

## **PERANAN AGROFORESTRI DALAM MEMPERTAHANKAN FUNGSI HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)**

**Meine van Noordwijk<sup>1</sup>, Fahmuddin Agus<sup>2</sup>, Didik Suprayogo<sup>3</sup>, Kurniatun Hairiah<sup>3</sup>, Gamal Pasya<sup>1,4</sup>,  
Bruno Verbist<sup>1</sup> dan Farida<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>World Agroforestry Centre, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161, Bogor 16001

<sup>2</sup>Balai Penelitian Tanah, Departemen Pertanian, Bogor

<sup>3</sup>Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Malang 65145

<sup>4</sup>BAPPEDA Propinsi Lampung, Bandar Lampung,

### **ABSTRACT**

After a century of attention for 'watershed management' there is still a remarkable lack of clear criteria and indicators of the hydrological functions that society expects to be met from water catchment areas. The lack of realistic expectations leads to large public investments in 'reforestation' that are unlikely to achieve value for the money spent. Hydrological functions of watersheds, given the rainfall that the area receives, include the capacity to (1) Transmit water, (2) Buffer peak rain events, (3) Release water gradually, (4) Maintain water quality, (5) Reduce mass wasting (such as landslides), (6) Reduce soil erosion, and (7) Maintain micro climate.

The relation between full ('forest') and partial ('agroforestry') tree cover and hydrological functions in this sense involves changes at different time scales between total water yield and the degree of buffering of peak river flows. The role of land use can be analyzed in terms of changes in evapotranspiration linked to the presence of trees, infiltration linked to conditions of the soil and the rate of drainage linked to the drain network in the landscape. Models that link the dynamics of macropores in the soil and the space-time characteristics of rainfall to the dynamics of river flow can fairly well reproduce the time series of data of watershed hydrological functions from intensively studied (sub)catchments. We may thus have some confidence in their use for extrapolation to future land use change scenarios. A major lesson from the intensive studies is that forms of farmer-managed agroforestry can maintain the hydrological functions that society expects from 'protection forest' ('hutan lindung'), while providing income for rural population densities in the range 50 – 100 persons km<sup>-2</sup>. These 'kebun lindung' forms of land use lack recognition, so far, and have not been widely adopted in the national watershed program. If the multi-stakeholder negotiation of the use and management of upper watersheds could become more based on functional criteria and transparent indicators, these 'kebun lindung' forms promise negotiated interventions.

### **ABSTRAK**

Kegiatan pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) sudah dilaksanakan pada berbagai belahan bumi lebih dari satu abad, namun masih terdapat kelemahan yang mendasar dalam hal penetapan kriteria dan indikator fungsi hidrologi DAS. Adanya harapan yang berlebihan dan kurang realistis tentang dampak pengelolaan DAS telah memunculkan kebijakan yang memerlukan investasi besar seperti 'reboisasi', namun hasilnya masih kurang sebanding dengan biaya yang dikeluarkan. Hingga tingkat curah hujan tertentu fungsi hidrologi DAS adalah berhubungan dengan kemampuan DAS dalam hal: (1) Transmisi air, (2) Penyangga pada puncak kejadian hujan, (3) Pelepasan air secara perlahan, (4) Memelihara kualitas air, (5) Mengurangi perpindahan massa tanah, misalnya melalui longsor, (6) Mengurangi erosi, dan (7) Mempertahankan iklim mikro.

Hubungan antara tutupan lahan oleh pohon baik penuh 'hutan alam' maupun sebagian 'hutan parsial' seperti agroforestri dengan fungsi hidrologi dapat dilihat dari aspek hasil air total dan daya sangga DAS terhadap debit puncak pada berbagai skala waktu. Peran sistem penggunaan lahan pada suatu bentang lahan (lansekap) dapat dinilai dari sudut perubahan tingkat evapotranspirasi yang berhubungan dengan keberadaan pohon, laju infiltrasi tanah yang berhubungan dengan kondisi fisik tanah, dan laju drainase yang berhubungan dengan jaringan drainasi pada skala lansekap.

Pada saat ini telah tersedia model simulasi yang dapat dipakai untuk mempelajari dinamika pori makro tanah yang berhubungan dengan sifat hujan menurut skala waktu dan ruang. Model tersebut disusun berdasarkan hasil pengukuran yang intensif dari berbagai (Sub) DAS dan dapat digunakan untuk memprediksi pengaruh alih guna lahan terhadap fungsi hidrologi DAS. Dengan demikian, model tersebut dapat digunakan untuk ekstrapolasi berbagai skenario sistem penggunaan lahan di masa yang akan datang. Rangkaian studi intensif tersebut mengarah pada kesimpulan utama bahwa berbagai bentuk agroforestri (seperti 'hutan lindung' atau 'repong') yang telah banyak dipraktikkan petani dapat mempertahankan fungsi hidrologi hutan lindung dan sekaligus memberikan penghasilan kepada masyarakat di desa yang kepadatan penduduknya sekitar 50 – 100 orang km<sup>-2</sup>. Namun sayangnya, 'Kebun Lindung' sebagai sistem

