

Peranan Agroforestri dalam Mempertahankan Fungsi Hidrologi Daerah Aliran Sungai (DAS)

Meine van Noordwijk¹, Fahmuddin Agus², Didik Suprayogo³, Kurniatun Hairiah³, Gamal Pasya^{1,4}, Bruno Verbist¹ dan Farida¹

¹) World Agroforestry Centre, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161, Bogor 16001

²) Balai Penelitian Tanah, Departemen Pertanian, Bogor

³) Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Malang 65145

⁴) BAPPEDA Provinsi Lampung, Bandar Lampung

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. Pada tingkat curah hujan tertentu, fungsi hidrologi DAS berhubungan dengan kemampuan DAS dalam hal: (1) transmisi air, (2) penyangga pada puncak kejadian hujan, (3) pelepasan air secara perlahan, (4) memelihara kualitas air, dan (5) mengurangi perpindahan massa tanah, misalnya melalui longsor.

Hubungan antara tutupan lahan oleh pohon (baik secara penuh dalam bentuk 'hutan alam' maupun tutupan sebagian seperti agroforestri) dengan fungsi hidrologi dapat dilihat dari aspek total hasil air 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 drainase 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. Kesimpulan utama yang diperoleh dari rangkaian studi intensif tersebut adalah bahwa berbagai bentuk agroforestri (seperti 'kebun lindung' atau 'repong') yang telah banyak dipraktekkan petani dapat mempertahankan fungsi hidrologi hutan lindung dan sekaligus memberikan penghasilan kepada masyarakat di desa yang kepadatan penduduknya sekitar 50 - 100 orang km². 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

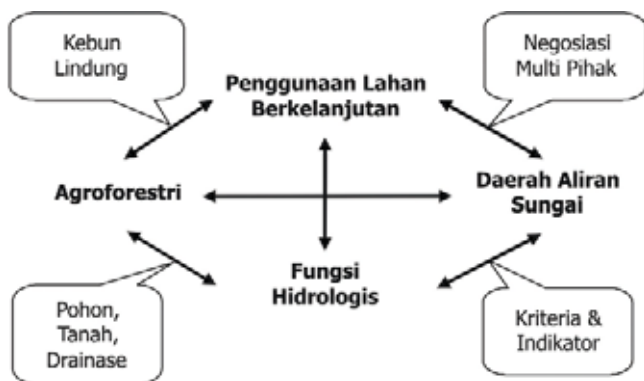
Konsep pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai penyedia air berkualitas baik secara terus menerus, merupakan konsep yang sudah lama berkembang yang hampir sama lamanya dengan konsep pertanian beririgasi. Namun demikian, masih terdapat ketidakjelasan kriteria dan indikator yang didasarkan pada hubungan sebab – akibat pengelolaan DAS yang dapat memenuhi harapan realistis multi pihak. Dalam debat publik, pengelolaan DAS seringkali dihubungkan dengan tingkat penutupan lahan oleh hutan, dengan asumsi bahwa 'reforestasi' atau 'reboisasi' dapat mengembalikan dampak negatif dari terjadinya 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, aspek kepadatan penduduk, kebutuhan hidup dan harapan masyarakat dalam berbagai diskusi yang berhubungan dengan sistem penutupan lahan, kurang diperhatikan. Kenyataan tersebut di atas menyebabkan banyaknya perbedaan antara peta sistem penggunaan lahan dengan kondisi sebenarnya di lapangan.

Pada makalah ini diusulkan sekumpulan 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 dengan fungsi hidrologi dan agroforestri, diberikan dalam Gambar 1.



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

Perkembangan konsep hutan dan air di Indonesia

Persepsi publik dan kebijakan umum tentang perlindungan DAS menginginkan adanya suatu kondisi (hutan) di daerah hulu dan mengasosiasikan setiap kejadian banjir dengan hilangnya tutupan hutan di perbukitan dan pegunungan. Oleh karena itu, penanaman kayu-kayuan merupakan suatu tolok ukur dalam rehabilitasi. Pendekatan 'ekohidrologi'

melibatkan lebih dari satu fokus tingkat penutupan hutan pada hulu DAS, karena jumlah, waktu, dan mutu aliran-aliran air ditentukan oleh penutupan lahan dan penggunaan lahan di seluruh lansekap. Di Indonesia perdebatan kebijakan dan publik nampaknya belum banyak berubah sejak de Haan (1936) menulis isu perlindungan hutan:

