sustainability fungsi, maka semua pihak harus peduli dan turut serta. Sebagai ilustrasi, masalah pencemaran danau, tidak hanya tanggung jawab pengelola danau, tetapi integrasi pemerintah daerah, pengembang industri, aparat kehutanan dan yang lebih utama adalah masyarakat. Pengaturan pembuangan limbah industri dan rumah tangga, serta tata ruang menjadi kewenangan pemerintah daerah. Pengaturan tata ruang ini penting sekali agar permukiman dan industri tidak dikembangkan di lahan yang merupakan daerah tangkapan air. Daerah hulu sungai merupakan tanggung jawab Dinas Kehutanan, karena kerusakan hutan di daerah hulu berdampak pada kerusakan ekosistem di daerah hilir yang sering kali menyebabkan banjir. Tantangan terbesar adalah meningkatkan kesadaran masyarakat agar berperilaku yang berpihak pada kelestarian lingkungan. Hal mendasar yang harus diperhatikan, bahwa kinerja masing-masing instansi tersebut tidak berdiri sendiri-sendiri menurut kewenangannya, namun lebih terintegrasi dalam satu paket kerjasama. Hal inilah yang merupakan kesulitan sekaligus tantangan dalam implementasi ekohidrologi di Indonesia.

Pengelolaan sumber daya air adalah suatu usaha memanfaatkan sumber daya air sebesar-besarnya untuk kesejahteraan manusia dan lingkungan secara berkesinambungan dan integral tanpa mengakibatkan kerusakan. Tujuan dari pengelolaan yang dilakukan untuk melestarikan komponen ekologi dan memanfaatkannya untuk rekayasa hidrologi. Maryono (2005) menerapkan konsep eko-hidrologi dalam pengelolaan sungai. Kompilasi data fisik, kimia dan biologi sangat diperlukan, baik yang bersifat temporer maupun dinamis-historis. Data fisik meliputi lebar sungai, tampang melintang di berbagai tempat, alur memanjang (meander, lurus, bercabang, *braided*), debit dan tinggi muka air (hidrograf), jenis batuan sedimen, kemiringan sungai dan struktur dasar sungai (pulau, delta, *dune*, *riffle*), data angkutan sedimen, dan perubahan profil sungai baik secara

melintang maupun memanjang. Data kimia seperti temperatur, kandungan oksigen terlarut, pH, kandungan Fe, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD). Data biologi antara lain kandungan bakteri coli-form, jenis plankton dan karakteristiknya, jenis tumbuhan dan hewan yang hidup di daerah bantaran maupun dasar sungai, benthos; dan mikroorganisme lain serta jenis ikan yang hidup diperairan. Disamping data fisik, kimia dan biologi, diperlukan pula data aktivitas sosial seperti pembuangan sampah dan limbah, pembebanan dinding, dan persepsi masyarakat.

Salah satu langkah kongkrit yang dapat dilakukan oleh semua pihak dalam pengelolaan sumber daya air adalah menjamin terjadinya peresapan air sebanyak-banyaknya, sehingga kuantitas dan kualitas cadangan air tanah menjadi terjamin. Apabila proses peresapan air buruk, maka terjadilah banjir. Secara teoritik, 30-40% lahan harus merupakan lahan hijau yang memungkinkan terjadinya peresapan air, namun hal tersebut dapat diturunkan menjadi 10% apabila konsep ekohidrologi diterapkan dengan pemanfaatan arus angin. Sisa lahan dimanfaatkan untuk pertanian (Zawleski, 1997). Iklim panas yang dimiliki Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai solusi persoalan lingkungan yang ada seperti halnya pemanfaatan limbah yang ada.

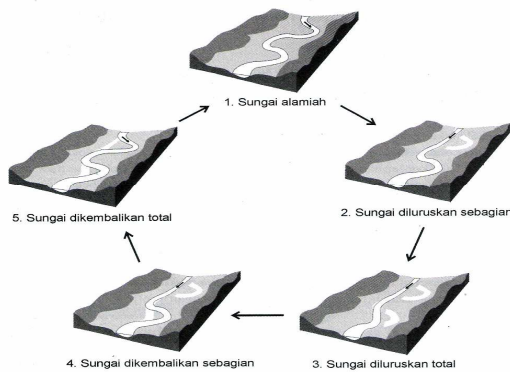
Banjir yang sering melanda di berbagai wilayah Indonesia disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor hujan, perubahan tata guna lahan di DAS dan faktor kesalahan perencanaan pembangunan alur sungai. Faktor hujan, merupakan faktor alami makro yang sulit direkayasa oleh manusia. Oleh karena itu, maka penanganan banjir harus difokuskan pada pengelolaan tata guna lahan dan perencanaan pembangunan alur sungai. Ke-dua faktor ini disinyalir menjadi faktor utama banjir yang terjadi di berbagai negara.

