

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**

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

²Balai Penelitian Tanah, Departemen Pertanian, Bogor

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

⁴BAPPEDA 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⁻². 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⁻². 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

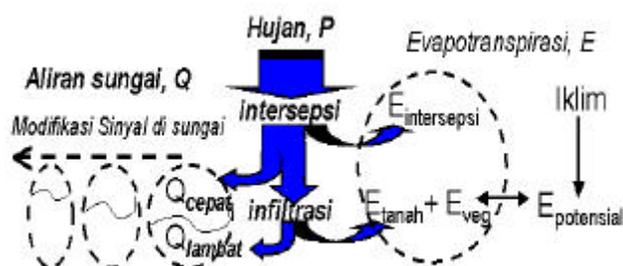
Tabel 1. Tujuh kriteria dari fungsi DAS yang berhubungan dengan karakteristik lokasi dan aliran sungai, relevansinya dengan multi pihak yang tinggal di daerah hilir serta beberapa indikatornya.

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"> ● Masyarakat yang tidak memiliki sistem purifikasi ● Petani dan nelayan 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ketersediaan air bersih sepanjang waktu ● Keberadaan jenis ikan tertentu ● Biodiversitas dan bioindikator (adanya bentos, nimfa bangsa Plekoptera dll)
D. Akar vegetasi alami sebagai jangkar tanah	5. Mengurangi longsor	<ul style="list-style-type: none"> ● Masyarakat yang tinggal di kaki bukit yang berpotensi tinggi terjadi (tertimpa) aliran lumpur, banjir dan tanah longsor ● PLTA, sehubungan dengan umur paruh waduk 	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.

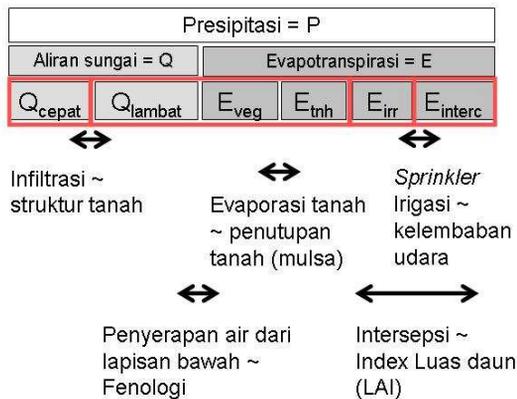
Melalui analisis hubungan perubahan tutupan lahan terhadap proses intersepsi kanopi, infiltrasi air ke dalam tanah, penyerapan air oleh tanaman, penyimpanan air di dalam tanah untuk sementara waktu (yang selanjutnya akan mengalami evapotranspirasi dan transpirasi oleh tanaman), maka kita dapat memahami 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 ¹
1. Transmisi Air	Total debit sungai per unit hujan (TWY)	P & Q harian	√
2. Penyangga pada puncak kejadian hujan	2.1. a. <i>Buffering indicator</i> (BI). Indikator penyangga 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 2.3. a. Total aliran air permukaan (<i>surface quick flow</i> ²) terhadap debit total b. Total aliran air tanah (<i>soil quick flow</i> ³) terhadap debit total	P dan Q harian P dan Q harian Pemisahan hidrograf	√ √ √ √ √ √
3. Pelepasan air secara bertahap	3.1. Total minimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan 3.2. Total aliran lambat (<i>slow flow</i> ⁴) total debit	P & Q harian Pemisahan hidrograf	√ √
4. Mempertahankan kualitas air	4.1 a. bebas bakteri pengganggu, bebas polutan (air minum) 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 : a. sedimen b. hara tanah (N, P) c. logam berat d. pestisida dan turunannya (derivat) 4.3 Perbedaan antara rata-rata suhu air dibandingkan suhu air di hutan sebagai acuan	Pemantauan (monitor) kualitas air (kimia dan biologi) Konsentrasi * volume aliran air Suhu air	
5. Mengurangi longsor	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 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 5.3 Lebar efektif dari sabuk hijau (<i>riparian</i>) disepanjang sungai	Alih guna lahan: citra satelit 10 tahun yang lalu dan sekarang Analisis lansekap terpadu 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.

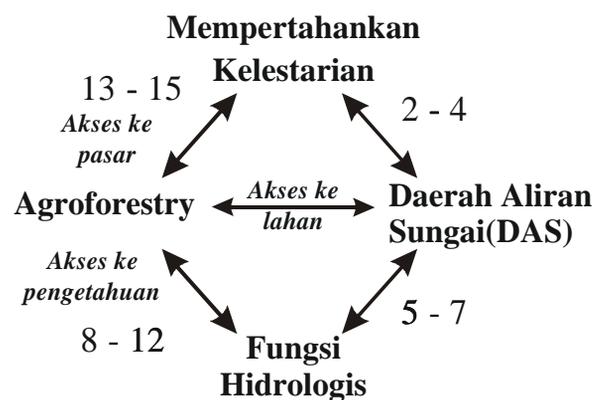
Tantangan kedepan untuk berdialog dengan pihak kehutanan adalah bagaimana mengurangi bias yang muncul pada usaha penanaman pohon *per se*, dan lebih difokuskan kepada aspek kriteria dan indikator fungsi hutan yang diukur secara kuantitatif. Sejauh ini isu tentang fungsi hutan dan status hutan, merupakan 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.

SISTEM PENDUKUNG NEGOSIASI MULTI TATARAN DALAM PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM SECARA TERPADU: DARI KONSEP HINGGA PRAKTEK

Gamal Pasya^{1,2}, Chip Fay¹, dan Meine van Noordwijk¹

¹World Agroforestry Centre - ICRAF SE Asia, PO Box 161, Bogor 16001

²BAPPEDA Propinsi Lampung, Jl. Walter Monginsidi 69 Bandar Lampung

ABSTRACT

Human conflict can be classified in several ways: according to the nature of participants/disputants and according to the issues. Participants/disputants/parties/ stakeholders may be individuals, communities, political groups, nation states, or blocks/alliances. The issues may be rights or privileges, control over resources, political power, or, in extreme cases, conflict arises from the nature of social systems. The means may range from persuasive arguments to physical threat.

Conflict over natural resources such land, water/watershed, and forest is ubiquitous. Forests are particularly prone to conflict, as the stakeholders of environmental and social functions are not those who benefit from the financial gains of conversion or management for economic gains. In many cases, these differences between stakeholder interests generate dysfunctional conflicts.

Conflict should be managed: from dysfunctional to functional; from destructive to constructive, and from anarchy to persuasive systems. In the context of natural resources conflict management, an integrated analysis is needed in order to offer a broad range of resource use alternatives, to provide benefits to conflicting parties in a manner that achieves resolutions.

This paper introduces an approach on how to manage conflict over natural resource. Conceptually, the approach is named Negotiation Support System (NSS). The NSS approach was tested and implemented since 2000 in the Sumberjaya watershed, Lampung Province. How the NSS approach could bring advantages to parties and it is implemented is elaborated in this paper.

Key words: negotiation support system, conflict, natural resources

ABSTRAK

Konflik manusia dapat diklasifikasikan dalam berbagai cara berdasarkan sifat pesengketa, berdasarkan isu, dan sebagainya. Pesengketa bisa perorangan, komunitas, kelompok politik, bangsa, atau blok/aliansi. Isu konflik dapat berupa hak akan sumberdaya alam, kekuasaan politik, atau pada kasus yang ekstrim adalah konflik sistem sosial pesengketa. Cara pesengketa berkonflik bervariasi dari sekedar berargumentasi hingga ke tindakan kekerasan.

Konflik atas sumberdaya alam terjadi dimana-mana, di daerah aliran sungai, hutan, dan lainnya. Khususnya hutan, fungsi lingkungan yang diharapkan darinya membawa pengguna kepada perbedaan akan kepentingan dan praktek pengelolaannya. Pada beberapa kasus, perbedaan tersebut melahirkan konflik yang disfungsional.

Konflik harus ditangani; dari disfungsional menjadi fungsional, dari penghancuran menjadi perbaikan, dan dari anarkis menjadi persuasif. Dalam konteks pengelolaan sumberdaya alam, analisis terpadu dibutuhkan untuk secara luas menyediakan alternatif-alternatif pemanfaatan sumberdaya yang dapat memberikan manfaat kepada para pesengketa, serta sebagai cara untuk mencapai resolusi konflik.

Tulisan ini bertujuan memperkenalkan suatu pendekatan dalam mengelola konflik pemanfaatan sumberdaya alam. Secara konsep, pendekatan ini dinamakan Sistem Pendukung Negosiasi (SPN). Pendekatan SPN telah diuji dan dilaksanakan sejak tahun 2000 di DAS Way Besay Sumberjaya, Propinsi Lampung. Bagaimana pendekatan SPN dapat memberi manfaat dan berpengaruh terhadap para pihak yang bersengketa akan dibahas di dalam tulisan ini.

Kata kunci: sistem pendukung negosiasi, konflik, sumberdaya alam

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Persoalan konservasi, lingkungan dan energi berdampak sangat besar tidak hanya terhadap hal-hal yang berkenaan dengan persoalan tersebut saja, tapi juga terhadap konflik regional yang melibatkan banyak pihak dalam suatu batas ekosistem. Seperti yang dinyatakan oleh Buckles (1999) bahwa konflik pengelolaan sumber daya alam (PSDA) dapat terjadi pada berbagai macam tingkatan, mulai dari tingkat rumah tangga, tingkat masyarakat, lokal, regional dan global. Selanjutnya, konflik juga dapat melintasi semua tingkatan melalui berbagai titik persinggungan. Konflik yang terjadi di tingkat lokal juga dapat meluas ke tingkat nasional dan global karena adanya keterkaitan hukum karena upaya pelaku setempat dapat mempengaruhi proses pembuat keputusan di tingkat yang lebih tinggi.

Paling tidak beberapa alasan mengapa pemanfaatan sumber daya alam rentan menimbulkan

konflik yaitu: (1) Sumber daya alam melekat di dalam suatu lingkungan atau ruang yang saling berhubungan dimana tindakan yang dilakukan oleh individu atau kelompok di suatu tempat dapat menimbulkan efek-efek *off-site* di tempat lain misalnya pada kasus pengelolaan daerah aliran sungai (DAS); (2) Sumber daya alam juga tersimpan di ruang publik sosial tempat terjalannya hubungan yang rumit dan tidak setara di antara banyak sekali pelaku sosial seperti – penghasil agro-export, para petani kecil, suku minoritas, lembaga pemerintahan, dll. Dalam dimensi politik, para pelaku yang mempunyai akses terbesar kepada pusat kekuasaan dapat mengendalikan dan mempengaruhi keputusan yang menyangkut sumber daya alam menurut kehendak mereka; (3) Sumber daya alam dapat berupa subyek suatu kelangkaan (*scarcity*) akibat dari perubahan lingkungan secara cepat, meningkatnya permintaan, dan distribusi yang tidak merata, dan (4) Sumber daya alam digunakan manusia secara simbolis; lahan, hutan-hutan dan jalan air bukan hanya sumber daya yang diperebutkan manusia, tapi juga merupakan bagian dari cara hidup (petani, pemilik peternakan, nelayan, penebang kayu), identitas suatu suku, perangkat gender dan usia. Dimensi-dimensi simbolik sumber daya alam tersebut membawa mereka ke pergulatan ideologi, sosial dan politik yang secara praktek amat signifikan berpengaruh terhadap PSDA dan proses penanganan konflik.

Konflik-konflik manusia dapat dibagi dalam beberapa macam yaitu: berdasarkan sifat pesengketa; berdasarkan permasalahan, jika ada; berdasarkan perangkat yang digunakan, dll (Rapaport, 1974). Pesengketa dapat berupa individu, kelompok kecil (keluarga, perusahaan, gang), kelompok besar (suku, ras, politik), negara atau blok/aliansi. Permasalahan dapat berkisar tentang hak-hak atau hak-hak hakiki, kontrol atas sumber daya, kekuatan politik, atau dalam kasus yang ekstrim, eksistensi pesengketa dalam suatu sistem. Cara yang digunakan bervariasi mulai dari argumen secara persuasif hingga penghancuran fisik. Konflik atas sumber daya alam seperti lahan, air, dan hutan terjadi dimana-mana. Khususnya konflik pengelolaan hutan, fungsi lingkungan yang diharapkan dari hutan (fungsi ekologis, sosial dan ekonomi) membawa pesengketa kepada perbedaan kepentingan dan perbedaan perlakuan terhadap sumber daya alam. Kecenderungan untuk melihat hutan sebagai satu-satunya sumber kayu telah membawa kepada deforestasi dan bahkan degradasi hutan.

Konversi hutan tropis yang demikian cepat telah menjurus kepada musnahnya keanekaragaman hayati, pelepasan karbon ke atmosfer, masalah gangguan asap kebakaran hutan, dan menurunnya fungsi DAS. Dampak lain dari konversi hutan adalah kemiskinan (yang berhubungan dengan penebangan kayu), pengembangan hutan tanaman, program transmigrasi

pemerintah, dan meningkatnya akses dan konstruksi jalan (Van Noordwijk, 2000). Ketidak-konsistenan kebijakan rencana penggunaan lahan yang terjadi saat ini telah menyebabkan banyak konflik dan dari waktu ke waktu menimbulkan deforestasi. Sejauh ini, jasa lingkungan yang diharapkan dari kawasan hutan tidak dapat dibangkitkan. Dalam banyak kasus, deforestasi dan degradasi hutan menyebabkan masalah finansial, politik dan dampak eksternalitas yang nyata (Price, 1982).

Pendekatan Sistem Pendukung Negosiasi (SPN); Membawa Sain dan Pengetahuan ke Meja Perundingan

Dalam menyelesaikan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, diperlukan suatu analisis terpadu tentang berbagai alternatif penggunaan lahan, menghitung manfaat lokal, nasional dan global yang diperlukan, dan juga menafsir sistem kelembagaan yang dapat mendukung atau yang menjadi penghambat pengembangan ke depan, seperti alternatif konversi hutan secara tebas-bakar terhadap praktek penggunaan lahan yang tidak berkelanjutan (Van Noordwijk, 2000). Proses tawar-menawar akan suatu fungsi hutan berpotensi menimbulkan konflik antar pihak berkepentingan. Pada kondisi demikian proses negosiasi dan kompromi menjadi penting walaupun akan ada kemungkinan untuk tidak menghasilkan kesepakatan. Dalam situasi seperti ini, manajemen konflik menjadi sangat penting untuk mempersempit jurang antara hasil yang diharapkan dengan dunia nyata.

Pengetahuan tentang pengelolaan konflik banyak memiliki prinsip dan cara pemecahan konflik alternatif (*Alternatives Dispute Resolution/ADR*) daripada sekedar proses hukum. Dalam konteks ADR, sangat dimengerti bahwa negosiasi bukanlah satu-satunya cara untuk membawa pihak-pihak yang berselisih ke perundingan dan memecahkan konflik mereka dengan sistem yang terpadu. Cara pendekatan lain yang juga dikenal dan sering digunakan oleh para praktisi dalam berbagai situasi konflik antara lain mediasi, fasilitasi, arbitrase (yang tidak) mengikat. Negosiasi adalah proses sukarela dari berbagai pihak untuk bertemu muka guna mencapai resolusi yang dapat diterima dan saling menguntungkan semua pihak yang terlibat konflik (Buckles, 1999). Negosiasi lebih mengarah kepada diskusi pemikiran yang merupakan pilihan strategis untuk menangani masalah (Isenhardt and Spangle, 2000).

Negosiasi mempunyai banyak tantangan untuk mengatasi masalah secara kolaboratif. Negosiasi

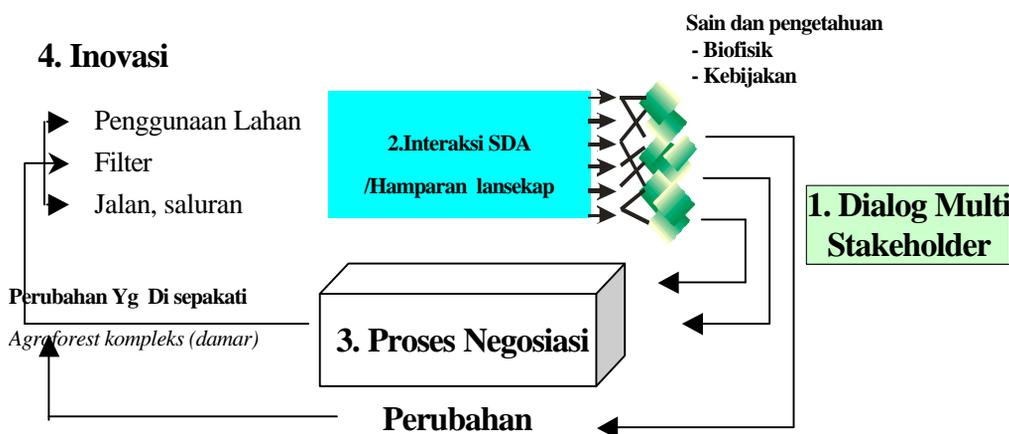
memunculkan perilaku integratif, mendorong konflik ke arah konstruktif, ke arah proses pemecahan masalah, dan menuju cita-cita, yang bertujuan untuk memaksimalkan kepentingan dari berbagai pihak sambil menjaga hubungan. Karenanya negosiasi adalah seni bagaimana membawa semua unsur yang terlibat dan menghubungkan mereka dalam satu sistem pengelolaan konflik yang terintegrasi. Semua unsur itu terdiri dari para pihak dengan semua kepentingan mereka yang berbeda, sumber daya alam yang tersedia, kebijakan dan pihak yang berwenang, dan tentu saja sejumlah masalah yang berkembang. Hal ini berarti negosiasi membutuhkan sebuah sistem pendekatan yang menangani interaksi antar unsur sumber daya alam, kolaborasi multi pihak, dan kemauan politik untuk mereformasi kebijakan.

Berkaitan dengan konflik pengelolaan sumber daya alam (PSDA) dan pilihan pendekatan yang ada dalam menangani konflik, International Center for Research in Agroforestry (ICRAF) mengembangkan yang disebut Sistem Pendukung Negosiasi (SPN) untuk PSDA terpadu. Secara konseptual, SPN dijabarkan sebagai proses negosiasi yang mendorong pengelolaan konflik PSDA suatu lansekap di dalam batas ekosistem tertentu, khususnya DAS; melalui rangkaian kegiatan dialog multi pihak yang didukung oleh ilmu pengetahuan (subsisten dan/atau modern) yang didapat dari hasil penelitian dan pengembangan secara partisipatif pada aspek-aspek bio-fisik, sosial-ekonomi dan kebijakan; guna memitigasi konflik destruktif antar-pihak dan secara bersamaan mempromosikan PSDA yang berkelanjutan. SPN adalah sebuah sistem pendekatan yang responsif terhadap kebutuhan para pihak untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam mengenai masalah-masalah PSDA yang mereka hadapi.

Dalam SPN, proses pendekatan negosiasi secara sistematis diarahkan kepada upaya-upaya pengembangan sistem insentif/disinsentif sosial-ekonomi-ekologis termasuk membangun komitmen untuk saling berkontribusi yang ditindak lanjuti ke dalam bentuk aksi kolaborasi pada setiap perubahan spontan dan/atau perubahan berkesepakatan agar tercapai cita-cita dan pemecahan bersama. Seperti yang digambarkan pada Gambar 1, terdapat empat tahap pelaksanaan agar SPN dapat memberikan resolusi konflik (Van Noordwijk, 2000), yaitu:

- 1) Mengidentifikasi pelaku/stakeholder serta mengerti tujuan dan indikator yang digunakan untuk memprediksi kondisi lansekap saat ini dan masa mendatang;
- 2) Membangun piranti untuk menghubungkan rencana penggunaan lahan terhadap indikator

SISTEM PENDUKUNG NEGOSIASI (SPN); Membawa sains dan pengetahuan ke perundingan



Gambar 1. Rancang alur proses SPN dalam PSDA secara terpadu: (1) indikator lansekap memberikan interpretasi yang berbeda kepada para pihak sehingga sering menimbulkan konflik, (3) yang perlu didialogkan melalui proses negosiasi yang mampu menghasilkan rencana perubahan secara spontan dan/atau bersepakatan, (4) Rencana perubahan berupa inovasi-inovasi teknis dan kelembagaan dalam tata guna lahan, prasarana fisik, pilihan agroforestri, dan lain-lain, (2) yang dapat menciptakan PSDA secara terpadu dalam suatu lansekap.

- fungsi DAS, keuntungan ekonomi, fungsi sosial, dll yang dapat diterima oleh para pihak;
- 3) Mendukung proses negosiasi dalam konteks butir 1 dan 2.
 - 4) Menyediakan pilihan-pilihan teknis dan institusional yang terbaik untuk membantu para pihak mencapai cita-cita/pemecahan bersama.

Hipotesa dan Penetapan Lokasi Pengujian dalam Konteks Pengembangan Opsi-opsi Agroforestri

Konversi hutan di beberapa bagian wilayah Asia Tenggara bukanlah masalah hitam-putih tentang berlangsungnya proses deforestasi yang mengakibatkan hilangnya fungsi hutan secara gradual seiring dengan berubahnya lansekap menjadi mosaik agroforestri (Van Noordwijk, 2000). Kebijakan dan sistem kelembagaan yang ada sebagian besar berdasarkan pada dikotomi antara penggunaan lahan untuk hutan versus pertanian sehingga dapat mengarah kepada konflik yang semestinya tidak perlu terjadi. Masalah tersebut amat berkaitan apabila seandainya 'fungsi perlindungan DAS' telah menjadi dasar dari suatu sistem pengaturan.

Hipotesa ICRAF adalah "pengembangan mosaik agroforestri yang dilakukan oleh petani pada dasarnya sama efektifnya dalam melindungi fungsi DAS sebagaimana fungsi perlindungan yang disediakan oleh suatu ekosistem hutan; Sehingga konflik yang terjadi saat ini antara pengelola hutan negara dan masyarakat lokal dapat diselesaikan serta menguntungkan bagi semua pihak". Penelitian untuk

menguji hipotesa sekaligus mempelajari 'alat' dan proses' negosiasi PSDA dilakukan di Indonesia, Thailand dan Filipina. Di Indonesia difokuskan di daerah Sumber Jaya yang wilayahnya berkarakteristik DAS (Way Besay) yang membentuk daerah tangkapan air (*catchment area*) di hulu Sungai Tulang Bawang.

Dalam mencapai output SPN dibutuhkan usaha terpadu dari berbagai sudut pandang. Jadi pendekatan multi-disiplin harus ditujukan ke dalam setiap tahap pelaksanaan SPN. Hal ini untuk menjamin terjadinya hubungan yang berarti antara kegiatan penelitian dan pengembangan melalui negosiasi untuk membangun pemahaman para pihak tentang cara-cara PSDA terpadu. Gambar 2 menayangkan suatu *hipotesa* bahwa setidaknya diperlukan enam bidang penelitian dan pengembangan secara multi-disiplin dalam melaksanakan SPN yaitu terdiri dari: (1) penelitian sosial-ekonomi, (2) pemahaman tentang lansekap, (3) pilihan-pilihan konservasi tanah dan agroforestri, (4) pemahaman tentang fungsi DAS, (5) proses SPN, dan (6) pemadu-serasian dan komunikasi.

PELAKSANAAN SPN

Rona Permasalahan: Kependudukan, Tenurial Lahan, dan Pengelolaan DAS di Propinsi Lampung

Secara geografis, Lampung merupakan propinsi yang strategis terletak di bagian Selatan Pulau Sumatra. Karesidenan Lampung merupakan bagian dari Propinsi Sumatra Selatan hingga tahun 1964. Berdasarkan Undang-undang No.3/1964 akhirnya Lampung menjadi propinsi pada 18 Maret 1964, terdiri dari lima



Gambar 2. Hubungan antara kegiatan penelitian dan pengembangan secara multi-disiplin dalam mendukung pelaksanaan SPN.

pemerintahan Dati II (empat kabupaten dan satu kotamadya).

Saat ini terdapat 10 pemerintahan lokal (delapan kabupaten, dua kota) dengan total luas sebesar 35,288.35 km². Pada tahun 1970an, Lampung dikenal sebagai daerah 'tak bertuan'. Hal ini menarik orang untuk bermigrasi khususnya dari pulau Jawa. Walaupun pemerintah propinsi telah menyatakan daerahnya tertutup sebagai tujuan transmigrasi pada tahun 1984, tingkat pertumbuhan penduduk tetap tergolong tinggi akibat adanya migrasi spontan. Pada tahun 2000, tingkat pertumbuhan penduduk mencapai 1 % per tahun dengan jumlah populasi 6.7 juta dan sekitar 47 % nya tergolong miskin karena alasan ekonomi (Kantor BKKBN Propinsi Lampung, 2001). Angka tersebut dua kali lipat dibandingkan dengan situasi sebelum krisis ekonomi melanda pada tahun 1997. Kebanyakan dari mereka tinggal di luar wilayah perkotaan dan daerah pedesaan. Masyarakat miskin pedesaan umumnya dicirikan oleh berpenghasilan rendah dan kekurangan input produksi pertanian termasuk lahan sebagai modal. Ketimpangan distribusi penguasaan lahan menjadi masalah yang umum terjadi di daerah pedesaan. Masalah tersebut lebih sering muncul utamanya di daerah dataran tinggi atau bagian hulu DAS, suatu tempat yang biasanya ditetapkan sebagai kawasan lindung.

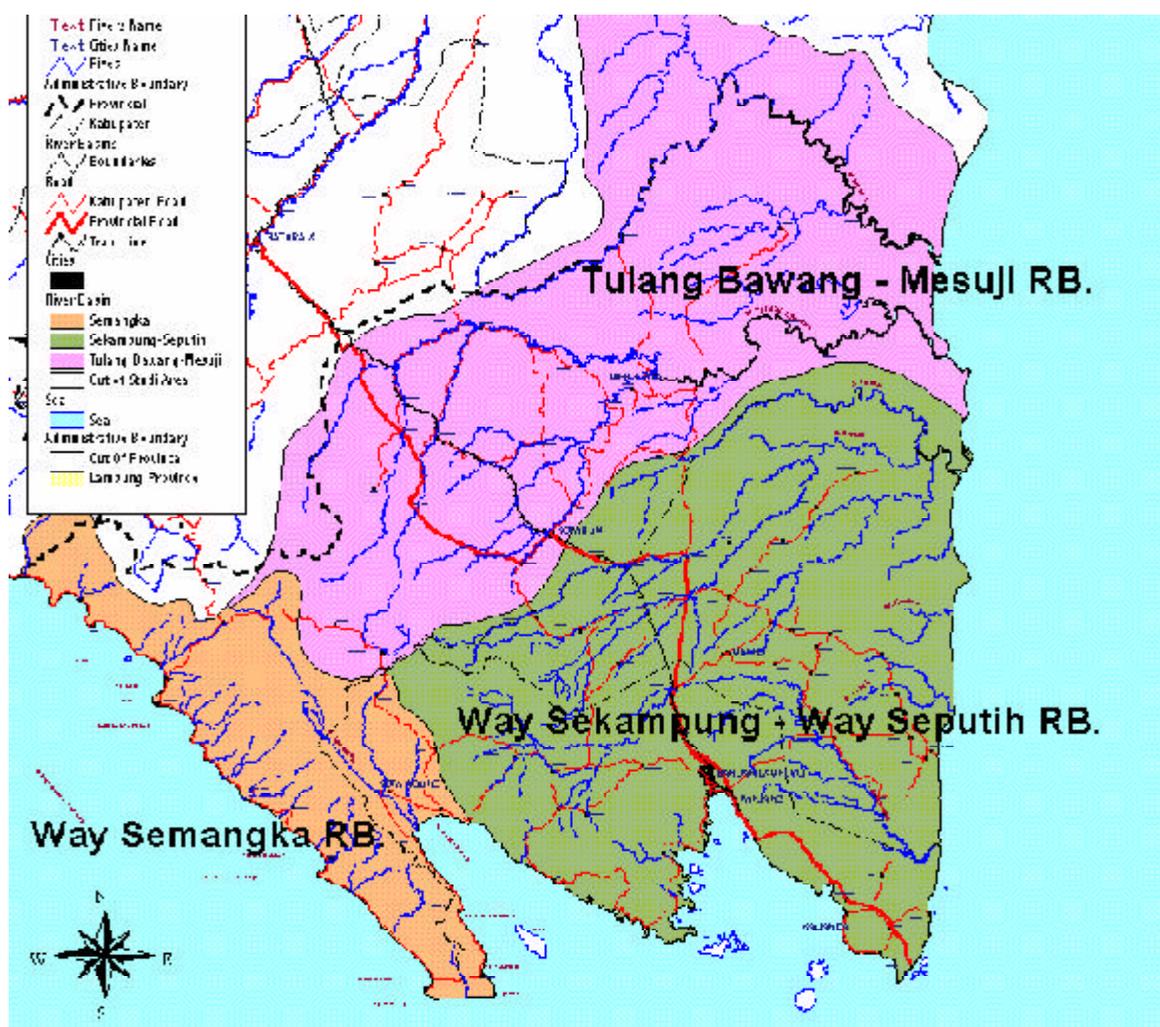
Lampung mempunyai tiga DAS utama (Gambar 3) yaitu: (1) Seputih – Sekampung, meliputi daerah seluas 670,227 ha dan mengalir enam kabupaten; (2) Tulang Bawang – Mesuji, meliputi daerah seluas 998,300 ha dan mengalir empat kabupaten dan; (3) Semangka, mengalir satu kabupaten. Sekitar 50 % penduduk di hulu DAS Sekampung merupakan penduduk pegunungan yang miskin, sementara di DAS Tulangbawang sekitar 32 %. Kemiskinan, ketimpangan distribusi penguasaan lahan, dan kurangnya aksesibilitas terhadap lahan menjadi penyebab tekanan

populasi dan migrasi ke dataran tinggi yang dilindungi termasuk hutan.

Hampir 30% dari luas wilayah Lampung dirancang sebagai kawasan hutan negara yang dibagi ke dalam lebih dari 40 kesatuan wilayah pengelolaan hutan (yang kemudian disebut Register). Pada tahun 2000, jumlah tutupan hutan yang masih tersisa di dalam kawasan Hutan Lindung (HL) sekitar 54.491,97 Ha (atau 17 % dari luas total daerah) sementara Hutan Produksi Terbatas (HPT) hanya 10,579.94 Ha (14 % dari luas total daerah). 'Bencana' merupakan kata yang tepat untuk menggambarkan kondisi deforestasi dan degradasi hutan di propinsi ini. Bencana tersebut tidak terlepas dari 'sejarah hitam' proses penunjukkan kawasan hutan di Lampung. Pada tahun 1990 Menteri Kehutanan menerbitkan Peta Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK) Lampung dan menetapkan sejumlah wilayah sebagai hutan negara. Selama proses penetapan TGHK partisipasi masyarakat tidak masuk dalam agenda dan akhirnya menimbulkan konflik *land tenure* di seluruh propinsi (Gambar 4). Pada tahun 2000 tercatat sekitar 46% demonstrasi dialamatkan kepada pemerintahan propinsi dan kabupaten/kota dan semuanya mengenai konflik sumber daya lahan dan hutan. Sepanjang tahun itu sekitar 224 kasus konflik hutan dan lahan secara resmi diajukan ke pemerintah (tidak termasuk konflik yang tidak tercatat), sekitar 52 kasus konflik ditangani sementara 172 kasus masih dalam sengketa yang tak berkesudahan.

Konflik-konflik yang terjadi di Lampung merupakan 'contoh yang bagus' untuk belajar dimana kebijakan *land tenure* tidak ditangani dengan baik dan menimbulkan biaya sosial yang tinggi. Sebaliknya, Lampung juga merupakan 'contoh yang bagus' untuk mempelajari perbaikan kebijakan *land tenure* dilaksanakan secara sistematis selama empat tahun terakhir. Momentumnya dimulai ketika pemerintah propinsi menyadari bahwa bagian besar dari kawasan hutan negara tersebut tidak dapat lagi memberikan fungsinya terutama kawasan Hutan Produksi dapat Dikonversi (HPK), walaupun kondisi buruk juga serupa terjadi di kawasan taman-taman nasional dan hutan lindung. Sejak tahun 1997 pemerintah telah memulai kebijakan 'tanah untuk rakyat' melalui pembentukan "Tim Penunjukkan Ulang TGHK Lampung". Tim tersebut bekerja langsung di bawah gubernur dan didukung oleh Kanwil Kehutanan (sekarang menjadi Dinas Kehutanan) dan Bappeda Propinsi Lampung. Aktivitas tim tampaknya 'di bawah permukaan' sehingga tidak banyak orang yang tahu. Prakarsa kebijakan kemudian dapat diketahui secara eksplisit setidaknya dalam tiga dokumen resmi¹

¹ Ketiga dokumen itu adalah: 1) Pidato politik Gubernur dihadapan Anggota DPRD yang baru, 1999; 2) Rencana Strategis Pembangunan Daerah Lampung, 2000-2005; dan 3) Pola Dasar Pembangunan Daerah Propinsi Lampung 2000-2005.



Gambar 3. Peta Daerah Aliran Sungai di Lampung.



Gambar 4. Demonstrasi rakyat menggugat sengketa status lahan di Lampung.

propinsi. Dokumen terakhir yang ke-4 yaitu Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan No.256/Kpts-II/2000 yang menyatakan persetujuan pemerintah pusat untuk melepaskan 145.125 hektar HPK untuk dikonversi menjadi lahan non hutan (pertanian, industri/komersial, dan pemukiman); namun pada daerah yang masih berupa hutan primer harus dipertahankan seperti kondisi sebelumnya.

Menanggapi keputusan tersebut, ICRAF dan Universitas Lampung melaksanakan studi kolaborasi tentang 'Proses Administrasi Pertanahan dan Tanggapan Sosial Masyarakat Setempat Terhadap Kebijakan Penunjukan Ulang Kawasan HPK; Studi kasus di Bangkunan, Kabupaten Lampung Barat' pada bulan April-Mei 2001. Tim ICRAF - UNILA memyajikan hasilnya kepada lembaga-lembaga yang relevan (khususnya Kehutanan dan Bappeda) untuk menjadi pertimbangan bagi kebijakan ke depan. Salah satu rekomendasi studi kepada pemerintahan adalah untuk segera melaksanakan registrasi lahan secara

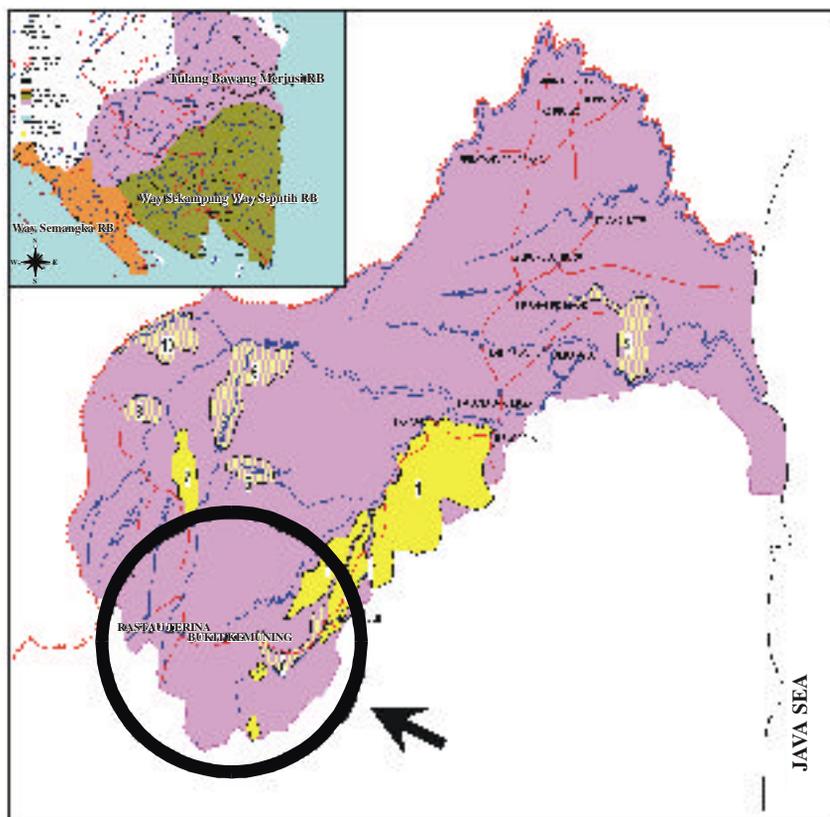
transparan. Beberapa bulan kemudian (Oktober 2001), pemerintahan propinsi mengeluarkan Perda No.6/2001 tentang Administrasi Pertanahan atas Ex. Kawasan HPK yang ditujukan untuk (1) memberi kepastian kepada rakyat melalui pengadministrasian konversi penggunaan lahan secara transparan, dan (2) sumber dana rehabilitasi hutan². Perda ini merupakan sebuah langkah maju dalam kebijakan *land tenure* yang diprakarsai oleh pemerintah propinsi walaupun proses formulasi dan sosialisasinya kepada masyarakat masih lemah. Hanya Kabupaten Lampung Timur yang mengkritik perda tersebut namun berkisar pada masalah bagi hasil penerimaan pajak konversi antara propinsi dengan kabupaten.

Fasilitasi dan Negosiasi dalam Pengelolaan Konflik di Sumberjaya

Sumberjaya³ terletak di bagian hulu DAS Tulangbawang dan terkenal dengan DAS Way Besay (*way* berarti sungai) (Gambar 5). Luas daerahnya sekitar 54,194 hektar. Pada tahun 2000 jumlah penduduknya sekitar 81,000 jiwa dan sekitar 32 % adalah penduduk miskin. Di Sumberjaya terdapat

empat kawasan hutan negara, yaitu: 1) Register 44B Way Tenong Kenali 13,040 hektar; 2) Register 45B Bukit Rigin 8,295 hektar; 3) Register 39 Kota Agung Utara 102,110 hektar, and; 4) Register 46 B Sekincau 28,900 hektar. Semua kawasan merupakan bagian dari ekosistem hulu DAS.

Saling percaya dibangun kembali melalui rangkaian hubungan individu, sosial dan lembaga. Saling percaya merupakan modal sosial dasar untuk dialog, negosiasi dan kerja kolaborasi. Pemerintah mempromosikan skim Hutan Kemasyarakatan (HKm). HKm digunakan sebagai titik masuk kebijakan untuk merekonstruksi saling percaya berdasarkan pemecahan konflik *land tenure* di Sumberjaya. Untuk itu Watala dan ICRAF memfasilitasi 11 petani Sumberjaya untuk mengadakan kunjung silang ke Gunung Betung guna mempelajari proses HKm. Para petani tersebut kemudian berbagi pengalaman dengan tetangga mereka. Sampai saat ini, terdapat 12 kelompok HKm (dengan sekitar 1035 petani yang menjadi anggota) difasilitasi oleh Watala dan ICRAF, tiga kelompok telah memiliki Ijin Awal yang berlaku selama lima tahun yang dikeluarkan oleh Bupati Lampung Barat dan menjadi kelompok-kelompok HKm



Gambar 5. Posisi penting dari Sumberjaya di bagian Hulu DAS Way Besay.

² Proses administrasi (sertifikasi) tanah ex. Kawasan HPK dikenakan biaya.