"Terlalu banyak penekanan pada perbedaan antara **hutan** dan **non hutan**. Orang seringkali beranggapan bahwa asalkan persentase tertentu dari lahan ditutupi hutan lindung, pelaku pertanian di luar areal ini dapat melakukan apa saja yang mereka inginkan. Kebenaran tidak bisa dipungkiri. Perbedaan perilaku hidrologi antara suatu hutan pengunungan dan kebun karet, sebagai contoh, tentunya lebih kecil daripada perbedaan perilaku antara kebun karet dengan lahan pertanian tanaman semusim."

Kartasubrata (1981), meringkas perkembangan ide-ide tentang hutan dan air di Indonesia, seperti ide-ide yang sering muncul dalam perdebatan selama era penjajahan. Karena perdebatan masih bergema sampai saat ini, maka akan menjadi sesuatu yang menarik bila melihat argumen-argumen yang muncul waktu itu. Debat memanas karena pernyataan Heringa (1939) yang meminta agar penutupan hutan di Jawa ditingkatkan secara signifikan, baik untuk produksi kayu, resin, terpenin dan tannin maupun untuk kepentingan hidrologi pada hutan. Di Pulau Jawa dengan gunung berapi yang tinggi, sungai-sungainya menurun terjal sehingga pada musim hujan air mengalir dengan cepat ke laut. Cepatnya aliran air tersebut menghasilkan kekuatan besar sehingga mampu mengangkut banyak tanah subur dan lumpur dari lahan pertanian dan tebing sungai untuk diendapkan di laut. Heringa mengemukakan suatu teori yang menimbulkan banyak perdebatan, ketika ia mengatakan:

"Hutan bersifat seperti busa (*sponge*); ia mengisap air dari tanah di musim hujan, melepaskannya sedikit-demi sedikit di musim kemarau ketika terjadi kekurangan air. Menurunnya penutupan hutan akan menyebabkan berkurangnya pasokan air selama musim timur ('musim kemarau') sehingga mengakibatkan kekurangan air. Oleh karena itu, suatu keseimbangan diperlukan antara kondisi hutan dan output dari lahan pertanian (sawah). Sebagai konsekuensinya, maka harus ditentukan suatu persentase hutan minimum untuk setiap daerah tangkapan air".

Roessel (1939) menyambut gembira ide pengembangan hutan tanaman industri, namun dia mengkritik penggunaan argumen hidrologi untuk

Table 1. Tiga pandangan tentang hubungan tutupan hutan dan fungsi DAS (diolah dari Kartasubrata, 1981)