penggunaan lahan yang akrab lingkungan, masih belum diakui oleh semua kalangan, sehingga belum banyak diadopsi dalam program nasional pengelolaan DAS. Apabila negosiasi tentang penggunaan dan pengelolaan lahan dapat didasarkan kepada kriteria dan indikator fungsi hutan, bukan berdasarkan sistem penggunaan lahan, maka berbagai sistem kebun lindung dapat menjadi pilihan yang dapat memenuhi keinginan berbagai pihak.

## PENDAHULUAN

Konsep pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai penyedia air berkualitas baik secara terus menerus, mungkin merupakan konsep lama yang hampir sama lamanya dengan konsep pertanian beririgasi. Namun demikian, masih terdapat ketidakjelasan antara kriteria dan indikator yang dapat memenuhi harapan realistis kita yang didasarkan pada hubungan sebab – akibat pengelolaan DAS dan mengikutsertakan para multipihak. Pengelolaan DAS seringkali dihubungkan dengan tingkat penutupan lahan oleh hutan, dengan asumsi bahwa ‘reforestasi’ atau ‘reboisasi’ dapat mengembalikan dampak negatif dari terjadinya deforestasi (penggundulan hutan). Dewasa ini masih banyak kebingungan di tingkat masyarakat dalam menjawab pertanyaan apakah aliran sungai akan meningkat atau menurun setelah terjadi alih guna hutan atau setelah dilaksanakan reboisasi. Hal ini disebabkan kurang tersedianya data empiris dan/atau kurang diacunya referensi yang tersedia.

Istilah ‘pengelolaan secara berkelanjutan’ (*sustainable management*) menjadi istilah ‘klise’ yang kurang mempertimbangkan kebutuhan masyarakat yang dapat berubah sesuai dengan permintaan pasar. Masalah lainnya adalah tidak tersedianya metoda pemantauan (monitoring) atau bahkan mungkin metoda pemantauan telah tersedia tetapi belum digunakan, dan belum diberlakukannya kriteria yang jelas untuk keberhasilan suatu usaha konservasi lingkungan. Tambahan lagi, kurang diperhatikannya aspek kepadatan jumlah penduduk, kebutuhan hidup dan harapan masyarakat dalam berbagai diskusi yang berhubungan dengan sistem penutupan lahan yang dibutuhkan. Kenyataan tersebut di atas akan menyebabkan adanya perbedaan antara warna peta sistem penggunaan lahan yang diharapkan perencana dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

Pada makalah ini kami mengajukan satu kumpulan kriteria dan indikator dari fungsi hidrologi DAS, yang dapat dipakai untuk mengevaluasi dampak berbagai teknik pengelolaan DAS yang berkelanjutan. Kajian akan lebih difokuskan kepada potensi agroforestri yang juga dikenal dengan ‘wanatani’ dalam mempertahankan produktivitas lahan, dan sekaligus memberikan perlindungan terhadap fungsi hidrologi.

Hubungan antara pengelolaan DAS yang berkelanjutan (lestari) dengan fungsi hidrologi dan agroforestri, diberikan dalam Gambar 1 dan diuraikan lebih lanjut dalam makalah ini.



**Gambar 1.** Hubungan antara pengelolaan DAS berkelanjutan dengan fungsi hidrologi dan agroforestri.

### Kriteria dan Indikator

Aliran sungai lebih ditentukan oleh tingkat curah hujan daripada oleh proses hidrologi lainnya yang dipengaruhi oleh DAS. Aspek utama yang termasuk dalam aliran sungai adalah total hasil air tahunan, keteraturan aliran, frekuensi terjadinya banjir pada lahan basah, dataran aluvial dan ketersediaan air pada musim kemarau. Agar lebih terfokus dalam mempelajari fungsi DAS diperlukan pemilahan antara kontribusi hujan, *terrain* (bentuk topografi wilayah serta sifat geologi lain yang tidak dipengaruhi langsung oleh adanya alih guna lahan), serta peran tutupan lahan (terutama yang langsung dipengaruhi oleh aktivitas manusia). Sekumpulan kriteria fungsi DAS yang dapat diukur diajukan dalam makalah ini, yaitu berdasarkan pada besarnya debit sungai relatif terhadap jumlah curah hujan. Kriteria ini difokuskan kepada fungsi DAS yang dipengaruhi oleh sistem penggunaan lahan dan sistem tutupan lahan, dengan karakteristik lokasi yang berbeda dari satu tempat dengan tempat lainnya. Karakteristik lokasi tersebut antara lain jumlah dan pola curah hujan, yang tidak bisa diubah dengan mudah oleh kegiatan manusia.