³ Pada tahun 2000 Kecamatan Sumberjaya melebar menjadi 2 kecamatan, Sumberjaya yang dulu dan Way Tenong.

pertama yang disahkan oleh Bupati di Indonesia berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan No.31/Kpts-II/2001 tentang HKm. Watala dan ICRAF juga memfasilitasi pertemuan rutin kelompok-kelompok HKm setiap tiga bulan sekali di Sumberjaya yang melibatkan Bupati, perwakilan Kehutanan, PLTA Way Besay, kelompok HKm, Koramil, polsek dan aparat desa/Kecamatan. Pada bulan Desember 2003 telah terbentuk Forum Dialog Pengelolaan DAS Way Besay yang fasilitasi proses pembentukannya dimulai sejak bulan Juni 2001. Di tingkat lapang ada pembagian peran antara Watala dan ICRAF. Watala lebih fokus pada fasilitasi formasi kelompok tani, pemetaan partisipatif dan dialog kebijakan untuk memproses ijin HKm; sementara ICRAF memfasilitasi *capacity building* para pihak, penelitian kebijakan, dialog kebijakan dan negosiasi pemerintah multi tataran. Pada bulan Agustus 2001 ICRAF mengirim dokumen kajian kebijakan tentang Perda No.7/2000 tentang Retribusi Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) kepada pemerintah kabupaten dengan hasilnya, Bupati Lampung Barat menunda penerapan perda tersebut di daerah Sumberjaya.

Dialog kebijakan didahului dengan diskusi terfokus pada kebijakan kehutanan di tingkat lapang dihadiri fasilitator lapang, petugas penyuluhan, dan para petani. Selama diskusi terfokus para pihak meninjau manfaat dan mudlarat berbagai produk kebijakan. Hasil diskusi kemudian dibawa ke lembaga-lembaga yang relevan di setiap tataran pemerintah untuk menghasilkan pemecahan konflik PSDA. Di Way Tenong, LSM lokal lainnya bernama YACILI bekerja pada kegiatan yang serupa dengan apa yang dikerjakan oleh ICRAF dan Watala. Mereka memfokuskan pada proses fasilitasi yang mengarah pada ijin HKm. Kolaborasi dan pertukaran informasi diantara ketiga institusi dan petani berjalan secara dinamis. Dalam pelaksanaan SPN, ICRAF juga melakukan fasilitasi teknis pengembangan benih, pembibitan, dan litbang biofisik berkolaborasi dengan Universitas Brawijaya, Universitas Lampung dan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslitanak) Bogor dengan menggunakan sumber dana yang lainnya. Bentuk tindakan kolaboratif yaitu penelitian dan pelatihan kepada petani secara partisipatif.

Fasilitasi dan Negosiasi dalam Pengelolaan Konflik di Tataran Kabupaten

Tidak semua konflik lokal dapat diselesaikan karena beberapa otoritas dan kewenangan berada di tataran pemerintah yang lebih tinggi. Fakta, hasil temuan, dan masalah lokal yang tidak terselesaikan perlu diangkat ke tataran kabupaten dan/atau tataran propinsi dengan harapan tataran tersebut dapat mendukung tercapainya penyelesaian melalui perbaikan dan reformasi kebijakan. Kebutuhan tersebut muncul dari hasil

diskusi multi pihak pada September 2000. Untuk menindaklanjuti kebutuhan tersebut, ICRAF dan mitra (WWF (*World Wild Foundation*) Lampung, WCS (*Wildlife Conservation Society*) Lampung, Watala, YASPAP (Yayasan Pemangku Adat Pesisir), PMPRD (Persatuan Masyarakat Petani Repong Damar), unit teknis kabupaten, unit teknis propinsi, kelompok tani, dan belakangan LATIN (Lembaga Alam Tropika Indonesia) mengadakan seri diskusi informal dengan hasil terbentuknya “Tim Kajian Kebijakan – Tata Ruang dan Tata Guna Lahan di Lampung Barat” disingkat menjadi Tim TKK-TRTGL. Tim tersebut terbentuk atas Keputusan Bupati Lampung Barat No. B/37/KPTS/02/2001. Dalam tim, Kantor Badan Pertanahan Nasional (BPN) Kabupaten, Kehutanan, Bappeda, dan beberapa unit teknis kabupaten terlibat. Sejak pembentukannya, tim ini telah menghasilkan sebelas kali pertemuan rutin tiga bulanan. Beberapa kerja kolaboratif seperti antara lain:

- Dengan mengacu kepada Tap MPR No.IX/2001 tentang Reforma Agraria dan PSDA, tim memberi masukan pada perbaikan *Raperda Penyelenggaraan Kehidupan Adat Lampung Barat*.
- Tim mengidentifikasi dan merangkum 12 masalah *land tenure* di kawasan hutan negara di Lampung Barat yang penyelesaiannya perlu diprioritaskan. Identifikasi tersebut merupakan bagian dari studi singkat *land tenure* di Lampung Barat dan digunakan oleh Bupati sebagai informasi dasar untuk bernegosiasi ke Badan Planologi Departemen Kehutanan pada bulan Juni 2001.
- Mengacu kepada kebutuhan masyarakat, Tim TRTGL mengusulkan kepada pemerintah untuk membentuk tim multi pihak untuk menyusun naskah rancangan peraturan daerah (Raperda) Pengelolaan Sumberdaya Hutan Berbasis Masyarakat (PSDHBM). Tim penaskah dibentuk pada bulan Mei 2002. Secara kolaboratif tim menyusun Naskah Akademik raperda. Pada awal tahun 2003 substansi PSDHBM berubah menjadi Raperda Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Berbasis Masyarakat (PSDALBM). Perubahan ini dimaksudkan agar pengelolaan hutan merupakan bagian tidak terlepas dari PSDA dan lingkungan. Naskah akademik pun berubah menjadi naskah akademik PSDALBM yang kemudian dilanjutkan dengan penyusunan naskah hukum. Proses penyusunan raperda dilakukan melalui mekanisme konsultasi publik secara series di empat wilayah Kabupaten Lampung Barat. Saat ini naskah hukum sudah selesai dan siap untuk dikirim ke DPRD Kabupaten.
- Pada awal tahun 2002 Kabupaten Lampung Barat menyelesaikan revisi Rencana Tata Ruang

Wilayah Kabupaten (RTRWK). Tim TRTGL mengupas secara kritis isinya. Perhatian dipusatkan pada *land tenure* dan masalah PSDHBM dengan mengambil sintesa dan pelajaran dari Krui dan Sumberjaya. Tim mengirimkan kertas kajian untuk naskah revisi RTRWK Lampung Barat sebagai bahan pertimbangan lebih lanjut.

- Pada akhir bulan Mei 2003 Dinas Kehutanan Kabupaten dan ICRAF memfasilitasi Lokakarya Penyusunan Kriteria dan Indikator untuk Evaluasi dan Monitoring HKm secara partisipatif. Di Indonesia lokakarya ini merupakan lokakarya pertama yang mengetengahkan topik kriteria dan indikator yang materinya disusun oleh kelompok tani HKm. Materi teknis yang dipergunakan untuk menyusun kriteria dan indikator tersebut berasal dari sintesa hasil kegiatan litbang antara ICRAF dengan mitra (terutama petani, Dinas Kehutanan dan SDA Lampung Barat, Universitas Brawijaya, Universitas Lampung, Puslitanak – Bogor, Watala, Capable, dan LATIN). Pada bulan Desember 2003 naskah hukum kriteria dan indikator evaluasi HKm diselesaikan dan diratifikasi oleh Bupati pada Februari 2004.

Fasilitasi dan Negosiasi dalam Pengelolaan Konflik di Tataran Propinsi

Sumber kegagalan kebijakan kehutanan di Indonesia antara lainnya yaitu: 1) sentralisasi, dan 2) sektoralisasi. Pengelolaan hutan kebanyakan diterapkan secara sektoral terpisah dari pembangunan sektor lainnya seperti irigasi, pengelolaan DAS dan energi berbasis air. Secara operasional pemerintah dan sektor swasta kurang memperhatikan pengelolaan hutan secara holistik dalam satu ikatan ekosistem, walaupun ada kebijakan yang menganjurkan untuk itu. Kawasan hutan negara cenderung dikelola berdasarkan statusnya bukan berdasarkan fungsinya. Keadaan serupa juga terjadi di Lampung. Melalui diskusi informal ICRAF dan mitra berupaya meyakinkan unit teknis propinsi (terutama Bappeda dan Dinas Kehutanan Propinsi) untuk mempromosikan pengelolaan hutan sebagai bagian dari PSDA seperti halnya PSDHBM sebagai bagian dari PSDALBM di Lampung Barat. Bidang-bidang lainnya juga harus dipadukan ke dalam suatu sistem pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Setelah mencapai persepsi yang sama semua pihak setuju untuk mengembangkan kerja kolaboratif PSDA dan Lingkungan melalui Naskah Kesepahaman (MoU) No.055/1338/IV.01/2001 yang ditandatangani oleh Gubernur Lampung, Universitas Lampung, Watala, WWF, WCS, ICRAF dan LATIN. MoU tersebut ditindaklanjuti dengan pembentukan Kelompok Kerja Sukarela-Pengelolaan Sumber Daya Alam dan

Lingkungan (KKR-PSDAL) Lampung yang melibatkan dua kantor taman nasional, beberapa unit teknis propinsi, Konsorsium Konservasi Hutan Lampung (K2HL) dan dua Kabupaten Lampung Barat dan Lampung Timur. Salah satu agenda penting KKR-PSDAL yaitu memberi kontribusi dalam proses penyusunan Raperda Propinsi tentang Irigasi. ICRAF mempromosikan konsep jasa lingkungan dan mekanisme insentif/disinsentif hulu-hilir agar dapat diadopsi untuk PSDA terpadu dalam satu ikatan ekosistem khususnya DAS dimana berlangsungnya interaksi antar-unsur ekosistem termasuk hutan. Kajian pertama terhadap naskah hukum raperda dilakukan oleh ICRAF dan LATIN di Bogor dan digunakan sebagai masukan untuk kajian kedua di Bandar Lampung yang difasilitasi oleh KKR-PSDAL Lampung. Hasil kajian tercantum di Pasal 8 naskah final Raperda Irigasi sebagai berikut:

- 1) Pengelolaan irigasi harus dilaksanakan sebagai bagian dari pengelolaan DAS; dan harus mempertimbangkan serta menstimulasi upaya-upaya pengelolaan ekosistem hutan di hulu secara lestari melalui mekanisme insentif/disinsentif hulu-hilir, dan
- 2) Untuk mendukung butir satu di atas, segera setelah raperda disyahkan, akan diikuti dengan merancang instrumen ekonomi lingkungan yang sesuai dengan konteks dan kebutuhan setempat.

MEMADUKAN SPN KE DALAM BINGKAI DESENTRALISASI

SPN dalam Konteks Desentralisasi dan Otonomi Daerah

Seringkali pertanyaan “Ke meja yang manakah kita akan membawa sains dan pengetahuan untuk bernegosiasi? Dengan siapakah kita akan bernegosiasi? Dan apakah kita memerlukan forum negosiasi multipihak untuk membantu pihak yang lemah?” timbul setiap kali ketika kita berpikir bagaimana mensukseskan konsep SPN dalam konteks desentralisasi dan otonomi daerah. Pertanyaan-pertanyaan tersebut diajukan ketika penanganan konflik berkaitan dengan kenyataan bahwa dalam sudut pandang penyelenggaraan sistem pemerintahan, kewenangan PSDA tersebar di berbagai tataran pemerintahan dan di dalam berbagai unit teknis pemerintah.

Salah satu debat yang paling penting dan berulang dalam perkembangan negara-negara di dunia adalah tentang besarnya kendali yang dimiliki oleh pemerintah pusat atas perencanaan dan administrasi PSDA. Perencanaan dan administrasi yang tersentralisasi dianggap perlu untuk memandu dan mengontrol PSDA demi kesatuan negara. Tetapi dalam kebanyakan kasus,

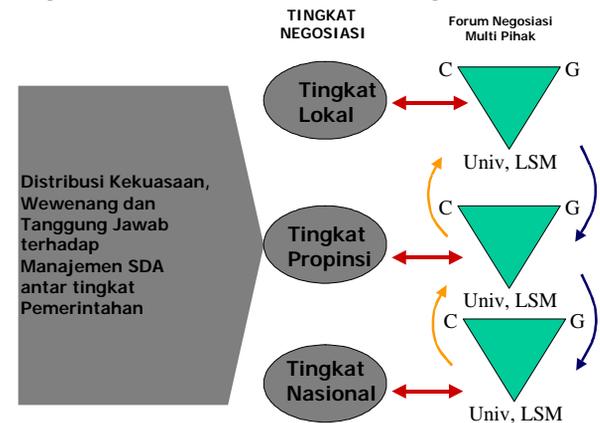
sentralisasi dikenal luas tidak dapat mencapai semua cita-cita tersebut (Cheema and Rondinelli, 1983). Bahkan ketika laju pertumbuhan ekonomi tinggi, hanya sekelompok kecil masyarakat saja yang biasanya diuntungkan dari peningkatan produksi sumber daya alam nasional. Perbedaan pendapatan antara si kaya dan si miskin dan antar-wilayah terjadi di banyak negara. Kualitas hidup kelompok termiskin menurun sehingga jumlah penduduk yang hidup di 'bawah garis kemiskinan' meningkat. Banyak pengambil keputusan, politisi, dan praktisioner mulai mempertanyakan efektifitas sentralisasi. Karenanya, banyak pihak berminat terhadap desentralisasi beranjak dari kenyataan bahwa selama kendali PSDA tersentralisasi, pengurangan kemiskinan tidak juga terwujud.

Desentralisasi adalah transfer kewenangan pengambilan keputusan dan tanggung jawab kepada tataran pemerintahan yang lebih rendah (Smith, 1985). Dalam definisi yang sama, desentralisasi merupakan pendelegasian Kekuasaan, Wewenang dan Tanggung jawab (KWT) secara sistematis dan rasional dari pemerintahan pusat ke tataran institusi lebih rendah (Meinzen-Dick *et al.*, 2000). Karena sumber daya alam merupakan salah satu sumber daya pembangunan, unsur-unsur desentralisasi ini juga melekat di dalam aspek PSDA.

Dalam bingkai desentralisasi yang paling dikehendaki, bagian terbesar dari porsi KWT atas PSDA berpindah ke tataran pemerintah dan komunitas setempat. Tetapi dalam praktiknya tidaklah demikian. Di balik istilah desentralisasi sering terungkap masih banyak kekayaan sumber daya alam yang tetap dikontrol oleh pemerintah pusat. Atas nama desentralisasi, ternyata banyak tataran pemerintah dan/atau komunitas setempat tetap dimarginalisasi dengan sedikitnya akses terhadap sumberdaya alam. Konsep SPN bukanlah ditujukan untuk mereformasi bingkai desentralisasi PSDA yang 'kurang terhormat' tersebut. Tetapi lebih ditujukan untuk mengidentifikasi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman (SWOT) dari bingkai desentralisasi yang ada di suatu negara dimana konsep ini akan diperkenalkan oleh ICRAF dan mitranya. Jadi seiring KWT atas PSDA tersebar di berbagai tataran pemerintah, negosiasi secara multi tataran selayaknya dilaksanakan di setiap tataran pemerintah seperti yang terlihat dalam Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa setiap tataran pemerintah mempunyai fungsinya sendiri, hal tersebut membuat pelaksanaan SPN hadir di tataran lokasi/setempat, propinsi dan nasional (tergantung bentuk struktur pemerintahan suatu negara mengingat beda negara beda pula struktur pemerintahannya, misalnya negara serikat, republik, monarki, dan sebagainya). Pendekatan multi tataran ditawarkan berdasarkan kebutuhan bagaimana melaksanakan SPN secara sistematis berdasarkan struktur organisasi

Negosiasi NSS Multi Tataran dalam kerangka Desentralisasi



Gambar 6. Negosiasi multi tataran dalam implementasi konsep SPN dalam bingkai desentralisasi.

pemerintahan. Secara sederhana, jika pengelolaan konflik dapat diisolasi di tingkat lokasi/setempat maka pengalokasian sumber daya untuk memecahkan konflik dialokasikan cukup ke tingkat tersebut.

Bagaimanapun mengingat beberapa KWT tersebar ke tataran pemerintah yang lebih tinggi (atau menengah), usaha-usaha pemecahan harus diangkat ke tataran tersebut dengan harapan hasilnya dapat mendukung penyelesaian konflik di tataran di bawahnya. Dengan melihat alur pada Gambar 6 secara garis besar, negosiasi multi tataran dapat disederhanakan bertujuan untuk:

- 1) Memadukan pendekatan SPN ke dalam bingkai proses desentralisasi dan otonomi daerah, khususnya berkaitan dengan distribusi kewenangan PSDA di berbagai tataran pemerintah.
- 2) Melokalisasi upaya-upaya negosiasi untuk menangkap konteks lokal.
- 3) Memperpendek rantai negosiasi untuk menyampaikan manfaat pengelolaan konflik secara langsung kepada para pihak yang terlibat dalam konflik, dan
- 4) Mengurangi biaya negosiasi.

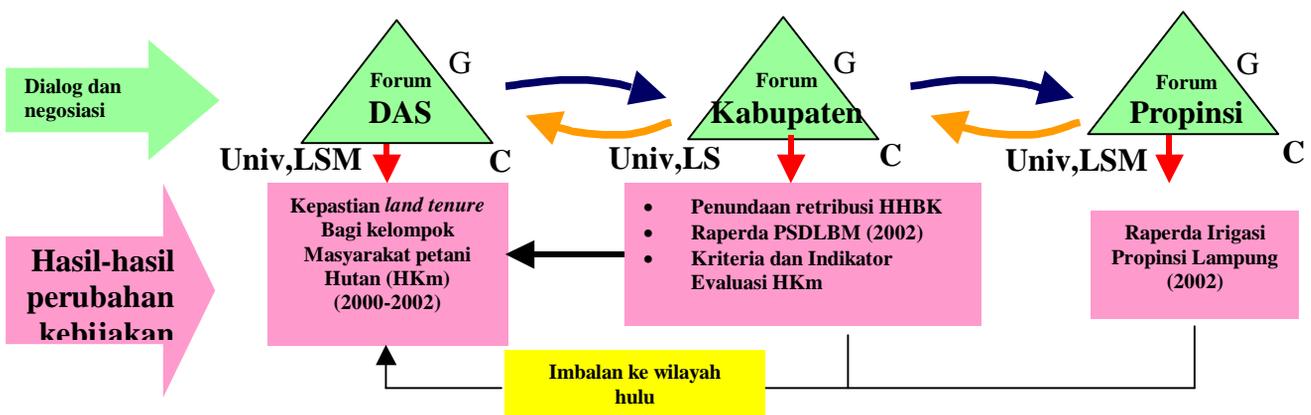
Satu hal yang membuat pengelolaan konflik (*conflict management*) berbeda dengan jenis penanganan konflik lainnya seperti pemecahan konflik (*conflict resolution*), penyelesaian konflik (*conflict settlement*), pencegahan konflik (*conflict prevention*), dan transformasi konflik (*conflict transformation*), yaitu pengelolaan konflik lebih memfokuskan pada bagaimana mengontrol akar konflik menjadi konstruktif (Fisher *et al.*, 2000). Hal itu berarti bahwa konflik dibiarkan tetap hidup karena ia tidak dapat dihindari selama terjadi interaksi antar-masyarakat dan antara masyarakat dengan sumber daya alam (biotik

dan antibiotik). Karena konflik dapat dijabarkan sebagai perjuangan atas nilai dan tuntutan dari para pihak terhadap kelangkaan status, kekuatan dan sumber daya alam; sementara tujuan pihak lawan adalah untuk melemahkan atau menyingkirkan lawan (Cosser *in* Isenhart and Spangle, 2000); maka manusia harus menjadi pokok 'sentral' dalam lingkungan konflik. Hal tersebut berimplikasi bahwa keterwakilan para pihak dan menyeimbangkan kekuatan selama negosiasi menjadi hal yang sangat penting dalam pengelolaan konflik. Pada situasi tersebut, mempunyai forum negosiasi multi pihak yang terdiri dari semua pihak yang berselisih dan pihak-pihak yang independen menjadi sangat penting. Gambar 6 menunjukkan segitiga institusional inovatif sebagai refleksi forum negosiasi di semua tataran. Di setiap tataran terdapat unsur pemerintah (G), masyarakat (C), dan pihak-pihak independen yang diperlukan (Universitas, LSM, lembaga penelitian, dll). Hal ini masuk akal sebab unsur pertama dari suksesnya negosiasi adalah dengan meletakkan manusia (pihak-pihak) di pusat perhatian dalam pengelolaan konflik.

Menyeimbangkan kekuatan juga sangat penting khususnya ketika konflik mencerminkan perseteruan antara pihak yang sangat kuat (*powerful*) dengan pihak yang lemah (*powerless*). Dalam kebanyakan kasus biasanya pihak yang berkuasa adalah pemerintah yang mendominasi kendali PSDA, sedangkan pihak yang lemah adalah masyarakat luas dengan akses yang kecil terhadap sumber daya dan kekuasaan. Usaha yang paling banyak dilakukan untuk menyeimbangkan kekuatan adalah melalui penyediaan pendidikan kepada pihak yang lemah dalam pengertian yang luas. Memfasilitasi kelompok miskin untuk mendapat pemahaman yang lebih baik dalam PSDA melalui lokakarya, pelatihan, penelitian dan pengembangan partisipatif dapat menjadikan mereka mampu membawa sains dan pengetahuan ke meja perundingan dengan posisi tawar yang relatif lebih baik.

Keterkaitan Kegiatan SPN Antar-tataran Pemerintah Dalam Konteks Pelaksanaan Otonomi Daerah Di Lampung: Pelajaran yang bisa dipetik

Seperti yang telah disinggung sebelumnya, pelaksanaan SPN harus dimasukkan ke dalam struktur tataran sistem pemerintahan mengingat kekuasaan, wewenang dan tanggung jawab (KWT) dalam PSDA tersebar di sepanjang struktur tersebut. Atas pertimbangan tersebut dialog dan negosiasi multi pihak secara multi tataran diadakan di lokasi Sumberjaya, tataran Kabupaten Lampung Barat dan tataran Propinsi Lampung. Pada beberapa kasus negosiasi diangkat ke tingkat nasional terutama melalui *National Land Tenure Working Group* (Kelompok Kerja Land Tenure Nasional) yang difasilitasi oleh Badan Planologi Departemen Kehutanan serta Kelompok Kerja HKm Nasional yang difasilitasi oleh Ditjen RLPS Departemen Kehutanan. Upaya-upaya pengembangan kepastian *land tenure* di lokasi, advokasi penyusunan kebijakan (Raperda) PSDALBM dan penyusunan Kriteria dan Indikator Evaluasi HKm di tataran Kabupaten Lampung Barat, dan advokasi penyusunan kebijakan (Raperda) Irigasi di tataran Propinsi Lampung, saling berhubungan satu sama lain sehingga membawa pengelolaan hutan ke dalam sistem PSDA secara holistik di dalam suatu ekosistem DAS. Jasa lingkungan yang disediakan oleh kelompok miskin di hulu- yang kebanyakan dari mereka adalah anggota kelompok HKm di Sumberjaya diperhitungkan untuk menerima imbalan (*rewards*) dari pengguna jasa di wilayah hilir dan/atau dari pemerintah setempat. Akses ke lahan melalui kepastian *land tenure* secara semi-permanen seperti dalam skim HKm harus dinaungi oleh Perda Kabupaten tentang PSDALBM. Secara sistematis hubungan advokasi kebijakan lintas tataran tersebut dapat disajikan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Negosiasi kebijakan PSDA secara multi tataran: Pembelajaran dari Lampung. (Keterangan: G = pemerintah, C = masyarakat)

KESIMPULAN

Sejak dimulainya pelaksanaan pendekatan SPN untuk PSDA secara terpadu pada tahun 2000, banyak sekali manfaat yang diperoleh di samping tantangan yang masih harus dihadapi. Kesuksesan terpenting yang dapat dipetik dari proses belajar SPN secara multi tataran di Lampung setidaknya adalah (1) kegiatan negosiasi yang dipromosikan mampu menciptakan ruang politik untuk berdialog menyelesaikan konflik kepentingan dalam PSDA yang melibatkan para pihak di berbagai tataran, (2) kegiatan peningkatan kapasitas (*capacity building*) kelembagaan dan teknis kepada pihak masyarakat yang lemah (*powerless*) mampu meningkatkan posisi tawar (*bargaining power*) mereka dalam bernegosiasi, dan (3) negosiasi kondusif yang dilandaskan kepada kepentingan bersama (*common interest*) dan bukan berdasarkan kepada pendekatan kekuasaan (yang kuat versus yang lemah) dapat menghasilkan perubahan dan perbaikan kebijakan PSDA setempat bagi kepentingan semua pihak yang bersengketa.

Tantangan yang dihadapi dalam melaksanakan SPN adalah kenyataan bahwa interaksi antar-manusia dan antara manusia dengan sumberdaya alam berlangsung terus dimana ada kegiatan manusia. Dalam dinamika interaksi tersebut, akan selalu terjadi perbedaan-perbedaan norma, nilai, kepentingan, dan struktural. Kasus Lampung menunjukkan bahwa perbedaan nilai, kepentingan, dan struktural mendominasi bentuk-bentuk konflik PSDA yang terjadi. Konflik tersebut sendiri acapkali meletup ke permukaan namun pada saat-saat tertentu menjadi konflik di bawah permukaan bahkan konflik latin. Pada kondisi demikian, mendinamisir *platform-platform* (seperti forum) yang ada untuk para pihak tetap berdialog dan bernegosiasi merupakan pekerjaan penting dari setiap individu atau lembaga yang aktif di dalam kerangka kegiatan SPN. Perlunya kehadiran pelaku dinamisator, mediator, dan fasilitator penyelesaian konflik di setiap saat adalah kebutuhan lain yang masih belum terjawabkan oleh pendekatan SPN. SPN yang dilakukan oleh ICRAF dan mitra tentunya memiliki tenggang waktu yang suatu saat nanti lembaga-lembaga tersebut tidak lagi berada di arena konflik. Oleh karenanya, satu tugas penting yang harus dilakukan oleh para pihak adalah tetap menjaga rasa saling percaya (*mutual trust*), apabila rasa tersebut terbangun, maka mereka yang bersengketa tidak akan memerlukan pihak ketiga untuk memediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Buckles, D. 1999. *Cultivating Peace: Conflict and Collaboration in Natural Resources Management*. International Development Research Center (IDRC) in collaboration with The World Bank Institute. Ottawa. Canada
- Cheema, G.S. dan D.A. Rondinelli. 1983. *Decentralization and Development; Policy Implementation in Developing Countries*. Sage Publications. London.
- Fisher, S.; Ludin, J.; Williams, S.; Abdi, D.I.; Smith, R. dan S. Williams. 2000. *Working with Conflict: Skill and Strategies for Action*. Zed Books Ltd. London.
- Isenhardt, M.W. dan M. Spangle. 2000. *Collaborative Approaches To Resolving Conflict*. Sage Publications, Inc. London.
- Kantor BKKBN Propinsi Lampung, 2001. *Data Keluarga Sejahtera dan Pra-Sejahtera Propinsi Lampung Tahun 2000*. Bandar Lampung.
- Meinzen-Dick, R. dan A. Knox. 2000. *Collective Action, property right and devolution of natural resource management Dalam: Gregorio, M. (ed.). Exchange of knowledge and implications for policy*. Feldafing, Germany: ZEL, Food and Agriculture Development Center.
- Van Noordwijk, M. 2000. *Forest conversion and watershed functions in the humid tropics*. Proceedings IC-SEA/NIAES workshop Bogor 2000. ICRAF-South East Asia Program. Bogor.
- Price, K. E. 1982. *Regional Conflict and National Policy*. Resources for the Future, Inc. Johns Hopkins University Press. London.
- Rapaport, A. 1974. *Conflict in Man-made Environment*. Penguin Books Ltd. Harmondsworth. England.
- Van Noordwijk, M.; Tomich, T. dan B. Verbist. 2001. *Negotiation support models for integrated natural resource management in tropical forest margins*. *Conservation Ecology* 5(2). URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art21>
- Van Noordwijk, M.; Subekti, R.; Hairiah, K.; Wulan, Y.C.; Farida, A. dan B. Verbist. 2002. *Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumberjaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change analysis*. *Science in China, C* (45): 75-86.
- Verbist, B.; Van Noordwijk, M.; Tameling, A.C.; Schmitz, K.C.L. dan S.B.L. Ranieri. 2002. *A negotiation support tool for assessment of land use change impacts on erosion in a previously forested watershed in Lampung, Sumatra, Indonesia*. *Integrated Assessment and Decision Support*, Lugano, International Environmental Modelling and Software Society,
- Verbist, B.; Widayati, A. dan M. Van Noordwijk. 2003. *The link between land and water prediction of sediment point sources in a previous forested watershed in Lampung, Sumatra - Indonesia*. D. Post (Ed.) - MODSIM proceedings, Townsville (Australia) July 2003.

PERSPEKTIF SEJARAH STATUS KAWASAN HUTAN, KONFLIK DAN NEGOSIASI DI SUMBERJAYA, LAMPUNG BARAT –PROPINSI LAMPUNG

Bruno Verbist¹ dan Gamal Pasya^{1, 2}

1) World Agroforestry Centre - ICRAF SE Asia, PO Box 161, Bogor 16001

2) BAPPEDA Propinsi Lampung, Jl. Wolter Monginsidi No. 69, Teluk Betung, Bandar Lampung

ABSTRACT

This paper explores how some of the current conflicts regarding (forest) land status in the province of Lampung originated and evolved over time. The dramatic increase of the population is important to note. On the other hand there has been (and still is) a lot of confusion and contradiction regarding the legal aspects of forest land and private or community land status. A historical perspective shows that deforestation is not a clear-cut story of illegals encroaching State Forest Land.

This study presents how conflicts were generated, simmered, exploded and are in some cases solved. We focus on the forest categories of convertible production forest, conservation forest (with the National Parks) and the protection forest. In the case of the National Park the classified area actually increased dramatically over the years since the thirties. Some so-called encroachers do have quite strong claims to parts of now classified State Forest Land. In the Sumberjaya conflicts about protection forest were particularly violent, but on the other hand recent negotiations can be seen as pioneer for the whole province and probably more areas in Indonesia. These negotiations among stakeholders benefit from both the process and the results of biophysical and policy research.

Key words: land status, conflict, negotiation, state forestland

ABSTRAK

Propinsi Lampung merupakan wilayah yang sarat dengan konflik status penggunaan lahan yang berkaitan dengan pengelolaan kawasan hutan. Pertumbuhan penduduk yang pesat dan kontradiksi kebijakan tata guna lahan yang masih membingungkan menjadi aspek penting dalam kajian ini.

Tulisan ini berisi kajian tentang hal-hal yang berkaitan dengan konflik yang terjadi di dalam kawasan Hutan Produksi dapat Dikonversi (HPK), Hutan Konservasi, dan Hutan Lindung. Lokasi kajian yang dipilih adalah daerah Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat dimana konflik pernah menjurus kepada peristiwa kekerasan yang telah menimbulkan kerugian sosial, ekonomi, dan lingkungan. Konflik yang terjadi sudah demikian rumit. Oleh karena itu, kajian perspektif sejarah tentang perubahan status dan penggunaan lahan juga dilengkapi dengan kegiatan monitoring secara akurat terhadap apa yang terjadi selama beberapa dekade terakhir.

Pada bagian akhir tulisan, kajian juga memberi porsi sintesa terhadap upaya-upaya negosiasi yang telah dilakukan oleh para pihak dalam memecahkan konflik. Apalagi, negosiasi yang sedang dilakukan dapat dikatakan sebagai salah satu aktivitas pioner upaya pemecahan konflik yang pernah dilakukan di Indonesia.

Kata kunci: status lahan, konflik, negosiasi, kawasan hutan negara.

PENDAHULUAN

Sumberjaya³- terletak di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Besay dan merupakan daerah hulu DAS Tulangbawang di Kabupaten Lampung Barat. Luas wilayah Sumberjaya (termasuk DAS di dalamnya) adalah 54,194 ha. Pada tahun 2000, jumlah penduduk Sumberjaya tercatat sekitar 81,000 jiwa dan kurang lebih 1/3-nya tergolong sebagai keluarga pra-sejahtera (BKKBN Propinsi Lampung, 2001). Deforestasi yang marak terjadi dan diikuti dengan konversi lahan menjadi sistem tanam kopi terbuka (*clean weeded*) secara monokultur (sering disebut sistem Semendo⁴) oleh pemerintah, khususnya Departemen Kehutanan, dari aspek lingkungan dipandang tidak berkelanjutan (*unsustainable*) dan dianggap sebagai faktor utama menurunnya ketersediaan air di hilir sungai dan hilangnya fungsi perlindungan DAS (Verbist et al., 2004). Hal tersebut telah menimbulkan konflik yang menyalut aksi kekerasan pada tahun 1991 sampai 1996.

Dalam rangka memperoleh pemahaman yang mendalam tentang perubahan fungsi lahan tersebut dan mengingat rumitnya permasalahan yang dihadapi, perlu dilakukan kajian perspektif sejarah tentang perubahan penggunaan lahan didukung dengan kegiatan monitoring secara akurat selama beberapa dekade terakhir. Sehubungan dengan hal tersebut, kajian di dalam makalah ini akan difokuskan pada aspek-aspek status tanah, konflik status lahan dan hubungannya dengan pertumbuhan penduduk yang ditujukan untuk memperoleh solusi-solusi yang mungkin bisa ditempuh dalam mengelola DAS secara partisipatif.

³ Pada tahun 2000, Kecamatan Sumberjaya dibagi menjadi dua kecamatan baru, yaitu Sumberjaya dan Way Tenong.

⁴ Semendo adalah sekelompok suku tertua yang saat ini tinggal di Sumberjaya

POPULASI DAN MIGRASI

Selama berabad-abad, Propinsi Lampung menjadi gerbang bagi pergerakan penduduk Jawa- Sumatra. Di awal abad ke-20, program transmigrasi yang pertama disusun oleh Pemerintah Belanda dengan memindahkan penduduk dari Pulau Jawa yang padat (38 juta jiwa pada tahun 1930) ke Lampung (dengan populasi 300,000 jiwa pada tahun yang sama). Pemerintah Indonesia melanjutkan program tersebut sampai tahun 1980-an. Pada tahun 1986, Pemerintah Propinsi Lampung mengumumkan bahwa wilayahnya sudah tidak dapat lagi menampung para transmigran dan untuk pertama kalinya Lampung mengirim 66 kepala keluarga sebagai transmigran ke Propinsi Jambi. Namun, tertutupnya Propinsi Lampung sebagai wilayah transmigrasi, tidak menjadi halangan bagi masuknya pendatang karena letak wilayahnya yang dekat dengan Pulau Jawa. Sejauh ini, letak geografi Propinsi Lampung menjadikan propinsi tersebut sebagai pintu masuk utama Pulau Sumatra bagian Selatan. Selama 50 tahun terakhir, wilayah Lampung seluas 33,000 km² telah mengalami perubahan pemanfaatan lahan akibat pembangunan. Sementara itu, jumlah penduduk mengalami peningkatan lebih dari 10 kali lipat, yaitu dari 376,000 jiwa di tahun 1930 (Benoit, 1989) menjadi lebih dari 6,7 juta jiwa di tahun 2001 (BPS Propinsi Lampung, 2001). Ditambah lagi pada dekade terakhir, terjadi migrasi spontan secara besar-besaran dari Jawa ke Propinsi Lampung, dan kebanyakan dari mereka menetap di daerah berbukit serta lereng gunung yang tanahnya cocok untuk pertanaman kopi. Saat ini, sebagian besar lahan yang ditempati tersebut secara resmi masuk dalam klasifikasi Hutan Lindung ataupun Taman Nasional. Gambar 1 menunjukkan bagaimana para transmigran dari Jawa masuk ke Lampung melalui Teluk Betung dan menetap di jantung wilayah Lampung. Gambar tersebut juga menunjukkan bagaimana suku Semendo dan Ogan masuk dari Propinsi Sumatra Selatan dan bermigrasi ke selatan.

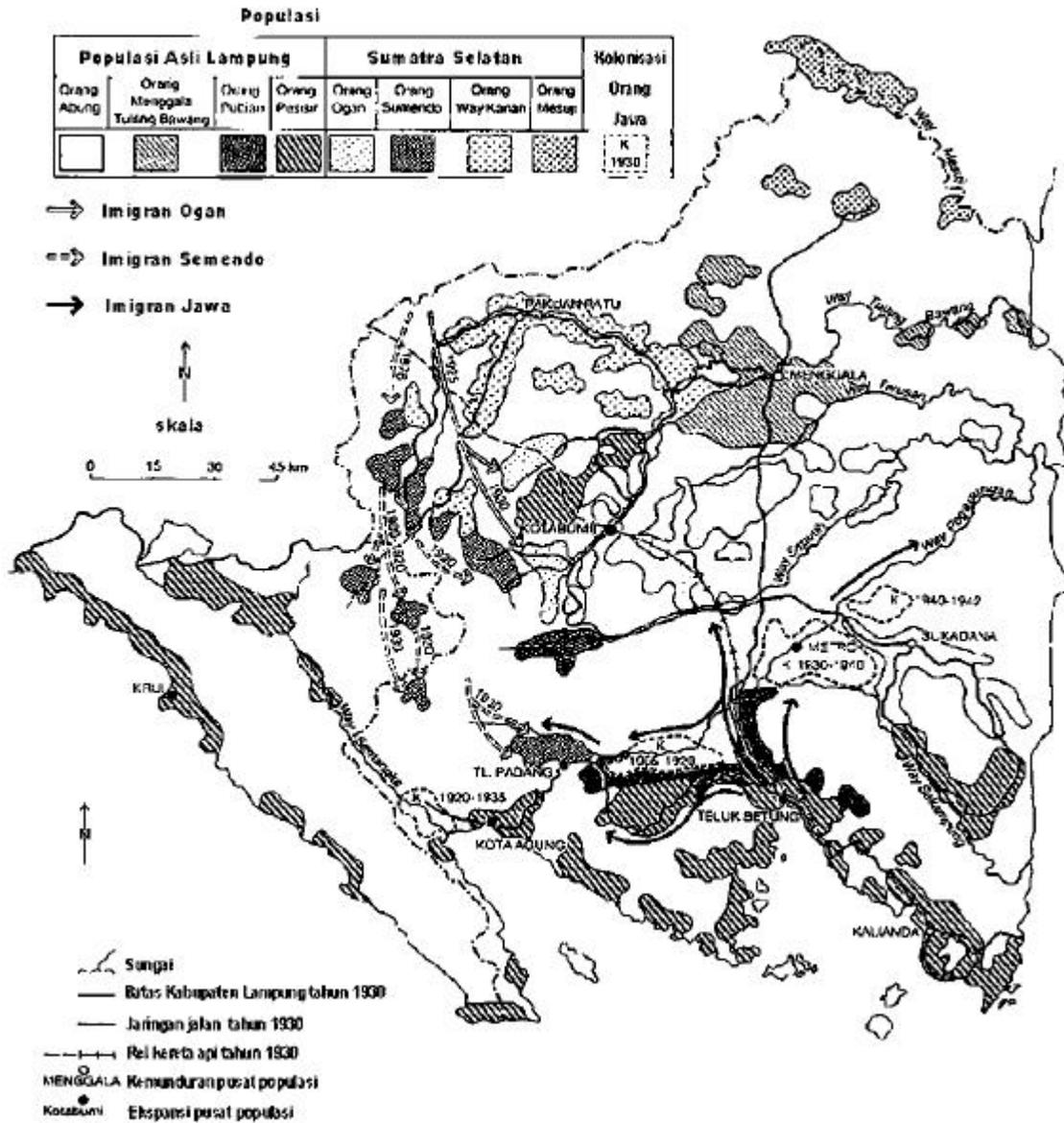
Menurut Benoit (1989), Suku Semendo mulai bermigrasi ke Selatan pada tahun 1876. Mereka menerapkan teknik pertanian keduk (*expeditive farming techniques*) serta memahami keuntungan-keuntungan yang dapat mereka peroleh dari kombinasi antara lahan tidur, tanah vulkanik yang subur yang tertutup oleh hutan primer, dan kehadiran suku Jawa secara besar-besaran. Setiap tahun, mereka membuka lahan untuk dijadikan perladangan kopi setelah sebelumnya satu atau dua tahun melakukan budidaya secara tebang dan bakar. Mereka melakukan sendiri pembukaan lahan, pengadaan bibit dan penanaman kopi, serta menanam pohon pelindung (lamtoro,

Leucaena glauca atau dadap, *Erythrina lithosperma*). Tetapi untuk pembersihan gulma (*weeding*) dan pemeliharaan, mereka mempekerjakan buruh sewa (biasanya membayar buruh perempuan suku Jawa).