Aspek	Teori busa hutan (Heringa, 1939)	Teori infiltrasi (Roessel, 1939)	Sintesis dan kuantifikasi (Coster, 1938)
Aliran sungai musim kemarau	Tergantung pada tutupan hutan	Tergantung pada formasi geologi	Tumbuhan menentukan permeabilitas tanah
Luasan hutan yang diperlukan untuk fungsi-fungsi hidrologi	Luas hutan minimum dihitung berdasarkan luas sawah yang diairi dengan aliran pada musim kemarau	Tidak ada tutupan hutan minimum	Pasokan ke mata air tergantung pada jumlah air yang masuk ke dalam tanah dikurangi jumlah air yang hilang karena evaporasi
Apa yang harus dilakukan apabila target hutan tidak terpenuhi?	Lahan pertanian dan perkebunan harus dibeli dan dihutankan kembali	Penghutan kembali hanya dilakukan jika tipe tanah tertentu terbuka dan rawan erosi, tetapi setelah tindakan-tindakan yang lain, seperti terasering, pembuatan rorak, dan penutup tanah dianggap belum cukup	Tergantung pada elevasi. Pengukuran lysimeter mengindikasikan bahwa evaporasi dari permukaan tanah terbuka adalah 1200, 900 dan 600 mm per tahun pada lokasi dengan elevasi berturut-turut 250, 1500, dan 1750 m di atas permukaan laut.
Hutan atau penutup tanah?	Semua tipe tanah adalah sama; penanaman hutan dengan jenis-jenis kayu industri mempunyai pengaruh hidrologis yang sama seperti hutan alami dan ini (selalu) lebih baik daripada tutupan lahan pertanian	Sistem pertanian yang mampu mengurangi aliran permukaan melalui terasering dll atau penutup tanah, secara hidrologis lebih bernilai daripada hutan tanaman industri, dimana aliran permukaan masih bisa terjadi, misalnya, karena lereng yang curam, tumbuhan bawah yang jelek atau pembentukan humus yang jelek	Pengukuran oleh Lembaga Penelitian Kehutanan menunjukkan bahwa perkebunan kina, karet, kopi dan teh yang dikelola dengan baik hampir sama dengan hutan (tanaman atau alami) tetapi lebih baik daripada lahan pertanian dari sisi hidrologis. Kebakaran rumput hutan belantara di gunung-gunung merangsang aliran permukaan dan erosi
Cakupan penghutan-kembali	Semua permasalahan yang berhubungan dengan fungsi DAS dapat diselesaikan dengan penghutan kembali	Pemulihan dengan penghutan kembali hanya dapat diharapkan pada kasus dimana aliran permukaan dan erosi dapat dikontrol dengan adanya hutan. Hutan tanpa semak belukar dan tanpa pembentukan humus yang baik biasanya tidak cukup. Penutupan tanah dengan rumput, tanaman herba yang rapat atau tumbuhan semak, juga akan berperan seperti hutan	Sangat mungkin bahwa penghutan di dataran rendah bisa menurunkan pasokan air (termasuk di musim kemarau), karena tingginya laju evaporasi dari hutan; di pegunungan, peningkatan infiltrasi dari hujan deras lebih tinggi dari peningkatan penggunaan air oleh pepohonan.

menjustifikasi penghutan kembali. Dia mengemukakan teori infiltrasi yang menekankan bahwa perkolasi air melalui lapisan bawah tanah (subsoil) menghasilkan mata air; bukan hutan yang menghasilkan air. Coster (1938) yang bekerja pada Lembaga Penelitian Hutan di Bogor mengemukakan data kuantitatif dan memberikan suatu sintesis bahwa: tumbuhan menentukan pengisian kembali busa tersebut, tetapi sebagian besar air berada pada lapisan bawah tanah, bukan semata-mata di dalam hutan.

Dalam banyak perdebatan dewasa ini, pandangan Coster (1938) yang lebih sintesis adalah pengaruh positif dan negatif pepohonan pada aliran sungai belum diketahui, dan persepsi publik maupun arah kebijakan yang ada saat ini lebih banyak berdasar pada pandangan Heringa. Konsep bahwa '**kebun lindung**' dapat berfungsi seperti '**hutan lindung**' dalam hal infiltrasi dan hidrologi masih dianggap baru pada saat ini, karena dikotomi antara hutan dan penggunaan lahan non hutan ada dalam kerangka peraturan dan persepsi umum. Pada Deklarasi Chambery tentang hutan dan air dalam konteks Tahun Air Bersih Internasional 2003, terkandung pernyataan bahwa non-hutan tidak dapat memenuhi fungsi-fungsi DAS seperti yang diberikan hutan.

Seperti yang dieksplorasi oleh Grove (1995), persepsi tentang hubungan penggundulan hutan, yang diikuti perubahan pola hujan, degradasi lahan, dan pendangkalan sungai oleh lumpur berasal dari pengalaman di daerah mediteran. Filosof Yunani, Theophrastos, seorang yang mengawali penulisan sumber-sumber dokumen mengenai persepsi ini. Ekspansi penjajahan Eropa ke daerah tropis, khususnya pengalamannya mereka di pulau-pulau kecil seperti Mauritius memperkuat persepsi bahwa hutan membangkitkan hujan. Bukti kuat yang terdokumentasi tentang perubahan pola hujan sebagai akibat penggundulan hutan hampir tidak ada, dan hubungan sebab akibat dari hutan dan hujan (hujan => hutan) umumnya terjadi sebaliknya (hutan => hujan). Hasil analisis ulang terbaru tentang pola hujan untuk Indonesia (Kaimuddin, 2000; Rizaldi Boer, pers.com), mengindikasikan pergeseran-pergeseran dalam isohyet (zone-zone dengan hujan yang sama) di Indonesia tidak secara jelas berhubungan dengan perubahan penutupan lahan lokal: beberapa areal yang hilang tutupan hutannya menjadi lebih basah, tetapi daerah-daerah lain yang hilang tutupan hutannya menjadi lebih kering. Untuk Indonesia secara keseluruhan, rata-rata curah hujan tidak berubah, walaupun banyak pengurangan tutupan hutan, tetapi kemungkinan bisa terjadi suatu perubahan pola sirkulasi global yang mempengaruhi pola hujan lokal. Meskipun pada skala lokal terjadi perubahan-perubahan yang nyata