Menurut Maryono (2005) ada 11 langkah dalam penanggulangan banjir yang terkait langsung dengan pemeliharaan sungai, yaitu: reboisasi atau konservasi hutan di daerah hulu; penataan tata guna lahan yang meminimalisir limpasan langsung dan mempertinggi retensi dan konservasi air; tidak perlu dubat sudetan atau

pelurusan sungai; pertahankan meander sungai sehingga mengurangi erosi dan mempertinggi retensi air; menanami dan merenaturalisasi sempadan sungai; penangana erosi tebing dengan penanaman vegetasi setempat; pemfungsian polder dan genagan alamiah; pengembangan kolam konservasi alamiah; penerapan drainase secara alamiah; relokasi permukiman secara bertahap untuk daerah dengan frekuensi banjir yang tinggi; dan peningkatan kesadaran masyarakat dan peran sertanya dalam mengatasi banjir.

Konservasi air dapat dilakukan dengan pengelolaan air permukaan dan air tanah, dan peningkatana efisiensi pemakaian air irigasi (Arsyad, 2006). Pengelolaan air permukaan dan air tanah bertujuan untuk memanfaatkan komponen hidrologi secara lebih efisien. Pengelolaan air permukaan meliputi pengendalian aliran permukaan, penyadapan air, peningkatan kapasitas infiltrasi tanah, pengolahan tanah, penggunaan bahan penyumbat tanah dan penolak air, serta pelapisan saluran air. Pengelolaan air tanah dapat dilakukan dengan perbaikan drainase, pengendalian perkolasi dalam dan aliran bawah permukaan tanah, dan perubahan struktur lapisan bawah tanah. Secara umum efisiensi penggunaan air irigasi dapat ditingkatkan melalui pengurangan tinggi penggenangan atau banyaknya air yang diberikan, , pengurangan kbocoran saluran irigasi, peningkatan produktivitas dengan pemilihan bibit unggul dan sarana produksi yang lebih baik, pergilirian pemberian air, pemberian air secara terputus.

Normalisasi sungai – istilah yang digunakan untuk pembuatan sudetan, pelurusan, pembuatan tanggul sisi, pengerasan tebing berakibat buruk terjadinya percepatan aliran menuju hilir. Pembebanan menyebabkan penghilangan retensi oleh vegetasi. Dampak lain yang timbul adanya normalisasi sungai adalah hilangnya keanekaragaman hayati sungai, baik flora, maupun fauna karena hilangnya habitat mereka. Dibanyak negara seperti Jerman dan Polandia telah melakukan renaturalisasi sungai sebagai implementasi dari konsep ekohidrologi (Gambar 1).



Gambar 1. Perkembangan evolutif pembangunan sungai dari sungai alamiah, sungai diluruskan, sungai direnaturalisasi hingga menyerupai sungai alamiah (Maryono, 2005).

Pemeliharaan sungai secara integratif dapat dilakukan dengan mempertahankan kondisi abiotik dan biotik, dan meningkatkan kualitas lingkungan bitoik dan abiotik sungai yang telah mengalami degradasi (Maryono, 2005). Kondisi abiotik dan biotik sungai dapat dilakukan dengan mempertahankan:

1. morfologi alur sungai
2. komponen sedimen transport sungai
3. vegetasi di bantara sungai
4. kondisi lokal tertentu di sungai seperti misalnya mempertahankan:
  - zona perakaran pohon di pinggir sungai
  - zona tumbuhan perdu dan herba pinggir sungai
  - zona tumbuhan besar pinggir sungai
  - zona tumbuhan merambat di tebing sungai
  - zona *stepdan pool* (zona endapan dan gerusan memanjang sungai)
  - batu-batuan di sepanjang sungai
  - memelihara vegetasi pada pulau-pulau dan gosong pasir sungai
  - memelihara genangan-genangan di pinggir sungai
  - konservasi mata air di pinggir sungai