Pada 100 tahun yang lalu, hampir seluruh wilayah Sumberjaya merupakan hutan belantara. Yang pertama kali menempati wilayah tersebut adalah Suku Semendo dari Utara. Menurut hukum adat, suku pertama yang menempati wilayah tersebut ditetapkan sebagai pemilik tanah (Gambar 1). Sukaraja adalah desa pertama yang berdiri pada tahun 1891 tempat dimana ditemukannya komunitas marga Way Tenong yang terpisah (Huitema, 1935). Sejak tahun 1951, Biro Rekonstruksi Nasional (BRN), suatu program transmigrasi dibawah koordinasi Angkatan Darat, menstimulasi perkampungan bekas tentara (terutama orang Sunda) dari perang kemerdekaan (Kusworo, 2000). Pada tahun 1952, mantan Presiden Indonesia, Soekarno, datang untuk meresmikan wilayah tersebut sebagai wilayah perkampungan baru yang hingga saat ini dikenal dengan nama Kecamatan Sumberjaya (Gambar 2) (Fay dan Pasya, 2001).

Perkembangan terakhir, program transmigrasi pemerintah tidak terlalu berorientasi pada wilayah Sumberjaya, tetapi tetap saja migrasi spontan berdatangan dari Pulau Jawa dan Bali, serta merupakan transmigran generasi kedua dan ketiga (Charras dan Pain 1993). Pendatang spontan yang umumnya memiliki sifat kewirausahaan lebih tinggi daripada para transmigran tahun 1950-an, tertarik pada kesuburan tanahnya. Hingga saat itu, masih banyak dasar lembah yang cukup luas untuk digunakan. Hal tersebut dapat dilihat pada foto udara pada tahun 1976. Pendatang-pendatang suku Jawa dan Sunda memanfaatkan kondisi lansekap yang tidak diminati oleh Suku Semendo tersebut untuk budidaya kopi, dan mengubahnya menjadi pertanian sawah beririgasi.

Cepatnya laju deforestasi menjadi kebun kopi setelah tahun 1976, memicu keributan di Departemen Kehutanan. Persepsi umum para aparat kehutanan adalah bahwa penduduk setempat tidak dapat mengelola hutan secara berkelanjutan, sehingga area menjadi lebih cepat terdegradasi dan akan berdampak negatif pada fungsi perlindungan DAS. Oleh karena itu, suatu tindakan cepat untuk menghentikan evolusi deforestasi tersebut harus dijalankan. Pemerintah kemudian mempublikasikan peta wilayah Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK) pada tahun 1990 (Gambar 3 dan 4a) diikuti oleh pelaksanaan tata-batasnya yang ternyata kemudian memicu banyak konfrontasi antara penduduk lokal dengan aparat pemerintah (Kusworo, 2000).



Gambar 1. Penduduk migrasi di Lampung mulai tahun 1905 sampai 1945 (Sumber: Sevin, O. Peta sejarah desa-desa di Lampung – Jakarta 1987 (tidak dipublikasikan) dalam Benoit, 1989). Kotak hitam menunjukkan area Sumberjaya.

STATUS LAHAN DAN KONFLIK

Saat Belanda mengeluarkan kampanye perdamaian pada pertengahan abad 19, sistem Marga telah di-*illegal*-kan dan dikooptasi serta diganti dengan sistem "kepala daerah"; yang juga diterapkan di Pulau Jawa. Klaim tanah suku Lampung yang diakui hanya sejauh 6 km dari desa dan 3 km dari pemukiman sementara, sedangkan tanah di luar rentang tersebut ditetapkan sebagai tanah negara yang secara efektif mengurangi kekuasaan sistem Marga. Setelah sistem tersebut gagal (setelah 12 tahun), sistem Marga diberlakukan kembali oleh pemerintah kolonial (walaupun dengan beberapa

perubahan). Pada tahun 1928, pemerintahan Belanda mengabulkan status komunitas penduduk asli (*inlandsche gemeente*) sebagai Marga Lampung, serta menyusun kembali batas teritorial untuk tiap marga. Pemerintah Belanda sangat tertarik pada penggunaan struktur dan institusi tradisional untuk alasan lain, yaitu pengumpulan pajak. Departemen Kehutanan Belanda (*Boschwezen*) bekerja sama dengan golongan elite suku Lampung untuk mendapatkan pajak dari orang yang membuka lahan.

Pada tahun 1933, pelayanan perluasan pertanian Kolonial menyatakan: "Sebagaimana Lampung tidak lagi memiliki hutan yang berlimpah, menciptakan manfaat ekonomi dari lahan yang tersedia tanpa harus menghambat pengembangan budidaya kopi lokal



Gambar 2. Mantan Presiden, Soekarno datang untuk membuka Sumberjaya sebagai perkampungan baru pada tanggal 14 November 1952.

sangatlah penting”. Hal tersebut tidak hanya merekomendasikan upaya peremajaan kebun kopi yang sudah ada dengan pemangkasan, tetapi juga menarik kembali keberadaan peraturan marga yang menganjurkan menanam kopi dengan tanaman naungan.

Pada akhir Perang Dunia II, Pemerintahan Indonesia yang baru merdeka meniadakan sistem marga dan melakukan nasionalisasi seluruh tanah marga yang dianggap tidak definitif tanpa dibudidayakan. Hal, yang sering membingungkan adalah dualisme sistem penguasaan dan kepemilikan tanah terutama tentang keberadaan tanah adat terhadap tanah ‘negara’⁵ yang berlangsung hingga tahun 1960. Masyarakat marga diperbolehkan memiliki hak ulayat (*usufruct right*) atas tanah, tetapi tanah tersebut tidak selalu terdaftar/didaftar secara resmi oleh pemerintah. Sementara itu, pemerintah kolonial memberlakukan sistem registrasi dan kepemilikan tanah untuk tempat tinggal dan perkebunan.

Hukum Dasar Agraria tahun 1960 (UU/5/1960) mengakhiri dualisme tersebut dan memberikan kekuasaan penuh kepada pemerintahan Indonesia untuk menentukan dan mengatur hak-hak atas tanah, transfer (pindah-tanganan status) tanah, serta menggunakan dan mencadangkan tanah bagi kepentingan nasional. Bidang tanah yang tidak lagi dimanfaatkan oleh komunitas adat dianggap sebagai tanah negara (dikenal dengan istilah tanah negara

bebas) dan penguasaannya beralih dari marga ke negara. Ini berarti, penduduk marga di Lampung kehilangan sebagian besar hak tanahnya yang pernah disusun oleh Pemerintah Belanda. Walaupun sejak saat itu hingga sekarang terdapat Hukum Dasar Agraria Tahun 1960, pelaksanaan peraturan yang masih lemah dan tidak tersedianya alternatif pengaturan terhadap dampak yang muncul, mengakibatkan ketidakpastian sistem pertanahan secara operasional di tingkat lapang. Sebagai contoh, ketiadaan penegakan peraturan di tingkat pelaksanaan tersebut berakibat menjamurnya pembukaan lahan dan pemukiman spontan (Elmhirst, 1997).

Antara tahun 1960-2000, banyak kawasan hutan yang dikonversi tidak hanya oleh pendatang spontan, tetapi juga oleh perkebunan milik swasta dan pemerintah dalam skala yang besar. Hal tersebut sering menyulut terjadinya konflik. Bahkan sejak era reformasi, konflik penggunaan dan status lahan makin sering muncul ke permukaan. Di satu sisi sektor swasta dapat memiliki hak-hak pemanfaatan lahan (misalnya Hak Guna Lahan, Hak Pengusahaan Lahan, Hak Guna Bangunan, dan lain-lain) dan merupakan aspek positif dari Hukum Agraria, di sisi lain, beberapa komunitas lokal mendukung Hukum Adat (misalnya *Hak Ulayat*, *Hak Marga*, dan *Hak Kekeberatan*). Permasalahannya, acapkali persinggungan kepentingan antara kedua pihak tersebut menjadi wilayah konflik yang paling sering terjadi. Tabel 1 menunjukkan jumlah kasus konflik pertanahan di Propinsi Lampung yang terjadi selama tahun 1999-2000 (TIM KKR-PSDAL Propinsi Lampung, 2003).

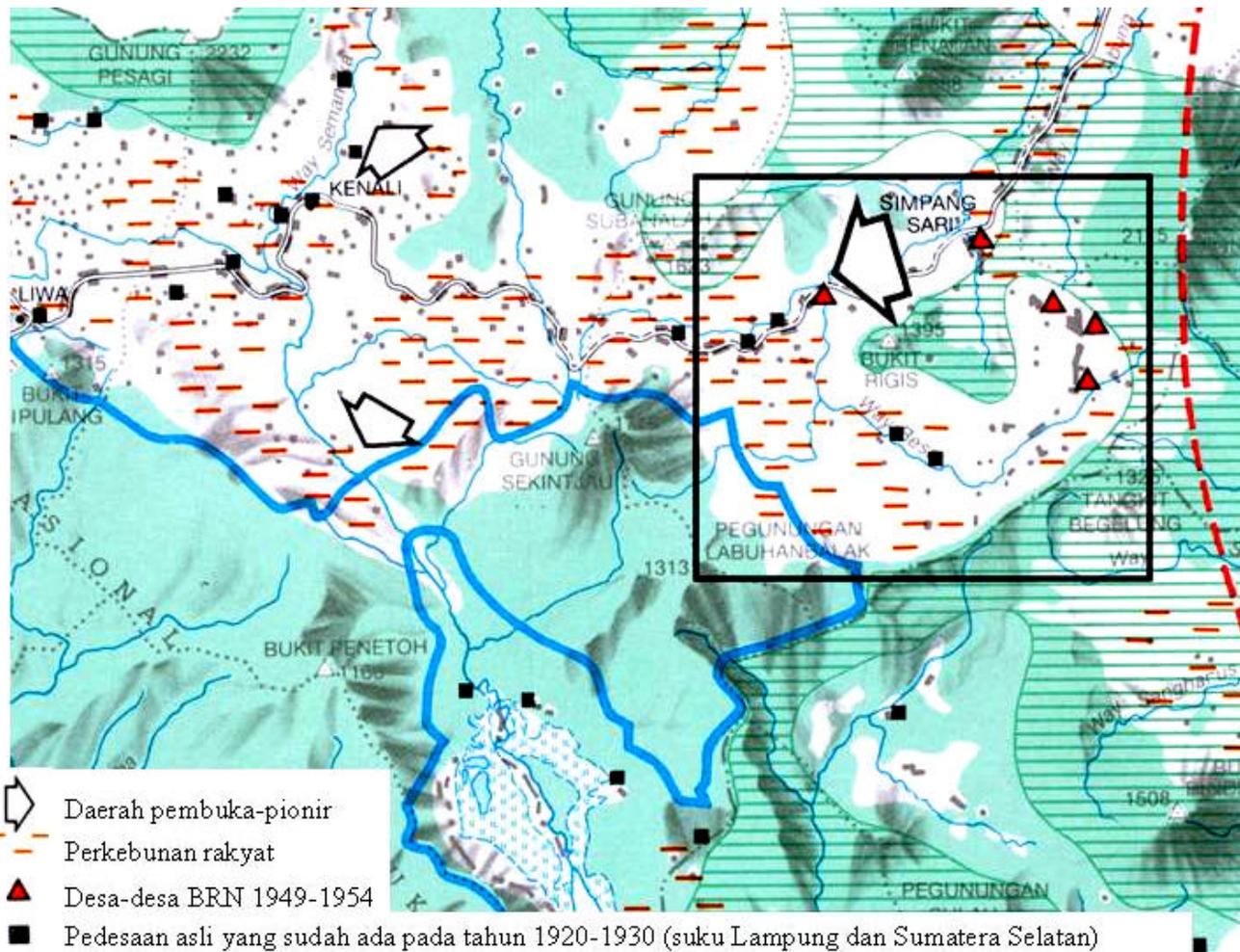
Berdasarkan Dinas Kehutanan Propinsi, 42% dari kasus konflik tanah tersebut terjadi pada lahan hutan negara dan tanah marga. (Sebagai informasi penting lainnya, Tabel 2 dan Gambar 4b memberi gambaran tentang status hutan di Lampung saat ini. Pada paragraf selanjutnya, akan didiskusikan lebih detail tentang kawasan hutan produksi dapat dikonversi, hutan lindung dan hutan konservasi.)

Hutan Produksi dapat Dikonversi (HPK)

Pada tahun 2000, Menteri Kehutanan mengeluarkan Surat Keputusan No. 256/Kpts-II/2000 untuk penunjukan ulang (redeliniasi) kawasan HPK seluas 153,459 ha (Tabel 2) sebagaimana terdapat di dalam TGHK. Sekitar 8,333 ha (5%) darinya dijadikan kawasan Hutan Konservasi (sebagai sabuk hijau (*green belt*) daerah pesisir, rawa-rawa untuk habitat liar, muara, zona gajah liar) dan kawasan Hutan Lindung, sementara sisanya 145,125 ha (95%) yang secara *de facto* telah diduduki oleh manusia ditunjuk ulang sebagai wilayah perkampungan dan lahan pertanian.

Proses penunjukan ulang kawasan HPK, diikuti oleh distribusi dan administrasi pertanahan bagi

⁵ Pengertian negara disini adalah negara yang seringkali ditafsirkan secara sempit identik dengan penguasa/pemerintah.



Gambar 3. Perkampungan lama Suku Semendo pada tahun 1920-1930 dan desa-desa gelombang kedua dari penduduk Sunda dan Jawa sejak tahun 1949 (Benoit, 1989). Kotak hitam menunjukkan area Sumberjaya.

sebanyak 127,236 orang yang tersebar pada 6 kabupaten, yaitu: Lampung Utara, Lampung Timur, Lampung Tengah, Tanggamus, Way Kanan, dan Lampung Barat.

Di bawah Perda No. 6/2001⁶, administrasi pertanahan dilaksanakan melalui proses adjudikasi dan sertifikasi. Sebenarnya, Perda tersebut merupakan bagian dari rangkaian panjang suatu proses negosiasi perbaikan kebijakan pertanahan di Lampung. Inisiatif reformasi pertanahan tersebut termuat di dalam kebijakan Pemda Propinsi Lampung tentang 'Tanah untuk Rakyat'. Paling tidak kebijakan tersebut tertuang di dalam 3 dokumen resmi: (1) Pidato politik Gubernur yang disampaikan di depan Anggota DPRD yang baru,

Tabel 1. Kasus-kasus konflik tanah di Lampung tahun 1999-2002.

Tahun	Jumlah Kasus Konflik Pertanahan (Yang tercatat)	Kasus konflik yang terselesaikan	
		Jumlah	Persen
1999	260	71	27
2000	260	201	39
2001	327	240	73
2002	327	249	76

1999; (2) Rencana Strategi Pembangunan Daerah Lampung 2000-2005; dan (3) Pola Dasar Pembangunan Daerah Propinsi Lampung 2000-2005. Semua kawasan yang sebelumnya ditunjuk sebagai kawasan HPK sekarang dapat dikatakan secara resmi dikonversi.

⁶ Pada tahun 2001, ICRAF dan Universitas Lampung mengadakan penelitian bersama tentang Respon Sosial dari Komunitas Lokal Terhadap Proses Penunjukkan Ulang Kawasan HPK (Studi kasus: Lampung Barat) dan memberikan rekomendasi kepada pemerintah sebagai bahan pertimbangan perumusan Perda.

Tabel 2. Perubahan Rencana Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK) di Lampung pada Tahun 1997-2000

No	Rencana Tata Guna Hutan	1997 (Ha)	1998 (Ha)	1999 (Ha)	2000 (Ha)
1.	Hutan Lindung	336.100	336.100	351.531	317.615
2.	Hutan Konservasi	422.500	422.500	422.500	462.030
3.	Hutan Produksi Terbatas	44.120	44.120	44.120	33.358
4.	Hutan Produksi Tetap	281.089	281.089	192.902	191.732
5.	Hutan Produksi Dapat Dikonversi	153.459	153.459	153.459	-
Jumlah		1.237.268	1.237.268	1.164.512	1.004.735

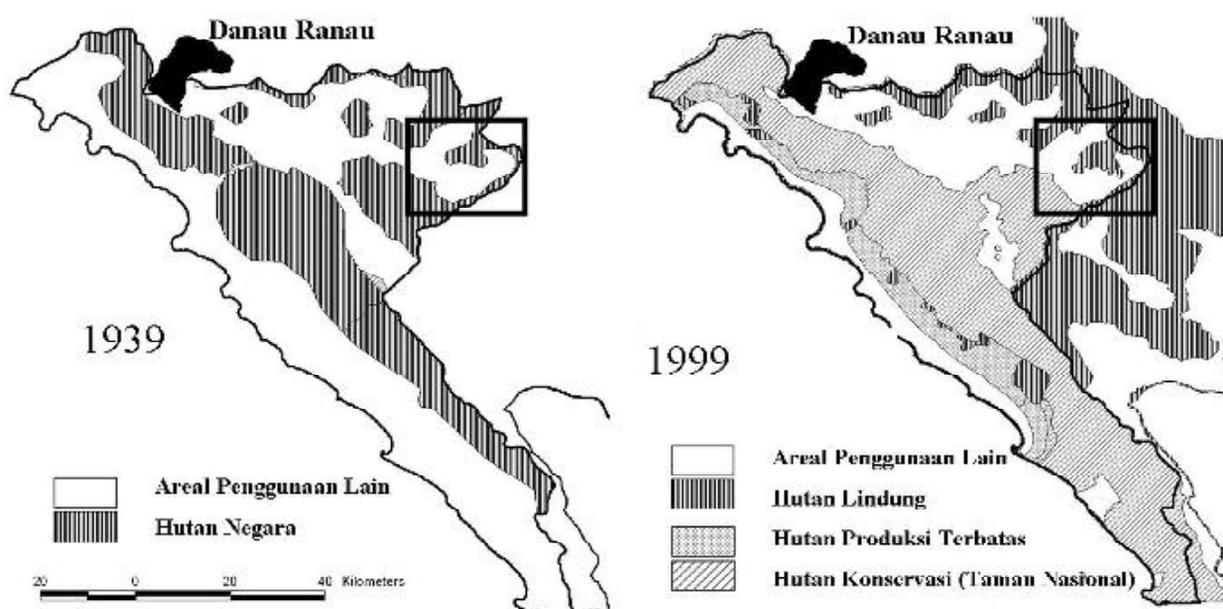
Sumber: Dinas Kehutanan Propinsi Lampung, 2002

Taman Nasional (Kawasan Konservasi)

Wilayah Barat Daya Kecamatan Sumberjaya, khususnya Desa Trimulyo, diklasifikasikan sebagai Taman Nasional Barisan Selatan yang dicanangkan pada tahun 1935 sebagai Suaka Margasatwa (*Besluit van de Gouverneur-Generaal van Nederlandsch Indie N^o 48 Staatschblad 1935 N^o 62 – 24.12.1935*), dengan nama Sumatera Selatan Satu. Status kawasan tersebut kemudian ditetapkan sebagai Kawasan Pelestarian Alam (suatu area yang ditujukan untuk menjadi Taman Nasional) pada tanggal 1 April 1979 (De Wulf *et al.*, 1981).

Dengan membandingkan peta tahun 1999 dengan tahun 1939, semakin jelas terlihat bagaimana areal Taman Nasional meningkat secara drastis (Gambar 4). Fay *et al.* (2000) menyatakan bahwa berdasarkan TGHK yang ditetapkan melalui Surat Keputusan

Menteri No. 67/1991, kawasan tersebut mencakup wilayah desa dan damar agroforestri (*Repong Damar*). Hasil perhitungan tahun 1998 menunjukkan bahwa di pesisir Krui terdapat 29.000 ha *Repong Damar* dan penggunaan lahan lainnya yang selama administrasi Belanda tidak diklasifikasikan sebagai kawasan hutan, berubah status menjadi Taman Nasional. Padahal, kebanyakan dari *Repong Damar* tersebut sudah dikelola hingga kini selama lebih dari 100 tahun oleh komunitas adat setempat. Ditambah dengan yang berada di luar kawasan Taman Nasional, total luas *Repong Damar* di pesisir Krui mencapai 44.000 ha yang lagi-lagi di masa administrasi Belanda diakui namun belum ditetapkan sebagai tanah masyarakat adat di Pesisir Krui. Kedua kasus *Repong Damar* di dalam Taman Nasional dan tanah marga tersebut terjadi di bagian Barat Taman Nasional Bukit Barisan.



Gambar 4. a) Peta area hutan di Lampung Barat tahun didigitalisasi oleh “Boschareaalkaart”, 1939, yang dipetakan antara tahun 1935 dan 1938. b) Rencana penggunaan hutan pada tahun 1999, yang dipetakan antara tahun 1980 dan 1990, tetapi batas-batasnya sering hanya berdasarkan batas-batas pada jaman Belanda. Kotak hitam menunjukkan area Sumberjaya pada kedua gambar.

Hutan Lindung

Sebagian besar wilayah Sumberjaya lebih diklasifikasikan sebagai kawasan Hutan Lindung (HL) dan hanya sebagian kecil yang merupakan kawasan Taman Nasional. Konflik antara petani setempat dengan Departemen Kehutanan semakin meluas disebabkan oleh lebarnya perbedaan persepsi tentang kelestarian dan perubahan fungsi DAS di wilayah tersebut. Menurut Departemen Kehutanan, konversi hutan di kawasan lindung berdampak besar terhadap perlindungan fungsi DAS Way Besay di Sumberjaya. Apalagi di DAS tersebut terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Way Besay yang saat ini konstruksinya telah selesai. Persepsi Departemen Kehutanan tersebut memberi justifikasi yang cukup untuk mempertahankan 50% dari luas wilayah kecamatan untuk tetap dijadikan sebagai kawasan Hutan Lindung. Pada Gambar 4, terlihat jelas bahwa batas kawasan hutan yang ada tidak berubah dari waktu ke waktu. Bagaimanapun juga, sejak sistem administrasi Belanda ditinggalkan, masih banyak penduduk lokal dan pendatang yang membangun pemukiman dan bertani di kawasan tersebut (Fay *et al.*, 2000). Hutan Lindung Bukit Rigit seluas 8.265 hektar misalnya, menurut Bupati Lampung Barat hanya sekitar 25% yang masih berupa hutan asli, sisanya dihuni oleh hampir 2000 kk yang berkebun kopi dan dianggap sebagai sumber utama sedimentasi di sungai Way Besay.

Saat penyusunan TGHK dinyatakan selesai dan ditetapkan pada tahun 1990 (Gambar 2), kemudian diikuti dengan penetapan tata batas yang pelaksanaannya memicu banyak konfrontasi antara penduduk lokal dengan aparat pemerintah yang didukung oleh militer untuk melakukan penggusuran (Operasi Tanggamus tahun 1990 – 1991, Operasi Jagawana tahun 1995, Translok tahun 1996) guna ‘melindungi hutan’ di Sumberjaya (Kusworo, 2000). Peta TGHK yang telah dibuat tanpa konsultasi dengan penduduk lokal terkait, pada kenyataannya memperlihatkan bahwa batas-batas kawasan hutan yang pernah ditetapkan di masa Belanda pada tahun 1939 secara praktik telah dihapuskan sejak kemerdekaan. Bahkan di beberapa tempat, penetapan kawasan hutan di dalam peta TGHK tahun 1990 juga dilakukan terhadap wilayah desa definitif yang secara legal telah diperoleh penduduk pada masa pemerintahan Sukarno di tahun 1950-an (Kusworo, 2000). Perundangan dan penegakan hukum yang semula dilihat sebagai alat untuk mempertahankan kawasan lindung pada akhirnya justru semakin mempercepat laju deforestasi.

Berlakunya tata batas baru di dalam TGHK, membuat sebagian masyarakat setempat dianggap sebagai ‘kriminal’. Hal tersebut menimbulkan konflik dan bahkan mendorong lebih jauh terjadinya

deforestasi. Walaupun seluas 6000 ha lahan diklaim telah dihutankan kembali oleh pemerintah sejak tahun 1990 (Kusworo, 2000), tidak ada sebidangpun yang dapat dibuktikan melalui citra satelit tahun 1997, 1999 dan 2000.

Dampak lain dari konflik status lahan adalah terbentuknya padang alang-alang (*Imperata cylindrica*) yang tumbuh dengan subur dan menjadi wilayah yang sering terjadi kebakaran hutan. Pada tahun 1997 dan 2000, rata-rata luas blok wilayah kebakaran hutan tersebut yaitu lebih dari 80 ha (Suyanto *et al.*, 2000). Hal tersebut semakin memperjelas bahwa lahan yang berada dalam status konflik akut tidak akan dapat dilindungi dari kebakaran. Dampak pengusiran penduduk dengan kekerasan di tahun 1990-an dan konflik-konflik status lahan yang terjadi secara harafiah meninggalkan kerusakan lansekap yang amat serius. Departemen Kehutanan saat ini mengakui bahwa pendekatan “tangan besi” (*heavy handed*) tidak pernah memberikan hasil.

NEGOSIASI PENGGUNAAN LAHAN DI KAWASAN HUTAN DI SUMBERJAYA

Sebagaimana negosiasi yang berlangsung pada kasus status tanah di Taman Nasional di Pesisir Krui dan pelepasan kawasan HPK di Lampung pada umumnya, saat ini negosiasi serupa juga sedang berlangsung di Sumberjaya. Runtuhnya sistem kekuasaan terpusat selama reformasi setelah Suharto turun tahun 1998, membuat tindakan refresif di masa lalu tidak layak lagi untuk dilanjutkan. Oleh karena itu, upaya baru dengan negosiasi dan skim Hutan Kemasyarakatan (HKm) dilaksanakan.

Kelompok petani dapat memperoleh ijin untuk mengelola kawasan hutan selama 25 tahun, dengan 5 tahun masa percobaan berdasarkan dua kondisi, yaitu: (1) melakukan perlindungan terhadap hutan yang tersisa dan (2) menanam pohon di kebun kopi mereka. Hal yang masih belum jelas adalah kriteria apa yang akan dipakai untuk mengevaluasi setelah masa percobaan 5 tahun berjalan. Masih ada banyak diskusi antara kelompok petani dan aparat kehutanan mengenai pohon apa saja yang sesuai dan berapa banyak yang harus ditanam untuk menyeimbangkan tujuan ekonomi dan tujuan konservasi. Rendahnya harga kopi diharapkan dapat mendorong semangat petani untuk mengambil kesempatan tersebut dengan menanam lebih banyak pohon untuk meningkatkan kepastian *land tenure* dan mengeksplorasi alternatif-alternatif sistem tanam kopi yang lebih menguntungkan.

Pada tahun 2000, ICRAF dan Watala secara kolaboratif memfasilitasi negosiasi pemanfaatan hutan dimana skim HKm dipergunakan sebagai pintu masuk bagi resolusi konflik *land tenure* di Sumberjaya. Dari 12 kelompok HKm (dengan sekitar 1035 petani sebagai

anggotanya), tiga kelompok diantaranya telah memperoleh Izin HKm Sementara yang berlaku selama 5 tahun dan ditetapkan oleh Bupati Lampung Barat. Mereka merupakan kelompok HKm pertama yang diizinkan oleh seorang Bupati di Indonesia dibawah SK Menteri Kehutanan No. 31/Kpts-II/2001 tentang HKm (Tabel 3) yang prosesnya dilaksanakan secara partisipatif.

Desentralisasi kekuasaan kepada pemerintah Kabupaten yang berevolusi secara positif mendorong program HKm di bawah paradigma Pengelolaan Hutan Berbasis Masyarakat (PHBM) ditingkatkan oleh pemerintah Kabupaten Lampung Barat menjadi Pengelolaan Lingkungan dan Sumberdaya Alam Berbasis Masyarakat (*Community Based Environmental and Natural Resources Management/ CBENRM*) yang dituangkan ke dalam bentuk Raperda (Rancangan Peraturan Daerah) melalui mekanisme konsultasi publik dengan keterlibatan multi pihak dan berbagai unit teknis pemerintah lainnya seperti dinas pertanian, perikanan, perternakan, dan sebagainya. Pada saat ini, Dinas Kehutanan dan SDA Lampung Barat berkolaborasi dengan ICRAF, WATALA dan masyarakat menyusun Kriteria dan Indikator Evaluasi HKm secara partisipatif untuk memberikan kepastian hukum bagi kelompok tani HKm.

Para petani pada dasarnya memiliki pengetahuan yang baik tentang fungsi hutan bagi DAS, seperti peningkatan kualitas air dan penurunan resiko banjir dan longsor (Schalenbourg, 2002). Fungsi DAS yang terpenting bagi penduduk setempat adalah bagaimana menjaga sumber serta meningkatkan ketersediaan air yang bermutu baik untuk keperluan domestik.

Persepsi petani saat ini, dengan 10% areal hutan masih mampu memberikan perlindungan fungsi DAS yang diharapkan. Penelitian awal oleh ICRAF

menganjurkan bahwa selain secara ekonomis menguntungkan, lansekap mosaik dengan kombinasi berbagai sistem tanam kopi, hamparan sawah, dan lajur tanaman/pepohonan di sepanjang bantaran sungai (*riparian strips*) tidak selalu buruk atau bahkan lebih baik daripada hanya hutan sebagai penyedia fungsi DAS baik bagi masyarakat dan pengelola PLTA.

KESIMPULAN

Kajian perspektif sejarah dalam tulisan ini mengklarifikasi bahwa konflik status dan penggunaan lahan kawasan yang terjadi di masa lalu bukan merupakan sejarah hitam dan putih tentang penduduk perambah hutan, tetapi lebih sebagai suatu sejarah yang kelabu. Bukti peta Taman Nasional yang terdahulu (sebelum TGHK) menunjukkan pihak mana yang sebenarnya melanggar tata batas. Pada kasus penelitian tentang hubungan antara fungsi hutan lindung terhadap perlindungan DAS, diperlukan klarifikasi lebih jauh apa yang memang benar-benar merupakan kenyataan atau yang hanya persepsi semata.

Memang diakui bahwa proses negosiasi berlangsung lambat. Sejauh ini, baru tiga kelompok petani HKm yang 'dapat' mengelola sekitar 700 ha kawasan Hutan Lindung dan telah memiliki pemecahan bagi pembatasan kembali kawasan HPK memakan waktu bertahun-tahun. Namun demikian, catatan terpenting dalam kajian ini adalah, dengan adanya peralihan kekuasaan melalui otonomi daerah, situasi kebijakan pemerintah di daerah saat ini jauh lebih kondusif daripada saat sebelum reformasi terutama dalam rangka mengakhiri konflik melalui negosiasi, dimana para pihak berkepentingan dapat saling berdampingan antara satu dengan lainnya untuk merajut kepentingan bersama (*common interests*).

Tabel 3. Kelompok HKm di Sumberjaya yang mendapat izin selama 5 tahun (hingga Januari 2003).

Kelompok/Tanggal Izin	Desa	Jumlah Petani (kk)	Areal kelola HKm(Ha)		
			Areal perlindungan	Sistem Kopi	Total
Abung Marga Laksana /Juni 2002	Simpang Sari	73	82,9	177,9	260,8
Gunung Sari/ Agustus 2002	Simpang Sari	145	90	169	259
Rigis Jaya/Juni 2002	Gunung terang	74	128,2	75,7	203,9
	Total:	292	301,1	422,6	723,7

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Diah Wulandari dan Rina Amalia dari ICRAF atas bantuannya dalam menterjemahkan makalah ini ke dalam Bahasa Indonesia dan kepada Atiek Widayati dan Danan Hadi Prasetyo dari ICRAF atas digitalisasi dan me-lay out peta.

DAFTAR PUSTAKA

- Benoit, D. 1989. Migration and Structure of Population. Transmigration and Spontaneous Migration in Indonesia: Propinsi Lampung. M. Pain, D. Benoit, P. Levang and O. Sevin. Bonty, ORSTOM.
- BKKBN Provinsi Lampung. 2001. Tabulasi Data Keluarga Sejahtera dan Pra-Sejahtera Propinsi Lampung; Sensus BKKBN Tahun 2000.
- BPS Provinsi Lampung. 2001. Lampung Dalam Angka. Bandar Lampung.
- Charras, M. dan M. Pain. 1993. Spontaneous Settlements in Indonesia: Agricultural Pioneers in Southern Sumatra. Jakarta: Departement of Transmigration and Bondy, France: ORSTOM.
- De Wulf, R.; Supomo, D. dan K. Rauf. 1981. Barisan Selatan Game Reserve Management Plan 1982-1987. Bogor, UNDP/ FAO National Parks Development Project: 48.
- Dinas Kehutanan Propinsi Lampung. 2002. Studi Fasilitasi NGO Dalam Kegiatan HKm di Lampung Barat. Bandar Lampung.
- Elmhirst, R. 1997. Gender, Environment and Culture: A Political Ecology of Transmigration in Indonesia. London, Wye College, University of London.
- Fay, C. dan G. Pasya. 2001. Sistem Pendukung Negosiasi (Spn); Suatu Pendekatan Untuk Penyelesaian Masalah Konflik Di Kawasan Hutan. Makalah. International Center For Research on Agroforestry (ICRAF) – SE Asia. Bogor.
- Fay, C.; Sirait, M. dan A. Kusworo. 2000. Getting the Boundaries Right Indonesia's Urgent Need to Redefine its Forest Estate. Bogor, International Centre for Research in Agroforestry: 14.
- Huitema, W.K. 1935. De bevolkingsofficultuur op Sumatra. Tropische Landbouw. Wageningen, Landbouwhogeschool: 238.
- Kusworo, A. 2000. Perambah Hutan atau Kambing Hitam? Potret Sengketa Kawasan Hutan di Lampung. Bogor, Pustaka Latin.
- Schalenbourg, W. 2002. An Assessment of Farmers' Perceptions of Soil and Watershed Functions in Sumberjaya, Sumatra, Indonesia. Bogor, ICRAF: 146.
- Suyanto, S.; Dennis, R.; Kurniawan, I.; Stolle, F.; Maus, P. dan G. Applegate. 2000. The Underlying Causes and Impacts of fires in Southeast Asia; Site 1. Sekincau, Lampung Province, Indonesia. Bogor, ICRAF-SEA: 34.
- TIM KKR-PSDAL Provinsi Lampung. 2003. Studi Tindak Pembaikan Kebijakan Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Propinsi Lampung. Pemerintah Propinsi Lampung - World Agroforestry Center - DFID. Final Study Report. Bandar Lampung.
- Verbist, B.J.P.; Ekadinata, A.P. dan S. Budidarsono. 2004. "Penyebab alih guna lahan dan akibatnya terhadap fungsi daerah aliran sungai (DAS) pada lansekap agroforestri berbasis kopi di Sumatra." *Agrivita* 26 (1): 29-38.

PENYEBAB ALIH GUNA LAHAN DAN AKIBATNYA TERHADAP FUNGSI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) PADA LANSEKAP AGROFORESTRI BERBASIS KOPI DI SUMATERA

Bruno Verbist, Andree Ekadinata Putra dan Suseno Budidarsono

World Agroforestry Centre - ICRAF SE Asia, PO Box 161, Bogor 16001

ABSTRACT

Land use is changing rapidly in SE-Asia from forest to landscape mosaics with various degrees of tree cover. The upper Way Besai watershed - about 40,000 ha upstream the Way Besai hydro-power dam - covers most of the sub-district of Sumberjaya (54,200 ha) and exemplifies the rapid land use changes. It was transformed in the past three decades from a large forest cover (> 60 %) to a mosaic of various smallholder coffee systems with rice paddies in the valleys and about twelve percent of forest cover. This happened with a simmering and over the past 10 years sometimes violent conflict. Any in-depth understanding of the changes has to be based on a historical perspective and an accurate monitoring of land use and land cover changes over at least a few decades. A systems analysis approach was used to analyze the importance of fluctuation of world market prices of coffee, population growth, migration, and road construction on land use change and watershed functions. It seems that after a phase of degradation, rehabilitation can occur, if the conditions are right. Over the past 15 years more and more former monoculture coffee farms gradually transformed into mixed systems with shadow trees. A remarkable observation is that while deforestation was still going on, a phase of 're-treering' took off already. The economic crisis in Southeast Asia, which affected Indonesia to the utmost extent since late 1997, was in fact a period of economic boom for this export-oriented watershed, although the year-to-year fluctuations of coffee prices are dramatic. This paper explores past trends of land use change, their driving factors and how farmers (and government departments) are responding to continuous changing conditions.

Keywords: Sustainability, driving factors of land use change, multistrata coffee systems, watershed functions

ABSTRAK

Penggunaan lahan berubah dengan pesat di Asia Tenggara, dari hutan menjadi sistem dengan tutupan berbagai jenis pepohonan. Daerah hulu Way Besai, salah satu daerah aliran sungai (DAS) seluas 40.000 ha di Lampung Barat, Sumatra, mencakup Kecamatan Sumberjaya dengan luas areal 54.200 ha adalah salah satu contoh daerah yang mengalami alih guna lahan yang cepat. Hutan di wilayah ini berubah menjadi mosaik lansekap dengan berbagai tingkat penutupan lahan. Sumberjaya mengalami perubahan yang relatif cepat selama tiga dasa warsa

terakhir. Hutan yang semula luasnya mencapai 60% telah berubah menjadi perkebunan kopi rakyat, persawahan di lembah bukit, dan perkampungan, sehingga hutan yang tersisa hanya 12% dari total luas lahannya. Perubahan itu diiringi pergolakan masyarakat, bahkan ada yang disertai kekerasan selama sepuluh tahun terakhir. Pemahaman yang seksama tentang perubahan yang terjadi harus bertitik-tolak dari sudut pandang historisnya, dan berdasarkan pengamatan secara cermat terhadap perubahan penggunaan dan penutupan lahan selama beberapa dekade terakhir. Dengan menggunakan pendekatan analisis sistem, kajian ini menganalisis pengaruh fluktuasi harga kopi di pasar dunia, pertumbuhan penduduk dan migrasi, serta dampak pembangunan jalan dan infra struktur terhadap alih guna lahan dan fungsi DAS di Sumberjaya. Kajian ini menyimpulkan bahwa setelah fase degradasi hutan, rehabilitasi dapat berjalan selama kondisinya mendukung. Dalam 15 tahun terakhir, semakin banyak budidaya kopi yang semula berbentuk sistem monokultur, secara bertahap berubah menjadi budidaya kopi campuran dengan pohon-pohon penayang. Pengamatan menunjukkan bahwa sejalan dengan berlangsungnya penebangan hutan, terjadi pula penanaman kembali pohon-pohonan. Pada saat krisis ekonomi di Asia Tenggara berlangsung dan membawa dampak serius terhadap perekonomian Indonesia sejak akhir 1997, DAS yang berorientasi komoditas ekspor ini justru mengalami lonjakan ekonomi; walaupun fluktuasi tahunan harga kopi juga merupakan masalah besar. Makalah ini membahas tentang kecenderungan terakhir dari adanya alih guna lahan, faktor-faktor pendorongnya, dan bagaimana para petani (dan juga instansi pemerintah) merespon terhadap perubahan yang sedang berjalan.