dalam pola hujan sehubungan dengan perubahan-perubahan penutupan hutan, namun tidak ada bukti yang meyakinkan untuk mendukung hipotesa hubungan sebab akibat tersebut. Cara suatu landsekap memproses hujan yang datang, sangat tergantung pada penutupan lahan dan jumlah hujan. Keteraturan aliran dan kualitas air sungai secara langsung dipengaruhi oleh perubahan-perubahan tutupan.

Suatu kutipan akhir dari sejarah: " Pandangan yang umum diterima jaman dahulu adalah bahwa hutan memiliki kecenderungan untuk meningkatkan hujan sampai jumlah besar. Dewasa ini pandangan tersebut ditolak oleh banyak peneliti; sementara peneliti lain mendukung pandangan bahwa penyebaran hujan dapat dirubah oleh hutan, tetapi bukan jumlah hujan..." Braak (1929).

Persepsi yang telah diakui secara luas tentang besarnya pengaruh tutupan hutan dalam pemeliharaan fungsi DAS di daerah sumber air, pada beberapa dekade terakhir ini telah dipertanyakan dalam penelitian hidrologi. Dikotomi hutan \Leftrightarrow non hutan, telah berubah menjadi pengakuan bahwa tipe penggunaan lahan sesudah alih guna hutan justru yang dapat membuat banyak perbedaan. Penggunaan lahan (tidak terbatas pada perlindungan tutupan hutan yang ada) di daerah sumber air, mempunyai manfaat bagi multi pihak baik lokal maupun eksternal, dan meningkatnya permintaan air di hilir seringkali menimbulkan konflik tentang apa yang terjadi di daerah sumber air. Hulu DAS di beberapa daerah tropik mendukung kehidupan bagi masyarakat tani dan pedesaan yang berada di luar arus utama pembangunan. Akibatnya, timbullah suatu perbedaan hulu dan hilir dengan konflik kepentingan; masyarakat yang tinggal di hulu DAS dipandang sebagai perusak fungsi DAS, sehingga tidak ada suatu pengakuan dan mekanisme pemberian imbalan untuk sistem penggunaan lahan mereka yang justru melindungi sumberdaya air.

Kriteria dan indikator

Berbagai aspek penting dari aliran sungai (hasil air tahunan, kestabilan aliran sungai, frekuensi banjir pada lahan rawa, dataran aluvial, dan areal lain sepanjang sungai, serta ketersediaan air pada musim kemarau) lebih ditentukan oleh tingkat curah hujan dari pada proses hidrologi DAS. Agar lebih terfokus dalam mempelajari fungsi DAS diperlukan pemilahan antara kontribusi hujan, terrain (bentuk topografi wilayah serta sifat

Gambar 2. Lima kriteria fungsi DAS yang menghubungkan karakteristik debit sungai yang relevan bagi multi pihak tertentu dari suatu hilir DAS.



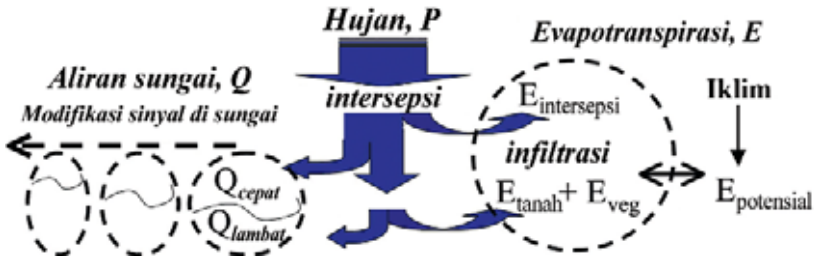
geologi lain yang tidak dipengaruhi langsung oleh alih guna lahan), serta peran tutupan lahan (terutama yang langsung dipengaruhi oleh aktivitas manusia). Sekumpulan kriteria fungsi DAS yang dapat diukur diajukan dalam makalah ini, berdasarkan pada besarnya debit sungai relatif terhadap jumlah curah 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 (Gambar 2). Tersedianya indikator kuantitatif untuk berbagai kriteria sangat diperlukan karena akan membantu proses negosiasi bagi multi pihak, walaupun kriteria ini mungkin belum dapat memenuhi keinginan semua pihak di dalam pengelolaan DAS.