Kriteria fungsi DAS tersebut berbeda relevansinya bagi setiap multi pihak sesuai dengan kepentingan dan sudut pandang masing-masing (Tabel 1). Tersedianya indikator kuantitatif untuk berbagai kriteria sangat diperlukan karena akan membantu proses negosiasi bagi multi pihak, walaupun kriteria ini mungkin tidak dapat memenuhi keinginan semua pihak di dalam pengelolaan DAS.

Kriteria ini dapat dihubungkan langsung dengan pengertian kuantitatif bagaimana hujan atau presipitasi (P) terurai menjadi aliran sungai (Q) dan evapotranspirasi (E) pada suatu sistem neraca air (Gambar 2). Hubungan antara faktor-faktor tersebut

**Tabel 1.** Tujuh kriteria dari fungsi DAS yang berhubungan dengan karakteristik lokasi dan aliran sungai, relevansinya dengan multi pihak yang tinggal di daerah hilir serta beberapa indikatornya.

Karakteristik alami	Fungsi DAS yang di pengaruhi oleh alih guna lahan (kriteria)	Relevansi dengan pengguna dan pihak terkait lainnya	Indikator umum
A. Curah hujan	1. Transmisi air	Semua pengguna air, terutama masyarakat yang berada di daerah hilir	Hasil air per curah hujan tahunan
B. Bentuk lahan	2. Menyangga pada kejadian puncak hujan	Masyarakat yang tinggal dan bergantung pada bantaran sungai dan bantaran banjir	Kejadian banjir relatif terhadap kejadian hujan
C. Jenis tanah	3. Pelepasan air secara bertahap	Masyarakat yang tidak memiliki sistem penyimpanan air untuk ketersediaan air pada musim kemarau ('water reservoir': misalnya danau, waduk, embung atau tandon air)	Ketersediaan air selama musim kemarau
	4. Memelihara kualitas air	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masyarakat yang tidak memiliki sistem purifikasi</li> <li>Petani dan nelayan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ketersediaan air bersih sepanjang waktu</li> <li>Keberadaan jenis ikan tertentu</li> <li>Biodiversitas dan bioindikator (adanya bentos, nimfa bangsa Plekoptera dll)</li> </ul>
D. Akar vegetasi alami sebagai jangkar tanah	5. Mengurangi longsor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Masyarakat yang tinggal di kaki bukit yang berpotensi tinggi terjadi (tertimpa) aliran lumpur, banjir dan tanah longsor</li> <li>PLTA, sehubungan dengan umur paruh waduk</li> </ul>	Intensitas kejadian longsor
E. Iklim makro	6. Mengurangi erosi	Petani	Ketebalan seresah dan ketebalan lapisan tanah atas
	7. Mempertahankan Iklim mikro	Petani dan wisatawan	Suhu dan kelembaban udara

dapat membantu kita dalam memahami logika dan tarik ulur antara perubahan transmisi air, daya sanga kejadian puncak hujan dan fungsi DAS dalam menyalurkan air secara perlahan.

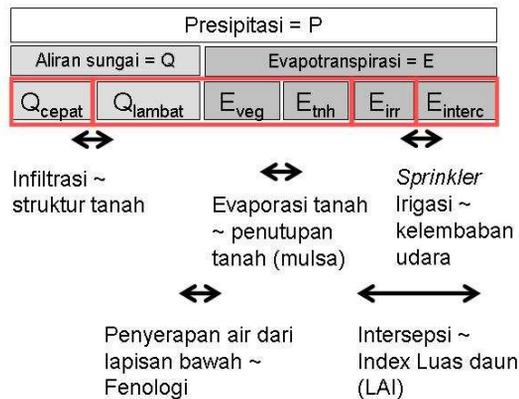
Melalui analisis hubungan perubahan tutupan lahan terhadap proses intersepsi kanopi, infiltrasi air ke dalam tanah, penyerapan air oleh tanaman, penyimpanan air di dalam tanah untuk sementara waktu (yang selanjutnya akan mengalami evapotranspirasi dan transpirasi oleh tanaman), maka kita dapat memahami dampak penutupan lahan terhadap neraca air tahunan (Gambar 3).

Melalui pemanfaatan data empiris curah hujan dan aliran sungai dan/ atau hasil simulasi model, maka dapat dikembangkan beberapa indikator kuantitatif untuk tiga kriteria utama fungsi DAS (Tabel 2). Aplikasi dari indikator tersebut pada data yang diperoleh dari daerah Sumberjaya (Lampung Barat) telah diuraikan lebih rinci dalam Farida dan Van Noordwijk (2004).