Kata kunci: Berkelanjutan, faktor pendorong terjadinya alih guna lahan, kopi multistrata, fungsi DAS

PENDAHULUAN

Kajian alih guna lahan yang dilakukan di Sumberjaya dan sekitarnya ini mencakup areal seluas kurang lebih 730 km² yang meliputi daerah aliran sungai (DAS) Way Besai dan dua wilayah kecamatan: Kecamatan Way Tenong dan Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat, Sumatra¹ (Gambar 1). Penebangan hutan oleh berbagai pihak merupakan masalah besar. Lahan yang sudah dibuka pada umumnya digunakan

¹ Pada tahun 2000 Kecamatan Sumberjaya (54,200 ha) dimekarkan menjadi Kecamatan Sumberjaya dan Kecamatan Way Tenong.

untuk bertanam kopi. Praktek penyiangan yang dilakukan secara intensif dalam budidaya kopi di wilayah ini, sering dipandang oleh para pengambil kebijakan sebagai praktek bercocok tanam yang tidak lestari dan diduga menjadi penyebab utama penurunan ketersediaan air bagi wilayah hilir dan berkurangnya fungsi DAS. Sementara itu, konflik dengan kekerasan yang terjadi pada tahun 1991, yang dilakukan oleh Dinas Kehutanan dengan dukungan aparat keamanan, terkait dengan pengusiran penduduk yang menggunakan lahan untuk tanaman kopi.

Pemahaman yang seksama atas alih guna lahan harus bertolak dari perspektif sejarah, disertai pengamatan secara cermat terhadap alih guna lahan dan tutupan lahan dalam kurun waktu yang relatif panjang; paling tidak selama beberapa dekade. Kurangnya data kuantitatif tentang gambaran perubahan spasial di masa lalu, menyebabkan terjadinya interpretasi yang dangkal terhadap kenyataan yang sebenarnya. Misalnya, pandangan yang menyebutkan bahwa ‘praktek tebas-bakar dalam kegiatan pertanian merupakan penyebab utama terjadinya penggundulan hutan di daerah tropis’ atau ‘konversi hutan menjadi kebun kopi merusak keragaman hayati dan menurunkan kualitas fungsi DAS’, dan masih banyak contoh serupa, memerlukan analisis lebih mendalam.

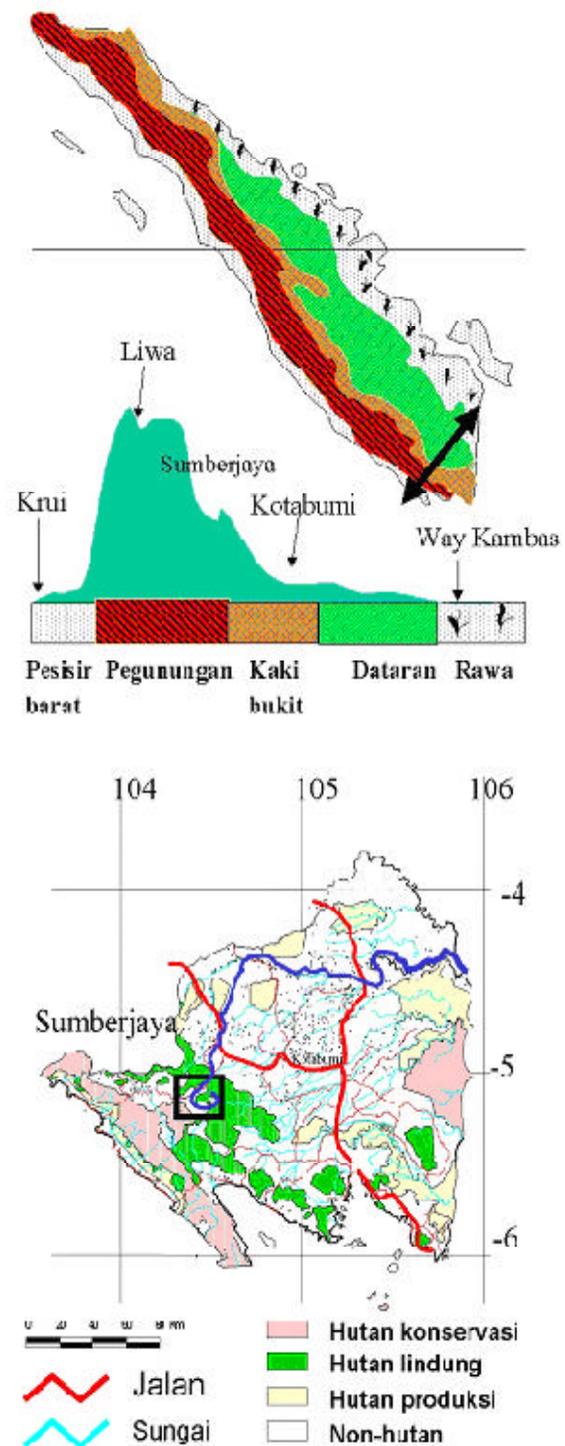
Untuk mengisi kekurangan yang ada selama ini, makalah ini mencoba untuk melakukan pendekatan dengan mengangkat persoalan-persoalan berikut:

- Bagaimana kecenderungan alih guna lahan terjadi di Sumberjaya,
- Faktor pendorong apa saja yang menyebabkan terjadinya alih guna lahan tersebut,
- Seberapa luas alih guna lahan terjadi dan siapa pendorongnya, dan
- Bagaimana dampak alih guna lahan tersebut terhadap fungsi DAS.

PERKEMBANGAN BUDIDAYA KOPI DI SUMBERJAYA DALAM PERSPEKTIF SEJARAH

Budidaya kopi di Lampung mulai tersebar ke Sumberjaya sekitar tahun 1800 (Benoit, 1989). Pada tahun 1935 penduduk di tanah marga Way Tenong – yang saat ini mencakup wilayah Kecamatan Way Tenong dan Sumberjaya – masih sangat jarang. Waktu itu, selain hutan-hutan tua di lereng pegunungan dan hutan sekunder yang luas, di wilayah ini terdapat kebun kopi rakyat dengan berbagai tingkat perkembangannya seperti disajikan dalam Gambar 2. Keragaman cara budidaya kebun kopi memberikan daya tarik tersendiri.

Walaupun lahan di wilayah ini sangat cocok untuk budidaya kopi karena tanahnya subur dan iklimnya sesuai, eksploitasi lahan dalam skala besar belum masuk ke wilayah ini karena keterbatasan prasarana



Gambar 1. Posisi dan profil Sumberjaya di Lampung, Sumatra serta kawasan hutan di Lampung berdasarkan TGHK pada tahun 1999. Kotak hitam pada gambar bawah menunjukkan areal studi seluas 730 km².

jalan raya; waktu itu wilayah ini masih terisolasi (Huitema, 1935).

Keadaan ini segera berubah setelah kedatangan suku Semendo yang biasa melakukan praktek tebas-bakar dalam budidaya kopi. Hutan di lereng pegunungan ditebas untuk budidaya kopi. Mereka menunggu 3-5 tahun untuk mendapat masa *ngagung*² kopi. Setelah hasil kopi tidak lagi menguntungkan, biasanya sesudah 3-5 tahun berproduksi, kebun kopi mereka tinggalkan untuk membuka kebun kopi yang baru. Sementara itu, kebun kopi yang ditinggalkan dibiarkan sampai menjadi hutan sekunder. Setelah periode 7-20 tahun ditinggal, kebun tersebut dibuka kembali untuk bercocok tanam kopi, dan daur serupa kembali berulang.

Keragaman budidaya kopi di Sumberjaya seperti tertuang dalam Gambar 2, dapat dirangkum sebagai berikut:

Kopi rimba atau *jungle coffee* yang waktu itu banyak terdapat di sekitar Danau Ranau, adalah tanaman kopi yang ditanam dan dibiarkan tumbuh alami tanpa pemangkasan. Huitema (1935), menulis: "Tanaman kopi yang tidak dipangkas, dan karena tanahnya yang subur, dapat tumbuh liar dan bisa mencapai umur 10-20 tahun". Ranting-ranting yang tinggi dan panjang kebanyakan ditemukan patah karena dibengkokkan para pemanen kopi saat mengambil buah kopi. Budidaya Kopi rimba ini hampir punah saat ini. Beberapa petani di Muara Buat, Jambi masih membudidayakan pohon kopi dalam kebun karet mereka (Laxman Joshi, *pers.comm.*).

Kopi pionir merupakan tahap awal dalam budidaya kopi. Setelah hutan atau ladang ditebas dan dibakar (teknik ladang berpindah), petani menanam kopi tanpa naungan. Kebun kopi yang masih relatif muda ini, tergantung pada keadaan dan pola pengelolaan usaha taninya, dan akan berkembang menjadi kebun kopi tanpa naungan atau menjadi kebun kopi naungan dengan berbagai jenis tumbuhan yang kompleks. Kopi biasanya ditanam bersamaan dengan padi gogo (ladang) setelah "tebas-bakar" (Ultée, 1949). Padi dan/atau tanaman-tanaman sekunder lainnya seperti jagung, umbi-umbian, dan sayuran dapat ditanam sampai tahun kedua. Pada tahun ketiga tidak ada lagi tanaman semusim yang bisa tumbuh dan tanaman kopi sudah mulai menghasilkan dalam jumlah yang kecil. Pada tahun keempat tanaman kopi sudah dapat memberikan hasil yang dapat menunjang kebutuhan rumah tangga. Pada tahun kelima kopi biasanya memberikan hasil optimal (*ngagung*), dan setelah itu hasil kopi mulai menurun. Setelah beberapa tahun,

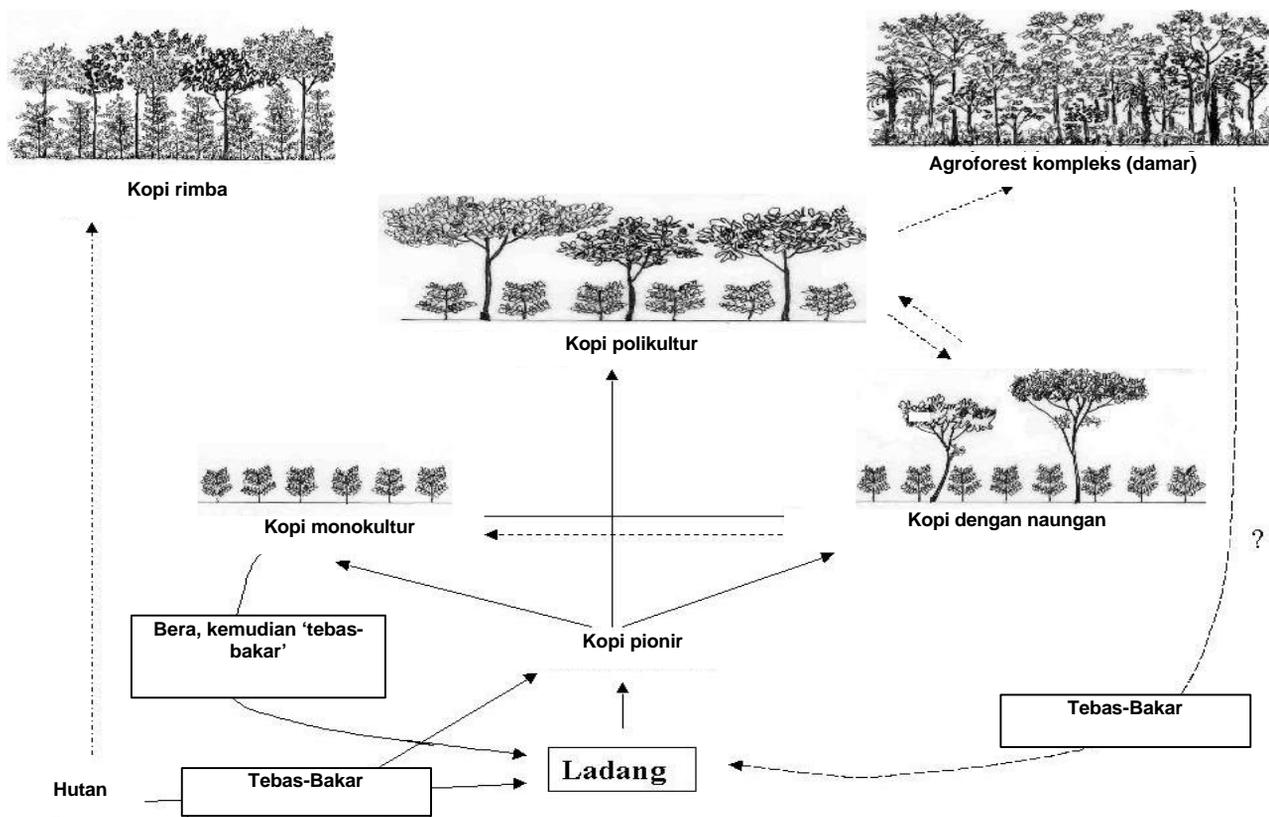
lahan tersebut akan ditinggalkan/dibiarkan selama 7-20 tahun tergantung pada kualitas tanah (Broersma, 1916); hutan sekunder mulai tumbuh kembali. Biasanya pada tahun ketiga sejak kopi ditanam, petani akan membuka ladang baru di tempat lain untuk menanam tanaman pangan dan kopi dengan harapan akan ada jaminan bahwa setiap tahun akan ada hasil kopi yang *ngagung*.

Kopi monokultur (*Sun-coffee* atau *unshaded monoculture*). Budidaya kopi tanpa naungan biasanya bercirikan: tidak ada usaha penanaman pohon lain sebagai tanaman naungan dan dikelola secara intensif (tingkat asupan pupuk dan penyiangan gulma yang tinggi). Cara budidaya ini memang memberikan produksi yang baik, akan tetapi sekaligus juga menguras hara tanah dengan cepat, sehingga jika tidak diberikan tambahan asupan hara dari luar berupa pupuk kimia, maka masa produksi kopi yang tinggi akan menjadi lebih singkat dan produksi akan rendah.

Kopi dengan naungan (*Simple shade coffee*). Sistem ini kebanyakan menggunakan pohon dadap (*Erythrina*) sebagai naungan. Untuk menjamin pemenuhan kebutuhan sinar untuk tanaman kopi, biasanya pohon penaung akan dipangkas seperlunya. Sebagai tanaman penaung, dadap memiliki peran yang cukup penting dalam menjaga dan mengembalikan kesuburan tanah. Tergantung pada kualitas tanahnya, dadap biasanya ditanam 1-4 tahun sebelum kopi. Akhir-akhir ini, kayu hujan atau gamal (*Gliricidia sepium*) biasa digunakan sebagai pohon penopang tanaman lada, dan sengon (*Paraserianthes* sp.) sebagai tanaman penghasil kayu, cukup populer dalam budidaya kopi naungan.

Kopi polikultur atau **Kopi multistrata** (*Shade polyculture coffee* atau *Multistrata Shade Coffee*). Sistem ini merupakan budidaya kopi yang lebih permanen di kebun kopi tua. Sistem ini berkembang dari sistem budidaya kopi *Arabica* (Ultée, 1949). Kopi ditanam di bawah pohon-pohon penaung seperti dadap (*Erythrina lithosperma*), lamtoro (*Leucaena glauca*) dan sengon (waktu itu masih disebut *Albizia falcata*), serta bercampur dengan beberapa tanaman lain yang memberikan hasil seperti tanaman buah-buahan, sayuran, kacang-kacangan, dan tanaman obat-obatan. Penyiangan dan pemangkasan cabang dan pucuk dilakukan secara rutin. Adakalanya dilakukan pemupukan – baik pupuk kandang maupun pupuk kimia. Sistem ini sering dipraktekkan di kebun-kebun dekat pemukiman, sehingga merupakan sumber pasokan beberapa kebutuhan rumah tangga. Di beberapa daerah, sistem ini berorientasi pasar dan produksi non- kopi dapat menggantikan kerugian petani pada saat harga kopi anjlok.

² *Ngagung* istilah lokal yang berarti melimpah. Dikaikan dengan hasil kopi, istilah *ngagung* berlaku pada saat kebun kopi mengalami produksi tertinggi sejak ditanam; biasanya terjadi pada saat tanaman kopi berumur antara 4-6 tahun



Gambar 2. Variasi budidaya kopi di Lampung Barat (diadaptasi dari: Verbist *et al.*, 2003).

ALIH GUNA LAHAN DI SUMBERJAYA

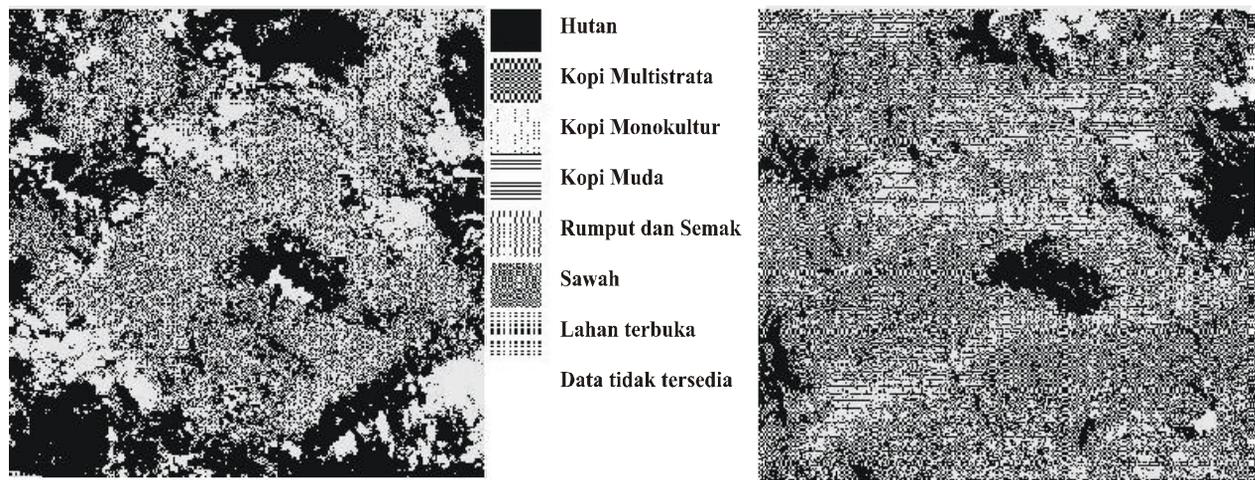
Kajian alih guna lahan di Sumberjaya ini dilakukan dengan menggunakan hasil penelitian tim peneliti dari Universitas Lampung (Syam *et al.*, 1997), dan dilengkapi dengan hasil klasifikasi citra satelit *Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM)* tahun 2000, *Multi Spectral Scanner (MSS)* 1986 dan *MSS* 1973 (Dinata, 2002). Gambar 1, 3 dan 4 memberikan ilustrasi lokasi kajian ini dan hasil klasifikasi.

Hasil kajian menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan penutupan hutan secara nyata selama 30 tahun terakhir; yaitu dari 60% pada tahun 1970 menjadi 12% pada tahun 2000. Berdasarkan peta BPN (Badan Pertanahan Nasional), sistem ladang berpindah sudah tidak ada lagi sejak awal tahun delapan puluhan. Pada tahun 1990 tidak ditemukan lagi padang alang-alang di wilayah ini, akan tetapi pada tahun 2000 padang alang-alang muncul kembali di beberapa tempat. Hal ini merupakan gejala adanya konflik lahan di wilayah ini (Suyanto *et al.*, 2000).

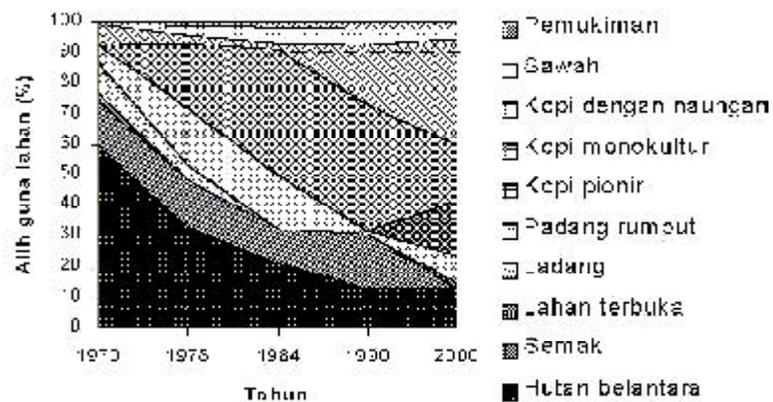
Sepanjang lereng bukit, budidaya kopi monokultur atau kopi tanpa naungan mengalami peningkatan dari 0% menjadi 20% pada tahun 1978, yang sebagian besar merupakan pengurangan luas hutan hingga 40%

pada tahun 1990. Mulai tahun 1990, kebun kopi tanpa naungan mulai berkembang menjadi kebun kopi multistrata sederhana dengan pohon kayu hujan (*Gliricidia*), kadang-kadang dengan tanaman lada sebagai penayang tanaman kopi. Pada tahun 2000 jenis penggunaan lahan ini mencapai 30%. Hal ini menunjukkan bahwa rehabilitasi lahan akan terjadi setelah fase ekstraksi dan degradasi. Hasil pengamatan tersebut sesuai dengan apa yang dikemukakan Huitema (1935) dan mungkin dapat meyakinkan para rimbawan bahwa: “Hanya di daerah-daerah seperti kawasan Ranau, dimana keterbatasan lahan tidak lagi memungkinkan dilakukannya cara bercocok tanam seperti ‘*roofbouw*’ atau ladang berpindah, pohon-pohon penayang dimanfaatkan dengan benar untuk menjaga kualitas tanah tetap tinggi, maka hutan buatan tidak akan diperlukan”.

Hal yang harus diperhatikan para rimbawan adalah lahan yang diklasifikasikan sebagai kawasan hutan negara dan secara statistik dinyatakan sebagai “hutan yang masih ada”, di dalamnya terdapat banyak kebun kopi monokultur terbuka. Sementara itu, kebun kopi dengan naungan lebih banyak ditemukan di lahan-lahan pribadi daripada di dalam kawasan hutan Negara.



Gambar 3. Peta penggunaan lahan Sumberjaya diambil dari citra satelit: dengan MSS 1973 (kiri) dan ETM 2000 (kanan) dengan hutan Bukit Rigris di tengah DAS (Dinata, 2002).



Gambar 4. Alih guna lahan (%) di Sumberjaya dari tahun 1970-2000 (Syam *et al.*, 1997; Dinata, 2002). Kopi dengan Naungan mencakup Kopi Polikultur, pada grafik diatas ditunjukkan dengan daerah di atas garis putus-putus.

Walaupun masih memerlukan klarifikasi lebih lanjut, secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa kebun kopi campuran tradisional (polikultur) relatif kecil (7%) sepanjang periode pengamatan dari tahun 1970 sampai tahun 2000.

Dari kajian alih guna lahan, sepertinya banyak area yang diklasifikasikan sebagai semak-semak, rerumputan dan ladang berpindah yang meliputi 31% dari total area. Klasifikasi ini perlu ditinjau kembali karena pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa di daerah tersebut banyak ditemukan kebun kopi tua yang tidak produktif lagi. Perlu dicatat bahwa sebagian besar budidaya kopi di Sumberjaya berkembang dari lahan *bera* dengan praktek tebas-bakar yang sudah berlangsung selama beberapa dasa warsa (Verbist *et al.*, 2003). Dari berbagai jenis budidaya kopi yang sekarang ada, dan bahkan sejak tahun 2001, beberapa petani juga mulai menanam sayuran (cabe, tomat, dll) untuk mencari kompensasi atas rendahnya harga kopi. Sebenarnya, hal ini

mencerminkan kearifan petani setempat untuk menyesuaikan pengelolaan kebun dengan perubahan di luar lingkungannya.

FAKTOR PENDORONG ALIH GUNA LAHAN

Kondisi wilayah di Sumberjaya saat ini merupakan akibat dari faktor-faktor pendorong yang saling berhubungan dengan kegiatan pembangunan ekonomi seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Diagram hubungan sebab-akibat ini dibangun dan dijelaskan dalam Van Noordwijk *et al.* (2001) dan Verbist *et al.* (2003). Kajian ini akan menggunakan diagram tersebut untuk membahas bagaimana fungsi jasa lingkungan seperti keanekaragaman hayati dapat berhubungan, misalnya, dengan pendapatan para petani atau pendapatan daerah (Verbist *et al.*, 2003). Di dalam makalah ini, perhatian lebih diarahkan pada fungsi DAS dan keberlanjutan fungsi tersebut.

Faktor pendorong terjadinya alih guna lahan dibedakan atas faktor eksternal dan internal. Empat faktor pendorong (pertumbuhan alami penduduk, migrasi, hujan, dan harga pasar internasional) dikategorikan sebagai variabel eksternal. Pada skala analisis ini (tingkat kecamatan) faktor-faktor tersebut tidak dapat dipengaruhi ataupun ditangani. Keenam faktor lain, yang dikategorikan sebagai variabel internal, merupakan faktor yang sampai pada tingkat tertentu dapat ditangani atau dipengaruhi oleh pihak tertentu, seperti inovasi teknis, pembangunan jalan dan infrastruktur, pemungutan retribusi atau pajak, subsidi, konservasi tanah dan air, serta pengaturan penguasaan tanah (bagian hexagon berarsir dalam Gambar 5).

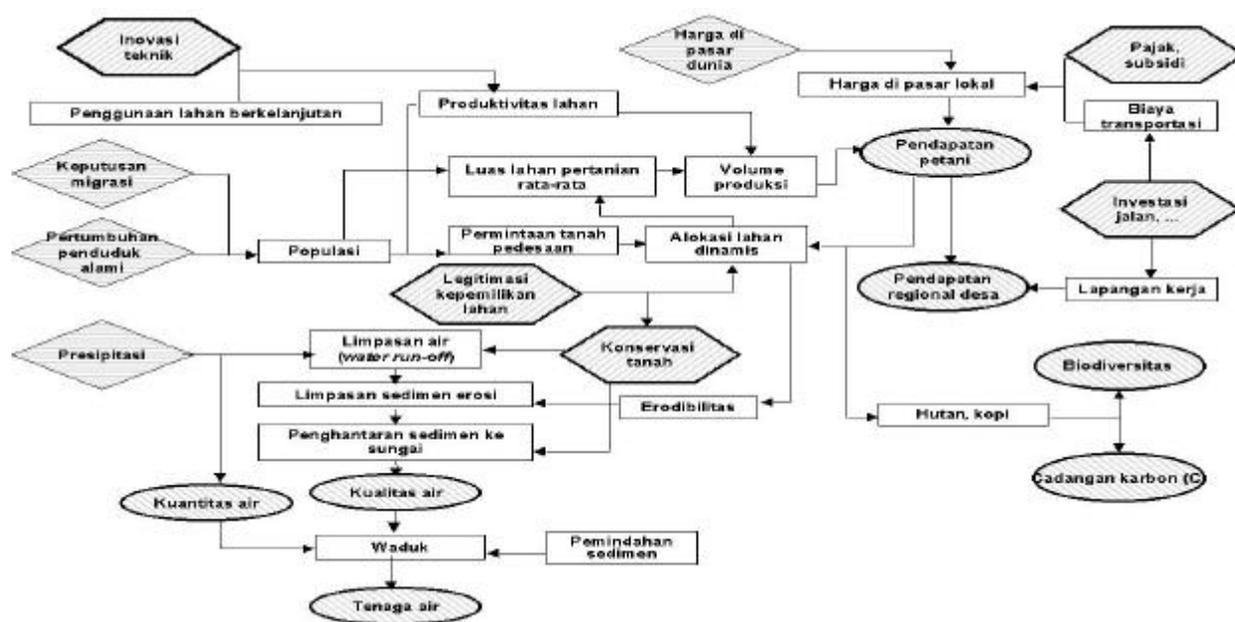
Variabel Eksternal

Harga kopi dunia

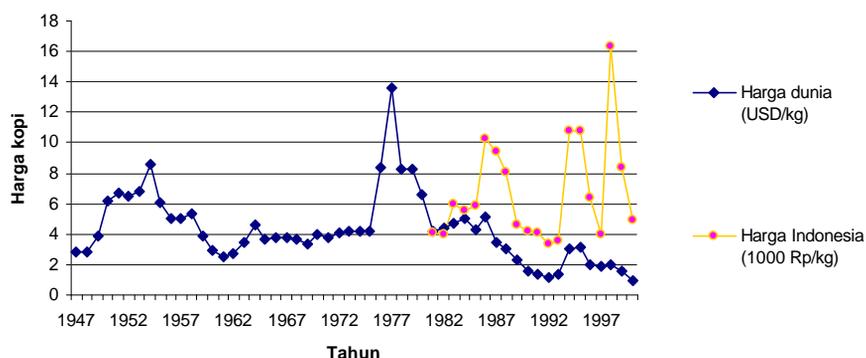
Musim dingin yang buruk di Brazilia pada tahun 1975 sangat mempengaruhi harga kopi internasional. Brazilia yang menguasai 35% pangsa pasar kopi dunia, mengalami penurunan produksi kopi secara drastis. Hal ini berakibat pada melonjaknya harga kopi Robusta di pasar utama New York dari 2.82 USD/kg menjadi 4.93 USD/kg. Harga kopi baru turun kembali ke tingkat sebelumnya setelah empat tahun. Sementara itu, kesepakatan perdagangan kopi pada tahun 1976 berhasil mempertahankan harga kopi pada tingkat yang kurang lebih sama dengan harga tahun 1960-an dan awal tahun 1970-an hingga 1987. Situasi memburuk lagi pada tahun 1989 ketika sistem kuota yang berlaku

dihentikan. Harga pasar kopi dunia cenderung turun sejak saat itu. Dari Gambar 6 terlihat jelas bahwa kecenderungan penurunan harga kopi di pasar dunia sejak tahun 1975 tidak mempengaruhi pasar kopi di Indonesia. Berbagai insentif makro-ekonomi dan devaluasi membawa kecenderungan yang berbeda bagi Indonesia; harga kopi sangat berfluktuasi dari tahun ke tahun. Sebagai contoh, harga ‘resmi’ tingkat petani mengalami pasang-surut antara Rp 4,000/kg hingga Rp 16,000/kg pada tahun 1998. Perlu diberikan catatan di sini, akibat distorsi pasar, harga yang diterima petani mungkin lebih rendah walaupun secara keseluruhan tetap bertahan pada kecenderungan pasar.

Gejolak harga kopi di tingkat petani pada tahun 1998-2000, tampaknya berpengaruh terhadap alih guna lahan di Sumberjaya. Walaupun kawasan hutan negara yang mudah dijangkau untuk kegiatan pertanian sudah habis dibabat, pada tahun 1998 hingga 2001 angka penebangan hutan naik kembali dan kawasan dengan tutupan kopi monokultur murni (*sun coffee*) serta kopi multistrata meningkat secara dramatis. Di samping itu, kondisi sosio-politik saat itu cukup memberikan dorongan bagi petani untuk membuka kebun kopi. Apa yang disebut ‘reformasi’, dimana masyarakat merasa memiliki kekuatan untuk melawan pemerintah yang telah banyak kehilangan otoritas menyusul mundurnya Soeharto, ikut memberikan kontribusi dalam alih guna lahan di akhir abad ke 20 tersebut.



Gambar 5. Diagram hubungan sebab-akibat alih guna lahan di Sumberjaya; bagian segi empat berarsir menunjukkan variabel eksternal; bagian hexagon berarsir menunjukkan pilihan-pilihan pengelolaan oleh berbagai pihak (*stakeholder*); bagian oval berarsir menggambarkan dampak-dampak utama (Diadaptasi dari: van Noordwijk et al., 2001).



Gambar 6. Indikator harga Organisasi Kopi Internasional (ICO) untuk kopi Robusta di pasar dunia dan di Indonesia, rata-rata harga nyata tahunan 1947 – 1998 (Digabungkan dari laporan ICO, 1981-2000 <http://www.ico.org>, dan Karanja, 2002).

Catatan. Harga-harga pasar internasional telah dikoreksi terhadap inflasi dengan menggunakan harga index konsumen di Amerika (dalam US \$ tahun 2000). Harga-harga untuk Indonesia dalam 1,000 rupiah pada tahun 2000 setelah koreksi terhadap inflasi di Indonesia dan harga tukar mata uang asing (sumber: <http://strategicasia.nbr.org>).

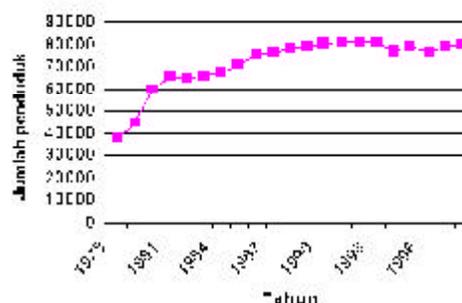
Jumlah penduduk dan transmigrasi

Gambar 7 memberikan gambaran pertumbuhan penduduk di Sumberjaya. Nampak dalam gambar tersebut, pertumbuhan penduduk wilayah Sumberjaya meningkat tajam pada tahun 1978-1984 hingga mencapai 8% per tahun. Hal ini mustahil terjadi tanpa adanya transmigran dari Pulau Jawa. Mereka merehabilitasi kebun-kebun kopi tua (kosong) atau membuka hutan untuk bercocok tanam kopi pada saat harga kopi naik tajam sebagai akibat anjloknya produksi kopi di Brazilia karena musim dingin yang buruk pada tahun 1975. Banyak orang Jawa yang pada awalnya hanya datang sebagai buruh musiman untuk memanen kopi, mulai membudidayakan kopi sendiri dengan membangun kebun dan secara aktif membuka areal hutan yang luas (Gambar 4). Ketika jumlah penduduk mulai stabil sekitar akhir tahun 1980-an (mulai tahun 1988 pertumbuhan penduduk hampir mendekati 0), sistem budidaya kopi dengan naungan (*shaded coffee*) mulai meningkat. Tingkat pertumbuhan penduduk yang mendekati 0% mengindikasikan bahwa migrasi keluar sudah mulai terjadi di wilayah ini.

Pengusiran secara paksa terhadap ribuan orang pada tahun 1990-an (1994 dan 1996), tercermin dalam Gambar 7; terdapat sedikit penurunan grafik jumlah penduduk. Pengamatan di lapangan mengungkapkan bahwa pada akhir tahun 1990-an banyak keluarga muda yang pindah ke wilayah Bengkulu Selatan untuk membuka kebun kopi. Di daerah ini masih banyak lahan kosong untuk kegiatan pertanian.

Variabel internal: Pilihan Pengelolaan Lahan

Dalam kajian ini, dapat diidentifikasi adanya empat variabel internal di masyarakat Sumberjaya, yaitu: 1) inovasi teknis; 2) investasi; 3) penguasaan lahan dan



Gambar 7. Evolusi jumlah penduduk di Kabupaten Sumberjaya (BPS, Kecamatan Sumberjaya dalam Angka, 1978-1998).

perundang-undangan; dan 4) pajak, subsidi, dan upeti yang mempengaruhi kondisi pasar.

Inovasi teknis

Inovasi teknis bersumber baik dari luar maupun dikembangkan sendiri di dalam masyarakat lokal, yang meliputi:

Sawah

Sampai dengan tahun 1950-an lahan sawah di Sumberjaya sangat terbatas dan hanya mampu mencukupi kebutuhan sebagian kecil penduduk di wilayah ini. Terbatasnya sarana dan prasarana transportasi dari dan ke wilayah ini merupakan hambatan untuk mendatangkan bahan makanan pokok beras dalam jumlah banyak untuk mencukupi kebutuhan penduduk. Oleh karena itu, budidaya ladang berpindah untuk mencukupi kebutuhan pangan banyak dipraktikkan di sana. Disadari bahwa budidaya ladang berpindah di dataran tinggi, seperti banyak dilakukan di wilayah lain di luar pulau Jawa, memiliki citra yang buruk, khususnya di kalangan

rimbawan. Di samping terlalu banyak memerlukan lahan, cara ini juga merusak hutan. Berbagai macam pendekatan yang telah dilakukan pemerintah, mendorong pola tanam padi yang permanen dan intensif telah mengakibatkan peningkatan areal persawahan. Hal ini ditandai dengan adanya sarana irigasi desa yang dibangun pada tahun 1990-an. Kenyataan ini agak aneh karena budidaya sawah sebenarnya merupakan teknik bercocok tanam padi penduduk asli di Lampung (Verbist *et al.*, 2003).

Kopi Robusta

Pengenalan varietas kopi Robusta kepada masyarakat pada tahun 1920-an merupakan suatu keberhasilan besar. Kopi Robusta menyebar sepanjang Bukit Barisan Selatan menggantikan sebagian besar kopi Arabica dalam waktu kurang dari 10 tahun. Robusta menyelamatkan budidaya kopi karena jenis ini memiliki daya tahan terhadap penyakit *Hemileia vastatrix* yang pernah menyerang jenis Arabica di banyak daerah. Penanaman kopi Arabica hanya bertahan di beberapa daerah dataran tinggi seperti Liwa, Danau Ranau.

Pemangkasan

Praktek pemangkasan tanaman kopi menyebabkan hilangnya sistem kopi-rimba (*'jungle coffee'*). Kerusakan tanaman kopi rimba pada sistem hutan biasanya terjadi pada saat pemanenan yang dilakukan dengan cara membengkokkan secara paksa ranting-rantingnya untuk memetik buah kopi. Pemangkasan mengurangi jumlah panen per-tanaman, dan membutuhkan tenaga kerja lebih banyak, namun dalam jangka panjang akan meningkatkan produksi karena cara panen yang tidak merusak tanaman kopi. Beberapa cara budidaya kopi tanpa pemangkasan ini masih dapat dijumpai, semata-mata karena jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan sedikit. Cara ini masih dipertahankan, terutama oleh petani Semendo. Pengaruh umum dari kegiatan pemangkasan adalah meningkatnya produktivitas kopi dan menstimulasi pertumbuhan tanaman kopi.

Investasi: Pembangunan prasarana jalan

Penurunan biaya transportasi akan membuat aktivitas produksi kopi lebih menarik dan pada gilirannya akan meningkatkan daya tarik wilayah ini bagi para migran spontan. Dengan kata lain, pembukaan kawasan berhutan untuk berproduksi kopi semakin meluas; bahkan kawasan yang biasa dibudidayakan di gunung Sekincau yang berbatasan langsung dengan Taman Nasional Bukit Barisan, banyak dibuka masyarakat untuk kebun kopi baru.

Ketika harga di tingkat petani Sumberjaya membaik pada tahun 1997, banyak ditemukan petani yang berinvestasi ke jenis kendaraan angkutan (motor dan jeep) untuk memasarkan kopi mereka langsung kepada para penjual untuk mendapatkan harga yang

lebih baik. Hal ini mengakibatkan banyak pengusaha angkutan kehilangan peran mereka.

Penguasaan Lahan dan Perundang-undangan

Penguasaan lahan dan peraturan perundangan diwarnai oleh ketidakjelasan, ketidakpastian dan kontroversi (secara terinci lihat Verbist dan Pasya, 2004). Ketidakjelasan ini tercermin dalam pengelolaan budidaya kopi dalam kawasan hutan lindung dimana sebagian besar kebun kopi di dalam kawasan hutan lindung adalah kopi monokultur. Dengan adanya ketidakjelasan ketentuan hukum, yaitu tidak adanya jaminan bahwa petani akan tetap diperbolehkan mengelola kebun kopi mereka di dalam kawasan hutan lindung, minat petani untuk membudidayakan tanaman pohon yang baru memberikan hasil dalam jangka waktu yang panjang, akan sulit ditumbuhkan. Sementara itu, budidaya kopi multistrata lebih banyak dipraktekkan di lahan milik pribadi (Gambar 3). Seperti telah dikemukakan di atas, hal itu terjadi karena peraturan tentang penguasaan lahan yang tidak memberikan jaminan bagi petani. Kenyataan lain menunjukkan bahwa sistem multistrata yang cukup rimbun justru banyak ditemukan di daerah-daerah yang secara historis telah lama dibuka.

Adanya kebijakan publik dalam kebijakan pemanfaatan kawasan hutan Negara oleh petani, seperti tertuang dalam sistem Hutan Kemasyarakatan (HKM), diharapkan dapat menyelesaikan masalah tersebut. Melalui sistem HKM ini diharapkan pula akan menambah jumlah tanaman pohon di kebun kopi dalam kawasan hutan lindung.