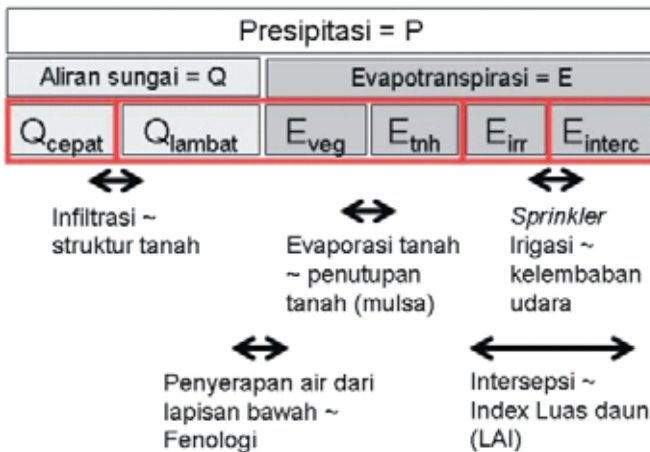
Tersedianya indikator kuantitatif untuk berbagai kriteria sangat diperlukan karena akan membantu proses negosiasi bagi multi pihak, walaupun kriteria ini mungkin tidak dapat memenuhi keinginan semua pihak di dalam pengelolaan DAS.

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 3). Hubungan antara faktor-faktor tersebut dapat membantu dalam memahami proses perubahan transmisi air, daya sangga kejadian puncak hujan dan fungsi DAS dalam menyalurkan air secara perlahan.

Melalui analisis hubungan perubahan tutupan lahan terhadap proses intersepsi tajuk, 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 4).



Gambar 3. Skema hubungan presipitasi, evapotranspirasi, infiltrasi dan aliran sungai



Gambar 4. Lima faktor yang mempengaruhi partisi air hujan menjadi komponen debit sungai dan evapotranspirasi

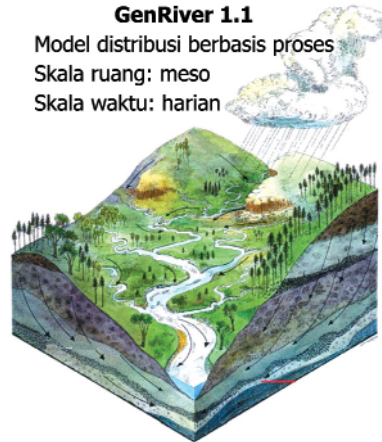
Melalui pemanfaatan data empiris dan/atau hasil simulasi model yang berkenaan dengan curah hujan dan aliran sungai maka dapat dikembangkan beberapa indikator kuantitatif untuk tiga kriteria utama fungsi DAS (Tabel 2). Aplikasi dari indikator tersebut pada data yang diperoleh dari Kecamatan Sumberjaya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

Unit Hidrograf – apa yang dapat terjadi pada setiap tetes hujan?



GenRiver 1.1

Model distribusi berbasis proses
 Skala ruang: meso
 Skala waktu: harian



Gambar 5. Proses dasar yang digambarkan pada model GenRiver yang dibangun di ICRAF dan tersedia pada www.cgjar.icraf.org/sea.

Tabel 2. Kriteria dan indikator fungsi hidrologi DAS, yang dikembangkan oleh konsorsium *Alternatives to Slash and Burn* (ASB = pola pertanian menetap) untuk hutan tropika (agak)basah.