## PENUTUP

Terlepas dari adanya perbedaan sudut pandang ekohidrologi, ekohidrologi berupaya memberikan landasan dalam pengelolaan sumber daya air dan biodiversitas sebagai satu kesatuan yang tak terpisahkan. Prinsip dasar ekohidrologi

adalah pengembangan sumber daya air yang berorientasi pada kemampuan daya dukungnya dan kemampuan memelihara proses sirkulasi air dan energi dalam basin-nya, sehingga dimensi ruang dan waktu merupakan hal penting dalam ekohidrologi. Secara keruangan, pemahaman peranan biota perairan dan terestrial harus dilakukan. Dari sisi waktu, perlu dilakukan rekonstruksi kondisi paleohidrologis sebagai landasan dalam upaya pengembangannya di masa mendatang dengan mempertimbangkan perubahan global. Pemahaman dimensi spasial dan temporal tersebut digunakan sebagai acuan dalam pemanfaatan dan pengelolaan ekosistem secara interdisipliner.

Di Indonesia, cabang ilmu ini belum begitu berkembang. Berdasarkan uji coba implementasinya di Waduk Sangguling sudah saatnya untuk implementasi lebih luas lagi. Kebutuhan ini berdasarkan fakta bahwa banyaknya problem perairan di Indonesia karena kurangnya integrasi berbagai disiplin ilmu dalam pengelolaannya, sampai dengan penanggung jawab kegiatannyapun terpisah-pisah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. Edisi ke 2. IPB Press.
- Bonnell, M. 2002. Ecohydrology-a complete new idea?. *Hydrological Science* 47(5): 809-810
- de Beaugard, A.G.; Torress, G. and Malaisse, F. 2002. Ecohydrology: a new paradigm for bioengineers?. *Biotechnol. Agron. Son, Environ* 6(1): 17-27
- Kementrian Riset dan Teknologi, 2007. Ekohidrologi, menyadarkan pentingnya air. Info IPTEK 6 Agustus 2007.
- Koschel R. (1995). Manipulation of whole-lake ecosystem and long-term limnological observations in the Brandenburg – Mecklenburg Lake District, Germany. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 80 (4), p. 507–518.
- Maryono, A. 2005. Eko-hidrolik, Pembangunan Sungai. Edisi ke2. Menanggulangi banjir dan kerusakan lingkungan wilayah sungai. Magister Sistem Teknik ProgrAM Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.

- Moss, B. 1993. Ecology of freshwater, man and medium. 2<sup>nd</sup> ed. London, Blackwell Science.
- Schnoor JL. (2000). Phytoremediation of organic chemicals at hazardous waste sites. COST Action 837. Workshop: *Phytoremediation 2000 - State of the art in Europe (an i n t e rcontinental comparison)*, Hersonissos, Greece: Agricultural University of Athens, 6–8 April 2000, p. 21–22.
- Torress, G. 2000. Ecohydrological diagnosis of Lake Njivice and its catchment. Proposals for sustainable management. *In* Z a l e w s k i M., Wa g n e r I. (eds). *Ecohydrology, Advanced Study Course, Ecohydrology concept as problem solving approach. IHP-V Projects 2.3/2.4, Technical Documents in Hydro l o g y, No. 3 4* International Hydrological Programme. Paris: UNESCO, p. 27.
- V i v i l l e D., Littlewood I.G. (1997). *E c o h y d r o l o g i c a l processes in small basins. IHP-V. Technical Document in Hydrology No 14. IHP/UNESCO-ERB-CEREG*, Paris: UNESCO, 199 p.
- Zalewski, M., Janauer G.A., Jolánkai G. 1997. *Ecohydrology. A new paradigm for the sustainable use of aquatic re s o u r c e s. Technical Document in Hydrology, IHP. Paris: NESCO, 58 p.*
- UNESCO, 2004. Introduction: Ecohydrology and Phytotechnology. Dalam Guidelines for the Integrated Management of the Watershed-Phytotechnology and Ecohydrology. *Technical Documents in Hydrology, UNESCO IHP-V, No.7, Ecological Engineering, Special Issue: Ecohydrology, Vol. 16, No.1).*