Pajak, subsidi dan upeti: mempengaruhi kondisi pasar

Di Turrialba, Costa Rica kopi monokultur dapat lebih menguntungkan daripada sistem kopi dengan naungan pohon dadap (*Erythrina poeppigiana*) selama harga kopi masih tinggi dan biaya-biaya untuk bahan-bahan pendukung seperti pupuk dan pestisida cukup murah (Lopez *et al.*, 1999). Namun demikian sebuah kajian untung-rugi budidaya kopi di Sumberjaya menunjukkan bahwa budidaya kopi multistrata lebih menguntungkan daripada kopi monokultur (Budidarsono *et al.*, 2000). Kajian atas alih guna lahan (Gambar 3) menunjukkan bahwa dalam keadaan harga kopi yang tidak menentu (Gambar 6) banyak petani yang memutuskan untuk memperbanyak variasi tanaman di dalam kebun kopi mereka sebagai alternatif sumber pendapatan selain kopi.

Fakta lain yang menarik menyangkut budidaya kopi di dalam kawasan hutan negara adalah adanya pungutan 'tidak resmi' yang dilakukan oleh oknum aparat pemerintah. Petani yang membudidayakan kopi di kawasan hutan negara bersedia membayar uang (yang besarnya ditentukan oleh oknum tersebut) selama ada jaminan bahwa mereka tidak akan diusir. Praktek serupa juga memberikan kontribusi dalam

proses penggundulan hutan. Walaupun sulit mendapatkan informasinya, proses pembukaan hutan yang terjadi pada tahun 1997-2001 diduga diwarnai oleh praktek pembayaran tidak resmi tersebut.

Upaya untuk menarik retribusi dari mereka yang memanfaatkan kawasan hutan pernah diambil oleh Pemerintah Daerah Provinsi Lampung. Kebijakan ini dimaksudkan untuk mencegah perambahan kawasan hutan. Akan tetapi, kebijakan itu justru akan mendorong orang untuk membuka hutan. Perhitungan untung-rugi budidaya kopi di Sumberjaya menunjukkan bahwa dengan harga kopi di tingkat petani harus lebih dari Rp 3,500/kg, budidaya kopi di dalam kawasan hutan tetap akan menguntungkan walaupun petani harus membayar retribusi sebesar Rp 610/kg kopi yang mereka panen (Budidarsono *et al.*, 2000).

Sebenarnya mekanisme subsidi dan perpajakan dapat digunakan untuk mempengaruhi praktek budidaya kopi di daerah yang sensitif terhadap aspek lingkungan ini, kebijakan seperti itu belum ada. Bahkan pada saat semangat desentralisasi dimulai dan sedang bergulir, kita belum memiliki gambaran seberapa jauh hal itu dapat mengubah keadaan di Sumberjaya.

FUNGSI DAERAH ALIRAN SUNGAI DAN KELESTARIANNYA

Fungsi DAS dan kelestariannya mempunyai peranan yang sangat penting dalam negosiasi antara kelompok petani dengan aparat pemerintahan, baik dari Dinas Kehutanan maupun pemerintah daerah setempat dalam rangka mencari jalan keluar atas persoalan penggunaan lahan di kawasan Sumberjaya.

Persoalan yang sering memunculkan konflik antara petani dan aparat pemerintah di kawasan ini, sampai pada tingkat tertentu, bersumber pada perbedaan persepsi atas kelestarian fungsi lindung dari kawasan hutan lindung. Bagi aparat kehutanan, hilangnya hutan lindung secara cepat dapat berpengaruh serius terhadap fungsi DAS. Hal ini terutama jika dikaitkan dengan pembangunan dam untuk pembangkit tenaga listrik. Menurut Dinas Kehutanan, adalah cukup beralasan jika 50% dari wilayah Kecamatan Sumberjaya diklasifikasikan sebagai hutan lindung yang harus tetap berhutan.

Petani memiliki pengetahuan yang cukup baik dalam hal fungsi DAS walaupun agak berbeda dalam kepentingannya. Penelitian yang dilakukan oleh Schalenbourg (2002) menunjukkan bahwa petani cukup memahami fungsi DAS, bahwa hutan mengurangi resiko banjir dan pengikisan tanah serta meningkatkan kualitas air. Hal yang paling penting dari fungsi DAS bagi petani adalah menjaga sumber-sumber air tanah serta meningkatkan kualitas dan kuantitas air untuk keperluan rumah tangga dan pertanian. Persepsi ini sebenarnya tercermin di dalam lansekap Sumberjaya. Gambar 3 menunjukkan bahwa

setengah dari bagian selatan wilayah Sumberjaya mengalami pembukaan hutan yang serius. Akan tetapi, pada tempat-tempat yang menjadi sumber air rumah tangga, kelestariannya tetap dijaga dan dilindungi oleh masyarakat setempat. Walaupun masih terdapat persoalan menyangkut ketersediaan dan permintaan air bersih di Sumberjaya, 12% wilayah berhutan yang masih ada saat ini ditambah dengan sistem kopi campuran kelihatannya dapat memberikan fungsi DAS seperti yang diharapkan petani.

Turunnya harga kopi akhir-akhir ini telah mendorong petani untuk mencari bentuk penggunaan lahan lain yang bisa memberikan kompensasi atas berkurangnya pendapatan mereka dari kopi. Budidaya tanaman sayuran perlahan-lahan mulai meningkat di antara petani kopi. Budidaya tanaman sayuran biasanya disertai dengan tingkat penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang tinggi serta pengolahan tanah yang intensif. Ini meningkatkan resiko menurunnya kualitas air; pencemaran air sungai dan kolam ikan.

Penelitian ICRAF di Sumberjaya menunjukkan mosaik lansekap dengan berbagai bentuk budidaya kopi rakyat, persawahan, dan bantaran sungai, selain memberikan keuntungan ekonomis bagi petani, layanan terhadap lingkungan dari sistem tersebut tidak lebih buruk dari pada hutan alami terutama dalam hal menyediakan fungsi DAS bagi para petani dan bagi pengelola dam dan pembangkit tenaga listrik. Sinukaban *et al.* (2000) menunjukkan bahwa walaupun hujan bulanan antara tahun 1975 dan 2000 sedikit berkurang, debit air yang masuk ke dalam dam untuk PLTA justru meningkat. Hal ini dapat dijelaskan bahwa tingkat evapo-transpirasi kebun kopi lebih rendah daripada hutan. Dengan kondisi yang ada sekarang ini waduk dapat memenuhi kebutuhan PLTA untuk beroperasi lebih lama per tahun dengan kapasitas penuh, dari pada ketika DAS masih 60% tertutup hutan.

KESIMPULAN

Memperhatikan kembali pertanyaan penelitian, kecenderungan alih guna lahan dapat dibedakan menjadi dua. Pertama, adanya satu fase deforestasi besar-besaran (dari 60% menjadi 12% penutupan hutan) selama 30 tahun, yang mengubah hutan menjadi kebun kopi monokultur. Kedua, dalam selang waktu 15 tahun terjadi perubahan sebagian besar lahan kopi monokultur menjadi kebun kopi dengan naungan.

Di Indonesia, adanya pembangunan prasarana jalan dan harga kopi di tingkat petani yang relatif tinggi memicu meningkatnya alih guna lahan pada masa lalu. Pembangunan jalan raya, tidak hanya mempermudah dan menekan biaya transportasi beras dari wilayah lain, tetapi juga pemasaran kopi ke luar Sumberjaya. Fluktuasi harga kopi dan efek negatifnya terhadap pendapatan petani, telah mendorong terjadinya diversifikasi penggunaan lahan melalui penanaman

pepohonan di sela-sela pohon kopi. Tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti cengkeh dan lada (dengan *Gliricidia*) merupakan alternatif yang baik untuk diversifikasi. Akhir-akhir ini banyak ditemukan kebun kopi monokultur yang sedang dalam perubahan menuju kopi multistrata. Bahkan perkembangan terakhir, merespon turunnya harga kopi, petani mulai juga melakukan budidaya sayuran di kebun kopi mereka dan hal ini mungkin merupakan ancaman terhadap lingkungan di masa yang akan datang. Sampai batas tertentu, kegiatan petani dalam memanfaatkan lahan dipengaruhi oleh beberapa faktor pendorong eksternal maupun internal. Secara nyata tampak bahwa meningkatnya harga kopi mendorong terjadinya konversi hutan menjadi kebun kopi. Krisis moneter di Asia pada tahun 1997-2000 telah membawa keuntungan bagi para petani kopi di Lampung Barat. Padahal waktu itu harga kopi dunia kurang menguntungkan. Hal itu terjadi karena kebijakan devaluasi rupiah yang mendorong meningkatnya harga kopi di tingkat petani, yang pada gilirannya menaikkan daya beli petani.

Kebijakan nasional tentang desentralisasi dan otonomi daerah, akan membuka kesempatan untuk melakukan negosiasi dalam pemanfaatan kawasan hutan negara untuk budidaya kopi. Untuk itu, kendala kelembagaan perlu dihilangkan secara bertahap, sehingga lebih banyak lagi pohon dapat ditanam di kebun kopi dalam kawasan hutan lindung.

Fungsi DAS dapat diperbaiki setelah penebangan hutan. Hal yang perlu diperhatikan adalah bagaimana pihak-pihak yang berkepentingan secara jelas memahami apa yang diharapkan dari suatu DAS. Disamping itu, perlu diperoleh kesepakatan diantara pihak-pihak yang berkepentingan dalam hal penggunaan lahan terutama tentang tanaman apa yang paling sesuai untuk menggantikan fungsi hutan dan sekaligus dapat memberikan kesempatan berusaha bagi petani.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Diah Wulandari dan Rina Amalia dari ICRAF atas bantuannya dalam menterjemahkan makalah ini ke dalam Bahasa Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Benoit, D. 1989. Migration and Structure of Population. Transmigration and Spontaneous Migration in Indonesia: Propinsi Lampung. M. Pain, D. Benoit, P. Levang and O. Sevin. Bonty, ORSTOM.
- Broersma, R. 1916. De Lampongsche Districten. Batavia, Javasche Boekhandel en Drukkerij.
- Budidarsono, S.; Adi Kuncoro, S. dan T.P. Tomich. 2000. A profitability assessment of Robusta coffee systems in Sumberjaya watershed, Lampung, Sumatra, Indonesia. Bogor, ICRAF-Southeast Asia: 51.
- Ekadinata, A.P. 2002. Deteksi perubahan lahan menggunakan citra satelit multisensor di Sumberjaya, Lampung. Jurusan manajemen hutan, Fakultas kehutanan. Bogor, Institut Pertanian Bogor dan ICRAF-SEA, Bogor, Indonesia: 56.
- Huitema, W.K. 1935. De bevolkingskoffiecultuur op Sumatra. Tropische Landbouw. Wageningen, Landbouwhogeschool: 238.
- Karanja, A.M. 2002. Liberalisation and smallholder agricultural department: A case study of coffee farms in Kenya. Development economy. Wageningen, Agricultural university of Wageningen: 202.
- Lopez, D.M.; Somarriba, E. dan O. Ramirez, 1999. "Turnos óptimos de renovación de cafetales con sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*) y pleno sol." Revista Agroforestería en las Américas 6: 23.
- Mougeot, E. 1990. Marketing of rice, cassava and coffee in Lampung, Indonesia. Bogor, CGPRT Centre.
- Schalenbourg, W. 2002. An Assessment of Farmers' Perceptions of Soil and Watershed Functions in Sumberjaya, Sumatra, Indonesia. Bogor, ICRAF: 146.
- Sinukaban N.; Tarigan S.D.; Purwokusama W.; Baskoro, D.P.T. dan E.D. Wahyuni. 2000. Analysis of watershed functions. Sediment transfer across various types of filterstrips. Bogor. IPB: 87.
- Suyanto, S.; Dennis, R.; Kurniawan, I.; Stolle, F.; Maus, P. dan G. Applegate. 2000. The Underlying Causes and Impacts of fires in Southeast Asia. Site 1. Sekincau, Lampung Province, Indonesia. Bogor: ICRAF-SEA: 34.
- Syam, T.; Nishide, H.; Salam, A.K.; Utomo, M.; Mahi, A.T.; Lumbanraja, J.; Nugroho, S.G. dan M. Kimura. 1997. Land Use and Cover Changes in a Hilly Area of South Sumatra, Indonesia (from 1970 - 1990). Soil Science and Plant Nutrition 43(3): 587-599.
- Ultée, A.J. 1949. Koffiecultuur der ondernemingen. De Landbouw in de Indische Archipel. C. J. J. Van Hall and C. Van de Koppel. 's Gravenhage, Van Hoeve. 2b.
- Van Noordwijk, M.; Tomich, T.P. dan B.J.P. Verbist. 2001. Negotiation Support Models for Integrated Natural Resource Management in Tropical Forest Margins. Conservation Ecology 5(2): 18pp.
- Verbist, B.J.P.; Ekadinata A.P. dan S. Budidarsono. 2003. "Impact of land use change and its driving factors on agro-biodiversity in a coffee agroforestry system in Sumberjaya (Lampung, Sumatra)." Agroforestry Systems (submitted).

ANALISIS DEBIT SUNGAI AKIBAT ALIH GUNA LAHAN DAN APLIKASI MODEL GENRIVER PADA DAS WAY BESAI, SUMBERJAYA

Farida dan Meine van Noordwijk

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

ABSTRACT

Forest conversion into coffee gardens in Sumberjaya over the last three decades has led to concerns over the hydrological functions of the upper watershed. Forests generally are associated with positive watershed functions and all land use change is expected to negatively affect the quantity and quality of river flow from the perspective of people living downstream. A recently developed set of criteria for watershed functions aims at a focus on the impacts of land use change, given the climate and inherent properties of a site. We analyzed data for the Sumberjaya benchmark area to derive a set of quantitative indicators for the criteria ‘transmit water’, ‘buffer peak rain events’ and ‘release of water gradually’.

The conversion of forest to coffee gardens with declining forest area from 60% to 12% from 1970 to 2000. Based on the 23 years (from 1975 to 1998) of hydrological data, annual river flow as a fraction of rainfall has increased. The data show a decline in the ‘buffering indicator’ that relates peak flows to peak rainfall events, but this decline does not exceed the increase in average water yield. There was no negative impact on dry season flows. This implies that the distribution of daily flows is shifted upwards, but without specific breakdown of buffering for peak rainfall events. A simulation model (GenRiver) was used to explore our understanding of historical changes in river flow due to land use change and use it as a basis for exploring plausible future scenarios. GenRiver is a distributed process-based model that extends a plot-level water balance to subcatchment level. Our GenRiver application for Sumberjaya compares three different land use changes scenarios (all forest, current land use and degraded land). An acceptable agreement was obtained between the measured and simulated values of the watershed function indicators for the current land use mosaic. Watershed function indicators derived by the model can thus be used to explore the ‘degradation’ scenarios where the positive impact of forest conversion on total water yield would become associated with negative impacts such as flooding risk and declines in river flow during the dry season. In the model the key factor for such change is the condition of the soil, and current evidence suggests that coffee-based agroforestry does not pose a threat to watershed functions in Sumberjaya.

Keywords : *land use change, criteria and indicators of watershed functions, buffering indicator, GenRiver*

ABSTRAK

Dalam tiga dasawarsa terakhir alih guna lahan hutan menjadi perkebunan kopi dan lahan pertanian lainnya di daerah Sumberjaya, merupakan kegiatan yang disoroti karena pengaruhnya terhadap fungsi hidrologi daerah aliran sungai (DAS) di daerah hulu. Hutan umumnya dikaitkan dengan fungsi positif tata air dalam suatu ekosistem DAS dan semua alih guna lahan dianggap akan berdampak negatif terhadap kuantitas dan kualitas air bagi masyarakat di daerah hilir. Akhir-akhir ini telah dikembangkan sekumpulan kriteria fungsi DAS yang difokuskan pada dampak alih guna lahan terhadap fungsi DAS pada kondisi lokal spesifik (iklim dan kondisi alamnya). Data-data dari Sumberjaya telah dianalisis sehingga diperoleh sekumpulan indikator kuantitatif untuk tiga kriteria fungsi hidrologi DAS yaitu transmisi air (*transmit water*), fungsi penyangga (*buffering*) dan fungsi pelepasan air secara bertahap (*gradually release water*).

Konversi hutan menjadi kebun kopi menyebabkan jumlah luasan hutan di Sumberjaya, berkurang dari 60 % (pada tahun 1970-an) menjadi 12 % (tahun 2000) dari total luas lahan. Pengolahan data empiris dalam kurun waktu 23 tahun (tahun 1975 - 1998) menunjukkan adanya peningkatan debit sungai tahunan relatif terhadap besarnya curah hujan. Hasil tersebut menunjukkan adanya penurunan ‘indikator penyangga’ yang berhubungan dengan aliran puncak pada puncak kejadian hujan (*peak flows to peak rainfall events*), tetapi penurunan tersebut tidak melebihi peningkatan rata-rata hasil air. Penurunan ‘indikator penyangga’ tidak berpengaruh negatif terhadap aliran sungai pada musim kemarau. Hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi aliran harian telah bergeser ke atas (meningkat), tetapi tanpa penghambatan yang spesifik pada penyanggaan terhadap kejadian puncak hujan. Model simulasi (GenRiver) telah digunakan untuk mempelajari perubahan aliran sungai sebagai akibat adanya alih guna lahan, dan selanjutnya dipakai sebagai dasar untuk mempelajari beberapa skenario alih guna lahan yang mungkin terjadi di masa yang akan datang. GenRiver adalah sebuah model yang berbasis pada proses neraca air pada skala plot dan dikembangkan menjadi skala sub-DAS. Aplikasi simulasi model GenRiver untuk daerah Sumberjaya menggunakan tiga skenario alih guna lahan yaitu ‘semuanya hutan’, ‘kondisi lahan saat ini’ dan ‘lahan terdegradasi’. Hasilnya menunjukkan bahwa pengukuran di lapangan terhadap indikator fungsi hidrologi DAS cukup sesuai dengan hasil simulasi skenario ‘kondisi lahan saat ini’. Dengan demikian indikator fungsi hidrologi DAS yang diturunkan dari model simulasi dapat digunakan untuk mempelajari skenario ‘terdegradasi’, dimana dampak

positif konversi hutan terhadap peningkatan total hasil air akan berhubungan dengan dampak negatifnya seperti resiko terjadinya banjir dan kekeringan pada musim kemarau. Di dalam model tersebut disimpulkan bahwa perubahan kondisi tanah adalah faktor utama yang menyebabkan terjadinya perubahan fungsi DAS. Hasil penelitian saat ini membuktikan bahwa sistem agroforestri berbasis kopi tidak membahayakan kelestarian fungsi DAS di Sumberjaya.

Kata kunci : *alih guna lahan, kriteria dan indikator fungsi hidrologi DAS, indikator penyangga, GenRiver*

PENDAHULUAN

Salah satu fungsi utama dari DAS adalah sebagai pemasok air dengan kuantitas dan kualitas yang baik terutama bagi orang di daerah hilir. Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian akan mempengaruhi kuantitas dan kualitas tata air pada daerah aliran sungai (DAS) yang akan lebih dirasakan oleh masyarakat di daerah hilir. Persepsi umum yang berkembang pada saat ini, konversi hutan menjadi lahan pertanian mengakibatkan penurunan fungsi hutan dalam mengatur tata air, mencegah banjir, longsor dan erosi pada DAS tersebut.

Hutan selalu dikaitkan dengan fungsi positif terhadap tata air dalam ekosistem DAS (van Noordwijk *et al.*, 2003). Fungsi hutan dalam ekosistem DAS perlu dipandang dari tiga aspek berbeda, yaitu pohon, tanah dan lansekap (*landscape*). Vegetasi hutan berfungsi mengintersepsi air hujan, namun laju transpirasi yang tinggi mengakibatkan penggunaan air yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis vegetasi non-irigasi lainnya. Tanah hutan memiliki lapisan seresah yang tebal, kandungan bahan organik tanah, dan jumlah makroporositas yang cukup tinggi sehingga laju infiltrasi air lebih tinggi dibandingkan dengan lahan pertanian (Hairiah *et al.*, 2004). Dari sisi lansekap, hutan tidak peka terhadap erosi karena memiliki *filter* berupa seresah pada lapisan tanahnya.

Hutan dengan karakteristik tersebut di atas sering disebut mampu meredam tingginya debit sungai pada saat musim hujan dan menjaga kestabilan aliran air pada musim kemarau. Namun prasyarat penting untuk memiliki sifat tersebut adalah jika tanah hutan cukup dalam ($e \geq 3m$). Dalam kondisi ini hutan akan mampu berpengaruh secara efektif terhadap berbagai aspek tata air (Agus *et al.*, 2002).

Dalam tiga dasawarsa terakhir di daerah Sumberjaya banyak terjadi konversi hutan menjadi perkebunan kopi dan lahan pertanian lainnya. Pada kurun waktu tersebut terjadi penurunan luasan tutupan hutan dari 58% menjadi 15% (Ekadinata, 2001). Alih guna lahan ini mempengaruhi fungsi hidrologi DAS terutama fungsi tata air dalam ekosistem DAS.

Pengukuran fungsi hidrologi DAS di lapangan memerlukan pemahaman tentang banyak proses yang terlibat sehingga membutuhkan tenaga, waktu dan biaya yang banyak. Dengan demikian ketersediaan model hidrologi sangat diperlukan untuk membantu kita dalam mempelajari proses perubahan debit sungai akibat alih guna lahan dan neraca air pada tingkat DAS. GenRiver adalah model simulasi sederhana yang berbasis pada proses hidrologi digunakan untuk mempelajari proses perubahan debit sungai dan neraca air pada tingkat DAS Way Besai, Sumberjaya, Lampung.

METHODOLOGI

Deskripsi DAS Way Besai

Berdasarkan klasifikasi Oldeman, iklim di daerah Sumberjaya termasuk dalam zona B1 dengan 7 bulan basah ($CH > 200$ mm) dan 1 bulan kering ($CH < 100$ mm). Curah hujan rata-rata tahunan 2614 mm/tahun dengan kisaran rata-rata suhu udara harian 21.2 °C.

Curah hujan pada daerah ini memiliki intensitas yang tinggi dengan durasi hujan yang singkat dan tidak merata penyebarannya (Sinukaban *et al.*, 2000). Curah hujan tertinggi pada DAS Way Besai berdasarkan data empiris selama 23 tahun mencapai 160 mm/hari (Gambar 2 a). Musim hujan yang ditandai dengan tingginya curah hujan terjadi mulai bulan November hingga Mei. Curah hujan terendah terjadi pada periode Juni – September setiap tahunnya dengan rata – rata curah hujan mencapai 2500 mm/tahun.

Kriteria dan Indikator Kuantitatif

Fungsi Hidrologi

Kriteria dan indikator kuantitatif diperlukan dalam mempelajari fungsi hidrologi DAS. Kriteria dan indikator yang ditetapkan berdasarkan pemahaman kuantitatif hujan yang terbagi menjadi evapotranspirasi, aliran sungai dan perubahan penutupan serta pola penggunaan lahan sesuai dengan karakteristik lokal. Fluktuasi debit sungai dan curah hujan dijadikan parameter utama untuk menilai indikator penyangga (*buffering indicator*) akibat alih guna lahan. Kriteria dan indikator fungsi hidrologi DAS telah dibicarakan dengan rinci dalam Van Noordwijk *et al.* (2004), secara kuantitatif disajikan pada Tabel 1.

Deskripsi Singkat dan Proses Komponen Model GenRiver

Model Aliran Sungai Generik (GenRiver) merupakan model yang dikembangkan berdasarkan proses hidrologi (*process based model*). Simulasi model GenRiver menggunakan *Stella* sebagai *software* yang dihubungkan dengan file *microsoft excel*. Input utama dari model ini adalah curah hujan, tingkat penutupan

Tabel 1. Kriteria dan indikator kuantitatif fungsi hidrologi DAS.

Kriteria	Indikator
1. Transmisi air	<p><i>Total debit sungai per unit hujan(TWY)</i></p> $TWY = \Sigma Q / (A * \Sigma P)$ <p>Q = aliran sungai P = curah hujan A = luas DAS</p>
2. Penyangga pada puncak kejadian hujan	<p>2.1 a) <i>Buffering indicator (BI)</i> Indikator penyangga</p> $BI = (P_{abAvg} - (Q_{abAvg} / A)) / P_{abAvg}$ $= 1 - Q_{abAvg} / (A P_{abAvg})$ <p>dimana :</p> $P_{abAvg} = \Sigma \max(P - P_{mean}, 0)$ $Q_{abAvg} = \Sigma \max(Q - Q_{mean}, 0)$ <p>2.1 b) <i>Relative buffering indicator(RBI)</i> Indikator penyangga relatif terhadap total debit</p> $RBI = 1 - (Q_{abAvg} / Q_{tot}) / (P_{abAvg} / P_{tot})$ <p>2.1 c) <i>Buffering peak event (BPE)</i></p> <p>Indikator penyangga puncak kejadian hujan</p> $BPE = 1 - \text{Max}(\text{daily_}Q - Q_{mean}) / (A * \text{Max}(\text{daily_}P - P_{mean}))$ <p>2.2 Total maksimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan</p> <p>2.3 a) Total aliran permukaan (<i>surface quick flow</i>) terhadap debit total b) Total aliran cepat air tanah (<i>soil quick flow</i>) terhadap debit total</p>
3. Pelepasan air secara bertahap	<p>3.1 Total minimum debit terhadap rata-rata curah hujan bulanan</p> <p>3.2 Total aliran lambat (<i>slow flow</i>) terhadap total debit</p> $\Sigma Q_{slow} / (\Sigma Q) = (\Sigma P_{infiltr} - \Sigma ES + V) / \Sigma Q \text{ with}$ <p>$P_{infiltr}$ = jumlah air yang terinfiltrasi $ES + V$ = evaporasi oleh tanah dan vegetasi</p>

Catatan :

Q (mm/day) = $\{ [Q(m^3/dt) \times 24 \text{ jam/hari} \times 3600 \text{ dt/jam}] / [A(km^2) \times 10^6 \text{ m}^2/km^2] \} \times 10^3$ (mm/m)

P_{mean} = curah hujan rata – rata P_{abAvg} = curah hujan diatas nilai rata-rata

Q_{mean} = debit rata – rata Q_{abAvg} = debit diatas nilai rata – rata

Surface quick flow = aliran permukaan pada saat kejadian hujan

Soil quick flow = aliran air dalam lapisan tanah setelah satu hari kejadian hujan = aliran cepat air tanah

Slow flow = aliran air dalam lapisan tanah setelah lebih dari satu hari kejadian hujan = aliran lambat

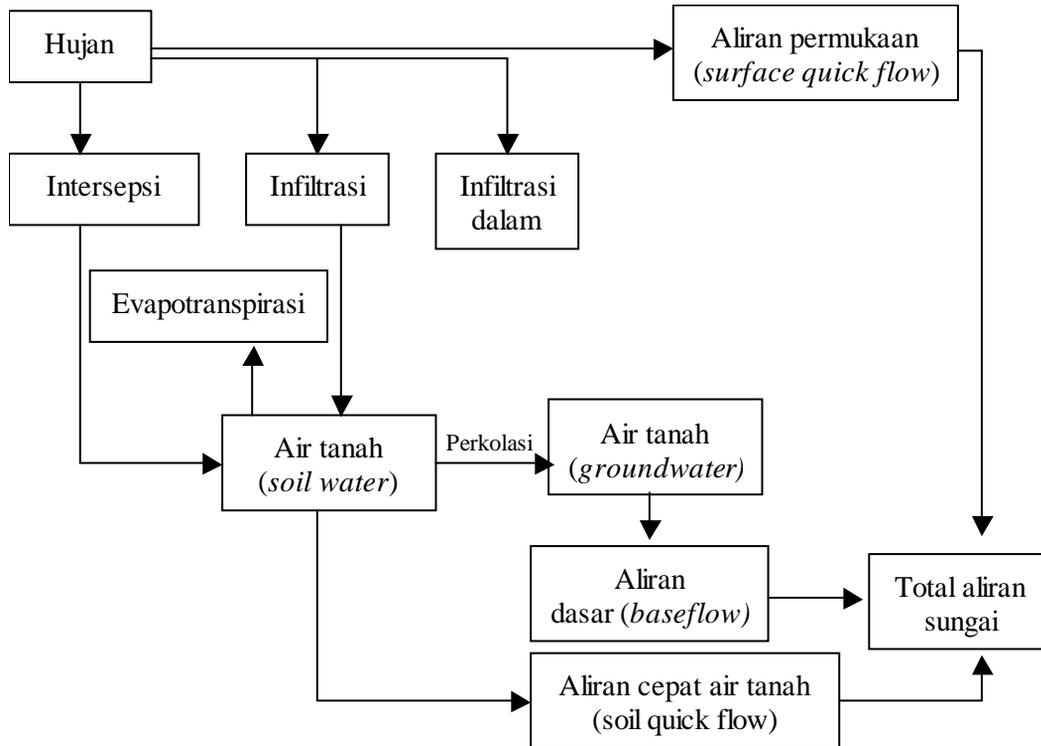
lahan dan sifat fisik tanah dengan keluaran utama berupa aliran sungai dan neraca air untuk skala DAS (Gambar 1).

Bagian utama dari GenRiver meliputi neraca air pada skala plot (*patch level water balance*) berdasarkan curah hujan dan modifikasi sifat fisik tanah dan penutupan lahan. Plot – plot ini memiliki kontribusi terhadap aliran sungai melalui aliran permukaan pada saat terjadinya hujan (*surface quick flow*), aliran air dalam tanah yang terjadi setelah hujan (*soil quick flow*) dan aliran dasar (*base flow*) yang berasal dari

pelepasan air tanah secara bertahap menuju sungai (*gradual release of groundwater*).

Komponen utama model GenRiver dan proses-proses yang terlibat sebagai berikut :

- *Curah hujan harian*. Curah hujan untuk skala sub-DAS dapat diambil dari data empiris atau menggunakan data bangkitan dari pembangkit data acak (*random generator*) yang mempertimbangkan pola temporal (seperti model rantai Markov) atau model yang mempertimbangkan korelasi ruang



Gambar 1. Diagram alur proses hidrologi pada GenRiver. Komponen utama pembentuk aliran sungai meliputi aliran permukaan (*surface flow*), air tanah (*ground water*), aliran dasar (*base flow*) dan aliran air dalam tanah yang terjadi setelah kejadian hujan (*soil quick flow*).

(*spatial correlation*) dari hujan pada waktu tertentu.

- *Intensitas hujan dan waktu untuk infiltrasi.* Intensitas hujan dihitung dari rata-rata data empiris intensitas hujan (mm/jam) dengan mempertimbangkan koefisien variasi dari kumpulan data tersebut. Lamanya hujan menentukan waktu yang tersedia untuk proses infiltrasi. Namun parameter ini dapat dimodifikasi dengan mempertimbangkan intersepsi oleh kanopi dan lamanya penetasan air dari kanopi (*dripping phase*) dengan penetapan awal (*default*) 30 menit.
- *Intersepsi.* Kapasitas penyimpanan air terintersepsi merupakan fungsi linier dari luas area daun dan ranting dari berbagai tipe penutupan lahan. Evaporasi dari air yang terintersepsi (*interception-evaporation*) mempunyai prioritas sesuai dengan kebutuhan transpirasi tanaman.
- *Infiltrasi dan aliran permukaan.* Proses infiltrasi dihitung berdasarkan nilai minimum dari : (a) kapasitas infiltrasi harian dan waktu yang tersedia untuk infiltrasi (ditentukan oleh intensitas hujan dan kapasitas penyimpanan lapisan permukaan tanah), (b) jumlah air yang dapat disimpan oleh tanah pada kondisi jenuh dan jumlah air yang dapat memasuki zona air tanah pada rentang waktu satu hari. Apabila kondisi pertama yang terjadi maka model akan menghasilkan aliran permukaan yang dibatasi oleh

infiltrasi (*infiltration limited runoff*), sedangkan pada kondisi kedua aliran permukaan yang terjadi merupakan aliran jenuh permukaan (*saturation overland flow*).

- *Evapotranspirasi.* Total evapotranspirasi yang digunakan pada model ini mengikuti evapotranspirasi potensial Penman – Monteith dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh: (a) air yang terintersepsi oleh kanopi, (b) kondisi tutupan lahan yang terkait dengan sensitivitas setiap jenis penutupan lahan terhadap kekeringan, (c) faktor pembobot pada evapotranspirasi potensial harian yang mengikuti fenologi dan pola tanam, (d) relatif potensial evapotranspirasi (bulanan) untuk setiap tipe penutupan lahan.
- *Redistribusi air tanah.* Selama kejadian hujan, tanah dapat mencapai kondisi jenuh air, namun sehari setelah hujan kondisi akan kembali pada kapasitas lapang (kondisi air tanah setelah 24 jam dari kejadian hujan lebat). Perbedaan antara kondisi jenuh dan kapasitas lapang dipengaruhi oleh: (a) transpirasi, (b) adanya aliran air ke zona bawah, (c) adanya aliran air ke sungai sebagai aliran cepat air tanah (*soil quick flow*) apabila air yang ada melebihi kapasitas lapang
- Pelepasan air tanah menuju sungai (melalui aliran dasar)

- Jarak (*routing distance*). Jarak titik pengamatan atau *outlet* DAS ditentukan dari titik pusat masing–masing sub-DAS. Waktu tempuh (*routing time*) dari masing–masing sub-DAS dapat diturunkan dari data jarak dan asumsi rata-rata kecepatan aliran air.

Keluaran dari model ini berupa debit sungai harian dan kumulatif neraca air tahunan. Pengolahan lebih lanjut dari output model ini dapat digunakan sebagai indikator dalam mempelajari fungsi DAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis debit sungai Way Besai, 1975-1998

Peningkatan debit sungai Way Besai terjadi pada musim hujan dengan maksimum $110 \text{ m}^3 \text{ det}^{-1}$. Penurunan debit sungai pada musim kemarau terjadi hingga mencapai $5 - 20 \text{ m}^3 \text{ det}^{-1}$. Perbandingan debit rata – rata selama 23 tahun antar musim berkisar antara $35 - 10 \text{ m}^3 \text{ det}^{-1}$ (Gambar 2 b).

Hubungan antara curah hujan dan distribusi debit sungai dibagi atas tiga periode waktu yaitu pertama (1975 – 1981), kedua (1982 – 1988), ketiga (1990 – 1998) (Gambar 3). Antara periode pertama dan kedua pada rentang curah hujan $0 - 80 \text{ mm/hari}$ tidak terdapat perbedaan yang besar pada debit sungai. Pada tingkat curah hujan $>80 \text{ mm/hari}$ terjadi peningkatan debit sungai yang lebih tinggi pada periode kedua apabila dibandingkan dengan rentang tingkat curah yang sama pada periode pertama. Pada periode ketiga ada kecenderungan peningkatan debit yang lebih besar jika dibandingkan dengan dua periode lainnya. Peningkatan ini berhubungan dengan peningkatan aliran permukaan akibat perubahan struktur tanah setelah terjadinya alih guna lahan pada akhir dekade 80-an.

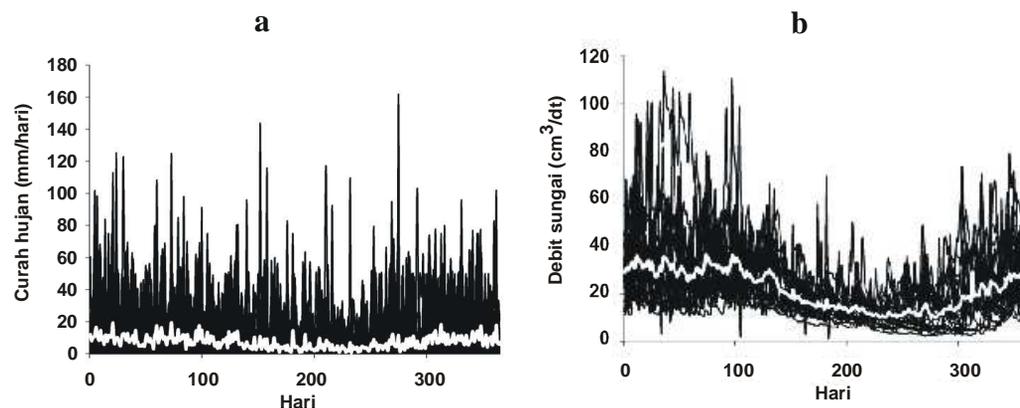
Secara umum peningkatan debit sungai seiring dengan peningkatan curah hujan. Peningkatan debit sungai tertinggi terjadi pada rentang curah hujan $0 - 80 \text{ mm/hari}$. Laju peningkatan debit di atas rentang tersebut relatif kecil terhadap peningkatan curah hujan. Kondisi ini digambarkan sebagai fungsi penyangga (*buffering*) terhadap kenaikan debit sungai.

Analisis lain yang dilakukan dengan menggunakan data empiris curah hujan dan debit sungai Way Besai adalah aplikasi perhitungan kuantitatif dari beberapa indikator seperti tercantum pada Tabel 1. Hasil aplikasi perhitungan kuantitatif dari beberapa indikator fungsi hidrologi DAS disajikan pada Gambar 4. Indikator penyangga (*buffering indicator*) cenderung berkorelasi negatif dengan total debit sungai sehingga peningkatan debit akan menurunkan kapasitas menyangga dari sungai. Indikator penyangga menunjukkan tingkat penurunan yang relatif rendah pada kondisi puncak kejadian hujan (*buffering peak events*). Peningkatan total debit tidak selalu diikuti dengan peningkatan debit terendah (bulanan) akibat adanya variabilitas hujan antar tahun (*inter-annual*).

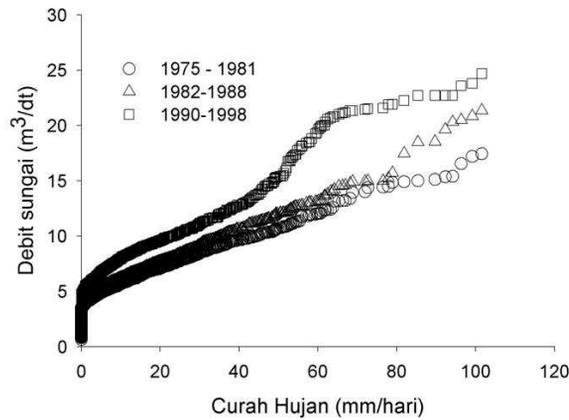
Simulasi GenRiver - Neraca air tahunan DAS Way Besai

Salah satu hasil simulasi GenRiver adalah neraca air tahunan (Gambar 5). Pada neraca air ini, kumulatif debit sungai merupakan penjumlahan aliran dasar (*baseflow*), aliran permukaan (*surface quick flow*) dan aliran cepat air tanah (*soil quick flow*). Selain itu, kumulatif debit sungai juga merupakan pengurangan antara kumulatif hujan dan evapotranspirasi. Besarnya evapotranspirasi, debit sungai dan curah hujan berfluktuasi sepanjang tahun dan digambarkan sebagai perubahan simpanan air pada DAS (*delta catchment storage*).

