

KONSEP PENDIDIKAN PASCA SARJANA DAN KEBUTUHAN RISET EKO HIDROLOGI DI INDONESIA

Hidayat Pawitan¹ & Gadis Sri Haryani²

¹⁾Departemen Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor

²⁾Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Bogor

E-mail : hpawitan@ipb.ac.id

ABSTRAK

Konsep pendidikan dan kebutuhan riset ekohidrologi di Indonesia dipertimbangkan atas dasar kebutuhan akan alternatif solusi bagi permasalahan sumberdaya air dan lingkungan perairan yang dihadapi Indonesia saat ini. Makalah ini mencoba menguraikan akar permasalahan sumberdaya air dan lingkungan perairan di Indonesia dengan mengungkapkan kondisi degradasi hutan dan lahan, serta kerusakan sumber daya air sebagai isu serius pengelolaan sumber daya air dan ancaman bencana lingkungan. Tekanan penduduk dalam memanfaatkan sumber daya lahan telah melahirkan kantung-kantung kemiskinan di banyak wilayah yang membentuk lingkaran setan kemiskinan. Kebutuhan riset ekohidrologi untuk mengatasi permasalahan ini dibahas dalam perspektif pengembangan kapasitas sumber daya manusia yang diperlukan dengan menyusun konsep pendidikan pasca sarjana ekohidrologi yang sesuai dengan kerangka pendidikan pasca sarjana yang sudah berkembang di Indonesia. Disadari bahwa konsep pendidikan pasca sarjana ekohidrologi yang diperlukan dalam konteks Indonesia cukup dengan mengenalkan subjek ilmu ekohidrologi yang memuat konsep dan azas dasar ekohidrologi dalam program pendidikan pasca sarjana bidang pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, dan disertai beberapa pelatihan dalam bentuk 'research training workshop' bagi mahasiswa yang berminat meneliti aspek ekohidrologi.

Kata kunci: ekohidrologi, kerusakan sumber daya air, kebutuhan riset, konsep pendidikan pasca sarjana.

Abstract

The concept of education and research needs on ecohydrology in Indonesia is considered on the basis of the need for alternative solutions to the ecohydrological problems facing Indonesia today. This paper tries to describe the root causes of ecohydrological problem in Indonesia upon the situation of land and forest degradation, and damage to water resources as serious issue of water resources management and environmental hazards. Population pressure on land resources has created poverty enclaves in many regions that form a vicious circle of poverty. Ecohydrological research needs address these issues discussed in the perspective of developing human resource capacity needed to formulate the concept of post-graduate on ecohydrology consistent with post-graduate education framework that has been evolved in Indonesia. It is recognized that the concept of post-graduate education on ecohydrology required in the context of Indonesia is simply arranged by introducing the subject of science on ecohydrology which contains basic concepts and principles of ecohydrology in the field of postgraduate education program of natural resource management and environment, and with some training in the form of 'research training workshops for students who are interested in researching aspects of ecohydrology.

Keywords: ecohydrology, damage to water resources, research needs, the concept of post-graduate education.

PENDAHULUAN

Kelimpahan air ternyata tidak membebaskan Indonesia dari banyak keterbatasan dan krisis terkait sumber daya air. Tantangan permasalahan sumber daya air di Indonesia dirasakan semakin meningkat, tidak hanya sebagai akibat pencemaran dan degradasi sumber daya, namun juga dengan penurunan kapasitas sumber daya alam yang memerlukan solusi cerdas dengan pendidikan dan riset. Permasalahan sumber daya air demikian yang dicirikan oleh penurunan kapasitas sumber daya, terutama akibat terjadinya pencemaran yang terkait dengan kegiatan manusia, dapat dikenali sebagai permasalahan ekohidrologi yang menjadi tantangan keilmuan hidrologi dan ekologi. Tantangan keilmuan ini menuntut pengembangan konsep pendidikan dan riset ekohidrologi, khususnya di tingkat pendidikan pasca sarjana.

Pendidikan pascasarjana di Indonesia secara terstruktur diawali menjelang akhir dekade 1970an di IPB, terutama untuk bidang-bidang ilmu pertanian, namun juga sudah mengenalkan bidang pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan (PSL) pada dekade 1980an, yang mendapat dukungan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) dengan mengembangkan pusat-pusat penelitian lingkungan hidup (PPLH) di banyak perguruan tinggi di Indonesia. Program pendidikan pascasarjana khusus untuk bidang ekohidrologi sampai saat ini belum dikenal/dikembangkan di Indonesia, walau sejumlah mata kuliah dalam bidang biologi, ekologi, hidrologi dan pengelolaan sumber daya alam telah dikenal di banyak program studi jenjang sarjana maupun pasca sarjana di berbagai perguruan tinggi (PT). Konsep ekohidrologi belum dikenalkan dalam mata kuliah di PT di Indonesia, sehingga pemahaman ekohidrologi masih mengikuti selera masing-masing pengajar atau ‘peneliti’. Selama ini pengenalan konsep ekohidrologi di Indonesia telah dikenalkan lewat tiga kali *training workshop* yang diselenggarakan oleh Puslit Limnologi-LIPI dan didukung Unesco pada tahun 2003, 2005, dan 2007 dengan mendatangkan Profesor Maciej Zalewski dari Polandia, yang telah mengembangkan konsep ekohidrologi yang didasari azas *dual regulatory* pada ekosistem perairan. Sejumlah penelitian ekohidrologi selanjutnya telah dilakukan, walau masih terbatas dalam lingkup Puslit Limno LIPI.