Kriteria	Indikator	Relevansi bagi multi pihak	Data empiris P=hujan Q debit sungai	Ketersediaan model neraca air	
1. Transmisi Air	Total debit sungai per unit hujan	Semua pengguna air terutama di hilir reservoir (danau, waduk)	P & Q harian	√	
2. Penyangga puncak kejadian hujan	2.1. a. <i>Buffering indicator</i> (BI). Indikator penyangga	Penduduk yang tinggal dan tergantung pada dataran banjir	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. Debit puncak relatif terhadap rata-rata curah hujan bulanan			P dan Q harian	√
	2.3. a. Total aliran cepat permukaan (<i>surface quick flow</i> ²) terhadap debit total			P dan Q (Pemisahan hidrograf)	√
b. Total aliran air tanah (<i>soil quick flow</i> ³) terhadap debit total		√			

Kriteria	Indikator	Relevansi bagi multi pihak	Data empiris P=hujan Q debit sungai	Keterse-diaan model neraca air
3. Pelepasan air secara bertahap	3.1. Total aliran dasar terhadap rata-rata curah hujan bulanan 3.2. Total aliran lambat (<i>slow flow</i> ⁴) terhadap total debit	Penduduk yang tergantung pada aliran sungai pada musim kemarau	P & Q harian Pemisahan hidrograf	√ √
4. Mempertahankan kualitas air	4.1 Kelayakan air sungai untuk a. Air minum (tanpa treatment terlebih dahulu) yang bebas bakteri pengganggu (<i>Escherichia coli</i>), bebas pencemar b. air bersih untuk keperluan lain rumah tangga c. air untuk industri d. air untuk irigasi e. air untuk habitat biologi (BOD, COD, indikator biologi) 4.2 Perpindahan tahunan dari: a. sedimen b. hara tanah (N, P) c. logam berat d. pestisida dan bahan aktif turunannya 4.3 Perbedaan rata-rata suhu air dibandingkan suhu air di hutan	Pengguna air sungai, aliran bawah tanah atau air tanah, terutama penduduk yang tidak punya sarana pembersihan air	Pemantauan (monitor) kualitas air (kimia dan biologi) Konsentrasi dan Volume aliran air Suhu air	
5. Mengurangi longsor	5.1. Bagian lahan pada lereng curam yang dulunya ditumbuhi oleh pohon-pohon berakar dalam, tetapi sudah 'dibuka' dalam 10 tahun terakhir sehingga daya pegang oleh akar menghilang. 5.2. Perbandingan total sedimen tahunan per satuan luas daerah asal (lihat 4.2a) berupa tebing dan dasar sungai, longsor pinggir jalan, longsor dari jalan, erosi pada lahan berkereng, dan sawah di lembah DAS. 5.3 Lebar efektif dari sabuk hijau (<i>riparian</i>) disepanjang sungai	Penduduk yang tinggal atau tergantung pada jalur aliran lumpur dan penduduk yang tergantung pada masa pakai penampung longsor	Alih guna lahan: citra satelit 10 tahun yang lalu dan sekarang Analisis lansekap terpadu Alih guna lahan: citra satelit	

Keterangan:

1. √ = model tersedia ;
2. *Surface quick flow* = aliran cepat permukaan = aliran permukaan selama dan beberapa saat sesudah kejadian hujan
3. *Soil quick flow* = aliran cepat air di dalam lapisan tanah sampai satu hari sesudah peristiwa hujan
4. *Slow flow* = aliran lambat = aliran air di dalam lapisan tanah setelah lebih dari satu hari kejadian hujan

Fungsi hidrologi dalam hubungannya dengan penutupan lahan oleh pohon-pohonan

Tutupan lahan oleh pohon (tutupan pohon) dengan segala bentuknya dapat mempengaruhi aliran air. Tutupan pohon tersebut dapat berupa hutan alami, atau regenerasi alami tanaman di hutan, pohon yang dibudidayakan, pohon sebagai tanaman pagar, atau pohon monokultur (misalnya hutan tanaman industri). Tutupan pohon mempengaruhi aliran air dalam berbagai tahap:

- *Intersepsi.* 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, *leaf area index*), 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.
- *Perlindungan agregat tanah.* 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 dapat 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 (m mengandung hara, terutama N tinggi) akan mudah melapuk sehingga fungsi penutupan permukaan tanah tidak bertahan lama.
- *Infiltrasi.* 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 antara kejadian hujan akan mempengaruhi jumlah air yang dapat disimpan di dalam tanah 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*). Pada hutan alami, perlintasan hewan biasanya meninggalkan jalan setapak yang merupakan pemicu pertama terbentuknya jalur aliran permukaan walaupun tingkatannya masih belum terlalu membahayakan. Jalan setapak yang merupakan lintasan kendaraan ringan dan 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 model simulasi 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 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' yang 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 makna 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 alur dan 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, seharusnya fungsi 'lindung' tersebut masih tetap ada. Sistem pembukaan lahan pertanian dengan cara tebang habis pada skala luas, akan menurunkan fungsi lindung. Pada transformasi hutan secara perlahan menjadi sistem agroforestri, tidak dilakukan penebangan hutan pada skala luas sehingga dalam proses regenerasinya fungsi hutan masih dapat dipertahankan.

Dalam konsep Indonesia, kata 'hutan' adalah lahan yang kepemilikan dan pengelolaannya diawasi langsung oleh pemerintah atau negara. Sedang 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' yaitu suatu sistem campuran pohon buah-buahan, pohon penghasil kayu dan rempah di Sumatra Barat; kebun buah-buahan pekarangan

(*mixed fruit tree homegardens*); dan sistem 'repong' damar merupakan sistem yang masih dapat memenuhi berbagai 'fungsi lindung' pada daerah perbukitan. Dengan demikian kebun tersebut pantas 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 provinsi dan kabupaten (setelah tahun 1998). Pada berbagai daerah, hubungan antara pemerintah lokal dengan petani sering tidak harmonis (terlepas dari lamanya petani tinggal pada suatu kawasan 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) dari suatu studi kasus di Sumberjaya mengungkapkan bahwa pengakuan terhadap 'kebun lindung', memberikan harapan besar dalam mengurangi konflik dan sekaligus menjanjikan perbaikan, baik bagi petani penggarap/pengguna lahan maupun bagi pengembalian fungsi hutan.

Diskusi dan kesimpulan

Aplikasi kriteria dan indikator fungsi DAS dilakukan pada lokasi 'Benchmark' di 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. Kumpulan kriteria dan indikator yang diusulkan dalam bab ini perlu dikaji ulang. Sejauh ini 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. Pengetahuan lokal tersebut serupa dengan apa yang sudah direpresentasikan di dalam model. Akan tetapi konsep evaporasi dan transpirasi belum jelas tergambarkan oleh pengetahuan lokal Sumberjaya (Joshi *et al.*, 2004).

Tantangan ke depan adalah bagaimana membangun dialog dengan pihak pemerintah (kehutanan) untuk membahas isu yang lebih luas dari isu penanaman pohon-pohonan kepada pembahasan aspek kriteria dan indikator fungsi hutan yang terukur secara kuantitatif. Sejauh ini isu tentang fungsi hutan dan status hutan, merupakan aspek politis yang sulit dijembatani. Untuk itu pemecahan masalah secara pragmatis yang dapat diterima berbagai pihak, sangat penting dikembangkan sebagaimana yang telah dicoba di Sumberjaya, Lampung. Kegagalan masa lalu kebanyakan disebabkan karena pemerintah kurang dapat menerima solusi yang diajukan petani, walaupun cara tersebut masih dapat memenuhi kriteria fungsi hutan.

Suatu tantangan yang menarik berkenaan dengan Hutan Kemasyarakatan (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 dan erosi dibandingkan dengan kriteria yang semata-mata hanya berdasarkan keberadaan pohon-pohonan (Fauzi *et al.*, buku ini). Pengamatan kualitas air oleh penduduk lokal merupakan cara lain yang dapat dilakukan dan cara ini telah sukses digunakan di Thailand bagian utara (Thomas *et al.*, 2003) dan di Filipina.

Dapat disimpulkan bahwa pengakuan terhadap 'kebun lindung' dapat mengurangi konflik yang sekarang terjadi antara masyarakat dengan pemerintah, asalkan fokus pengelolaan DAS dapat diarahkan kepada pengembalian fungsi hutan dengan menggunakan kriteria dan indikator yang terukur, bukan hanya berdasarkan persepsi tentang pentingnya tutupan lahan oleh vegetasi hutan. Dalam hal ini debat publik perlu dibangun untuk mendapatkan landasan yang lebih luas dalam rangka pengelolaan DAS yang berbasis dampak, bukan hanya berdasarkan target luas penanaman pohon-pohonan.