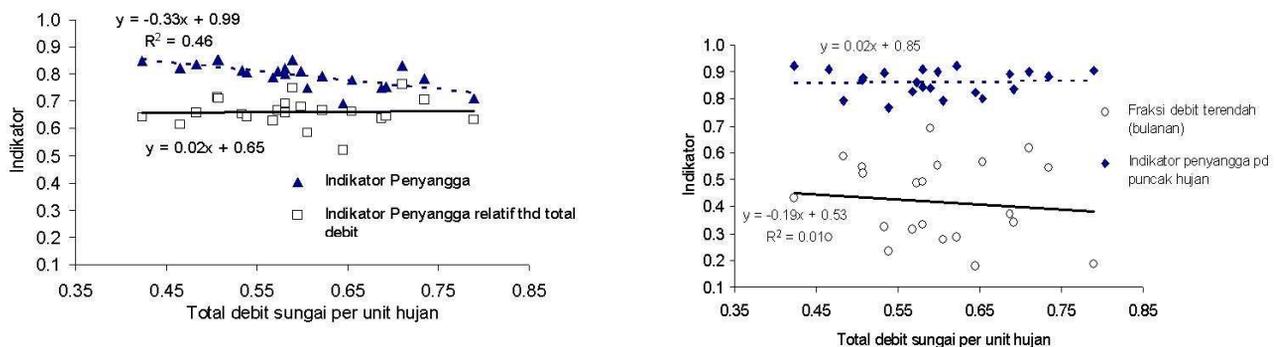
Curah hujan kumulatif mencapai 2500 mm/tahun dengan jumlah evapotranspirasi 1250 mm/tahun . Kumulatif aliran dasar (*base flow*) memberikan kontribusi terbesar pada debit sungai (40%) dengan jumlah aliran cepat air tanah (*soil quick flow*) dan aliran permukaan (*surface quick flow*) yang relatif stabil sepanjang tahun. Perubahan parameter neraca air tahunan pada DAS Way Besai lebih terkait dengan adanya perubahan pada kondisi tanah dibandingkan jumlah air yang digunakan oleh vegetasi pada berbagai tipe penggunaan lahan.



Gambar 2. Curah hujan (a) dan debit sungai (b) Way Besai 1975 -1998. Rata – rata curah hujan dan debit harian sebesar 7 mm dan $22 \text{ m}^3/\text{detik}$ (garis putih pada grafik).



Gambar 3. Hubungan antara curah hujan dengan distribusi debit sungai dalam tiga periode pengukuran 1975 – 1998. Curah hujan dan debit harian telah dipilah berdasarkan kesamaan *exceedance probability* (peluang kejadian suatu nilai melebihi suatu nilai tertentu).



Gambar 4. Hubungan indikator kuantitatif fungsi hidrologi DAS relatif terhadap total debit sungai per unit hujan menggunakan data empiris DAS Way Besai, Lampung.



Gambar 5. Neraca air kumulatif DAS Way Besai hasil simulasi GenRiver dalam periode satu tahun.

Simulasi GenRiver – Kriteria dan Indikator Fungsi Hidrologi DAS

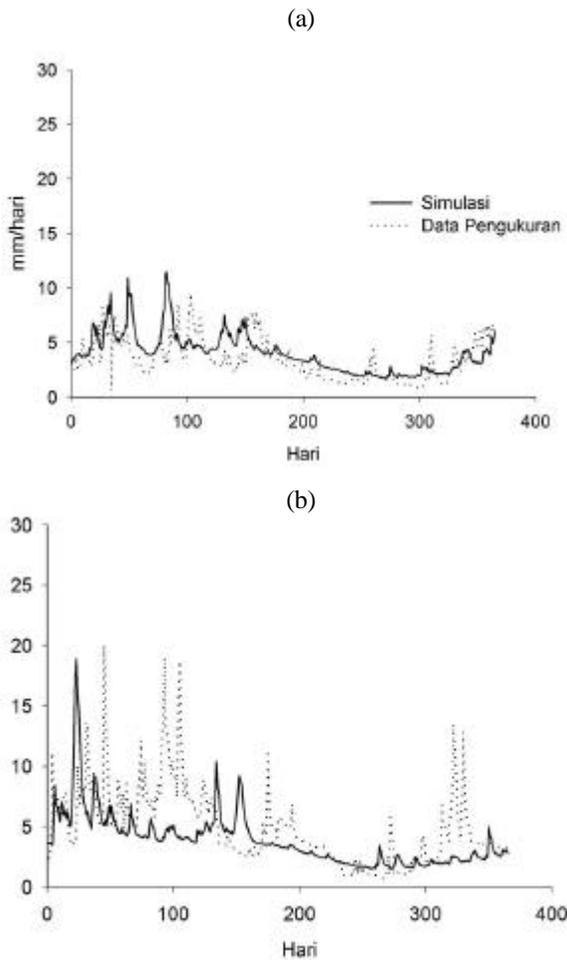
Untuk mempelajari hubungan curah hujan, debit sungai dan alih guna lahan dilakukan simulasi model GenRiver menggunakan data-data daerah Sumberjaya. Untuk itu dilakukan simulasi model dengan komposisi 58% hutan pada awal simulasi dengan penurunan hingga 14% pada akhir simulasi (Ekadinata,2001) dalam

periode 20 tahun. Peningkatan luasan kebun kopi dari 12% hingga 70% dengan penurunan luas areal pertanian (tidak termasuk kopi) dari 22% hingga 11%.

Perbandingan debit dari data empiris (data pengukuran) dengan hasil simulasi model GenRiver untuk tahun ke -3 dan 20 disajikan pada Gambar 6. Tahun ke - 3 mewakili kondisi awal simulasi (58% areal hutan) dan tahun ke -20 mewakili kondisi akhir simulasi dengan 14% areal hutan.

Perbandingan hasil simulasi dengan data pengukuran tidak dapat dilakukan dengan melihat kedekatan setiap titik hasil simulasi dengan data pengukuran. Hasil tersebut secara umum berarti simulasi model dapat menghasilkan pola debit yang sama dengan data pengukuran walaupun masih belum bisa mendekati beberapa titik puncak dan aliran dasar.

Debit sungai pada tahun ke-20 relatif lebih tinggi dibandingkan debit pada tahun ke-3 (Gambar 6). Peningkatan puncak debit pada tahun ke-20 mencapai dua kali lebih tinggi daripada tahun ke-3.



Gambar 6. Hasil simulasi GenRiver pada tahun ke 3 (a) dan ke 20 (b). Kesesuaian antara hasil simulasi dengan data pengukuran dilihat dari kesamaan pola debit hasil simulasi dengan data pengukuran.

Hal ini berkaitan dengan penurunan luasan hutan pada tahun ke-20 yang menyebabkan berkurangnya intersepsi tajuk oleh pohon sehingga meningkatkan aliran permukaan. Selain itu penurunan jumlah evapotranspirasi dan laju infiltrasi akibat rusaknya struktur tanah pada lahan bekas hutan menyebabkan peningkatan jumlah air yang masuk ke dalam sungai.

Simulasi alih guna lahan dengan beberapa skenario dilakukan untuk mempelajari hubungan antara alih guna lahan terhadap perubahan aliran (debit) sungai. Total curah hujan dan nilai parameter masukan model ini ditetapkan sama untuk setiap skenario simulasi. Ada 3 skenario alih guna lahan yang disimulasikan yaitu :

Skenario 1. Seluruhnya hutan, artinya seluruh DAS tertutup oleh hutan (*all forest*)

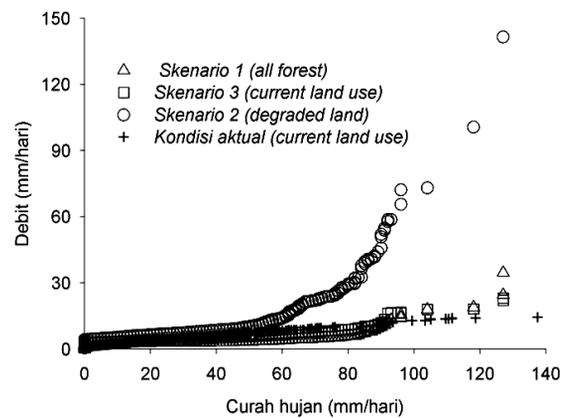
Skenario 2. Lahan terdegradasi, seluruh DAS berupa lahan terdegradasi atau padang alang-alang (*degraded lands/grassland*)

Skenario 3. Kondisi saat ini, adalah kondisi penutupan lahan di Sumberjaya saat ini (*current land use*) dengan komposisi sebagai berikut:

No	Kelas Penutupan Lahan	Tingkat penutupan lahan (%)
1	Hutan	13
2	Semak belukar	1
3	Padang rumput	9
4	Pemukiman	2
5	Lahan kosong	1
6	Kopi monokultur	18
7	Kopi multistrata	35
8	Kopi muda	18

Sumber : Ekadinata, 2001

Hasil simulasi dari ketiga skenario ini disajikan pada Gambar 7. Sebagai pembandingan (kontrol) disajikan juga data pengukuran dengan kondisi penutupan lahan sama dengan skenario 3 (*current land use*). Tingkat debit terendah dihasilkan dari skenario 1 (*all forest*) dan debit tertinggi dari hasil skenario 2 (*degraded lands/grassland*). Debit maksimum yang dihasilkan pada skenario 1 mencapai 20 mm/hari sedangkan pada skenario 3 bisa mencapai 200 mm/hari. Pada skenario 3 (*current land use*) didapatkan hasil yang mendekati hasil simulasi skenario 1 (*all forest*).



Gambar 7. Perbandingan debit sungai hasil simulasi debit dengan beberapa skenario alih guna lahan dengan data hasil pengukuran. Total curah hujan dan parameter masukan model ditetapkan sama untuk setiap skenario simulasi.

Perbandingan indikator fungsi hidrologi DAS pada beberapa skenario simulasi alih guna lahan disajikan pada Tabel 2. Skenario 1 (*all forest*) menghasilkan total debit sungai terendah (44%) diantara skenario lainnya, sedangkan skenario 2 (*degraded lands/grassland*) dan 3 (*current land use*) menghasilkan

62% dan 53%. Bila hasil simulasi ini dibandingkan dengan hasil pengukuran, ternyata hasil simulasi debit sungai sekitar 14 % lebih tinggi dari pada hasil pengukuran. Hal ini berkaitan dengan nilai evapotranspirasi pada GenRiver yang masih memerlukan parameterisasi lebih lanjut.

Hasil indikator penyangga (*buffering indikator*) tertinggi diperoleh dari simulasi skenario 3 (*current land use*) diikuti oleh skenario 1 (*all forest*) dan 2 (*degraded lands/grassland*). Nilai indikator penyangga dengan kondisi penutupan lahan saat ini

(Tabel 2) masih cukup tinggi dan mendekati nilai indikator penyangga dengan skenario 1 (*all forest*).

Perbandingan indikator – indikator yang dihasilkan dari hasil simulasi model untuk kondisi *current land use* secara umum dapat diterima tingkat kesesuaiannya dengan pengolahan indikator menggunakan data pengukuran. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan model GenRiver dengan parameterisasi model yang menggunakan data dan kondisi lokal dapat dipakai untuk mempelajari fungsi hidrologi DAS dengan berbagai skenario alih guna lahan.

Tabel 2. Beberapa indikator fungsi hidrologi DAS Way Besai dengan beberapa skenario alih guna lahan.

Indikator	Simulasi GenRiver			Data Pengukuran (<i>current LU</i>)
	Skenario 1 (<i>all forest</i>)	Skenario 2 (<i>degraded land</i>)	Skenario 3 (<i>current LU</i>)	
Total debit sungai per unit hujan	0.44	0.62	0.53	0.61
Indikator penyangga (<i>buffering indikator</i>)	0.80	0.68	0.82	0.79
Indikator penyangga relatif terhadap total debit	0.55	0.49	0.66	0.66
Indikator penyangga pada puncak kejadian hujan	0.76	0.78	0.81	0.86
Total debit maksimum terhadap rata-rata curah hujan bulanan	1.65	1.58	2.19	1.92
Total debit minimum terhadap rata-rata curah hujan bulanan	0.50	0.46	0.54	0.39
Total aliran permukaan terhadap debit total	0.00	0.36	0.11	*
Total aliran cepat air tanah terhadap debit total	0.02	0.00	0.10	*
Total aliran lambat terhadap debit total	0.29	0.25	0.30	*

KESIMPULAN

1. Hubungan antara curah hujan dan debit sungai pada DAS Way Besai selama 23 tahun (tahun 1975 - 1998) pengamatan menunjukkan adanya peningkatan debit pada periode 1990 – 1998. Peningkatan ini berkaitan dengan pengurangan luasan hutan dari 60% menjadi 12% dari tahun 1970-an sampai 2000.
2. Pengolahan data empiris debit menunjukkan perubahan indikator penyangga (*buffering indikator*). Perubahan ini memiliki kecenderungan menurunnya indikator penyangga dengan meningkatnya total debit sungai.
3. Model GenRiver dapat digunakan untuk mempelajari fungsi hidrologi DAS dan hubungannya dengan alih guna lahan. Beberapa hasil utama dari simulasi GenRiver:
 - Aliran dasar (*base flow*) memberikan kontribusi terbesar (40%) pada debit sungai

dengan jumlah aliran cepat air tanah (*soil quick flow*) dan aliran permukaan (*surface quick flow*) yang relatif stabil sepanjang tahun.

- Debit sungai hasil simulasi mendekati pola debit hasil pengukuran, walaupun titik puncak dan aliran dasar yang diperoleh masih perlu parameterisasi lebih lanjut.
 - Skenario seluruh DAS tertutup hutan menghasilkan jumlah debit sungai paling kecil dibandingkan skenario kondisi terdegradasi dan skenario kondisi saat ini. Indikator fungsi hidrologi menunjukkan peningkatan hasil air sungai dan peningkatan resiko banjir karena alih fungsi hutan..
4. Perubahan kondisi tanah sesudah alih fungsi hutan adalah penyebab utama terjadinya perubahan fungsi DAS. Sistem agroforestri berbasis kopi dapat mengembalikan kelestarian fungsi hidrologi DAS.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih atas saran dan kritik yang diberikan oleh Prof. Dr. S.M. Sitompul, Prof. Dr. Kurniatun Hairiah dan editor tamu pada edisi khusus ini Dr. Fahmuddin Agus.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F.; Gintings, A.N. dan M. Van Noordwijk. 2002. Pilihan Teknologi Agroforestri/Konservasi Tanah Untuk Areal Pertanian Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. International Center for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor, Indonesia. 60 p.
- Ekadinata, A. 2001. Deteksi Perubahan Lahan dengan Citra Satelit Multisensor di Sumberjaya, Lampung. Skripsi S1. Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K.; Suprayogo, D.; Widiyanto; Berlian; Suhara, E.; Mardiasuning, A.; Widodo, H. R.; Prayogo, C. dan S. Rahayu. 2004. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Agroforestri Berbasis Kopi: ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. *Agrivita* 26 (1):75-88.
- Sinukaban, N. 2000. Analysis of Watershed Function Sediment Transfer Across Various Type of Filter Strips. South East Asia Policy Research Working Paper No 7. World Agroforestry Centre (ICRAF-SEA), Bogor, Indonesia
- Van Noordwijk, M.; Farida, A.; Verbist, B. dan T. Tomich. 2003. Agroforestry and Watershed Functions of Tropical Land Use Mosaics. In *Proceeding 2nd Asia Pacific Training Workshop on Ecohydrology*. Cibinong, July 21-26 July, 2003.
- Van Noordwijk, M.; Richey, J. dan D. Thomas. 2003. Landscape and (Sub) Catchment Scale Modeling of Effect of Forest Conversion on Watershed Functions and Biodiversity in SouthEast Asia. *Functional Value of Biodiversity – Phase II Report*. ICRAF, Bogor.

ALIH GUNA LAHAN HUTAN MENJADI LAHAN PERTANIAN: APAKAH FUNGSI HIDROLOGIS HUTAN DAPAT DIGANTIKAN SISTEM KOPI MONOKULTUR ?

**Widianto¹, Didik Suprayogo¹, Herman Noveras², Rudi Harto Widodo³,
Pratiknyo Purnomosidhi³ dan Meine van Noordwijk³**

¹Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Jl. Veteran, Malang, 65145,

²Alumni Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

³World Agroforestry Centre, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161, Bogor 16001

ABSTRACT

Forest typically provide a strong protection against soil erosion. Land use practices and forest conversions have been implicated in causing increased runoff and soil erosion. In the Way Besai watershed, deforestation and the resulting coffee mono-cropping system have been blamed as the major causes of change in hydrology and increasing soil erosion. Before we can find the solution to the degradation of soil and water resources, we must first identify the problem, its causes, effects and the inter-linkages between the different factors. Our understanding of the change in hydrology and soil erosion, forests and their role in the hydrological cycle will be important in enabling rational decision-making at different levels. Therefore, this research was intended to quantitative understanding of runoff and soil erosion changes due to forest conversions to coffee mono-cropping system.

Field observation was conducted on remnant forest on the ridge top and coffee monoculture 1, 3, 7, and 10 years old on the upper and medium slopes, with four replications each. Infiltration measurements indicated that the infiltration rate under coffee monoculture 3 years old < coffee monoculture 1 year old = coffee monoculture 7 years old = coffee monoculture 10 years old < forest. Runoff and sediment yield from natural forest was much less than that of coffee gardens, but with time the coffee gardens show a partial recovery. Clearing natural forest causes tremendous increase of runoff and erosion. Cumulative surface runoff from the natural forest plot was only 27 mm, about one third from that of newly cleared forest (75 mm). But the highest surface runoff was obtained from 3 years coffee plots (124 mm). Beyond that age, runoff decreases with the increase of the age of coffee. Soil loss due to erosion peaked in the 1-year old coffee gardens.

Key word : landuse-change, soil-degradation, infiltration, runoff, soil erosion, forest-conversion

ABSTRAK

Hutan secara umum dapat melindungi permukaan tanah dari bahaya erosi. Alih-guna lahan hutan dan penggunaan lahan untuk pertanian seringkali mendorong peningkatan limpasan permukaan dan erosi. Di kawasan DAS Way Besai, proses penebangan hutan dan penanaman kopi monokultur dianggap sebagai penyebab utama terjadinya perubahan hidrologi dan peningkatan erosi. Sebelum menemukan pemecahan terhadap masalah degradasi lahan dan sumberdaya air, lebih dulu harus dipahami permasalahan, penyebab, dampak serta hubungannya dengan berbagai faktor lain. Pemahaman terhadap perubahan hidrologi dan erosi, hutan dan peranannya dalam siklus hidrologi, akan sangat penting untuk mendasari pengambilan keputusan yang rasional pada berbagai tingkatan. Penelitian ini ditujukan untuk memahami secara kuantitatif perubahan perilaku limpasan permukaan dan erosi akibat alih-guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur.

Percobaan lapangan dilakukan pada lahan hutan yang masih tersisa di puncak bukit dan pada pertanaman kopi yang berumur 1, 3, 7 dan 10 tahun yang tersebar di bagian puncak dan tengah lereng, masing-masing diulang empat kali. Laju infiltrasi pada lahan dengan tanaman kopi berumur 3 tahun adalah yang paling rendah, kemudian laju infiltrasi pada lahan dengan tanaman kopi berumur 1 = kopi berumur 7 tahun = kopi berumur 10 tahun, dan yang paling tinggi pada lahan hutan. Limpasan permukaan dan hasil sedimen paling sedikit terjadi di lahan hutan alam dibandingkan kebun kopi, namun semakin bertambah umur kopi, hasil limpasan permukaan dan sedimen semakin berkurang. Penebangan hutan alam mengakibatkan limpasan dan erosi meningkat luar biasa. Limpasan permukaan kumulatif dari petak percobaan hutan alam hanya 27 mm, hanya sepertiga dari petak hutan yang baru ditebang (75 mm). Limpasan permukaan terbesar diperoleh pada petak dengan tanaman kopi berumur 3 tahun (124 mm). Pada petak dengan tanaman kopi berumur lebih dari 3 tahun terjadi penurunan limpasan permukaan. Kehilangan tanah karena erosi yang terbesar pada petak dengan tanaman kopi berumur 1 tahun.

Kata kunci : Alih guna lahan, degradasi tanah, infiltrasi, limpasan permukaan, erosi tanah, konversi hutan

PENDAHULUAN

Hutan merupakan salah satu sistem penggunaan lahan, berupa aneka pepohonan dan semak sehingga membentuk tajuk berlapis. Hutan yang demikian mampu mempertahankan tanah dari proses kerusakan akibat erosi. Penggunaan lahan untuk pepohonan yang sejenis seringkali juga disebut hutan, misalnya hutan tanaman industri, hutan pinus, hutan jati, hutan mahoni, dsb. Namun penggunaan lahan untuk pepohonan tanaman industri (kopi, karet, teh, kakao, sawit, dsb) tidak disebut hutan melainkan kebun. Kebun tanaman industri yang komposisinya lebih dari satu species dan dibiarkan

sehingga tumbuh semak dan aneka tanaman bawah (*understorey*) kelihatannya mirip hutan dinamakan sistem agroforestri.

Beberapa tahun terakhir terjadi penebangan pepohonan besar-besaran dan serentak di hutan maupun di perkebunan baik secara legal maupun ilegal (penjarahan). Penebangan pohon serentak secara legal atau ilegal, akibatnya sama saja yaitu terbukanya permukaan tanah pada saat yang sama. Pada musim kemarau terik sinar matahari mengenai permukaan tanah secara langsung, akibatnya terjadi percepatan proses-proses reaksi kimia dan biologi, salah satunya adalah penguraian bahan organik tanah (dekomposisi). Sebaliknya, air hujan yang jatuh selama musim penghujan tidak ada yang menghalangi sehingga memukul tanah secara langsung, berakibat pada pecahnya agregat tanah, meningkatnya aliran air di permukaan dan sekaligus mengangkut partikel tanah dan bahan-bahan lain termasuk bahan organik (erosi).

Penghutan kembali diyakini dapat menghambat proses degradasi lahan, namun tidak semua lahan dapat dihutankan kembali karena adanya desakan kebutuhan manusia. Penanaman lahan terbuka dengan pepohonan non-kayu seperti buah-buahan dan tanaman industri (misalnya kopi, karet, kakao, dsb) diharapkan dapat menahan degradasi lahan yang sudah terbuka itu. Pertumbuhan pepohonan biasanya amat lambat untuk bisa menutupi tanah secara penuh dan mengembalikan bahan organik yang hilang. Ada periode di mana tanah masih tetap terbuka walaupun sudah ditanami dengan pepohonan pada tahun-tahun awal. Tulisan ini membahas perubahan hidrologi dan sifat tanah akibat tebang habis pohon di hutan sekunder dan upaya pengembaliannya.

BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilakukan pada lahan berbukit sampai bergunung di dusun Bodong, Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat. Kawasan ini berada pada ketinggian antara 800-1.000 m di atas permukaan laut, didominasi tanah-tanah yang berkembang dari bahan vulkanik. Penggunaan lahan di kawasan ini sebelumnya berupa hutan sekunder dengan status hutan konservasi, namun sebagian telah ditebang oleh masyarakat sekitar dan umumnya ditanami kopi. Hal ini mulai terjadi beberapa puluh tahun yang lalu, tetapi akhir-akhir ini menjadi semakin cepat dan luas.

Limpasan permukaan dan erosi dimonitor dan diukur dari petak-petak erosi yang dibangun pada hutan sekunder dan pada hutan yang sudah ditebang habis dan digantikan dengan tanaman kopi, sehingga umur kopi saat percobaan ini adalah berturut-turut 1; 3; 7 dan 10 tahun. Petak erosi berukuran 40 m², dengan panjang 10 m searah lereng dan lebar 4 m, dengan kemiringan sekitar 30°. Dari luasan lahan tersebut setiap kejadian hujan diukur besarnya limpasan permukaan dengan menggunakan alat penampung "*Chin-ong-meter*".

Pengukuran limpasan dan erosi dilakukan sesudah setiap peristiwa hujan selama tiga bulan terakhir musim penghujan tahun 2001 (Mei s/d Juli 2001).

Chin-ong meter (Gambar 1) merupakan suatu penyalur limpasan permukaan yang dipasang di saluran pembuangan plot pengukur limpasan permukaan dan erosi. Chin-ong meter ini terbuat dari plat besi setebal 3 mm yang berbentuk persegi panjang dengan panjang 50 cm, lebar 25 cm dan tinggi 15 cm. Di bagian tengah dan bawah dari alat ini dibuat lubang selebar diameter dalam dari pipa besi berdiameter 5 cm. Di dalam pipa tersebut di buat lubang sempit memanjang guna pembuangan air yang ditampung dalam jurigen untuk pengukuran limpasan permukaan dan erosi. Limpasan permukaan dan erosi yang lainnya diteruskan ke bawah dalam permukaan dasar Chin-ong meter menuju pembuangan. Alat ini pada bagian yang panjang dipasang agak miring namun pada bagian lebar harus dipasang dalam posisi yang rata dan dichek dengan "water-pas". Dengan teknik pemasangan tersebut, aliran air diasumsikan sebagai aliran laminier, sehingga sebagian aliran akan masuk silinder dan lainnya terus menuju pembuangan. Perbandingan antara jumlah air yang masuk silinder dan yang keluar setiap alat yang terpasang di lapangan harus dikalibrasikan melalui proses penuangan air 10 l dari atas alat dan diukur limpasan yang masuk ke dalam jerigen. Selanjutnya jika sudah ada angka kalibrasi untuk setiap alat maka untuk pengamatan limpasan permukaan dan erosi cukup menampung aliran yang lewat Chin-ong meter, kemudian diukur volume air dan sedimen di jerigen penampung.

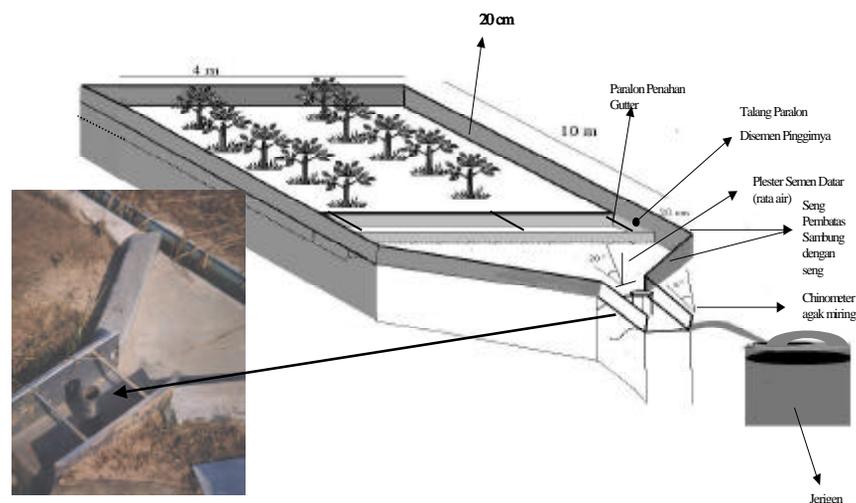
Infiltrasi dihitung berdasarkan neraca air dengan memberikan curah hujan buatan dari alat curah hujan buatan (rainfall simulator) pada luasan tanah 0.2 m x 0.3 m. Intensitas hujan yang diberikan sebesar 60 mm jam⁻¹ selama 5 menit dan diulang 3 kali untuk setiap plot secara berturutan. Limpasan permukaan

diukur setiap 30 detik. Laju infiltrasi dihitung dari pengurangan curah hujan dengan limpasan permukaan. Infiltrasi yang disajikan adalah infiltrasi konstan dimana tanah telah mengalami penjenhuan air.

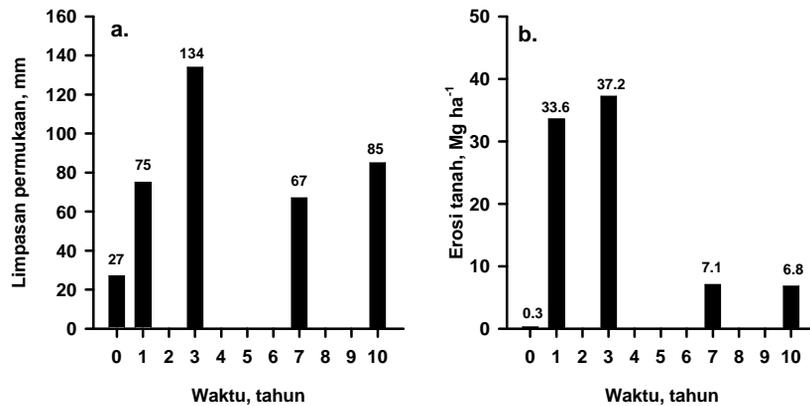
HASIL DAN PEMBAHASAN

Terjadinya hujan total sebesar 458 mm selama percobaan menyebabkan terjadinya limpasan permukaan dari lahan yang masih tertutup hutan sebesar 27 mm, sementara limpasan permukaan pada hutan yang sudah ditebang habis mencapai hampir tiga kali lipat (75 mm) (Gambar 2.a.). Tingginya limpasan permukaan ini sejalan dengan erosi yang sangat besar pada kebun kopi yang berumur satu tahun, yakni sebesar 33,6 Mg ha⁻¹ dibandingkan hanya 0,3 Mg ha⁻¹ dari lahan yang masih tertutup hutan (Gambar 2.b).

Perubahan yang besar ini diakibatkan oleh terbukanya permukaan tanah dari hutan dengan kanopi tertutup 100 % menjadi terbuka (Tabel 1) dengan penutupan kanopi hanya 12 %, sehingga air hujan langsung mengenai dan memukul permukaan tanah. Walaupun perubahan sifat-sifat fisik permukaan tanah pada tahun pertama ini tidak besar tetapi jumlah porositas makro tanah (Suprayogo *et al.*, 2004) dan penurunan laju infiltrasi ternyata sangat menentukan besarnya limpasan permukaan. Pukulan air hujan yang langsung mengenai permukaan tanah menyebabkan sebagian agregat hancur, sehingga ruang pori makro berkurang dan laju infiltrasi menurun. Cunningham (1963) membuktikan terjadinya penurunan jumlah pori makro dan pori mikro di lapisan permukaan (0-7,5 cm) sebesar 10 % bilamana hutan ditebang habis. Sedangkan Moura Filho & Buol (*Sanchez*, 1976) hanya mendapati bahwa pori makro saja yang menurun sebesar 14-21 % di horison A dan B, sedangkan pori mikro justru meningkat.



Gambar 1. Diagram plot erosi dan alat penampung limpasan permukaan dan erosi tanah.



Gambar 2. (a) Limpasan permukaan dan (b) erosi tanah dari petak percobaan dengan berbagai umur tanaman kopi dibandingkan dengan petak hutan yang masih belum ditebang, diamati pada periode mei-juli 2001 dengan curah hujan total 458 mm, dimana waktu 0 = hutan sekunder, 1 = kopi umur 1 tahun, 3 = kopi umur 3 tahun, 7 = kopi umur 7 tahun dan 10 = kopi umur 10 tahun

Kedua peneliti tersebut menunjukkan bahwa pembukaan hutan mengakibatkan pecahnya sebagian agregat terutama yang kurang stabil. Penurunan jumlah ruangan pori makro akibat hancurnya sebagian agregat mengakibatkan laju infiltrasi menurun, sehingga di bawah kondisi curah hujan yang sama, limpasan permukaan yang terjadi pada lahan terbuka menjadi semakin banyak (Gambar 2.a).

Kadar bahan organik dan jumlah pori makro semakin kecil (Suprayogo *et al.*, 2004) dan laju infiltrasi semakin kecil pada tahun ketiga walaupun sudah ada tanaman kopi yang ditanam segera setelah hutan ditebang. Adanya tanaman kopi yang berumur tiga tahun telah memberikan penutupan tajuk hampir 100 % ternyata tidak memperbaiki kondisi permukaan tanah. Laju infiltrasi mencapai 1,4 cm jam⁻¹, yang berarti menjadi semakin lambat (Gambar 3). Akibatnya limpasan permukaan yang terjadi semakin besar (134 mm) dan erosi juga bertambah besar (37,2 Mg ha⁻¹).

Tanaman kopi bertumbuh cepat sehingga pada umur tiga tahun tajuknya sudah hampir menutupi seluruh permukaan tanah. Namun, pada fase pertumbuhan cepat ini tidak banyak daun-daun tua yang mati dan gugur menjadi seresah yang bisa menambah bahan organik di lapisan tanah atas. Kadar bahan organik lapisan sebesar 1,2 %, menunjukkan ada kenaikan sedikit dibanding tahun pertama sebesar 1,1 % (Suprayogo *et al.*, 2004). Jumlah seresah yang dihasilkan tanaman kopi muda masih sangat sedikit, sehingga seresah yang ada hanya menutup 47 % dari luas permukaan tanah (Tabel 1).

Tahun ke tujuh setelah penanaman kopi baru terlihat adanya peningkatan kualitas sifat fisik tanah yakni laju infiltrasi, jumlah pori makro dan kadar bahan organik yang nilainya bertambah besar dibanding tahun ketiga. Nilai variabel sifat tanah ini semakin meningkat pada tahun kesepuluh, namun belum bisa menyamai kondisi hutan (Suprayogo *et al.*, 2004). Peningkatan kualitas tanah tersebut bersama dengan penutupan tajuk yang

semakin rapat mengakibatkan penurunan limpasan permukaan dan erosi pada tahun ketujuh sampai kesepuluh dibanding tahun ketiga.

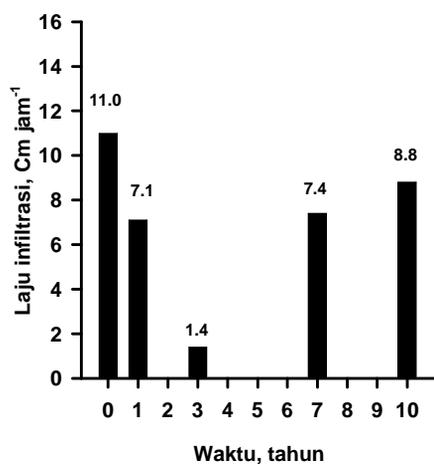
Peningkatan kandungan bahan organik tanah disertai dengan peningkatan jumlah ruangan pori makro serta kenaikan laju infiltrasi menunjukkan bahwa terjadi proses perbaikan struktur tanah (Suprayogo *et al.*, 2004). Perbaikan ini sebagian besar merupakan kontribusi dari bahan organik yang berasal dari pelapukan seresah dedaunan terutama daun kopi. Dengan melihat dan membandingkan keadaan tajuk tanaman kopi yang berumur 3 tahun dan 7 tahun (luas dan kedalaman tajuk hampir sama, Tabel 1), berarti produksi seresah sudah mulai banyak dan stabil. Jika dibandingkan dengan peningkatan penutupan tanah oleh seresah, terjadi peningkatan dari 47 % menjadi 66 % yang artinya tidak terlalu besar. Kedua kejadian ini mengindikasikan bahwa mulai tahun ketiga sebagian daun-daun yang gugur sudah banyak yang dilapuk (dekomposisi) sehingga menambah kandungan bahan organik terutama di lapisan atas.

Pengamatan oleh Suhara (2003) menunjukkan bahwa penutupan tajuk yang semakin rapat mendorong peningkatan kegiatan biologi di permukaan tanah karena ketersediaan bahan organik dan perbaikan lingkungan (iklim mikro dan kelembaban). Kegiatan biologi tanah ini juga berdampak positif terhadap perbaikan struktur dan porositas tanah serta peningkatan laju infiltrasi. Adanya kecenderungan perbaikan sifat-sifat fisik tanah di bawah vegetasi kopi monokultur memberikan harapan dalam upaya melestarikan sumber daya lahan. Namun ternyata penanaman kopi monokultur belum bisa mengembalikan fungsi hidrologis hutan secara penuh, terbukti dari limpasan permukaan dan erosi pada lahan kopi yang berumur 7 – 10 tahun ini masih jauh lebih besar dibandingkan yang terjadi pada lahan hutan.

Tabel 1. Karakteristik tajuk tanaman kopi dan penutupan tanah oleh seresah daun.

	Hutan	Kopi monokultur (tahun)			
		1	3	7	10
Luas Penutupan Tajuk (%)					
● Rata - rata	100	12	97	95	100
● Kisaran	100	10-20	60-100	50-100	100
Kedalaman tajuk (m)					
● Rata - rata	Multistorey	0,4	1,6	1,8	1,4*
● Kisaran	Multistorey	0,1-0,6	1,3-1,8	1,3-2,0	1,1-1,5
Produksi Seresah					
Penutupan permukaan tanah oleh seresah daun (%)					
● Rata -rata	100	4	47	66	68
● Kisaran	100	2-6	14-81	34-95	46-87

*) dipangkas pada umur 5 tahun



Gambar 3. Laju infiltrasi tanah (cm jam⁻¹) dari petak percobaan dengan berbagai umur tanaman kopi dibandingkan dengan petak hutan yang masih belum ditebang, dimana waktu 0 = hutan sekunder, 1 = kopi umur 1 tahun, 3 = kopi umur 3 tahun, 7 = kopi umur 7 tahun dan 10 = kopi umur 10 tahun.

Peran untuk memperbaiki sifat fisik tanah dan fungsi hidrologi hutan ternyata tidak bisa dibebankan kepada tanaman kopi saja. Masih ada faktor-faktor lain yang perlu ditambahkan kedalam sistem penanaman kopi ini, menyangkut pengelolaan permukaan tanah seperti pemberian tambahan bahan organik, penutupan permukaan tanah dengan tanaman bawah (understorey), pembuatan lubang resapan, teras, saluran air dan sebagainya. Salah satu yang perlu dicoba dan diteliti adalah mencampur tanaman kopi dengan jenis-jenis pohon yang lain sehingga membentuk

suatu sistem penanaman campuran atau agroforestri yang berbasis kopi.

Penebangan hutan (pepohonan) secara serentak atau tebang habis mengakibatkan kerusakan tanah khususnya di lapisan permukaan dengan ditandai antara lain penurunan kadar bahan organik, penurunan laju infiltrasi dan penurunan jumlah ruangan pori makro. Kerusakan menjadi semakin parah setelah beberapa tahun karena minimnya perlindungan terhadap permukaan tanah. Kandungan bahan organik terus menurun karena proses pelapukan semakin cepat, hilang terangkut bersama erosi dan tidak adanya vegetasi yang memberikan seresah sebagai tambahan sumber bahan organik tanah. Pada periode ini bisa terjadi peningkatan limpasan permukaan dan erosi dibanding keadaan sebelumnya. Dalam skala lebih luas (kawasan) akumulasi limpasan permukaan yang besar dari petak-petak kecil membentuk luapan aliran permukaan yang sangat besar berupa banjir. Hal seperti ini telah terjadi di berbagai daerah (khususnya di P. Jawa) pada awal tahun 2002 yang lalu yang bisa dihubungkan dengan penebangan habis pepohonan dari berbagai lahan hutan maupun perkebunan secara besar-besaran selama tahun 1999-2001.

Penanaman pepohonan segera setelah penebangan juga tidak banyak menolong, karena pada tahun-tahun awal pepohonan juga belum dapat berfungsi melindungi permukaan tanah dan memberikan seresah dalam jumlah yang memadai. Beberapa hal dapat menjadi bahan renungan. *Pertama*, pola penanaman hutan produksi atau hutan tanaman industri secara monokultur menyebabkan penebangan habis dan serentak pada saat panen sehingga tanah menjadi terbuka. Masa vakum atau tidak ada penutupan oleh pohon memberi peluang terjadinya limpasan permukaan dan erosi yang besar. *Kedua*, lamanya periode tanah terbuka ini tergantung dari program penanaman kembali dan kecepatan tumbuh pepohonan yang ditanam.

Sistem agroforestri yang terdiri dari beberapa species pohon dengan aneka "tanaman bawah" (understorey) menawarkan solusi untuk menghindari penebangan serentak dan memberikan masukan aneka jenis seresah sebagai sumber bahan organik tanah. Sistem ini perlu mendapat perhatian untuk mencari alternatif solusi dari masalah degradasi lahan dan lingkungan, khususnya menghadapi tekanan terhadap kelestarian hutan dan fungsi hidrologi daerah aliran sungai (DAS). Masih banyak misteri dari sistem agroforestri yang belum dipahami secara ilmiah sehingga perlu diteliti dan dikaji (Hairiah et al., 2000).