Pemahaman konsep dan azas ekohidrologi yang baik dan benar perlu dibangun atas dasar program pendidikan yang didukung oleh riset ekohidrologi yang memadai

dan untuk ini diperlukan infrastruktur pendidikan dan riset ilmiah yang memadai pula. Tulisan ini mencoba menjabarkan lebih lanjut tantangan pengembangan konsep pendidikan ekohidrologi, khususnya untuk jenjang pasca sarjana, dengan identifikasi pemasalahan dan kebutuhan riset ekohidrologi dalam menjawab tantangan permasalahan sumber daya air di Indonesia.

PERMASALAHAN EKOHIDROLOGI DI INDONESIA

Ledakan penduduk di Indonesia terutama ditunjukkan dari hasil sensus pertama di Indonesia sebagaimana disebutkan dalam the Boeke Report tahun 1941 yang berjudul "*From four million to forty million people in Java and Madura*", yang menunjukkan peningkatan jumlah penduduk sepuluh kali lipat tersebut terjadi dari tahun 1800 sampai 1930. Juga dilaporkan bahwa sejak masa lampau, kepadatan penduduk di Jawa dan Madura sangat bervariasi, yaitu dari 9 orang/km² sampai 880 orang/km² pada tahun 1815 dengan kepadatan penduduk rerata 35 orang/km². Rerata kepadatan penduduk ini tercatat 330 orang/km² tahun 1930 meningkat menjadi 1000 orang/km² pada tahun 2000, dan tentunya lebih tinggi lagi dari sensus 2010. Saat ini, kepadatan penduduk tinggi di Indonesia terjadi di banyak daerah pusat-pusat pengembangan perkotaan mencapai di atas 10.000 jiwa/km² dan dikenal sebagai akar permasalahan lingkungan hidup yang serius. Hasil sensus penduduk terakhir tahun 2010 lalu mencatat jumlah penduduk Indonesia 236,7 juta jiwa, dan persentase penduduk perkotaan terus meningkat mendekati 50%, walau perlu dipahami bahwa hal ini merupakan perkembangan yang alami yang memerlukan fasilitasi yang diperlukan sehingga daya dukung lingkungan alam tetap terjaga. Peningkatan penduduk ini telah secara nyata mempengaruhi penggunaan lahan dan tingkat perubahan tutupan vegetasi dengan konsekuensi pada perubahan regim hidrologi dan kualitas lingkungan hidup, dengan peningkatan pencemaran dan merebaknya penyakit terkait air dan iklim. Dampak lanjutan dari perubahan lingkungan ini berlanjut sebagai permasalahan ekohidrologi yang dapat dirinci menjadi: degradasi hutan dan lahan, penurunan ketersediaan sumber daya air, pencemaran perairan, isu pengelolaan sumber daya alam, dan lingkarannya sebagai ancaman pemanfaatan sumber daya alam.

1. Perubahan penggunaan dan tutupan lahan: degradasi hutan dan lahan

Dalam seratus tahun terakhir, yang semakin meningkat beberapa dekade terakhir, penggunaan lahan di pulau Jawa telah mengalami perubahan dari lahan hutan menjadi lahan pertanian, dan berlanjut dari lahan pertanian menjadi lahan pemukiman dan industri, telah menunjukkan pengaruh antropogenik terhadap regim hidrologi dan daya dukung lingkungan. Luas hutan alam di Jawa telah terus berkurang dalam seratus tahun terakhir sebagaimana dicatat Badan Planologi Departemen Kehutanan RI (2008) berikut:

- 10 juta ha (1800an)
- 1 juta ha (1989)
- 0.4 juta ha (2005)

Regim hidrologi dicirikan oleh karakteristik daerah aliran sungai (DAS) dan perilaku hubungan hujan-limpasan sungai bersangkutan sebagai fungsi hidrologi DAS. DAS sebagai satu kesatuan wilayah/lahan yang dibatasi batas-batas topografi dan menerima masukan hujan, menyimpan dan mengalirkan air melalui jaringan sungai, sehingga menghasilkan luaran berupa aliran melalui satu sungai utama yang bermuara ke danau dan laut. Hubungan hujan-limpasan sungai menyatakan kondisi hidrologi DAS, dan diharapkan bahwa DAS memiliki fungsi yang menjamin keberlanjutan hubungan hujan-limpasan yang seimbang. Apabila keberlanjutan fungsi-fungsi hidrologi DAS ini terganggu karena telah terjadi perubahan bio-geofisik lahan DAS, maka dikatakan telah terjadi kerusakan DAS. Hal ini diantaranya ditunjukkan oleh terjadinya konversi lahan sehingga meningkatnya luasan lahan terbuka dan lahan kritis berupa degradasi hutan dan lahan, dicirikan oleh meningkatnya koefisien limpasan, meningkatnya debit banjir dan daerah rawan banjir, menurunnya aliran rendah pada musim kemarau, meningkatnya rasio debit maksimum/minimum, meningkatnya erosi dan sedimentasi, dan meningkatnya pencemaran air.

Luas lahan dengan tutupan vegetasi kurang dari 25% merupakan sumber terjadinya erosi, baik *sheet erosion* maupun erosi parit. Kondisi DAS akibat degradasi hutan dan lahan ini telah banyak dijumpai di Indonesia, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 berikut. Peningkatan jumlah DAS kritis di Indonesia telah disadari sejak tahun 1980-an dengan 22 DAS kritis seluas 13 juta ha pada tahun

1984, yang meningkat menjadi 62 DAS kritis seluas 59,62 juta ha pada tahun 2005, dengan laju deforestasi sebesar 1,09 juta ha/tahun untuk periode 2000-2006.

Tabel 1. Daftar DAS kritis di Indonesia tahun 2005.