**Gambar 2.** Skema hubungan presipitasi, evapotranspirasi, infiltrasi dan aliran sungai.

### HUBUNGAN FUNGSI HIDROLOGI DENGAN TUTUPAN LAHAN OLEH POHON

Tutupan lahan oleh pohon (tutupan pohon) dengan segala bentuknya dapat mempengaruhi aliran air. Tutupan pohon tersebut dapat berupa hutan alami, atau sebagai permudaan alam (*natural regeneration*), pohon yang dibudidayakan, pohon sebagai tanaman pagar, atau pohon monokultur (misalnya hutan



**Gambar 3.** Lima faktor yang mempengaruhi partisi air hujan menjadi komponen debit sungai dan evapotranspirasi.

tanaman industri). Pengaruh tutupan pohon terhadap aliran air adalah dalam bentuk:

- *Intersepsi air hujan.* Selama kejadian hujan, tajuk pohon dapat mengintersepsi dan menyimpan sejumlah air hujan dalam bentuk lapisan tipis air (*waterfilm*) pada permukaan daun dan batang yang selanjutnya akan mengalami evaporasi sebelum jatuh ke tanah. Banyaknya air yang dapat diintersepsi dan dievaporasi tergantung pada indeks luas daun (LAI), karakteristik permukaan daun, dan karakteristik hujan. Intersepsi merupakan komponen penting jika jumlah curah hujan rendah, tetapi dapat diabaikan jika curah hujan tinggi. Apabila curah hujan tinggi, peran intersepsi pohon penting dalam kaitannya dengan pengurangan banjir.
- *Daya pukul air hujan.* Vegetasi dan lapisan seresah melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung tetesan air hujan yang dapat menghancurkan agregat tanah, sehingga terjadi pemadatan tanah. Hancuran partikel tanah akan menyebabkan penyumbatan pori tanah makro sehingga menghambat infiltrasi air tanah, akibatnya limpasan permukaan akan meningkat. Peran lapisan seresah dalam melindungi permukaan tanah sangat dipengaruhi oleh ketahanannya terhadap pelapukan; seresah berkualitas tinggi (mengandung hara, terutama N tinggi) akan mudah melapuk sehingga fungsi penutupan permukaan tanah tidak bertahan lama.
- *Infiltrasi air.* Proses infiltrasi tergantung pada struktur tanah pada lapisan permukaan dan berbagai lapisan dalam profil tanah. Struktur tanah juga dipengaruhi oleh aktivitas biota yang sumber energinya tergantung kepada bahan organik (seresah di permukaan, eksudasi organik oleh akar, dan akar-akar yang mati). Ketersediaan makanan bagi biota (terutama cacing tanah), penting untuk

mengantisipasi adanya proses peluruhan dan penyumbatan pori makro tanah.

- *Serapan air.* Sepanjang tahun tanaman menyerap air dari berbagai lapisan tanah untuk mendukung proses transpirasi pada permukaan daun. Faktor – faktor yang mempengaruhi jumlah serapan air oleh pohon adalah fenologi pohon, distribusi akar dan respon fisiologi pohon terhadap cekaman parsial air tersedia. Serapan air oleh pohon diantara kejadian hujan akan mempengaruhi jumlah air yang dapat disimpan dari kejadian hujan berikutnya, sehingga selanjutnya akan mempengaruhi proses infiltrasi dan aliran permukaan. Serapan air pada musim kemarau, khususnya dari lapisan tanah bawah akan mempengaruhi jumlah air tersedia untuk ‘aliran lambat’ (*slow flow*).
- *Drainase lansekap.* Besarnya drainase suatu lansekap (bentang lahan) dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kekasaran permukaan tanah, relief permukaan tanah yang memungkinkan air tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga mendorong terjadinya infiltrasi, tipe saluran yang terbentuk akibat aliran permukaan yang dapat memicu terjadinya ‘aliran cepat air tanah’ (*quick flow*).

Selain tutupan pohon, ada faktor lain yang dapat mempengaruhi fungsi hidrologi DAS. Pada hutan alami, perlintasan hewan biasanya meninggalkan jalan setapak yang merupakan pemicu utama terbentuknya jalur aliran permukaan walaupun tingkatannya masih belum terlalu membahayakan. Jalan setapak yang terbentuk oleh roda pedati atau kendaraan berat selama penebangan pohon di hutan cenderung meningkatkan intensitas aliran permukaan dan penghanyutan sedimen ke sungai. Pengelolaan lahan setelah konversi hutan biasanya ditujukan untuk perbaikan drainase guna melindungi tanaman dari bahaya penggenangan dan atau aliran permukaan. Adanya daerah rawa pada suatu lansekap mempunyai peranan penting dalam mengurangi terjadinya banjir di daerah hilir. Namun sebaliknya, jika ada usaha mengurangi frekuensi terjadinya banjir di daerah hulu dengan mempercepat aliran ke hilir, justru akan meningkatkan resiko banjir di daerah hilir.