KESIMPULAN

Penebangan hutan alam meningkatkan limpasan permukaan dan erosi. Limpasan permukaan kumulatif dari petak percobaan hutan alam hanya sepertiga

(27 mm) dari petak hutan yang baru ditebang (75 mm). Limpasan permukaan terbesar diperoleh pada petak dengan tanaman kopi berumur 3 tahun (124 mm). Pada petak dengan tanaman kopi berumur lebih dari 3 tahun terjadi penurunan limpasan permukaan. Kehilangan tanah karena erosi yang terbesar pada petak dengan tanaman kopi berumur 1 tahun

Pertanaman kopi monokultur ternyata tidak dapat sepenuhnya mengembalikan fungsi hidrologi hutan walaupun kopi telah berumur 10 tahun. Ada beberapa aspek yang hilang dari hutan yang tidak bisa dikembalikan melalui pertanaman kopi. Sistem agroforestri berbasis kopi perlu dikaji dari berbagai aspek terutama ekologi dan ekonomi.

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini didasarkan pada sebagian hasil penelitian dari Proyek Sumberjaya (2001-2002) yang didanai ICRAF-SEA, Bogor. Terimakasih disampaikan kepada Dr. Fahmudin Agus atas diskusi-diskusi yang intensif selama penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada petani di desa Bodong untuk fasilitas penelitian lapangan dan Ketua Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas laboratorium selama penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Cunningham, R.K. 1963. The Effect of Clearing a Tropical Forest Soil. *J. Soil Sci.* 14 : 334-345.
- Hairiah, K.; Arifin, J.; Prayogo, C.; Widianto dan Sunaryo. 2002. Prospek agroforestri berbasis kopi sebagai cadangan karbon. *Agroteksos* 12 (2):145-150.
- Hairiah, K.; Widianto, Utami, S.R.; S uprayogo, D.; Sunaryo; Sitompul, S.M.; Lusiana, B.; Mulia, R.; Van Noordwijk, M. dan G. Cadisch. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi : Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara.* ICRAF-SEA, Bogor. 187 p.
- Sanchez, P.A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics.* John Wiley and Sons. New York, p.96-134.
- Suhara, E. 2003. *Hubungan Populasi Cacing Tanah dengan Porositas Tanah pada Sistem Agroforestri berbasis Kopi.* Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Suprayogo, D.; Widianto; Purnomosidi, P.; Widodo, R. H.; Rusiana, F.; Aini, Z. Z.; Khasanah, N. dan Z. Kusuma. 2004. Degradasi sifat fisik tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur: kajian perubahan makroporositas tanah. *Agrivita* 26 (1):60-68.

EROSI DAN ALIRAN PERMUKAAN PADA LAHAN PERTANIAN BERBASIS TANAMAN KOPI DI SUMBERJAYA, LAMPUNG BARAT

Ai Dariah¹⁾, Fahmuddin Agus¹⁾, Sitanala Arsyad²⁾, Sudarsono²⁾, dan Maswar¹⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanah, Jln. Juanda 98, Bogor 16123

²⁾ Jurusan Ilmu Tanah, Institut Pertanian Bogor

ABSTRACT

Coffee-based farming has been perceived by policy makers as having a high erosion and a source of sedimentation. Past approach to control erosion and restoring forest function have been by forceful replacement of coffee plant with timber or leguminous tree species such as *Calliandra calothyrsus*, and eviction of the farmers from the forest jurisdiction area. This research was aimed at testing the level of soil loss under different soil conservation treatments on land covered by 3 year old coffee trees. The research was conducted on land with slopes ranging from 50 to 60% at Laksana and Tepus sites of Sumberjaya District, West Lampung province from November 2001 to July 2003. Erosion measurement was conducted at plots 15 m long and 8 m wide. Five treatments in 4 replications in a completely randomized block design included: T1 = Sun

coffee (open field monoculture coffee), T2 = T1 + *Gliricidia* as shade tree, T3 = T2 + dead end trench (rorak), T4 = T2 + hedgerows of natural vegetation, and T5 = T2 + ridging. The results indicated that erosion level on the 3 year old coffee farm with porous soil structure was very low ($< 2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) and thus soil conservation treatments had no significant effects on soil loss, run-off, and soil organic matter and nutrient lateral transport. Soil physical properties (especially drainage pore and permeability) are dominant factors that determine the level of soil loss in the study sites. The results of the research proved that, for areas covered by 3 year old or older coffee, with soil structure similar to that of Laksana and Tepus, coffee trees *per se* are sufficient to control erosion to tolerable level.

Key Words: *Cofee based farming, erosion*

ABSTRAK

Usahatani berbasis kopi telah diyakini para pengambil kebijakan, sebagai penyebab tingginya erosi dan sumber sedimentasi. Untuk menekan besarnya erosi dan memperbaiki fungsi hutan, telah dilakukan suatu pendekatan dengan memindahkan petani yang bermukim dalam kawasan hutan dan membabat tanaman kopi serta menggantinya dengan tanaman kayu-kayuan atau *legum tree* seperti *Calliandra calothyrsus*. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari tingkat erosi pada lahan usahatani kopi dan menguji efektivitas teknik konservasi dalam menekan erosi, aliran permukaan dan kehilangan hara serta bahan organik tanah. Penelitian berlangsung dari bulan Nopember 2001 sampai dengan Juli 2003 pada lahan usahatani kopi umur 3 tahun di Dusun Tepus dan Laksana. Kemiringan lahan berkisar antara 50 - 60 %. Pengukuran erosi dilakukan pada petak berukuran panjang 15 m dan lebar 8 m. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan terdiri dari: T1 = monokultur kopi, T2 = T1 + *Gliricidia* sebagai pohon pelindung, T3 = T2 + rorak, T4 = T2 + strip rumput alami, dan T5 = T2 + gulud. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat erosi pada lahan usahatani berbasis kopi umur 3 tahun, dengan struktur tanah bersifat porous tergolong sangat rendah ($< 2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ th}^{-1}$). Pada kondisi seperti ini perlakuan teknik konservasi tidak berpengaruh nyata terhadap erosi, aliran permukaan dan transport hara serta bahan organik tanah secara lateral. Sifat fisik tanah (khususnya pori makro/pori drainase cepat dan permeabilitas tanah) merupakan faktor dominan yang menentukan tingkat erosi pada lahan usahatani kopi di lokasi penelitian. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa pada kondisi fisik tanah seperti dusun Tepus dan Laksana, tanaman kopi mampu menekan erosi sampai di bawah tingkat erosi yang diperbolehkan.

Kata kunci: usahatani berbasis kopi, erosi

PENDAHULUAN

Meskipun berbagai dampak negatif dari alih guna lahan hutan telah banyak dibuktikan (Juo *et al.*, 1995; Lal, 1986; Moreau, 1986; Obara *et al.*, 1995), namun bila kebutuhan akan lahan begitu mendesak, konversi lahan hutan sangat sulit untuk dihindari. Provinsi Lampung merupakan provinsi dengan kasus alih guna lahan hutan tergolong tinggi. Secara keseluruhan kawasan hutan yang telah beralih fungsi menjadi kebun kopi di Provinsi Lampung diperkirakan mencapai $\pm 71.000 \text{ ha}$ (Hadisepoetro, 1999). Dari areal pertanaman kopi seluas 137.700 ha (Ditjen Perkebunan, 2000), $\pm 52 \%$ areal kopi di Provinsi Lampung berada di kawasan hutan.

Dalam rangka mengembalikan fungsi hutan, pada tahun 1980-an pemerintah melancarkan program penghutanan kembali kebun kopi di kawasan hutan lindung di provinsi Lampung dengan jalan mencabut dan mengganti tanaman kopi dengan kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) serta memindahkan penduduk ke luar kawasan hutan. Dalam waktu

singkat, kaliandra mampu menutupi lahan dengan rapat, namun petani kopi kehilangan mata pencaharian. Pada tahun 1997, petani menuntut kembali wilayah hutan yang dulu mereka gunakan. Mereka menebas kaliandra dan menanam kembali dan/atau memelihara bekas tunggul kopi yang masih aktif (Agus *et al.*, 2002). Berdasarkan pengalaman tersebut, pemerintah mencoba cara yang lebih persuasif yaitu dengan melakukan negosiasi antara petani dan pemerintah. Bentuk kesepakatan yang ingin dicapai dalam negosiasi tersebut adalah bahwa petani menerapkan langkah-langkah pengelolaan lahan yang secara bertahap dapat mengembalikan fungsi hutan, dan untuk itu pemerintah memberikan hak kepada petani untuk menggunakan sebagian lahan kawasan hutan secara semi permanen misalnya melalui program Hutan Kemasyarakatan (HKM).

Terdapat kondisi/masa kritis dalam sistem usahatani kopi khususnya pada saat tingkat penutupan tanaman kopi masih relatif jarang, kondisi tersebut mungkin sangat beresiko karena kopi banyak ditanam pada lahan berlereng curam, seperti di Sumberjaya, Lampung Barat. Dengan rata-rata curah hujan tahunan yang tergolong tinggi ($>2500 \text{ mm/tahun}$), maka peluang terjadinya degradasi lahan yang disebabkan oleh erosi akan meningkat.

Hasil penelitian Afandi *et al.* (2002) pada lahan berlereng 30 % dengan kopi berumur 2 tahun dan lantai kebun kopi disiang secara periodik menunjukkan tingkat erosi yang terjadi adalah $22,7 \text{ Mg ha}^{-1}$. Penerapan teknik konservasi pada lahan usahatani kopi khususnya pada saat tanaman kopi masih relatif muda diharapkan dapat menekan laju erosi, sehingga degradasi lahan yang terjadi akibat alih fungsi lahan hutan menjadi lahan usahatani kopi dapat ditekan sekecil mungkin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dalam rangka menunjang proses negosiasi antara petani dengan pemerintah dalam hal pilihan teknik agroforestry/konservasi yang dapat dipilih petani untuk pelestarian sumberdaya lahan serta pengembalian fungsi hutan pada lahan yang telah ditanami kopi.

Penelitian ini bertujuan untuk (i) mempelajari tingkat erosi yang terjadi pada lahan usahatani kopi berlereng curam di daerah Sumberjaya, Lampung Barat, (ii) mempelajari peranan beberapa alternatif teknik konservasi dalam menekan aliran permukaan, erosi dan kehilangan hara serta bahan organik tanah secara lateral.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan mulai November 2001 sampai dengan Juli 2003 (2 periode musim hujan yakni Nopember 2001-Oktober 2002 dan Nopember 2002-Juli 2003). Lokasi penelitian terletak di Dusun Tepus dan Laksana, Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten

Lampung Barat (termasuk kawasan hutan register 45). Secara geografis terletak antara 4°45'-5°15' LS dan 104°15'-104°45' BT. Plot penelitian merupakan areal pertanaman kopi berumur 3 tahun, sebelumnya merupakan areal tanaman kaliandra yang ditanam saat dilakukan program 'rehabilitasi lahan kopi' pada tahun 1989. Kemiringan lahan berkisar antara 50-60 %.

Menurut klasifikasi iklim Koppen, Sumberjaya termasuk dalam tipe iklim Af atau tipe A berdasarkan Schmidt-Ferguson, yaitu tidak memiliki bulan kering. Menurut klasifikasi Oldeman, Sumberjaya termasuk dalam zone B1 dengan 7 bulan basah (curah hujan >200 mm) dan 1 bulan kering (curah hujan < 100 mm). Curah hujan rata-rata tahunan 2.614 mm/tahun. Suhu udara rata-rata harian 21,2 °C, dengan suhu udara terendah 20,3 °C dan tertinggi 21,7 °C (Agus et al., 2002).

Berdasarkan Sistem Taxonomi Tanah (Soil Survey Staff, 2000), tanah pada lokasi penelitian diklasifikasikan sebagai Oxic Dystrudept. Tanah didominasi oleh fraksi liat dengan rata-rata kadar liat >70 %. Secara umum sifat fisik tanah tergolong baik, dicirikan oleh berat jenis tanah yang rata-rata kurang dari 0,9 g cm⁻³, dengan ruang pori total mencapai 69 %, rata-rata persen pori drainase cepat/pori makro pada kedalaman 0-10 cm mencapai 26 %, sedangkan pada kedalaman 10-20 cm sebesar 20 %, dan pori air tersedia sekitar 15-16%. Permeabilitas tanah pada lapisan atas (0-10 cm) sekitar 7 cm/jam, sedangkan permeabilitas pada lapisan bawah permukaan (10-20 cm) sekitar 3 cm/jam (Tabel 1).

Pengamatan erosi dan limpasan permukaan dilakukan pada plot berukuran 15 m (searah lereng) x 8 m (searah kontur). Bagian atas dan samping plot dibatasi seng dengan lebar 30 cm. Sebagian dari seng pembatas (15 cm) ditanam secara vertikal ke dalam tanah. Pada lereng bawah setiap petak dipasang bak penampung (*gutter*) dengan daya tampung 0,13-0,16 m³. Apabila *gutter* penuh, air limpasan permukaan mengalir ke *Chin Ong meter* (Khan, 1998) dan sebagian (1-3 %) dari limpasan permukaan mengalir ke jerigen berukuran 0,025 m³ melalui *splitter* (slit) *Chin Ong meter*. Pemasangan *Chin Ong meter* di lapangan dideskripsikan dengan rinci dalam Widiyanto et al., (2004). Untuk mendapatkan proporsi yang tepat dari limpasan permukaan yang mengalir melalui *Chin Ong meter*, dilakukan kalibrasi dari masing-masing *Chin Ong meter*.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (*completely randomized block design*) dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan, dua ulangan terletak di Tepus dan dua ulangan lainnya terletak di Laksana. Perlakuan yang diuji meliputi:

1. Monokultur kopi: Merupakan bentuk khas usahatani kopi di lokasi penelitian terutama pada saat kopi berumur < 3 tahun (T1)

Tabel 1. Sifat fisik tanah pada awal penelitian.

Parameter	Kedalaman tanah (cm)	
	0-10	10-20
Pasir (%)	14	12
Debu (%)	15	15
Liat (%)	71	73
BD (g cm ⁻³)	0,82	0,81
Total pori (%)	69	69
Pori drainase cepat (%)	26	20
Pori drainase lambat (%)	5	5
Pori air tersedia(%)	16	15
Permeabilitas (cm/jam)	6,8	2,7
% Agregat	72	73
Stabilitas Agregat	167	176

2. Kombinasi kopi dengan tanaman pelindung *Gliricidia sepium* (T2)
3. Kombinasi antara perlakuan 2 + rorak dengan lebar 0,4 m, panjang 1m, dalam 0,3 m, dengan jarak antar rorak 3 m (T3)
4. Kombinasi antara perlakuan 2 + partial weeding, merupakan strip rumput alami selebar 0,25 m diantara barisan tanaman kopi, jarak antar strip 3 m (T4)
5. Kombinasi antara perlakuan 2 + gulud searah kontur, jarak antar gulud adalah 3 m (T5)

Jarak tanaman kopi 1,5 m x 1,5 m untuk petak di Laksana dan 1,75 m x 1,75 m untuk petak di Tepus. Pemupukan dilakukan pada setiap awal musim hujan (bulan Nopember) dan akhir musim hujan (bulan Juni) dengan dosis per pohon 150 gram urea, 50 gram SP-36 dan 50 gram KCl. Penyiangan dilakukan setiap 2-3 bulan sekali.

Erosi dan limpasan permukaan diukur pada setiap kejadian hujan. Limpasan permukaan dan erosi yang terjadi pada setiap plot merupakan total dari aliran permukaan dan sedimen yang tertampung dalam bak penampung (*gutter*) dan yang melewati *Chin Ong meter* setelah terlebih dahulu dikalikan dengan faktor konversi.

Total aliran permukaan untuk setiap kejadian hujan dihitung dengan persamaan:

$$R_t = R_g + (R_c \times F_c)$$

dimana:

R_t = total volume aliran permukaan,

R_g = volume limpasan permukaan yang tertampung di *gutter*,

R_c = volume limpasan permukaan yang melewati slit *Chin Ong meter*,

F_c = faktor konversi yaitu volume limpasan permukaan yang melewati *Chin Ong meter* dibagi dengan limpasan permukaan yang melalui slit *Chin Ong meter* menuju jerigen.

Koefisien limpasan permukaan, dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$KR = \frac{Rh}{CH \cdot \cos \alpha} \times 100 \%$$

dimana:

KR = Koefisien limpasan permukaan (%),

Rh = total volume limpasan permukaan dibagi luas plot (mm),

CH = jumlah curah hujan (mm), α = kemiringan lahan (derajat).

Total sedimen dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Sd = (Sg \times Vg) + (Sj \times Vj \times Fc)$$

dimana:

Sd = Total sedimen (mg/plot),

Sg = kadar sedimen dalam sample gutter (mg/ml),

Vg = volume limpasan permukaan yang tertampung dalam gutter (ml),

Sj = kadar sedimen dalam sample jerigen (mg/ml),

Rj = volume limpasan permukaan dalam jerigen (ml).

Contoh sedimen diambil pada setiap kejadian hujan. Pengambilan contoh dari gutter dan jerigen dilakukan secara terpisah. Pengambilan contoh dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pengadukan sehingga suspensi air aliran permukaan menjadi homogen. Sebagian contoh sedimen dan air digunakan untuk analisis nitrogen, fosfor, kalium dan C-organik. Analisis laboratorium dilakukan pada akhir puncak musim hujan yakni pada akhir bulan Mei 2002.

Hasil analisis sedimen digunakan pula untuk menghitung **nisbah pengayaan sedimen** (*enrichment ratio*), dengan menggunakan persamaan:

$$NP = \frac{Cus}{Cut}$$

dimana:

NP = Nisbah pengayaan sedimen,

Cus = konsentrasi unsur hara (atau bahan organik) dalam sedimen yang telah terangkut, dan

Cut = konsentrasi unsur hara (atau bahan organik) pada tanah yang tertinggal.

Untuk menetapkan konsentrasi hara pada tanah yang tertinggal, dilakukan analisis tanah pada kedalaman 0-10 cm pada akhir periode pengamatan pertama (bulan Oktober 2002). Parameter yang dianalisis meliputi: C-organik, nitrogen, fosfor dan kalium.

Pengamatan curah hujan dilakukan dengan menggunakan ombrometer yang dipasang pada setiap blok penelitian setiap sesudah kejadian hujan. Perkembangan pertumbuhan kopi pada setiap petakan dilakukan dengan mengukur tinggi dan luas kanopi tanaman kopi. Pengukuran dilakukan pada 10 tanaman sample yang dipilih secara acak pada awal penelitian, dilakukan setiap periode 6 bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Erosi dan Limpasan Permukaan

Hasil pengukuran aliran permukaan dan erosi bulanan pada skala plot, disajikan pada Gambar 1 dan 2. Puncak limpasan permukaan pada periode bulan Nopember 2001-Oktober 2002 (baik di Tepus maupun Laksana) terjadi pada bulan Januari, Maret dan April 2002. Bulan terjadinya puncak limpasan permukaan, rata-rata bersamaan dengan bulan terjadinya puncak musim hujan. (Gambar 1). Seperti halnya limpasan permukaan, puncak erosi juga terjadi pada bulan Januari, Maret dan April (Gambar 2).

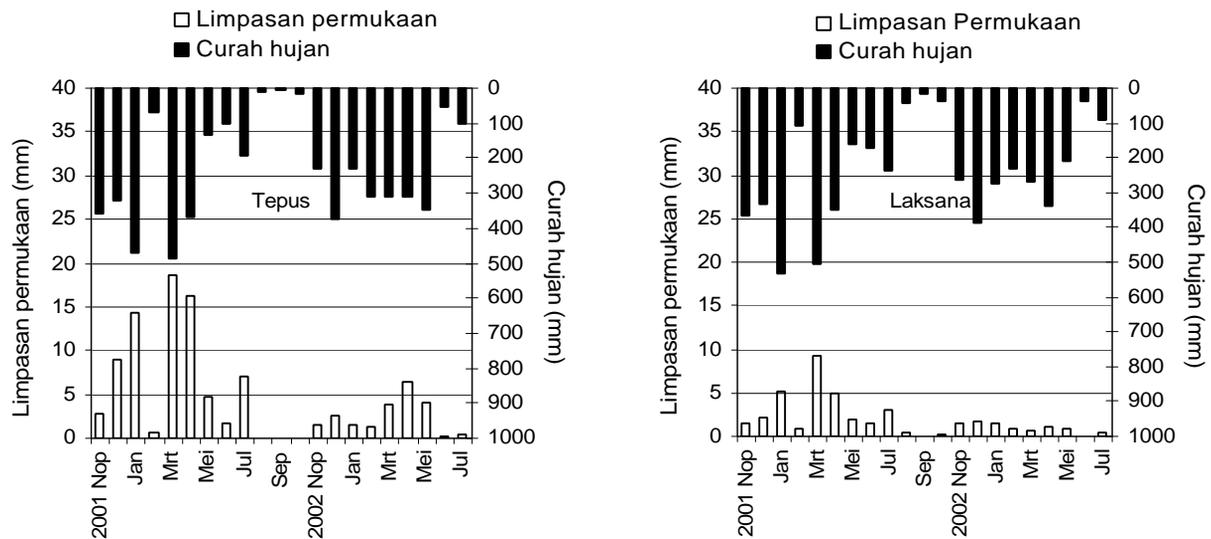
Erosi dan limpasan permukaan yang terjadi pada periode Nopember 2001-Juli 2003 menurun drastis jika dibandingkan dengan hasil pengukuran pada periode sebelumnya. Faktor penyebab hal tersebut antara lain adalah jumlah curah hujan yang relatif lebih kecil, yaitu untuk 9 bulan pengamatan total curah hujan di Tepus dan Laksana berturut-turut hanya 2100 dan 2264 mm, dibandingkan 2507 dan 2763 mm pada periode yang sama tahun sebelumnya (Nopember 2001-Juli 2002). Selain faktor curah hujan, peranan tanaman kopi dalam menghambat erosi dan limpasan permukaan juga menjadi lebih besar karena persen penutupan lahan sudah relatif lebih tinggi dibanding periode sebelumnya. Besarnya peranan tanaman kopi dalam memperkecil erosi seiring dengan berkembangnya umur kopi ditunjukkan pula oleh hasil penelitian Pujianto *et al.* (2001) di Jember, Jawa Timur. Pada tahun pertama setelah tanam, erosi pada lahan kopi mencapai 26 Mg ha⁻¹ th⁻¹ dan erosi menurun sampai 0,6 Mg ha⁻¹ th⁻¹ pada tahun ketiga.

Penerapan teknik konservasi (gulud, rorak, atau strip rumput alami) pada lahan usahatani kopi yang berumur 3 tahun di Dusun Tepus dan Laksana tidak nyata mengurangi erosi dan limpasan permukaan (Tabel 2). Dengan atau tanpa teknik konservasi, erosi dan limpasan permukaan yang terjadi tergolong rendah, rata-rata erosi berkisar antara 1,1-1,5 Mg ha⁻¹ th⁻¹ dan aliran permukaan 2,1-2,5 % dari total curah hujan efektif.

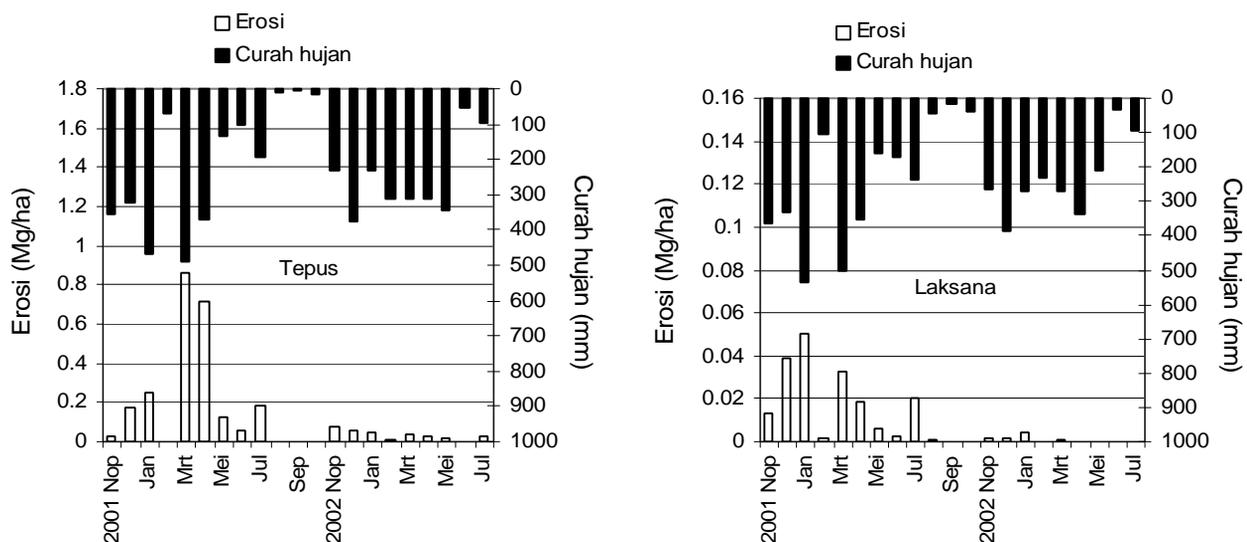
Jika dihubungkan dengan nilai *tolerable soil loss*, erosi yang terjadi pada lahan usahatani kopi di Tepus dan Laksana berada di bawah batas erosi yang masih dapat dibiarkan (*tolerable soil loss*), yang jika dihitung berdasarkan konsep kedalaman ekuivalen dan umur guna tanah (Hammer, 1981), nilai *tolerable soil loss* untuk lokasi penelitian adalah sekitar 10 Mg ha⁻¹ th⁻¹. Rendahnya tingkat erosi dan aliran permukaan di dua lokasi tersebut dapat disebabkan faktor pola hujan, vegetasi dan struktur (kondisi fisik tanah) tanah.

Faktor tanah

Sifat fisik tanah di Tepus dan Laksana mendukung proses peresapan air ke dalam tanah dapat berjalan dengan baik. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa



Gambar 1. Rata-rata limpasan permukaan dan curah hujan bulanan selama periode Nopember 2001-Oktober 2002 dan periode Nopember 2002-Juli 2003 di Tepus dan Laksana.



Gambar 2. Rata-rata erosi dan curah hujan bulanan selama periode Nopember 2001- Oktober 2002 dan periode Nopember 2002-Juli 2003 di Tepus dan Laksana.

rata-rata persen pori total pada kedua tanah tersebut mencapai 69 %, dengan rata-rata proporsi pori makro pada kedalaman 0-10 cm mencapai 26 % dan pada kedalaman 10-20 cm mencapai 20 %. Stabilitas tanah juga tergolong sangat stabil (Tabel 1).

Peranan sifat fisik tanah dalam menentukan tingkat erosi yang terjadi pada lahan usahatani kopi ditunjukkan dengan membandingkan hasil di Tepus dan Laksana dengan hasil penelitian Widiyanto *et al.* (2004) di desa Bodong (Tabel 3). Jumlah erosi yang terjadi pada lahan usahatani kopi umur 3 tahun selama 3 bulan pengukuran di Bodong telah mencapai 37 Mg ha⁻¹, dan koefisien aliran permukaan mencapai 29 %. Kemiringan lahan dan curah hujannya relatif sama

dengan Tepus dan Laksana, sedangkan sifat fisik tanahnya sangat berbeda, diantaranya ditunjukkan oleh persen pori makro dan permeabilitas tanah yang jauh lebih rendah dibanding Tepus dan Laksana

Faktor curah hujan

Faktor-faktor hujan yang menentukan kekuatan dispersi hujan terhadap tanah, jumlah dan kecepatan aliran permukaan serta erosi adalah besarnya curah hujan, intensitas, dan distribusi hujan. Rata-rata jumlah curah hujan di Laksana dan Tepus untuk Nopember 2001 sampai dengan Oktober 2002 tergolong tinggi (sekitar 2539-2862 mm/tahun), namun intensitas dan distribusi hujan dapat menjadi penyebab kecilnya aliran

Tabel 2. Pengaruh teknik konservasi terhadap rata-rata limpasan permukaan dan erosi pada lahan usahatani berbasis kopi di Tepus dan Laksana, Sumberjaya, Lampung Barat (periode pengukuran Nopember 2001-Oktober 2002).

Perlakuan	Limpasan Permukaan (mm)	Koefisien Limpasan Permukaan (%)	Erosi (Mg ha ⁻¹)
T1 = monokultur kopi	53,25 ^{a*}	2,3 ^a	1,50 ^a
T2 = Kopi + Gliricidia	46,36 ^a	2,0 ^a	1,29 ^a
T3 = T2 + rorak	49,27 ^a	2,1 ^a	1,24 ^a
T4 = T2 + strip rumput alami	60,71 ^a	2,5 ^a	1,28 ^a
T5 = T2 + gulud	55,58 ^a	2,4 ^a	1,14 ^a

* Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan pengujian BNT pada tarap pengujian 0.05

Tabel 3. Erosi dan limpasan permukaan pada lahan usahatani kopi umur 3 tahun di 3 lokasi dengan sifat fisik tanah yang berbeda selama 3 bulan pengukuran.

Parameter	Tepus	Laksana	Bodong ¹⁾
Pori Makro (%)	24,3 ²⁾	28,7 ²⁾	3,4 ³⁾
Permeabilitas (cm/jam)	7,9	5,7	1,4
Curah hujan (mm)	434	571	458
Erosi (Mg ha ⁻¹) ⁴⁾	0,42	0,02	37,21
Koef limpasan perm. (%) ²⁾	3,5	1,2	29,25

¹⁾ Widiyanto *et al.* (2004); ²⁾ berdasarkan pF; ³⁾ metoda methylen blue; ⁴⁾ Waktu pengamatan: Bodong (Mei s/d Juli 2001), Tepus Laksana (Maret s/d Juli 2002).

permukaan dan erosi yang terjadi. Menurut Hudson (1976), curah hujan dengan intensitas > 25mm/jam merupakan curah hujan yang bersifat erosif. Hasil pengamatan curah hujan dari tahun 1996 sampai dengan 1999 menunjukkan bahwa hanya 14.2 % dari curah hujan di Sumberjaya yang mempunyai intensitas yang lebih besar dari 25 mm/jam (Affandi *et al.*, 2002).

Selain intensitas yang tergolong rendah, curah hujan di lokasi penelitian terdistribusi hampir sepanjang tahun (8-9 bulan dalam satu tahun), dalam setiap bulannya hujan juga terdistribusi dalam 11-21 hari hujan; curah hujan harian didominasi curah hujan yang besarnya <10mm/hari.

Faktor Vegetasi

Faktor vegetasi yang paling menonjol dari penelitian ini adalah perkembangan tajuk tanaman. Pada umur 4 tahun 8 bulan rata-rata persen penutupan lahan telah mencapai 85 %, sedangkan 19 bulan sebelumnya sekitar 21 %. Penyebaran dan pertumbuhan akar juga sangat berperan dalam meningkatkan peran vegetasi dalam menghambat erosi dan aliran permukaan, hasil penelitian Hartobudoyo (1979) menunjukkan bahwa 90 % perakaran tanaman kopi terkonsentrasi di lapisan tanah antara 0-30 cm. Hal tersebut dapat menyebabkan terbentuknya tenunan akar halus di lapisan permukaan yang mengikat agregat tanah.

Kehilangan Hara Secara Lateral dan Nisbah Pengkayaan Sedimen

Penerapan teknik konservasi juga tidak berpengaruh nyata terhadap total C-organik dan hara yang hilang, baik bersama sedimen maupun limpasan permukaan (Tabel 4).

Proporsi total unsur hara yang terdapat dalam sedimen dan limpasan permukaan untuk setiap unsur relatif berbeda. Unsur K lebih banyak hilang melalui limpasan permukaan dibanding melalui erosi. Unsur N yang terdapat dalam air limpasan permukaan sedikit lebih kecil dibanding yang terkandung dalam sedimen (hampir proporsional), sedangkan unsur P dalam air limpasan permukaan konsentrasinya sangat kecil (Gambar 3).

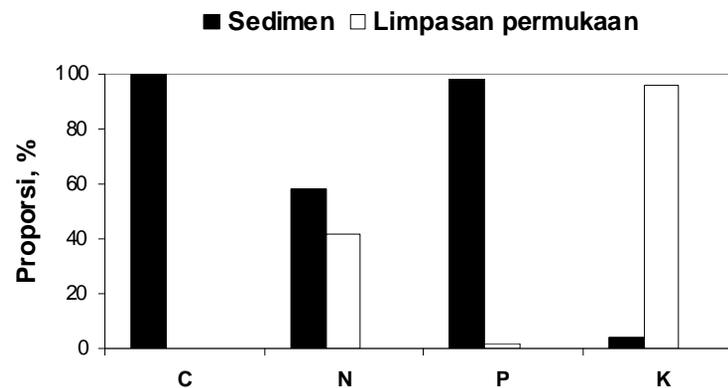
Selain dilihat dari kandungan bahan organik dan hara dalam sedimen dan limpasan permukaan, parameter yang dapat digunakan untuk menilai tingkat kehilangan hara dan bahan organik adalah nisbah pengayaan sedimen (*enrichment ratio*). Perlakuan teknik konservasi juga tidak berpengaruh nyata terhadap nisbah pengayaan sedimen (Tabel 5).

Rata-rata nilai nisbah pengayaan sedimen untuk C organik tergolong rendah, yaitu sekitar 1. Nisbah pengayaan sedimen untuk unsur N dan K relatif lebih tinggi; sedangkan untuk unsur P, nilai yang dicapai rata-rata <1. Perbedaan tingkat kehilangan hara sangat

Tabel 4. Total hara yang terangkut bersama sedimen dan limpasan permukaan pada masing-masing perlakuan.

Perlakuan	Sedimen				Limpasan Permukaan		
	C-org	N	P	K	N	P	K
	----- kg/ha -----						
T1=Monokulturkopi	47 ^a	3,5 ^a	0,13 ^a	0,17 ^a	1,7 ^a	0,001 ^a	5,7 ^a
T2=T1+Gliricidia	35 ^a	2,9 ^a	0,09 ^a	0,17 ^a	2,5 ^a	0,006 ^a	3,7 ^a
T3=T2+rorak	30 ^a	2,6 ^a	0,09 ^a	0,17 ^a	1,3 ^a	0,001 ^a	2,2 ^a
T4=T2+NVS	36 ^a	2,9 ^a	0,09 ^a	0,17 ^a	3,3 ^a	0,001 ^a	3,2 ^a
T5=T2+gulud	29 ^a	2,6 ^a	0,04 ^a	0,17 ^a	2,0 ^a	0,001 ^a	4,0 ^a

* Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf nyata 0,05.

**Gambar 3.** Proporsi total hara yang terdapat dalam sedimen dan limpasan permukaan pada periode pengukuran Nopember 2001-Oktobre 2002.

dipengaruhi oleh sifat dari masing-masing unsur hara. Unsur N dan K mempunyai sifat yang relatif mobil dibanding unsur P. Hashim dan Wan Abdullah (2001) menyatakan bahwa rendahnya tingkat kehilangan P dapat disebabkan oleh adsorpsi yang kuat oleh tanah terhadap unsur tersebut.

Nilai nisbah pengayaan sedimen dapat pula merupakan petunjuk sehubungan dengan proses-proses yang dominan terjadi selama kejadian erosi yaitu: *Raindrop detachment* (penghancuran/pelepasan oleh tetesan hujan) dan *entrainment* (pelepasan dan pengangkutan) oleh limpasan permukaan. Pada proses pertama penghancuran agregat dominan terjadi, sehingga pada saat terjadi limpasan permukaan (proses yang kedua), agregat yang telah hancur relatif lebih mudah untuk diangkut dan umumnya bila proses *Raindrop detachment* dominan terjadi maka peluang untuk terjadinya selektivitas erosi menjadi lebih besar, bila selektivitas erosi terjadi maka liat yang banyak mengikat unsur hara (khususnya yang bersifat tidak mobil) akan berpeluang terangkut lebih banyak. Oleh karena itu peluang untuk terjadinya pengayaan sediment menjadi lebih besar. Karena intensitas hujan di lokasi penelitian tergolong rendah, stabilitas agregat

juga tergolong sangat stabil, maka peluang terjadinya penghancuran agregat oleh curah hujan menjadi relatif lebih kecil (proses *raindrop detachment* menjadi tidak dominan). Akibatnya peluang terjadinya selektivitas erosi juga menjadi rendah, ditunjukkan oleh nilai nisbah pengayaan sedimen yang tergolong rendah, terutama untuk unsur yang bersifat tidak mobil seperti P (Tabel 5).

Limpasan permukaan pada lahan berlereng curam seperti lokasi penelitian umumnya terjadi dengan kecepatan tinggi. Peluang terjadinya selektivitas erosi juga menjadi rendah bila limpasan permukaan terjadi dengan kecepatan tinggi (energi limpasan permukaan menjadi besar).

Sedimen terdiri dari bagian tanah yang tersuspensi dalam air limpasan permukaan (*suspended load*) dan bagian tanah yang mudah mengendap (*bed load*). Fraksi liat umumnya banyak terdapat dalam bentuk *suspended load*, dan unsur hara serta bahan organik tanah banyak terikat dalam fraksi ini. Nilai nisbah pengayaan sedimen yang rendah dapat pula disebabkan oleh terlalu besarnya proporsi *bed load* dalam sample sedimen yang dianalisis.

Tabel 5. Nisbah pengayaan sedimen (*enrichment ratio*) pada masing-masing perlakuan.

Perlakuan	C-organik	N	P	K
T1=Monokultur kopi	1,09 ^a	1,46 ^a	0,72 ^a	1,90 ^a
T2=T1+gliricidia	*1,11 ^a	1,34 ^a	0,55 ^a	1,67 ^a
T3=T2+rorak	0,93 ^a	1,30 ^a	0,66 ^a	1,74 ^a
T4=T2+NVS	1,03 ^a	1,33 ^a	0,54 ^a	1,97 ^a
T5=T2+gulud	1,02 ^a	1,27 ^a	0,45 ^a	2,22 ^a

* Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT pada taraf nyata 0,05.