DAFTAR DAS KRITIS TAHUN 2005					
No	Nama DAS	Propinsi	No	Nama DAS	Propinsi
1	Krueng Aceh	NAD	32	Grindulu	Jawa Timur
2	Krueng Peusangan	NAD	33	Saroka	Jawa Timur
3	Asahan	Sumatera Utara	34	Tukad Unda	Bali
4	Lau Renun	Sumatera Utara	35	Dodokan	Nusa Tenggara Barat
5	Ular	Sumatera Utara	36	Benain	Nusa Tenggara Timur
6	Nias (kepulauan)	Sumatera Utara	37	Noelmina	Nusa Tenggara Timur
7	Kampar	Riau	38	Aisissa	Nusa Tenggara Timur
8	Indragiri	Riau	39	Kambaheru	Nusa Tenggara Timur
9	Rokan	Riau	40	Lois	Nusa Tenggara Timur
10	Kuantan	Sumatera Barat	41	Sambas	Kalimantan Barat
11	Kampar Kanan	Sumatera Barat	42	Tunan-Manggar	Kalimantan Timur
12	Batanghari	Sumbar – Jambi	43	Kota Waringin	Kalimanatan Tengah
13	Manna-Padang Guci	Bengkulu	44	Barito	Kalteng-Kalsel
14	Musi	Bengkulu-Sumsel	45	Jeneberang-Klara	Sulawesi Selatan
15	Way Seputih	Lampung	46	Walanae	Sulawesi Selatan
16	Way Sekampung	Lampung	47	Billa	Sulawesi Selatan
17	Citarum	Jawa Barat	48	Saddang	Sulawesi Selatan
18	Cimanuk	Jawa Barat	49	Bau bau-Wanca	Sulawesi Tenggara
19	Ciliwung	Jawa Barat	50	Lasolo	Sulawesi Tenggara
20	Citanduy	Jawa Barat	51	Poso	Sulawesi Tengah
21	Cipunegara	Jawa Barat	52	Lamboru	Sulawesi Tengah
22	Ciujung	Jawa Barat	53	Palu	Sulawesi Tengah
23	Kali Garang	Jawa Tengah	54	Limboto	Sulawesi Utara
24	Kali Bodri	Jawa Tengah	55	Tondano	Sulawesi Utara
25	Kali Serayu	Jawa Tengah	56	Dumoga	Sulawesi Utara
26	Bribin	DIY	57	Batu Merah	Maluku
27	Pasiraman	Jawa Timur	58	Hatu Tengah	Maluku
28	Rejoso	Jawa Timur	59	Baleem	Papua
29	Brantas	Jawa Timur	60	Merauke-Bulaka	Papua
30	Sampean	Jawa Timur	61	Memberamo	Papua
31	Bengawan Solo	Jateng-Jatim	62	Sentani	Papua

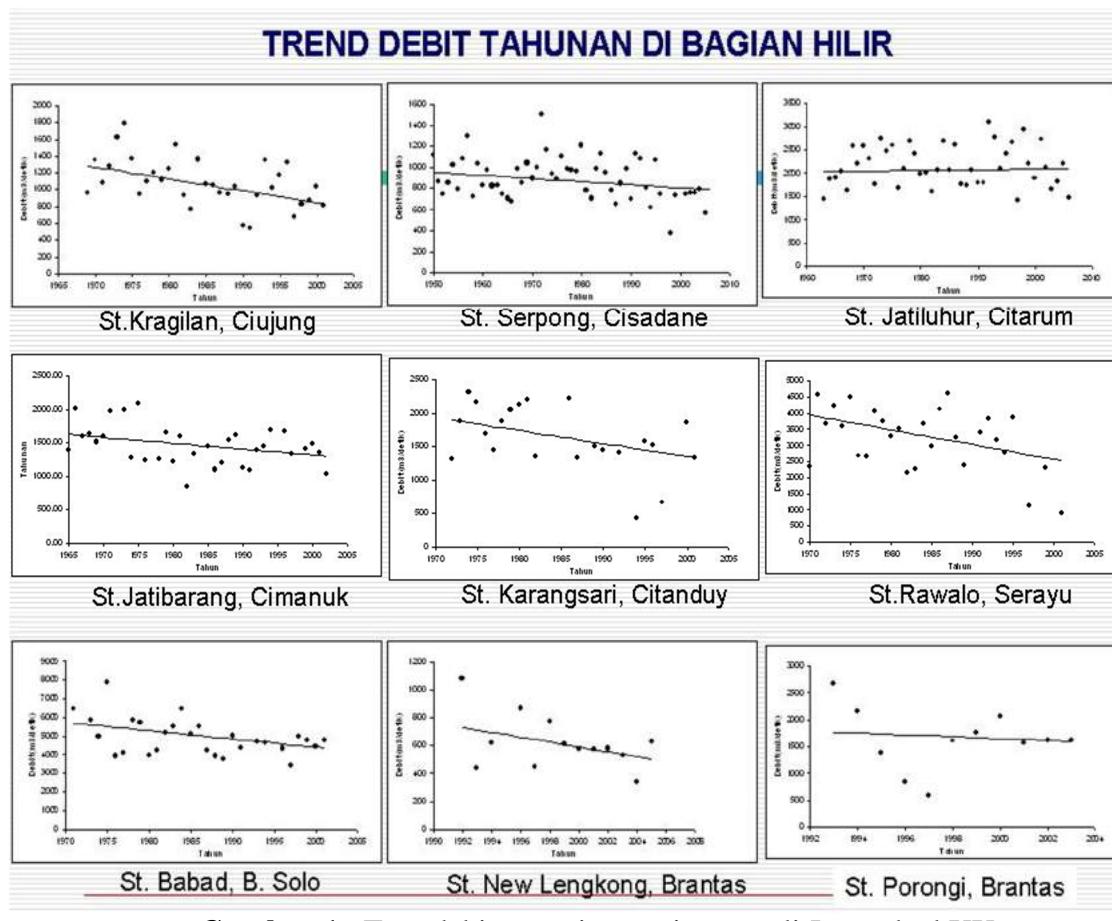
(Sumber: Departemen Kehutanan, 2008).