Jadi, dampak umum dari konversi hutan dan atau perubahan tutupan pohon pada suatu bentang lahan dapat dipahami dari kombinasi dan interaksi berbagai proses tersebut di atas.

Beberapa simulasi model telah dikembangkan dan dapat digunakan untuk menguji kedekatan hubungan data empiris dengan data hasil prediksi. Model-model yang sudah ada bervariasi dalam skala spasial, resolusi temporal maupun masukan data yang dibutuhkan. Sebagai contoh, pengaruh sistem Agroforestri

**Tabel 2.** Indikator kuantitatif fungsi hidrologi DAS untuk lima dari tujuh kriteria dalam tabel 1, yang dikembangkan oleh konsorsium *Alternatives to Slash and Burn* (ASB = pola pertanian menetap) untuk hutan tropika basah.

Kriteria	Indikator	Data empirik (P = hujan, Q = debit)	Tersedia di model neraca air <sup>1</sup>		
<b>1. Transmisi Air</b>	Total debit sungai per unit hujan (TWY)	P & Q harian	√		
<b>2. Penyangga pada puncak kejadian hujan</b>	2.1. a. <i>Buffering indicator</i> (BI). Indikator penyangga	P dan Q harian	√		
	b. <i>Relative buffering indicator</i> (RBI). Indikator penyangga terhadap total debit		√		
	c. <i>Buffering peak event</i> (BPE) Indikator penyangga puncak kejadian hujan		√		
	2.2. Total maksimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan	P dan Q harian	√		
	2.3. a. Total aliran air permukaan ( <i>surface quick flow</i> <sup>2</sup> ) terhadap debit total	Pemisahan hidrograf	√		
	b. Total aliran air tanah ( <i>soil quick flow</i> <sup>3</sup> ) terhadap debit total				
<b>3. Pelepasan air secara bertahap</b>	3.1. Total minimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan	P & Q harian	√		
	3.2. Total aliran lambat ( <i>slow flow</i> <sup>4</sup> ) total debit	Pemisahan hidrograf	√		
<b>4. Mempertahankan kualitas air</b>	4.1 a. bebas bakteri pengganggu, bebas polutan (air minum)	Pemantauan (monitor) kualitas air (kimia dan biologi)			
	b. air bersih untuk kegunaan domestik lainnya				
	c. air bersih untuk kegiatan industri				
d. air bersih untuk irigasi (pengairan)					
e. air bersih untuk perikanan: indikator biologi (BOD, COD)					
f. air bersih untuk mempertahankan biodiversitas akuatik (BOD, COD)					
	4.2 Aliran (flux) tahunan dari :	Konsentrasi * volume aliran air			
	a. sedimen				
	b. hara tanah (N, P)				
	c. logam berat				
	d. pestisida dan turunannya (derivat)	Suhu air			
	4.3 Perbedaan antara rata-rata suhu air dibandingkan suhu air di hutan sebagai acuan				
<b>5. Mengurangi longsor</b>	5.1. Jumlah luasan lahan pada lereng curam yang 'dibuka' dari lahan yang ditumbuhi dengan pepohonan berperakaran dalam pada 10 tahun terakhir, yaitu : $(L_0 - L_1) / TL$ $L_0 =$ Luasan lahan yang dulu tertutup pohon $L_1 =$ Luasan lahan sekarang yang tertutup pohon $TL =$ Total luasan	Alih guna lahan: citra satelit 10 tahun yang lalu dan sekarang			
	5.2. Perbandingan total sedimen tahunan persatuan luas daerah asal sedimen tersebut yang berasal dari: a. erosi tebing dan sedimentasi dasar sungai b. longsor jalan c. longsor bukan dari jalan d. erosi pada lahan miring e. sawah di lembah sungai			Analisis lansekap terpadu	
	5.3 Lebar efektif dari sabuk hijau ( <i>riparian</i> ) disepanjang sungai				
		Alih guna lahan: citra satelit			

Keterangan :

- √ = tersedia ;
- Surface quick flow* = aliran cepat permukaan = aliran permukaan pada saat kejadian hujan
- Soil quick flow* = aliran cepat air tanah = aliran air dalam lapisan tanah setelah satu hari kejadian hujan
- Slow flow* = aliran lambat = aliran air dalam lapisan tanah setelah lebih dari satu hari kejadian hujan

terhadap aliran permukaan harian pada skala plot dapat dievaluasi dengan menggunakan model *WaNuLCAS* (Khasanah et al., 2004). Dampak alih guna lahan terhadap neraca air harian pada skala bentang lahan dapat dipelajari dengan menggunakan model *GenRiver* (Farida dan Van Noordwijk, 2004) dan model *FALLOW* (Suyamto et al., 2004) memprediksi dampak alih guna lahan terhadap neraca air tahunan.

## KEBUN LINDUNG

Sistem klasifikasi lahan hutan di Indonesia arif terhadap sejumlah 'fungsi hutan'. Fungsi hutan tersebut antara lain meliputi konservasi, perlindungan DAS, produksi kayu dan non kayu. Aturan yang ada tentang penggunaan lahan bervariasi tergantung dari fungsi utama yang lebih dipentingkan.

'Hutan lindung' mempunyai fungsi perlindungan aktif hutan terhadap aliran air ke daerah hilir. Dalam istilah Belanda 'hutan lindung' atau 'schermbos' berarti hutan yang berfungsi sebagai 'payung' atau 'lindung'. Fungsi 'penyangga' (Kriteria 2 dalam Tabel 2) sebenarnya berkaitan langsung dengan fungsi 'lindung', karena fungsi ini dapat mengurangi debit puncak pada kejadian hujan. Fungsi penyangga dapat ditingkatkan dengan jalan meningkatkan penggunaan air dan mempertahankan struktur tanah pada daerah perbukitan (*hillslope*). Pada skala lansekap fungsi penyangga banjir dapat juga dilakukan dengan jalan mempertahankan daerah rawa yang dapat menjadi penampung luapan air akibat banjir.

Fungsi perlindungan pada daerah hulu sebenarnya dapat diberikan oleh tutupan dari berbagai macam vegetasi, selama sistem tersebut mampu dalam: (a) mempertahankan lapisan seresah di permukaan tanah, (b) mencegah terbentuknya parit-parit akibat erosi, (c) menyerap air untuk evapotranspirasi. Bila vegetasi hutan alami secara bertahap digantikan oleh pohon yang bernilai ekonomi tinggi atau mempunyai fungsi lainnya, maka fungsi 'lindung' masih tetap ada. Sistem pembukaan lahan pertanian dengan cara tebang habis pada skala luas, akan menurunkan fungsi lindung. Namun dari catatan sejarah yang ada, menunjukkan bahwa prinsip sistem agroforestri adalah menghindari semaksimal mungkin adanya penebangan hutan dalam skala luas.

Dalam konsep Indonesia, kata 'hutan' adalah lahan yang kepemilikan dan pengelolaannya diawasi langsung oleh pemerintah atau negara. Lahan milik petani yang 'menyerupai hutan' atau 'agroforest', umumnya disebut 'kebun'. Pada sistem kebun, pengelolaannya lebih ditekankan pada dua fungsi yaitu fungsi 'produksi' dan fungsi 'lindung'.

Dalam kaitannya dengan kriteria dan indikator hidrologi seperti telah diuraikan di atas, beberapa macam kebun telah dievaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa kebun seperti kebun kopi campuran, hutan

karet, 'parak' sistem campuran pohon buah-buahan, pohon penghasil kayu dan rempah misalnya di Sumatra Barat, kebun buah-buahan (*mixed fruit tree homegardens*) dan sistem 'repong' damar merupakan sistem yang masih dapat memenuhi berbagai 'fungsi lindung' pada daerah perbukitan. Dengan demikian kebun tersebut dinamakan sebagai 'kebun lindung' karena dapat berfungsi ganda yaitu fungsi 'produksi' dan fungsi 'lindung'.

## SISTEM PENDUKUNG NEGOSIASI

Sekitar 70 % dari total luas lahan di Indonesia diklasifikasikan sebagai 'hutan negara' atau kawasan hutan, dimana keputusan akan akses terhadap lahan diambil pada tingkat nasional (terutama sebelum tahun 1998) dan pada tingkat lokal (setelah tahun 1998). Pada berbagai daerah, hubungan antara pemerintah lokal dengan petani sering tidak harmonis (terlepas dari lamanya petani tinggal di wilayah setempat). Konflik antara pemerintah dengan masyarakat pemanfaat hutan biasanya memperburuk keadaan; baik terhadap keadaan hutan maupun keadaan masyarakat. Keuntungan sering diambil oleh mereka yang melakukan penebangan hutan, baik secara legal maupun ilegal.