Tekanan penduduk terhadap lahan dengan pertanian intensif dan perkembangan industri yang cepat belakangan ini telah memberi andil terhadap degradasi hutan dan lahan yang terjadi, yang dalam jangka panjang juga berpengaruh terhadap peningkatan kebutuhan air, dan perubahan lingkungan, termasuk perubahan iklim.

2. Penurunan ketersediaan sumber daya air

Kondisi ketersediaan sumber daya air Indonesia telah mengalami dinamika yang kurang menggembirakan sejalan dengan degradasi hutan dan lahan yang terjadi secara meluas. Hal ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1 yang menyajikan tren

debit sungai-sungai utama di Jawa. Besar perubahan curah hujan dan debit sungai sepanjang abad XX seperti ditunjukkan pada Tabel 2, yang umumnya mengalami penurunan antara 1,6-8,5 mm/tahun untuk curah hujan tahunan dan 0,5-3,1 mm/tahun untuk debit sungai, kecuali Kali Brantas yang mengalami peningkatan curah hujan dan debit sungai tahunan. Tabel 3 menunjukkan perubahan pola aliran sungai di Jawa dari hulu ke hilir, dengan variasi peningkatan dan penurunan debit di bagian hulu dan tengah sungai, dan hampir konsisten menurun di bagian hilir, kecuali normal untuk Cimanuk.



Gambar 1. Tren debit sungai-sungai utama di Jawa abad XX.

Tabel 2. Tren of perubahan curah hujan tahunan (P) dan debit sungai (Q) pada sejumlah sungai utama di Jawa selama abad XX.

Nama Sungai	Tren perubahan (mm/tahun)	
	P	Q
Citarum	-4.772	-2.253
Cimanuk	-7.087	-2.725
Bengawan Solo	-1.616	-0.476
Brantas	+0.214	+0.062
Progo	-8.517	-3.052
Serayu	-2.459	-1.109
Citanduy	-6.362	-3.063

Catatan: hasil regresi linier P dan Q periode 1916-2004.

Tabel 3. Tren debit sungai-sungai di Jawa menurut Hulu, Tengah dan Hilir.

No.	Nama Sungai	Tren debit sungai		
		Hulu	Tengah	Hilir
1	Ciujung	Very decreasing	decreasing	Decreasing
2	Cisadane	Moderately decreasing	Highly increasing	-
3	Citanduy	Moderately increasing	Increasing	Decreasing
4	Citarum	Normal	-	Decerately decreasing
5	Cimanuk	Very decreasing	Moderately decreasing	Normal
6	Serayu	Decreasing	Moderately decreasing	Decreasing
7	Bengawan Solo	Highly increasing	Moderately decreasing	Moderately decreasing

Sumber: Pawitan *et al.*(2007)

3. Pencemaran perairan

Pencemaran dan pengelolaan danau dan sungai (*inland waters*) telah menjadi sorotan dalam **Seminar Indodanau** yang dilaksanakan tahun 2009, yang menyebutkan status krisis akibat degradasi yang berlanjut yang mengancam keberlanjutan sumber daya air global. Indonesia yang memiliki sumber daya air relatif berlimpah ternyata tidak terbebas dari kondisi krisis sumber daya air tersebut, yang memerlukan pilihan solusi cerdas seperti yang ditawarkan oleh konsep

ekohidrologi. Tabel 3 menunjukkan status mutu air sungai di Indonesia sebagaimana dicatat oleh Kementerian lingkungan Hidup RI.

Tabel 3. Status Mutu Air Sungai di Indonesia,

Provinsi	Sungai	Status Mutu Air dengan Metoda Indeks Pencemaran, Terhadap Baku Mutu Air Klas II dari PP 82/2001	
		Hulu	Hilir
Nangroe Aceh Darussalam	Krueng Tamiang	MB	CR
Sumatera Utara	Deli	CR	CR
Riau	Kampar	CR	CS
Sumatera Barat	Batang Agam	CR	CS
Jambi	Batang Hari	CS	CS
Bengkulu	Air Bengkulu	CR	CS
Sumatera Selatan	Musi	CR	CR
Lampung	W. Sekampung	CR	CR
Bangka Belitung	Rangkui	CS	CR
Banten	Kali Angke	CR	CS
Banten – Jawa Barat	Cisadane	CB	CS
DKI Jakarta	Ciliwung	CB	CB
Jawa Barat	Citarum	CB	CB
Jawa Tengah-DIY	Progo	CR	CS
Jawa Timur	Brantas	CS	CS
Bali	Tukad Badung	CR	CR
Nusa Tenggara Barat	Kali Dendeng	MB	CR
Nusa Tenggara Timur	Kali Jangkok	CR	CS
Kalimantan Barat	Kapuas	CR	CR
Kalimantan Tengah	Kahayan	CR	CS
Kalimantan Selatan	Martapura	CR	CS
Kalimantan Timur	Mahakam	CR	CR
Sulawesi Utara	Tondano	CR	CR
Gorontalo	Bone	CR	CR
Sulawesi Tengah	Palu	CS	CR
Sulawesi Selatan	Tallo	CS	CS
Sulawesi Selatan	Jeneberang	CR	CR
Sulawesi Tenggara	Konaweha	CR	CR
Maluku	Batu Gajah	CR	CS
Maluku	Batu Merah	CR	CS
Maluku Utara	Tabobo	CS	CS
Papua	Anafre	CR	CS