Undang-undang kehutanan tahun 1997 yang memberikan kesempatan bagi masyarakat lokal untuk mengelola hutan dan berbagai peristiwa sesudah reformasi serta otonomi pemerintahan, sudah mengurangi wewenang pemerintah pusat terhadap kawasan hutan. Sejalan dengan itu tercipta pula suatu kondisi yang memungkinkan negosiasi bagi berbagai pihak (stakeholders). Dengan demikian terbuka kesempatan untuk memperbaiki pengelolaan lahan di kawasan DAS. Pasya et al. (2004) mengungkapkan bahwa pengakuan terhadap 'kebun lindung' di Sumberjaya, memberikan harapan besar dalam mengurangi konflik. Solusi tersebut juga menjanjikan perbaikan, baik bagi petani penggarap/pengguna lahan maupun bagi pengembalian fungsi hutan, walaupun prosesnya berjalan lambat. Aspek teknis dari negosiasi meliputi intervensi yang mungkin untuk dilakukan sehingga kedua tujuan (ekonomi dan perlindungan) untuk mempertahankan fungsi hutan dapat dipulihkan secara perlahan.

## DISKUSI DAN KESIMPULAN

Aplikasi kriteria dan indikator fungsi DAS dilakukan pada 'Benchmark' Sumberjaya dan telah diuraikan pada berbagai sumber misalnya Farida dan Van Noordwijk (2004), dan proses negosiasi diuraikan oleh Pasya et al. (2004). Kriteria dan indikator fungsi DAS akan mempunyai arti penting dalam proses negosiasi, bila keduanya dapat dipahami dan dimengerti secara transparan serta bisa dimonitor oleh multi pihak.

Petani mempunyai pengetahuan dan kearifan lokal yang memadai (paling tidak secara kualitatif) tentang gejala alam di sekitarnya seperti curah hujan, aliran permukaan, dan gejala-gejala lain di sungai. Akan tetapi mereka masih kurang memahami konsep evaporasi dan transpirasi (Joshi *et al.*, 2004). Pengetahuan ini penting untuk membantu berlangsungnya dialog antara petani dengan pemerintah.

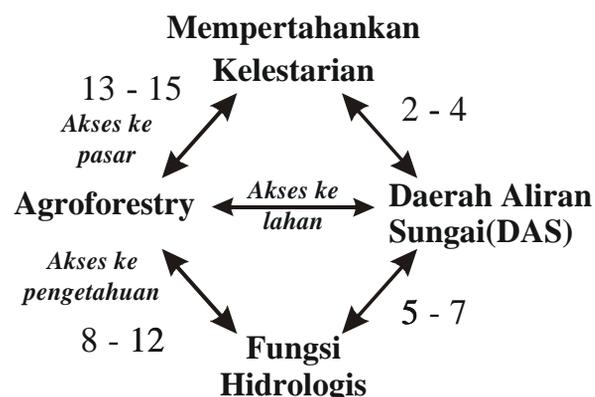
Tantangan kedepan untuk berdialog dengan pihak kehutanan adalah bagaimana mengurangi bias yang muncul pada usaha penanaman pohon *per se*, dan lebih difokuskan kepada aspek kriteria dan indikator fungsi hutan yang diukur secara kuantitatif. Sejauh ini isu tentang fungsi hutan dan status hutan, merupakan aspek politis yang sulit dijumpai. Untuk itu pemecahan masalah secara pragmatis yang dapat diterima berbagai pihak perlu sekali dikembangkan sebagaimana yang ada di Sumberjaya. Kegagalan masa lalu disebabkan pemerintah kurang dapat menerima solusi yang diajukan petani, walaupun cara tersebut masih dapat memenuhi kriteria fungsi hutan.

Suatu tantangan yang menarik berkenaan dengan HKM dewasa ini adalah bagaimana hasil suatu kegiatan dapat dimonitor. Bila ditinjau dari sudut pandang fungsi DAS, telah dibuktikan bahwa adanya lapisan penyaring (*filter*) di permukaan tanah sangat menentukan besarnya infiltrasi (Hairiah *et al.*, 2004) dan erosi dibandingkan dengan kriteria yang semata-mata hanya berdasarkan keberadaan pohon-pohonan (Widianto *et al.*, 2004). Pengamatan kualitas air merupakan cara lain yang dapat dilakukan oleh penduduk lokal, cara ini sudah diuji di Thailand sebelah utara (Thomas *et al.*, 2003) dan di Filipina. Bila tersedia kriteria dan indikator kuantitatif tentang fungsi hutan yang disepakati bersama, maka negosiasi akan lebih mengalami kemajuan. Tidak saja aspek ekonomi, bahkan aspek lingkungan juga sudah semakin diadopsi dewasa ini (Priyono dan Cahyono, 2004).

Dapat disimpulkan bahwa ada kesempatan yang masih terbuka dan menjanjikan dalam perbaikan sistem pengelolaan DAS. 'Kebun lindung' dapat mengurangi konflik yang sekarang ada di masyarakat dengan cara mengarahkan pengelolaan lahan untuk sistem yang dapat mengembalikan fungsi hutan, bukan hanya berdasarkan persepsi tentang pentingnya tutupan lahan oleh vegetasi hutan. Dalam hal ini debat publik perlu didorong untuk mendapatkan solusi yang saling menguntungkan (*win-win solution*) baik bagi kepentingan petani, maupun jasa lingkungan yang menjadi hajat hidup masyarakat sekitarnya.

Beberapa hasil penelitian tentang hubungan pengelolaan DAS yang berkelanjutan di Sumberjaya dengan fungsi hidrologi dan agroforestri (seperti yang telah diuraikan pada Gambar 1) disajikan dalam satu rangkaian publikasi pada edisi khusus Jurnal Agrivita

ini, secara skematis dapat dilihat dalam Gambar 4. Beberapa hasil penelitian yang diterbitkan dalam edisi khusus ini adalah: Sistem pendukung negosiasi multi tataran dalam pengelolaan SDA, sejarah status lahan dan konflik yang terjadi di Sumberjaya, dan kajian penyebab terjadinya alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian disajikan dalam Makalah 2-4.



**Gambar 4.** Modifikasi dari Gambar 1 (berkenaan dengan pengelolaan DAS yang berkelanjutan dengan fungsi hidrologi dan agroforestri) yang menjelaskan hubungan antar makalah dalam edisi khusus ini (angka dalam gambar menunjukkan nomor makalah yang disajikan dalam edisi ini).

Pemahaman proses dan fungsi hidrologi Agroforestri pada skala DAS dengan menggunakan simulasi model GenRiver disajikan dalam makalah 5 dan pengukurannya di lapangan dalam makalah 6 dan 7. Adanya alih guna lahan hutan menjadi lahan berbasis kopi berdampak negatif terhadap sifat fisik tanah (makalah 8-9). Parameter tanah yang spesifik dipengaruhi oleh alih guna lahan dan berkaitan erat dengan fungsi DAS penting diketahui untuk pengurangan limpasan permukaan dan erosi.

Tingkat erosi pada skala plot pada berbagai skenario sistem penggunaan lahan dapat diprediksi dengan menggunakan model simulasi WaNuLCAS dengan masukan data dari Sumberjaya, hasilnya disajikan dalam makalah 10. Penanaman berbagai macam pepohonan terbukti dapat meningkatkan porositas, infiltrasi tanah dan mengurangi limpasan permukaan dan erosi. Namun tidak semua pohon dapat berfungsi dengan baik. Diagnosa terhambatnya pertumbuhan pohon, sebagai contoh kasus pada pohon sengon yang pertumbuhannya sangat bervariasi terutama pada tanah masam disajikan dalam makalah 11.

Petani mempunyai pengetahuan dan kearifan lokal dan inovasi ekologi yang memadai dalam pengelolaan SDA (makalah 12) penting untuk dipahami agar usaha pengelolaan SDA dapat diterima dengan baik.

Guna meningkatkan akses pasar bagi produk-produk agroforestri, analisis ekonomi dilakukan terhadap pendapatan yang diperoleh petani yang melaksanakan agroforestri berbasis kopi (makalah 13), dan respon petani kopi terhadap gejolak pasar dan kosekuensinya terhadap fungsi tata air yang dikaji dengan menggunakan simulasi model FALLOW disajikan dalam makalah 14. Untuk mempertahankan kelestarian lingkungan, sebagai penutup dari edisi ini, hasil analisis pemasaran yang telah dilakukan terhadap berbagai produk agroforestri -kayu bangunan sebagai contoh- disajikan dalam makalah 15.

Akhirnya melalui perbaikan tingkat pemahaman kita akan proses-proses hidrologi yang berhubungan dengan fungsi DAS dan pengelolaannya, diharapkan dapat diperoleh solusi yang saling menguntungkan baik dari segi kesejahteraan petani, maupun jasa lingkungan yang menjadi hajat hidup masyarakat disekitarnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Priyono, N.N.S. dan S.A., Cahyono. 2004. Teknologi pengelolaan daerah aliran sungai: cakupan, permasalahan dan upaya penerapannya. Prosidings Seminar Multifungsi Pertanian dan Konservasi Sumberdaya Lahan, Puslitbang Tanah dan Agroklimat - Badan Litbang Pertanian, di Bogor tanggal 18 Desember 2003. *In Press*.
- Thomas, D., Weyerhaeuser, H. dan Saipothong, P., 2003. 'Improved Tools for Managing Agroforestry Landscapes in Northern Thailand: Pilot Application of Spatial Analysis and Negotiation Support Systems. In: Jianchu, X. and Mikesell, S. (eds) *Landscapes of Diversity: Indigenous Knowledge, Sustainable Livelihoods and Resource Governance in Montane Mainland Southeast Asia*. Proceedings of the III Symposium on MMSEA 25–28 August 2002, Lijiang, P.R. China. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. p. 381–400.