Sumber: SLHI-2004, KLH

4. Isu pengelolaan sumber daya alam

Tuntutan meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) dari masing-masing pemerintahan daerah dan diberlakukannya kebijakan otonomi daerah setelah era reformasi belasan tahun lalu telah membawa dampak serius terhadap pengelolaan sumber daya alam dengan diterbitkannya Peraturan Daerah (PERDA) yang cenderung mengeksplorasi sumber daya alam yang ada tanpa banyak

mempertimbangkan daya dukung lingkungan dan praktik tata kelola yang baik (*good governance/best management practices*). Hal ini seperti ditunjukkan pada Tabel 4 yang menyajikan motif penerbitan PERDA terkait pengelolaan sumber daya alam di Jawa, dengan masing-masing 39% terkait sumber daya air dan 27% terkait sumber daya hutan, dan PERDA yang kuat motif eksplorasi sumber daya alam mencapai 71 (60%) dari total 119 PERDA, dengan hanya 10% PERDA yang memberi hak pada masyarakat untuk akses dan pemanfaatan atas SDA.

Tabel 4. Motif penerbitan PERDA terkait pengelolaan sumber daya alam.

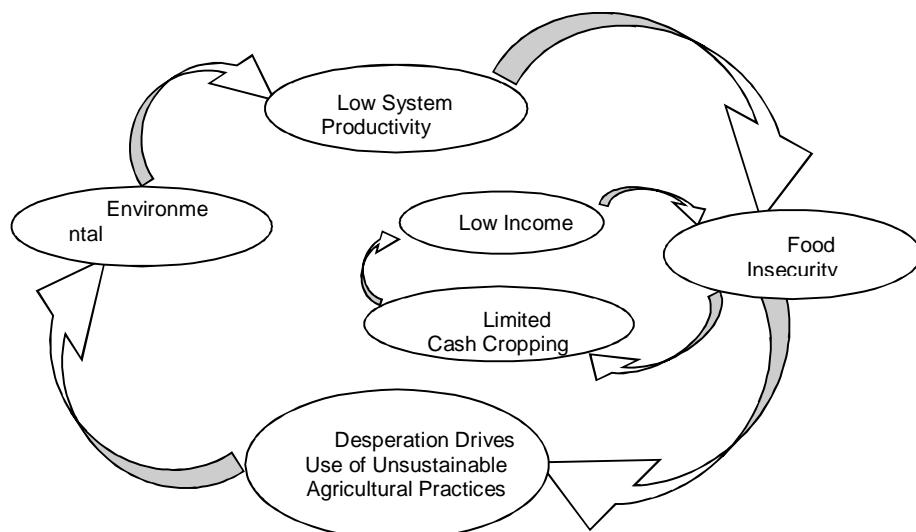
SDA yang Diatur	Motif PERDA:			
	Retribusi ijin usaha (pajak) atau pemberian ijin untuk eksplorasi SDA	Tindakan kolaboratif pengelolaan dan pemanfaatan SDA	Hak masyarakat untuk akses, pemanfaatan dan kontrol atas SDA	Total (%)
Air	28	16	2	46 (39%)
Tanah	11	1	0	12 (10%)
Hutan	15	10	7	32 (27%)
Tambang	17	0	0	17 (14%)
Baku Mutu Lingkungan	0	9	3	12 (10%)
Total (Percentase)	71 (60%)	36 (30%)	12 (10%)	119 (100%)

Sumber: Kajian Daya Dukung Jawa (2007)

5. Lingkaran setan kemiskinan sebagai ancaman pemanfaatan sumber daya alam

Kepadatan penduduk yang tinggi seperti kondisinya di pulau Jawa yang rerata telah melampaui 1000 jiwa/km², sedang di perkotaan telah melampaui kepadatan penduduk 10.000 jiwa/km², telah disadari sebagai akar permasalahan lingkungan yang terus menurun dengan masuk dalam perangkap lingkaran setan (*vicious circle*) kemiskinan, sebagaimana diberikan pada Gambar 2. Jumlah penduduk yang besar dengan keterbatasan sumber daya alam telah menjerat masyarakat pada kondisi produktivitas primer yang rendah, yang dicirikan oleh ketidak-mampuan meningkatkan keamanan pangan dan pendapatan keluarga, yang berlanjut pada

dorongan pada praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, sehingga sumber daya lingkungan terus mengalami degradasi, dan terus menekan produktivitas lebih rendah. Ketidak-mampuan masyarakat secara finansial ini juga berakibat pada pendidikan dan kesehatan masyarakat yang relatif rendah, sehingga kesadaran nilai konservasi sumber daya lahan dan tanah juga rendah dan lemahnya partisipasi masyarakat untuk ini. Upaya memutus lingkaran setan kemiskinan ini perlu terus diupayakan, dan hal ini hanya dimungkinkan dengan intervensi pemerintah dengan introduksi modal dan teknologi yang mampu mengungkit produktivitas primer masyarakat, sehingga pendapatan masyarakat meningkat.



Gambar 2. Lingkaran setan kemiskinan

KEBUTUHAN RISET EKO HIDROLOGI DALAM PERSPEKTIF PENDIDIKAN PASCA SARJANA

Sumber daya air yang melimpah di Indonesia namun dengan permasalahan ekohidrologi seperti dikemukakan sebelumnya menuntut alternatif solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Telah banyak peneliti yang mengembangkan konsep untuk menjawab tantangan permasalahan di atas, semua sebagai hasil riset, sehingga dikenal sejumlah istilah dan konsep terkait pengelolaan sumber daya air yang perlu klarifikasi, sebagaimana dibahas oleh Naiman *et al.* (2007) yang mengidentifikasi lima konsep saling berhubungan: *Integrated Water Resources Management (IWRM)*, *Hydroecology*, *Ecohydrology*, *Ecohydraulics* and *Environmental Flows*.

Ekohidrologi adalah suatu pendekatan baru yang mengintegrasikan konsep-konsep ekologi dengan hidrologi sebagai upaya pemecahan masalah secara holistik di suatu lingkungan sumber daya air, seperti pada suatu lingkungan perairan darat, estuari, dsbnya. Konsep ekohidrologi telah dikembangkan oleh Zalewski di Polandia sejak tahun 1980an (Zalewski, 2007) dan dengan pendekatan berbeda oleh Rodrigues-Iturbe (2000) di Amerika Serikat. Hasil kajian ekohidrologi berupa model-model interaksi antara ekosistem dan sistem hidrologi tersebut merupakan suatu dasar pengelolaan lingkungan, baik pada aspek hidrologi, sebagai model konservasi sumber daya air, pengelolaan banjir dan sebagainya, dan juga pada tingkatan biota, sehingga dapat diperoleh produktivitas lingkungan yang berkelanjutan.

Penelitian ekohidrologi merupakan riset yang multidisiplin, dari riset dasar hingga terapan, dari yang bersifat analisis hingga bentuk-bentuk model. Hal ini mengingat kompleksnya permasalahan lingkungan, khususnya yang berhubungan dengan sumber daya air. Kebutuhan riset ekohidrologi berhubungan dengan kebutuhan pengembangan kapasitas sumber daya manusia dengan kompetensi menyelesaikan permasalahan ekohidrologi di Indonesia yang perlu diterapkan dalam suatu pendidikan bidang ekohidrologi di perguruan tinggi, dengan ruang lingkup yang sangat luas mulai dari tingkat biota mono sel, bakteri sampai tingkat daerah tangkapan air (DTA). Riset ekohidrologi juga dapat berasosiasi dengan keilmuan lainnya seperti ekonomi lingkungan, sosial kemasyarakatan, kebudayaan, gender, kesehatan, pangan, energi, iklim, karena air sebagai dasar dari kehidupan sehingga melingkupi semua aspek kehidupan. Di luar negeri riset terpadu demikian telah lazim dilakukan (Hiwasaki dan Arik, 2007; Strang, *Undated*), namun di Indonesia masih jarang dilakukan. Kebutuhan riset ekohidrologi di Indonesia sangat nyata, diantaranya:

- Riset pada tingkatan trofik (*trophic level*) yaitu keseimbangan antara produsen dan konsumen di suatu danau atau waduk, dan keterkaitannya dengan tinggi muka air
- Riset di daerah ekoton antara biota dan fluktuasi air
- Riset dan pengembangan zonasi perairan
- Riset pengembangan daerah riparian
- Riset peningkatan kemampuan retensi air terkait lingkungannya
- Riset fito teknologi untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan
- Riset ekohidrologi perkotaan (rural ecohydrology)

- Riset ekohidrologi di delta
- Riset terkait bencana banjir dan kekeringan
- Dll.

Seluruh riset ini diselaraskan dengan konsep IWRM, agar dapat berlangsung secara optimal. Apabila riset ekohidrologi dapat dijadikan sebagai bagian pendidikan ekohidrologi di perguruan tinggi yang ada di Indonesia pada tingkat S2 atau S3 secara lebih luas, maka dapat diharapkan bahwa upaya pengelolaan lingkungan sumber daya air secara berkelanjutan akan lebih cepat dicapai.

KONSEP PENDIDIKAN PASCASARJANA EKOHIDROLOGI

1. Lembaga pelatihan dan pendidikan tinggi lingkungan hidup di Indonesia

Pengembangan pendidikan tinggi di Indonesia yang telah dimulai sejak sebelum kemerdekaan untuk sejumlah subjek ilmu dan dimaksudkan untuk kepentingan saat itu. Proyek ‘mercu suar’ menjelang akhir era orde lama telah membangun perguruan tinggi negeri (PTN) di setiap provinsi untuk tujuan pemerataan pendidikan dan pembangunan, dan sampai saat ini terdapat lebih dari 80 PTN dan lebih dari 1000 PTS di Indonesia, namun menjadi pengetahuan umum bahwa perguruan tinggi terbaik masih terdapat di pulau Jawa, yang menjadi pilihan utama calon-calon mahasiswa terbaik Indonesia. Tentunya hal ini tanpa mengabaikan perkembangan universitas-universitas di daerah yang memiliki potensi pengembangan keilmuan dan teknologi yang diperlukan masing-masing daerah sebagai pusat pendidikan tinggi unggulan. Banyak perguruan tinggi yang ada saat ini menawarkan program pendidikan pasca sarjana, baik program akademik maupun profesional, sedang pelatihan keterampilan lebih banyak diberikan oleh lembaga-lembaga pelatihan, sekolah tinggi, maupun program ekstensi dari universitas-universitas terkemuka di Indonesia.

Tuntutan pendidikan dan riset sumber daya alam dan lingkungan di Indonesia difasilitasi oleh Kementerian Negara Lingkungan Hidup pada pertengahan tahun 1980an, diantaranya dengan membentuk pusat-pusat penelitian lingkungan hidup (PPLH) di sejumlah PTN di Indonesia. Pembentukan PPLH di Institut Pertanian Bogor telah diawali dengan pembukaan program pascasarjana Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan (PSL) dengan dukungan pengajar dari Amerika Serikat,

dan ini menjadi program pasca sarjana bidang lingkungan hidup pertama di Indonesia. Saat ini, pelajaran bidang sumber daya alam dan lingkungan dapat dijumpai di banyak universitas, di antaranya seperti pada program studi:

- Pengelolaan Sumber daya alam dan Lingkungan(PSL)
- Pengelolaan daerah aliran sungai (PDAS)
- Biologi dan sumber daya kehutanan
- Teknik Sipil dan Lingkungan,
- dsb.

2. Ekokhidrologi sebagai pilihan subjek ilmu untuk diteliti

Rickwood et al.(2010), seperti disajikan pada Gambar 4, mengemukakan empat pilar pendidikan ekohidrologi yang meliputi: (i) demosite jenjang sekolah lanjutan; (ii) demosite-pengambil keputusan jenjang masyarakat; (iii) jenjang profesional; dan (iv) jenjang pasca-sarjana S2 dan S3. Kunci keberhasilan pendidikan dan pengenalan konsep ekohidrologi ada pada pengembangan demosite dan *action research*. Gambar 4 menunjukkan skema keterkaitan definisi, konsep kunci dan pengembangan kapasitas, dengan publikasi sebagai sarana diseminasi hasil riset ekohidrologi.

Konsep pendidikan pasca sarjana ekohidrologi di Indonesia tidak harus dalam bentuk program studi ekohidrologi tersendiri, namun dapat ‘embedded’ dalam program studi yang ada yang terkait dengan pengelolaan sumber daya lingkungan hidup, seperti: program studi biologi, teknik sipil dan lingkungan, pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, teknik penyehatan (Sanitary Engineering), dsb, dengan mengenalkan konsep dan azas-azas dasar ekohidrologi yang terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas sumber daya air dalam menyediakan jasa lingkungan melalui pendidikan pasca sarjana dan *research training workshop*. Perlu introduksi ekohidrologi sebagai pilihan subjek ilmu untuk diteliti dalam berbagai kondisi lingkungan, dapat diawali dengan series pelatihan (*research training workshops*), tersedianya pilihan mata kuliah ekohidrologi dengan fasilitas praktikum.

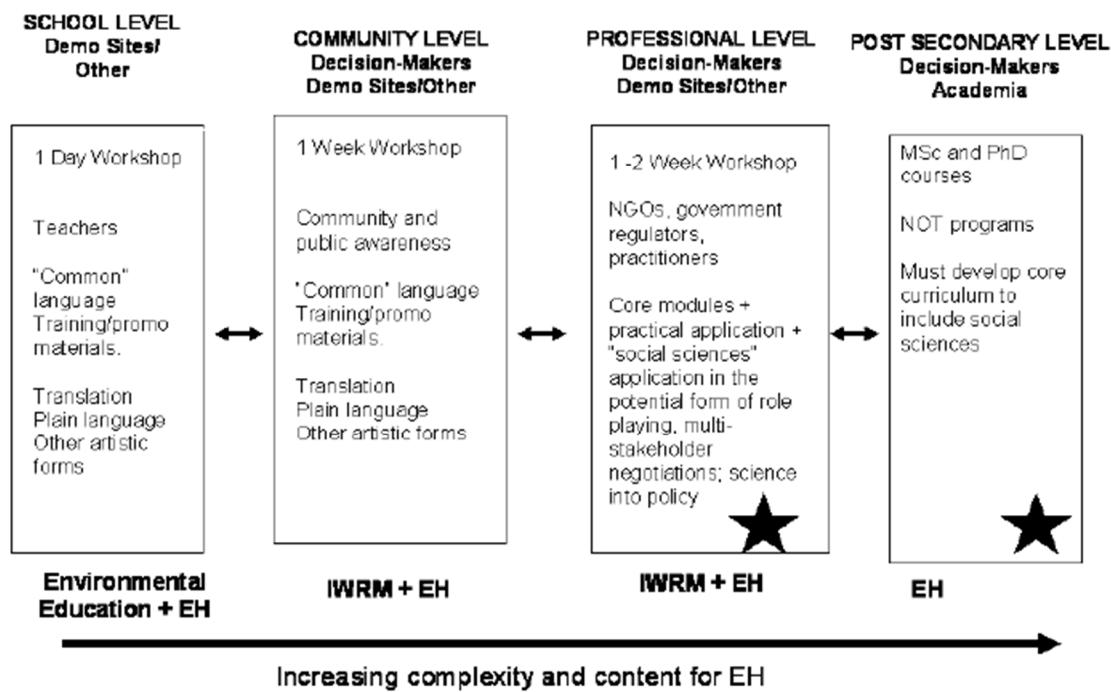
Mengembangkan mata kuliah ekohidrologi atas dasar konsep dan azas-azas dasar yang teruji dalam penyelesaikan permasalahan nyata lebih dimungkinkan pada pendidikan terkait lingkungan di jenjang pendidikan sarjana sains (*upper division*

course) yang dapat mengalokasikan lebih banyak waktu dalam pelaksanaannya, dan tentunya mata kuliah ini juga tersedia untuk jenjang pendidikan lebih tinggi.

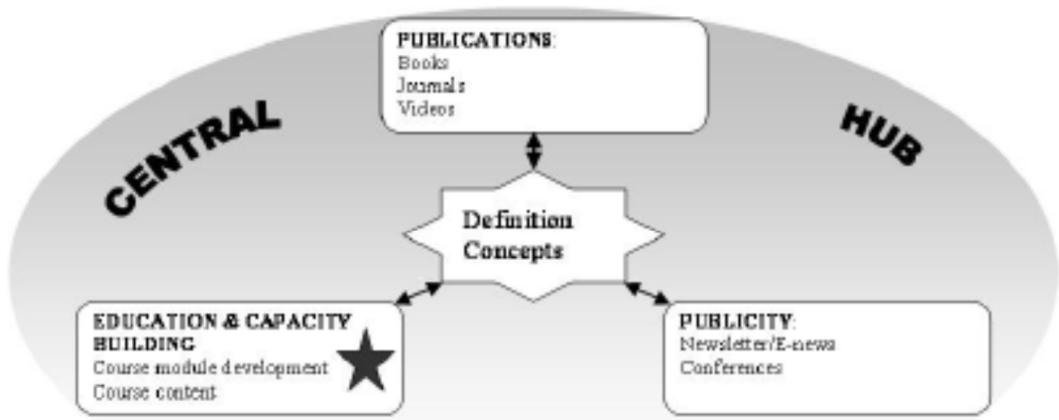
Fasilitasi riset ekohidrologi tingkat pasca sarjana di lembaga penelitian (LIMNO LIPI/APCE/UNESCO) dengan berbagai skema beasiswa untuk rekrutmen mahasiswa dan peneliti. Harus disadari bahwa pendidikan jenjang pasca sarjana merupakan jalan pintas pengembangan kapasitas sumber daya manusia yang perlu didukung dengan infrastruktur penelitian dan fasilitasi beasiswa yang diperlukan.

Sesuai dengan skema yang disajikan pada Gambar 4, sistem pendidikan ekohidrologi sebagai upaya capacity building akan memerlukan fasilitasi publikasi hasil riset ekohidrologi untuk berbagai kondisi lingkungan terbangun.

Four pillars of EH Education



Gambar 3. Empat pilar pendidikan ekohidrologi menurut Rickwood *et al.*(2010)



Gambar 4. Skema yang menunjukkan keterkaitan definisi, konsep kunci dan pengembangan kapasitas

3. Infrastruktur pendidikan dan penelitian ekohidrologi

Tekanan penduduk dan tuntutan kebutuhan pangan penduduk telah berakibat pada degradasi lahan dan sumber daya air yang serius di Indonesia yang menuntut penanganan segera. Untuk ini perlu pengembangan kapasitas sumber daya manusia yang memahami konsep dan azas-azas pengelolaan berkelanjutan seperti diperkenalkan dalam ekohidrologi. Pengenalan konsep ekohidrologi masih perlu digalakkan di tingkat universitas dan lembaga penelitian, khususnya pada tingkat pendidikan pasca sarjana, dengan dukungan infrastruktur pendidikan dan riset yang diperlukan.

Pengembangan infrastruktur pendidikan pasca sarjana ekohidrologi dapat dimulai dengan serangkaian *training workshop* dan dukungan publikasi hasil riset dengan muatan konsep dan azas ekohidrologi. Infrastruktur penelitian dan pendidikan merupakan kebutuhan dasar dalam kegiatan riset di tingkat pasca sarjana untuk memudahkan penyediakan data dan informasi, pengamatan / pengukuran / pemantauan, pengolahan data, analisis dan sintesis data, sampai pada publikasi dan diseminasi dan pertukaran informasi hasil riset melalui forum ilmiah.

Sharing ‘sumber daya’ penelitian antar lembaga penelitian dan universitas di Indonesia perlu dilakukan untuk meningkatkan kapasitas riset yang ada. Kerjasama internasional akan sangat membantu dalam pengembangan kapasitas riset ini dengan interaksi yang saling menguatkan dan menguntungkan demi pengembangan keilmuan dan teknologi ekohidrologi.

KESIMPULAN

1. Walau dengan sumber daya air yang melimpah, Indonesia telah mengalami degradasi lingkungan terkait akibat tekanan penduduk yang mengarah menjadi bencana lingkungan serius dalam skala luas dan dalam bayang-bayang lingkarannya setan kemiskinan yang perlu ditanggulangi bersama di tingkat nasional, dengan kerjasama antar sektor dan antar daerah.
2. Pendekatan ekohidrologi menawarkan paradigma baru solusi yang perlu diperkenalkan dan dikembangkan untuk dapat diketahui dan dipahami melalui pendidikan dan penelitian ilmiah yang didukung oleh infrastruktur penelitian yang memadai.
3. Pendidikan pascasarjana merupakan jalan pintas implementasi '*capacity building*' infrastruktur penelitian dan pendidikan ekohidrologi dalam berbagai pilihan program kurikulum sumber daya alam dan lingkungan, khususnya dengan *series research training workshop* bagi dosen dan peneliti terkait.
4. Model konsorsium/kerjasama penelitian antara universitas dan lembaga penelitian perlu menjadi pilihan penelitian ekohidrologi tingkat pascasarjana di Indonesia, dengan melibatkan pemangku kepentingan dalam implementasi dengan dukungan infrastruktur penelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Forestry Department-RI, 2008.

Hiwasaki, L and S Arico (2007). Integrating the social sciences into ecohydrology: facilitating an interdisciplinary approach to solve issues surrounding water, environment and people. *Ecohydrology&Hydrobiology*, 7(1): 3-9.

Naiman, RJ, SE Bunn, L Hiwasaki, ME McClain, CJ Vorosmarty, and M Zalewski (2007). The science of flow ecology relationships: clarifying key terms and concepts. University of Washington, Seattle-USA.

Pawitan, H, E Aldrian, and SP Nugroho (2007). Carbon, Nutrient and Sediment Fluxes of the Java Major Rivers. *J. Hydrologic Environment*, Vol.3, No.1(2007) pp. 9-20.

Rickwood, CJ, EMA Hes, Y Al-Zu'bi, MG Dubé (2010). Overview of limitations, and proposals for improvement, in education and capacity building of Ecohydrology. *Ecohydrology&Hydrobiology*, Vol. 10 (1): 45-59.

Rodriguez-Iturbe, I (2000). Ecohydrology: a hydrologic perspective of climate-soil-vegetation dynamics. *WRR* 36(1): 3-9

Strang, V (Undated). Social ecohydrology: an integration of the social and natural sciences. University of Auckland. Downloaded from: http://www.arts.auckland.ac.nz/departments/index.cfm?S=D_ANTHRO

Zalewski, M (2007). Ecohydrology: the use of water and ecosystem processes for healthy urban environments. Int'l Symposium on New Directions in Urban Water Management. 12-14 September 2007, Unesco Paris.