KESIMPULAN

1. Struktur (Kondisi fisik) tanah merupakan faktor yang sangat dominan menentukan erosi dan aliran permukaan pada lahan usahatani berbasis kopi di Sumberjaya. Pada tanah yang pori makronya >24 % dan permeabilitasnya >6 cm/jam di Tepus dan Laksana, erosi yang terjadi <2 Mg ha⁻¹ th⁻¹. Sedangkan pada tanah yang pori makronya <4 % dan permeabilitasnya <2 cm/jam di Bodong, erosi telah mencapai 37 Mg ha⁻¹ dalam jangka waktu 3 bulan.
2. Perbedaan tingkat erosi pada berbagai struktur tanah yang berbeda berimplikasi bahwa rekomendasi tindakan konservasi perlu bersifat *soil spesifik* dalam arti diarahkan untuk tanah yang peka terhadap erosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi; Manik, T.K.; Rosadi, B.; Utomo, M.; Senge, M.; Adachi, T. and Y. Oki. 2002. Soil Erosion under Coffee Trees with Different Weed Management in Humid Tropical Hilly Area of Lampung, South Sumatera, Indonesia. *J. Jpn. Soc. Soil Phys.* No. 91:3-14.
- Agus, F.; Gintings, A.N. dan M. van Noordwijk. 2002. Pilihan Teknologi Agroforestri/ Konservasi Tanah untuk Areal Pertanian Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asia Regional Office. Bogor. Indonesia.
- Ditjen Perkebunan. 2000. Statistik Perkebunan Indonesia 1998-2000. Kopi (*Coffee*) Departemen Kehutanan dan Perkebunan. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 2000.
- Hadisepoetro, S. 1999. Permasalahan tanaman Kopi di Kawasan Hutan Lindung, Taman Hutan Raya, dan Taman Nasional di Propinsi Lampung; serta alternatif pemecahannya. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 15 (1): 22-27. Pusat Penelitian Kopi dan kakao, Jember.
- Hammer, W.I. 1981. Second Soil Conservation Consultant Report. Agof/Ins/78/606 note. No.10. Center for Soil Research, Bogor.
- Hartobudoyo, D. 1979. Pemangkasan kopi. Balai Penelitian Perkebunan, Sub Balai Penelitian Budidaya, Jember.
- Hashim, G.M. and W.Y. Wan Abdullah. 2001. Soil erosion processes and nutrient loss in highland agricultural areas. *In Agrochemical Pollution of Water Resources.* ACIAR Proceeding No. 104:17-25.
- Hudson, N.W. 1976. Soil Conservation. Batsford Ltd. London.
- Juo, A.S.R.; Franz Luebbers, K.; Dabiri, A. and Ikhile. 1995. Changes in soil properties during long-term fallow and continuous cultivation after forest clearing in Nigeria. *Agr. Eco and Env.* 56: 9-18.
- Khan, A.A.H. 1998. Design, calibration, use and production of a simple, robust, low cost pipe samples for measuring soil and water loss in catcment. Consultant's Report, ICRAF (unpublished).
- Lal, R. 1986. Deforestation and soil management. p. 299-316. *In Lal, R.; Sanchez P.A. and JR. Cummings (Eds.). Land Clearing and Development in The Tropics.* A.A. Balkema/ Rotterdam/Boston.
- Moreau, R. 1986. Effect of methods on properties of some soils in Ivory Coast. p. 247-264. *In Lal R.; Sanchez P.A and JR. Cummings (Eds.). Land Clearing and Development in The Tropics.* A.A. Balkema/ Rotterdam/Boston.
- Obara, H.; Mitsuchi, M.; Hamazak, T. and T. Kato. 1995. Study on the effect of changes of tropical forest on soil environment, the changes of soil after deforestation in the northeast plateau of Thailand. *Proceeding of the International Workshop on The Changes of Tropical Forest Ecosystems by El Nino and Others.* Kanchanaburi, Thailand, 7-10 February 1995.

- Pujianto; Wibawa, A. dan Winaryo. 2001. Pengaruh teras dan tanaman penguat teras terhadap erosi dan produktivitas kopi arabika. *Pelita Perkebunan* Vol 17(1):18-29. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Asosiasi Peneliti Perkebunan Indonesia.
- Soil Survey Staff. 2000. *Key of Soil Taxonomy*. United States Department of Agricultural. Natural Resources Conservation Service.
- Widianto; Noveras, H.; Supratogo, D.; Purnomosidhi, P. dan M. van Noordwijk. 2004. Konversi hutan menjadi lahan pertanian: “Apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan agroforestri berbasis kopi?”. *Agrivita* 26 (1): 47- 52.
-

DEGRADASI SIFAT FISIK TANAH SEBAGAI AKIBAT ALIH GUNA LAHAN HUTAN MENJADI SISTEM KOPI MONOKULTUR: KAJIAN PERUBAHAN MAKROPOROSITAS TANAH

Didik Suprayogo¹⁾, Widiyanto¹⁾, Pratiknyo Purnomosidi³⁾, Rudy Harto Widodo³⁾, Fisa Rusiana²⁾, Zulva Zauhara Aini²⁾, Ni'matul Khasanah³⁾, dan Zaenal Kusuma¹⁾

¹⁾Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

²⁾Alumni Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

³⁾World Agroforestry Centre, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161, Bogor 16001

ABSTRACT

Forest soils, which typically have a high surface infiltration rate and substantial macroporosity (due to soil biological activity and tree root turnover) facilitate deep infiltration. The past conversion of forest to coffee may have caused changes in the hydrology of the Way Besai watershed primarily through changes in the physical quality of the soil. Soil structure, at the soil surface, in topsoil and deeper layers determines the fate of water flows after rainfall, and degradation of soil structure provides an early warning for changes in hydrology. Therefore, this research was intended to derive a quantitative understanding of the main factors that affect macroporosity and infiltration. Field observations (with four replications) were conducted on remnant forest on the ridge top and coffee monoculture 1, 3, 7, and 10 years old on the upper and medium slopes, an established secondary forest and on land affected by a recent land slide with coffee monoculture. We measured soil texture, soil organic matter, crusting, root distribution and dye infiltration as indicator of macroporosity. Most indicators of soil quality were lower for the coffee gardens compared to the forest plots. Macroporosity was lowest in the 3 year old gardens (3.4 % of the total pore), and tended to be higher in the 7 and 10 year old gardens (5.3 % and 6.6 % of the total pore respectively). Macroporosity in forest was highest (18.2 % of the total pore). Strategies to speed up the improvement of macroporosity can be based on (1) elimination of soil crusting through deep soil tillage (short term effect), (2) increasing soil organic matter content by

planting cover crops (medium term) or (long term) by increasing tree diversity in forms of multistrata agroforestry, and (3) increasing root distribution in the soil profile with selecting tree with deep root under multistrata agroforestry development.

Keyword: landuse-change, soil-degradation, macroporosity, infiltration, soil-physics, forest-conversion

ABSTRAK

Tanah hutan, mempunyai laju infiltrasi permukaan yang tinggi dan makroporositas yang relatif banyak, sejalan dengan tingginya aktivitas biologi tanah dan *turnover* perakaran. Kondisi ini mempermudah air hujan yang jatuh mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam. Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi diduga menjadi penyebab utama perubahan hidrologi DAS Way Besai. Perubahan fungsi hidrologi ini diduga disebabkan oleh menurunnya makroporositas dan laju infiltrasi sebagai akibat penurunan kualitas sifat fisik tanah. Penelitian ini ditujukan untuk memahami secara kuantitatif faktor utama yang menyebabkan perubahan makroporositas tanah pasca alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur dan dampaknya terhadap infiltrasi tanah.

Pengukuran makroporositas, ketahanan penetrasi, distribusi perakaran tanaman dan pengambilan contoh tanah untuk analisa bahan organik, tekstur dan kemantapan agregat tanah dilakukan di lahan hutan sekunder dan sistem kopi monokultur di desa Bodong, Sumberjaya, Lampung

Barat. Pengukuran dilakukan pada enam kondisi dengan empat ulangan yaitu (1) hutan sekunder (2) kopi monokultur umur 1 tahun, (3) kopi monokultur umur 3 tahun, (4) kopi monokultur umur 7 tahun, (5) kopi monokultur umur 10 tahun, dan (6) Tanah longsor dengan tanaman kopi monokultur.

Hasil penelitian ini mengindikasikan sistem kopi monokultur hingga tanaman kopi berumur 10 tahun, masih belum mampu menyamai fungsi hutan dalam mempertahankan fungsi hidrologi tanah. Makroporositas terendah di kopi monokultur umur 3 tahun (3.4% dari total pori), dan meningkat pada kopi monokultur umur 7 tahun (5.3% dari total pori) dan 10 tahun (6.6 % dari total pori). Makroporositas di lahan hutan adalah tertinggi (18.2 % dari total pori)

Perbaikan makroporositas pada sistem kopi monokultur masih diperlukan. Diperlukan strategi untuk mempercepat perbaikan makroporositas yaitu dengan (1) menghilangkan pengkerakan tanah atas dengan pengolahan dalam secara berkala, (2) peningkatan kandungan bahan organik melalui peningkatan masukan seresah dengan cara penanaman tanaman penutup tanah dan atau peningkatan diversivitas tanaman pohon dalam bentuk agroforestri multistrata. Peningkatan diversivitas tanaman pohon dalam bentuk agroforestri multistrata juga merupakan strategi ke (3) dalam rangka meningkatkan jumlah dan penyebaran sistem perakaran.

Kata kunci : Alih guna lahan, degradasi tanah, makroporositas, infiltrasi, sifat fisik tanah, konversi hutan

PENDAHULUAN

Tanah hutan mempunyai laju infiltrasi permukaan yang tinggi dan makroporositas yang relatif banyak, sejalan dengan tingginya aktivitas biologi tanah dan *turnover* perakaran. Kondisi ini mendukung air hujan yang jatuh dapat mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam dan juga mengalir secara lateral (Susswein *et al.*, 2001). Perkembangan perakaran tanaman hutan mampu menekan dan memperenggang agregat tanah yang berdekatan. Penyerapan air oleh akar tanaman hutan menyebabkan dehidrasi tanah, pengkerutan, dan terbukanya rekahan-rekahan kecil. Kedua proses tersebut dapat memicu terbentuknya pori yang lebih besar (makroporositas). Dengan kata lain, pembentukan makroporositas ini selain disebabkan oleh adanya celah atau ruang yang terbentuk dari pemadatan matrik tanah juga adanya gangguan aktivitas perakaran, hewan tanah, pembengkaan, perekahan dan pengkerutan tanah (Marshall *et al.*, 1999). Lebih jauh, exudant akar dan akar yang mati khususnya akar rambut akan memicu aktivitas mikroorganisme yang akan menghasilkan bahan humik yang berfungsi sebagai semen. Bahan humik tanah mempunyai peranan yang besar terhadap agregasi liat tanah yang berukuran relatif kecil, sedang peranannya

terhadap agregasi agregat kecil atau partikel debu dan pasir relatif kecil (Marshall *et al.*, 1999).

Di Sumberjaya, pembukaan lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur umumnya dilakukan dengan cara tebang bakar dan pembersihan permukaan tanah. Kegiatan ini diduga sebagai penyebab rusaknya struktur tanah baik di lapisan atas maupun lapisan bawah. Kerusakan struktur tanah akan berdampak terhadap penurunan jumlah makroporositas tanah dan lebih lanjut akan diikuti penurunan laju infiltrasi permukaan tanah dan peningkatan limpasan permukaan. Kerusakan struktur tanah yang demikian akan menyebabkan berubahnya pola aliran air di dalam sistem tata guna lahan.

Kerusakan struktur tanah diawali dengan penurunan kestabilan agregat tanah sebagai akibat dari pukulan air hujan dan kekuatan limpasan permukaan. Penurunan kestabilan agregat tanah berkaitan dengan penurunan kandungan bahan organik tanah, aktivitas perakaran tanaman dan mikroorganisme tanah. Penurunan ketiga agen pengikat agregat tanah tersebut selain menyebabkan agregat tanah relatif mudah pecah sehingga menjadi agregat atau partikel yang lebih kecil juga menyebabkan terbentuknya kerak di permukaan tanah (*soil crusting*) yang mempunyai sifat padat dan keras bila kering. Agregat atau partikel-partikel yang halus akan terbawa aliran air ke dalam tanah sehingga menyebabkan penyumbatan pori tanah. Pada saat hujan turun kerak yang terbentuk di permukaan tanah juga menyebabkan penyumbatan pori tanah. Akibat proses penyumbatan pori tanah ini porositas tanah, distribusi pori tanah, dan kemampuan tanah untuk mengalirkan air mengalami penurunan dan limpasan permukaan akan meningkat. Untuk itu kuantifikasi faktor-faktor pengendali makroporositas sangat diperlukan.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk memahami secara kuantitatif faktor utama yang menyebabkan perubahan makroporositas tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur dan dampaknya terhadap infiltrasi tanah. Hasil kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai landasan strategi pengelolaan tanah terdegradasi di kawasan DAS Way Besai dan tempat lain yang serupa.

BAHAN DAN METODA

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - Desember 2001. Pengambilan contoh tanah dilakukan di lahan milik petani dan kawasan hutan Desa Bodong (5° 1.5' LS, 104°26' BT), Kecamatan Sumber Jaya, Lampung Barat. Lokasi ini terletak pada ketinggian 800 - 1000 m dpl. Desa ini dikelilingi oleh kawasan hutan TGHK (Tata Guna Hutan Kesepakatan) No register 45B.

Pengamatan dan pengambilan contoh tanah dilakukan di enam macam penggunaan lahan yang berbeda yaitu lahan hutan sekunder dan kopi monokultur umur 1, 3, 7, 10 tahun dan tanah longsor dengan kopi monokultur. Pengamatan dilakukan pada lahan dengan kisaran kemiringan 22 - 38° dengan empat ulangan.

Pengambilan dan analisa contoh tanah

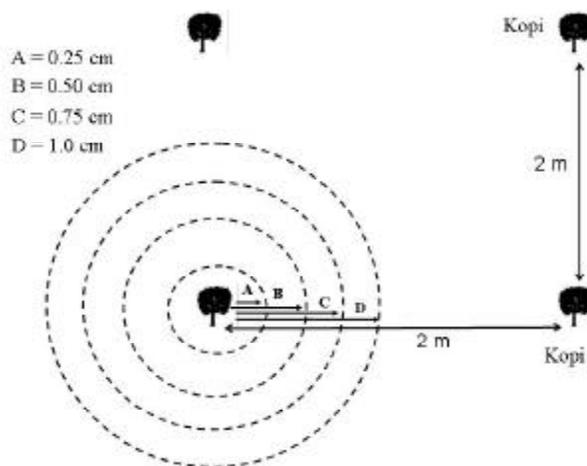
Pengambilan contoh tanah dilakukan pada kedalaman 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 dan 60 - 100 cm di enam macam penggunaan lahan yang berbeda seperti yang telah disebutkan diatas. Pengambilan contoh tanah berupa contoh tanah terganggu dan agregat utuh. Contoh tanah terganggu digunakan untuk analisis sebaran partikel tanah (tekstur tanah) dan kandungan bahan organik tanah, sedang agregat utuh digunakan untuk analisis kemantapan agregat tanah. Bahan organik dianalisa dengan metode Walkey and Black. Tekstur tanah dianalisa dengan metode Pipet. Kemantapan agregat diukur dengan menggunakan metode ayakan basah dengan kecepatan pengocokan 70 rpm dalam waktu 5 menit.

Pengukuran penetrasi tanah

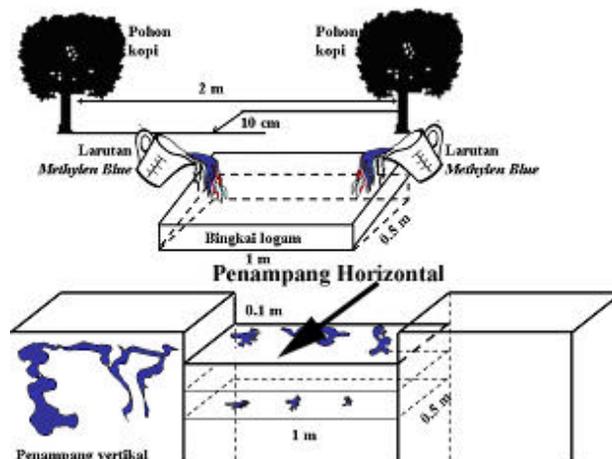
Pengamatan penetrasi tanah digunakan untuk mengkuantifikasi kekerasan pembentukan kerak di permukaan tanah. Pengamatan ini menggunakan asumsi bahwa pada tanah yang telah mengalami pengkerakan secara intensif memiliki ketahanan penetrasi yang tinggi. Pengukuran penetrasi tanah dilakukan dengan menggunakan alat penetrometer. Pengamatan dilakukan dengan cara memasukkan jarum penetrometer perlahan-lahan ke dalam tanah hingga kedalaman 5 cm, besarnya penetrasi tanah diperoleh dengan membaca besarnya gaya yang dihasilkan pada alat. Pengamatan ini dilakukan 10 kali di setiap zone di lokasi pengamatan (Gambar 1).

Pengukuran makroporositas

Jumlah pori makro diukur menggunakan metode *Methylene Blue*, dengan melihat pola sebaran warna biru dari larutan *methylene blue* dalam profil tanah. Larutan methylen blue (70 g methylen blue per 200 liter air) dituangkan secara bertahap ke dalam tanah yang telah dibatasi oleh bingkai logam berukuran 100 cm x 50 cm x 30 cm (Gambar 2), dibiarkan selama 3-6 jam hingga larutan *methylene blue* meresap ke dalam tanah. *Methylene blue* akan melewati pori makro tanah sehingga tanah berwarna biru, tetapi jika melewati pori mikro tanah tidak akan berwarna biru karena *methylene blue* terserap oleh matrik tanah melalui pori makro tanah. Setelah permukaan tanah terlihat kering, tanah di bagian depan dan belakang dari bingkai logam digali sedalam 100 cm. Dengan demikian terlihat sebaran warna biru dari cairan



Gambar 1. Zonasi pengukuran penetrasi tanah berdasarkan jarak terhadap pohon kopi



Gambar 2. Skema proses pengukuran jumlah pori makro menggunakan metoda pewarnaan methylen blue.

methylene blue, yang menggambarkan sebaran pori makro pada irisan vertikal. Selanjutnya, tanah seluas 100 cm x 100 cm digali pada kedalaman 5, 15, 35, 55, 75 dan 95 cm. Bercak-bercak biru yang terlihat pada setiap kedalaman merupakan sebaran pori makro pada bidang horizontal. Sel lembar plastik transparan diletakkan pada permukaan bidang yang diamati, semua bercak biru yang terlihat dipetakan. Pola sebaran warna biru, digambar ulang pada kertas kalkir dan difotocopi. Dengan demikian warna biru yang nampak dari *methylene blue* tergambar hanya dalam warna hitam. Selanjutnya luas bercak hitam dari peta pori makro dihitung luasnya menggunakan komputer program IDRISI.

Pengukuran laju infiltrasi tanah

Infiltrasi tanah diukur dengan dua pendekatan yaitu menggunakan curah hujan buatan dan curah hujan alami. Infiltrasi tanah dengan curah hujan buatan diukur

dengan menggunakan alat rainfall simulator pada luasan tanah 0.2 m x 0.3 m, intensitas hujan 60 mm jam⁻¹ selama 5 menit dan diulang 3 kali secara berturut-turut. Limpasan permukaan diukur setiap 30 detik. Laju infiltrasi tanah diperoleh dengan cara menghitung selisih curah hujan dengan limpasan permukaan yang dinyatakan dalam cm jam⁻¹. Laju infiltrasi yang disajikan adalah laju infiltrasi konstan saat kondisi tanah telah jenuh.

Pengukuran infiltrasi dengan curah hujan alami diukur pada luasan lahan 4 m x 10 m. Dari luasan lahan tersebut setiap kejadian hujan diukur besarnya limpasan permukaan dengan menggunakan alat penampung "Chin-ong-meter". Laju infiltrasi tanah diperoleh dengan cara menghitung selisih curah hujan dengan limpasan permukaan dan dinyatakan dalam % curah hujan (Widianto et al., 2004). Intersepsi kanopi tanaman diasumsikan tidak ada.

Pengukuran biomassa akar

Pengambilan contoh akar dilakukan dengan menggunakan metode *root trenching* pada profil yang sama pada saat pengambilan contoh tanah. Metode ini dilakukan dengan cara meratakan permukaan profil tanah. Tanah dalam penampang profil tanah dipotong-potong dalam blok tanah dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 20 cm dan tebal 10 cm. Contoh akar dalam blok tanah dipisahkan dari tanah dengan cara disiram dengan air di atas dua lapis saringan 2 dan 0.5 mm, sehingga tanah bisa lolos saringan dan akar tertinggal dalam saringan. Akar tanaman yang tertinggal dalam

saringan dipisahkan dari seresah lainnya. Contoh akar ini kemudian dikering-ovenkan pada suhu 80°C selama 48 jam, ditimbang untuk menetapkan biomasanya.

Analisis statistika

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya (Uji F taraf 5% dan 1%), parameter yang berbeda nyata selanjutnya dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) menggunakan program GENSTAT 6.0. *edition*. Uji korelasi parsial sifat fisik tanah dan perakaran tanaman dengan makroporositas dilakukan dengan menggunakan program SPSS 10.0.

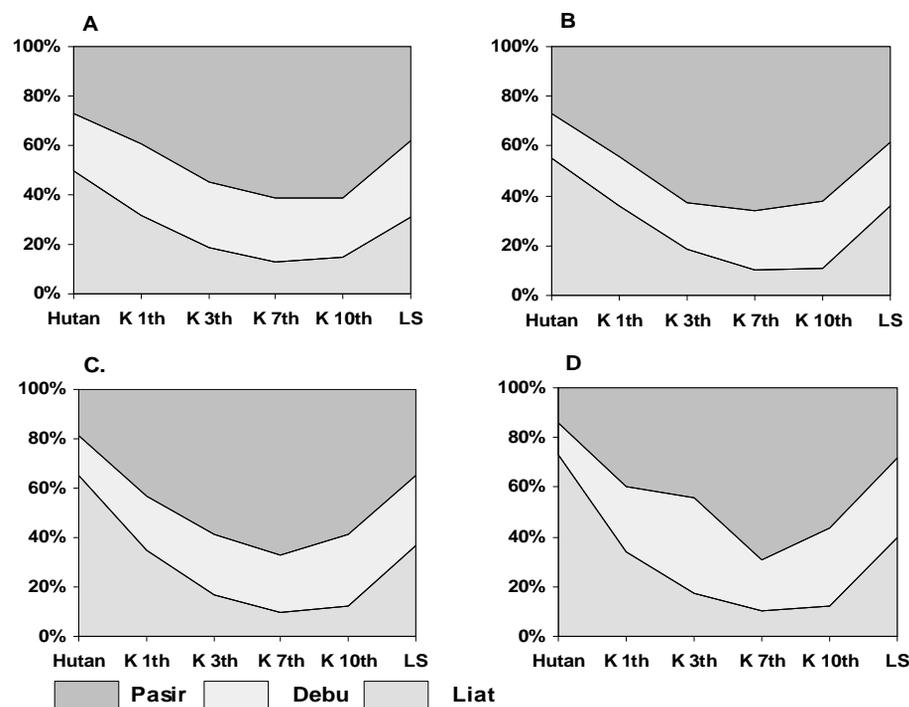
HASIL

Tekstur tanah

Tekstur tanah di lahan hutan lebih kasar dibandingkan dengan tanah di lahan kopi monokultur (Gambar 3). Kelas tekstur tanah di lahan hutan berkisar dari lempung liat berpasir hingga lempung berpasir, sedang di lahan kopi monokultur semuanya termasuk dalam kelas tekstur liat.

Bahan Organik Tanah

Akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur terjadi degradasi bahan organik tanah secara drastis setelah satu tahun pembukaan lahan. Pada kedalaman 0 - 20 dan 20 - 40 cm perbaikan bahan organik tanah secara bertahap terus berlangsung sampai tanaman kopi berumur 10 tahun (Tabel 1). Perbaikan bahan organik setelah kopi umur sepuluh



Gambar 3. Distribusi partikel tanah pada daerah survei pada berbagai kedalaman a. 0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 60 cm, dan 60 - 100 cm

tahun masih belum setinggi kandungan bahan organik di lahan hutan untuk tanah lapisan atas (0 - 20 cm).

Kemantapan agregat tanah

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur sampai umur kopi 40 tahun tidak berbeda nyata terhadap kemantapan agregat tanah (Tabel 2). Perbedaan nyata akibat alih guna lahan tersebut hanya dijumpai di kedalaman 0 – 20 cm pada lahan kopi yang telah mengalami longsor (*land slide*).

Ketahanan penetrasi tanah

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur secara nyata menyebabkan pembentukan kerak di permukaan tanah (*soil crusting*) sebagai akibat penyumbatan pori-pori tanah oleh partikel liat. Kerak di permukaan tanah ini keras dan relatif padat dibanding tanah tidak berkerak. Pengkerakan lapisan tanah atas ini ditunjukkan dengan meningkatnya ketahanan penetrasi tanah di kebun kopi monokultur (Tabel 3). Proses lain sebagai akibat *land slide* adalah terjadinya kerusakan ikatan partikel tanah. Kerusakan ikatan antar partikel yang terjadi terjadi di lahan yang

mengalami *land slide* menyebabkan tanah relatif gembur sehingga ketahanan penetrasi relatif rendah.

Perakaran tanaman

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur sangat nyata menurunkan biomassa akar (Gambar 4). Perbaikan sistem perakaran pada kedalaman lebih besar dari 40 cm baru dicapai pada saat tanaman kopi telah berumur 10 tahun, sedang pada kedalaman 0-40 cm perakaran hutan masih lebih banyak dibanding dengan kopi umur 10 tahun

Distribusi makroporositas

Alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur sangat nyata ($p < 0.01$) menurunkan makroporositas tanah, sedang pemulihan kembali sejalan dengan perkembangan umur tanaman kopi berjalan lambat (Gambar 5).

Korelasi makroporositas dengan sifat fisik tanah dan perakaran tanaman

Perubahan makroporositas tanah secara nyata dipengaruhi oleh sebaran partikel tanah, kandungan bahan organik tanah terutama di lapisan atas,

Tabel 1. Perubahan kandungan bahan organik tanah (BOT) sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur.

Perlakuan	BOT (%) pada kedalaman tanah :			
	0-20	20-40	40-60	60-100
	(cm)			
Hutan	4.09 d	1.32 b	0.89	0.46
Kopi 1 tahun	1.87 b	1.19 ab	0.91	0.31
Kopi 3 tahun	2.00 b	1.10 ab	0.71	0.77
Kopi 7 tahun	2.18 b	1.20 ab	1.14	1.00
Kopi 10 tahun	3.27 c	1.81 c	1.58	0.98
Land slide	1.03 a	0.76 a	0.89	0.52
BNT	0.52	0.46	tn	tn

Tabel 2. Perubahan kemantapan agregat tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur.

Perlakuan	Rasio Diameter Massa Rata (DMR) di kedalaman tanah (cm)			
	0-20	20-40	40-60	60-100
Hutan	4.13 b	2.38	1.91	2.62
Kopi 1 tahun	4.29 b	2.36	0.87	1.20
Kopi 3 tahun	3.47 ab	2.18	1.24	0.75
Kopi 7 tahun	4.12 b	1.41	0.58	1.28
Kopi 10 tahun	3.96 b	1.46	0.82	0.70
Land slide	2.13 a	2.53	2.00	1.64
BNT	1.289	tn	tn	tn

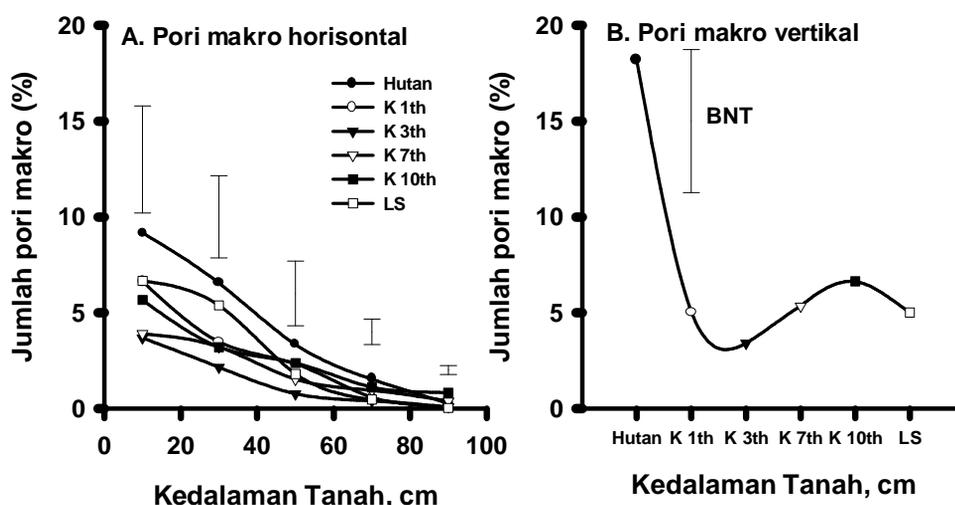
Tabel 3. Perubahan ketahanan penetrasi tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi kebun kopi monokultur.

Perlakuan	Ketahanan penetrasi (kg cm^{-3}) di zona (jarak dari pohon kopi, cm)			
	0-25	25-50	50-75	75-100
Hutan	1.50 ab	1.36 b	1.23 ab	1.21 ab
Kopi 1 tahun	2.29 b	2.45 b	2.48 b	2.46 bc
Kopi 3 tahun	2.53 b	2.66 b	2.48 b	2.40 b
Kopi 7 tahun	3.29 b	3.30 b	3.39 c	3.08 c
Kopi 10 tahun	2.61 b	2.49 b	2.51 bc	2.11 b
Land slide	0.92 a	0.93 a	0.85 a	0.78 a
BNT	1,319	1,167	0,21	0,769

Keterangan (Tabel 1-3): huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata ($p < 0.05$), tn= tidak nyata



Gambar 4. Berat kering akar, D_{rv} , $g\ cm^{-3}$ di lahan hutan dan kopi monokultur pada umur 1,3,7 dan 10 tahun



Gambar 5. Distribusi makroporositas secara horisontal dan vertikal di lahan hutan dan tanaman kopi monokultur pada umur 1, 3, 7 dan 10 tahun dan *land slide*.

pembentukan kerak di lapisan atas dan distribusi perakaran tanaman, sedang kemantapan agregat kurang berpengaruh langsung terhadap makroporositas (Tabel 4). Meningkatnya kandungan liat dan debu dan menurunnya kandungan pasir akan berdampak terhadap penurunan makroporositas tanah. Kandungan bahan organik tanah hingga kedalaman 60 cm masih berperan dalam memperbaiki makroporositas tanah. Perkembangan perakaran yang menyebar kedalam lapisan tanah baik secara vertikal maupun horisontal berdampak terhadap peningkatan makroporositas tanah. Hancuran agregat tanah yang masuk kedalam lapisan tanah bersamaan dengan aliran air menyebabkan penyumbatan pori tanah sehingga ketahanan penetrasi tanah meningkat dan makroporositas menurun.

Dampak makroporositas terhadap infiltrasi tanah

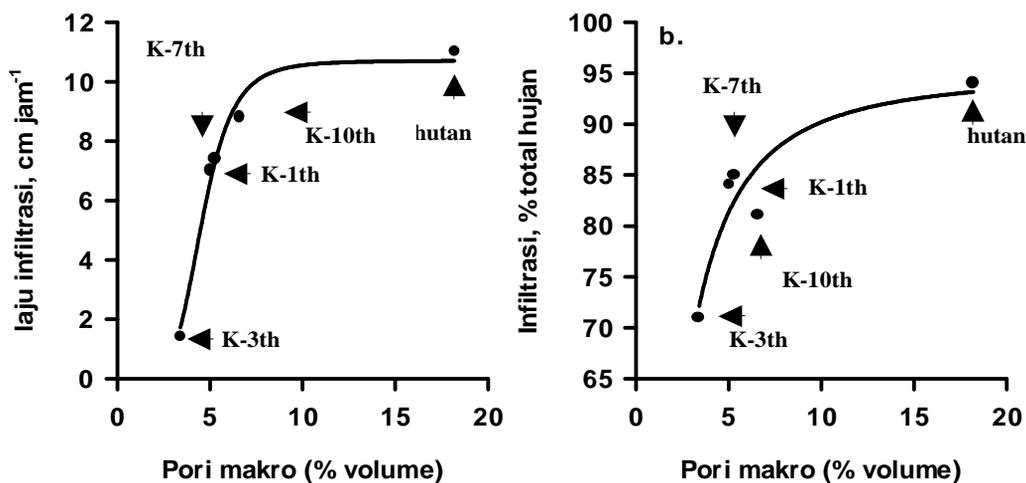
Dampak makroporositas terhadap infiltrasi tanah mencapai optimal pada saat makroporositas mencapai 10% volume (Gambar 6). Peningkatan makroporositas di atas 10% volume, tidak diikuti oleh peningkatan infiltrasi yang nyata. Namun, terjadi peningkatan infiltrasi secara nyata pada makroporositas diantara 0-10%. Akibatnya juga terjadi penurunan limpasan permukaan secara nyata.

PEMBAHASAN

Penelitian ini membuktikan bahwa tanah hutan mempunyai makropori relatif lebih banyak dan laju infiltrasi permukaan yang lebih tinggi dibanding kebun kopi monokultur (Gambar 5 dan Gambar 6). Hutan telah terbukti mampu menurunkan limpasan permukaan dan erosi (Widiyanto *et al.*, 2004). Hal ini

Tabel 4. Korelasi makroporositas dengan sifat fisik tanah dan perakaran tanaman di lahan hutan dan tanaman kopi monokultur pada umur 1, 3, 7 dan 10 tahun.

Sifat fisik tanah dan perakaran	Kedalaman (cm)	Korelasi dengan makroporositas (%)					
		Vertikal	Horisotal pada kedalaman (cm)				
			10	30	50	70	90
Kandungan liat tanah (%)	0-20	-0.98	-0.80	-0.92	-0.76	-0.93	-0.93
	20-40	-0.92	-0.71	-0.81	-0.64	-0.83	-0.87
	40-60	-0.93	-0.85	-0.88	-0.80	-0.88	-0.96
	60-100	-0.71	-0.57	-0.55	-0.44	-0.57	-0.73
Kandungan debu tanah (%)	0-20	-0.89	-0.60	-0.77	-0.53	-0.80	-0.79
	20-40	-0.40	-0.59	-0.62	-0.72	-0.57	-0.46
	40-60	-0.69	-0.86	-0.58	-0.11	-0.64	-0.31
	60-100	-0.76	-0.55	-0.86	-0.67	-0.86	-0.59
Kandungan pasir tanah (%)	0-20	0.96	0.85	0.88	0.70	0.90	0.90
	20-40	0.97	0.82	0.92	0.78	0.92	0.94
	40-60	0.97	0.75	0.90	0.71	0.91	0.90
	60-100	0.98	0.75	0.90	0.71	0.92	0.89
Bahan organik Tanah (%)	0-20	0.97	0.83	0.91	0.78	0.92	0.94
	20-40	0.73	0.96	0.74	0.90	0.71	0.95
	40-60	0.73	0.98	0.84	0.99	0.79	0.90
	60-100	0.43	-0.22	0.30	-0.21	0.37	0.01
Kemantapan agregat (DMR)	0-20	0.25	0.54	0.48	0.67	0.42	0.37
	20-40	0.58	0.25	0.66	0.38	0.68	0.30
	40-60	0.68	0.38	0.48	0.26	0.52	0.59
	60-100	0.91	0.60	0.93	0.67	0.95	0.71
Ketahanan penetrasi (kg cm ⁻³)		-0.72	-0.77	-0.63	-0.65	-0.62	-0.86
Bobot kering akar tanaman (g cm ⁻³)		0.98	0.81	0.92	0.76	0.93	0.93

**Gambar 6.** Hubungan makroporositas secara vertikal dengan infiltrasi tanah yang diukur dengan (a) rainfall simulator dan (b) hujan alami di plot 4 x 10 m² di lahan hutan dan kopi monokultur (K) pada umur 1 (1 th), 3 (3th), 7 (7 th) dan 10 (10 th) tahun.

dapat dijelaskan sebagai berikut: *pertama*, (a) hutan memiliki lapisan seresah yang tebal, (b) penutupan permukaan tanah oleh kanopi tanaman dan (c) cacing tanah yang hidup pada tanah hutan ukuran tubuhnya lebih besar dibandingkan dengan kebun kopi monokultur (Hairiah *et al.*, 2004). Kondisi ini menyebabkan tingginya kandungan bahan organik tanah (Tabel 1) dan rendahnya tingkat pembentukan kerak di permukaan tanah (Tabel 3), sehingga makroporositas tanah di lahan hutan lebih terjaga dibanding di lahan kebun kopi monokultur. *Kedua*, hutan dapat menurunkan ketersediaan air bawah tanah sehingga limpasan permukaan akan berkurang. Hal ini karena hutan memiliki sistem perakaran yang panjang dan berkembang dengan sangat baik dalam sistem tanah (Gambar 4). Kondisi ini memicu tingginya aktivitas biologi tanah dan *turnover* perakaran, sehingga mendukung air hujan yang jatuh dapat mengalir ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam dan juga mengalir secara lateral. Lebih lanjut, pada musim kemarau akar pohon cenderung tumbuh lebih dalam di lapisan tanah untuk menyerap air. *Ketiga*, dibandingkan dengan kebun kopi, evapotranspirasi hutan cenderung lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan tajuk tanaman di hutan yang relatif lebih tinggi dibandingkan kopi monokultur. Selain itu, pohon di hutan berperakaran lebih dalam sehingga mampu menyerap air lebih banyak dan hilang melalui proses transpirasi. Kondisi ini mampu mengurangi limpasan permukaan di DAS (Bosch dan Hewlett, 1982 dalam Calder, 1999).

Hasil penelitian Dariah *et al.* (2004) menunjukkan bahwa limpasan permukaan dan erosi relatif rendah di lahan kopi monokultur dan mendekati dengan kondisi hutan. Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian Widiyanto *et al.* (2004) dimana erosi di lahan kopi monokultur tingkat limpasan permukaan dan erosinya sangat nyata lebih besar dibanding lahan hutan. Perbedaan besarnya erosi tersebut mungkin dipengaruhi oleh faktor lain yaitu kondisi bahan induk tanah dan proses geologis. Survei identifikasi bahan induk tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Sumber Jaya ini masih sedang berlangsung, sehingga masih belum tersedia data pendukungnya.

Pada sistem kopi monokultur, pada saat umur tanaman mencapai 10 tahun, masih belum mampu menyamai fungsi hutan dalam memulihkan kondisi makroporositas dan laju infiltrasi tanah (Gambar 5 dan Gambar 6). Pengelolaan lahan sistem kopi monokultur sangat diperlukan guna mempercepat pemulihan fungsi hidrologi DAS. Strategi dasar yang dapat dilakukan berdasarkan penelitian ini adalah: (1) eliminasi pengkerakan tanah atas (Tabel 3) melalui “pengolahan dalam” secara berkala, (2) peningkatan kandungan bahan organik (Tabel 1) melalui peningkatan jumlah

masukannya yang bervariasi kualitasnya. Upaya ini dapat dilakukan melalui penanaman tanaman penutup tanah dan atau peningkatan diversivitas tanaman pohon seperti yang dijumpai dalam agroforestri multistrata, (3) Peningkatan diversivitas pola sebaran perakaran. Sistem agroforestri multistrata memperbaiki keragaman kondisi perakaran di lahan kopi monokultur yang relatif sangat rendah (Gambar 4).

Ketiga strategi dasar tersebut merupakan upaya yang dapat ditawarkan untuk mengembalikan fungsi tanah dalam pengendalian fungsi hidrologi DAS. Pengelolaan kebun kopi monokultur melalui pengelolaan vegetasi perlu dikombinasikan dengan pengelolaan pada skala bentang lahan. Pengelolaan vegetasi dapat dilakukan melalui pengaturan jarak tanam pohon dan macam pohon yang ditanam untuk mengoptimalkan peranan pohon dalam meningkatkan intersepsi air hujan dan transpirasi oleh tajuk daun. Pengelolaan bentang lahan dapat dilakukan melalui peningkatan kekasaran permukaan lahan, membuat cekungan-cekungan setempat untuk menyediakan penyimpanan air sementara selain berfungsi sebagai filter sedimen dan memperpanjang “saluran” aliran limpasan permukaan. Dengan demikian jalur untuk terjadinya limpasan permukaan yang cepat dapat dikurangi.

KESIMPULAN

Pada saat kopi berumur 10 tahun, sistem kopi monokultur masih belum mampu menyamai fungsi hutan dalam memulihkan gangguan hidrologi tanah. Perbaikan makroporositas tanah pada sistem kopi monokultur masih diperlukan. Untuk pengelolaan tanah, tiga strategi dasar yang dapat disarankan yaitu (1) eliminasi pengkerakan tanah atas melalui “pengolahan dalam” secara berkala, (2) peningkatan kandungan bahan organik tanah melalui peningkatan jumlah masukan seresah yang bervariasi kualitasnya, dengan cara menanam tanaman penutup tanah atau dengan menanam berbagai jenis pohon seperti yang dijumpai dalam sistem agroforestri multistrata. Peningkatan diversivitas tanaman pohon dalam sistem agroforestri multistrata juga merupakan strategi ke (3) dalam rangka meningkatkan jumlah dan penyebaran sistem perakaran di lahan kopi monokultur.

Ucapan Terimakasih

Tulisan ini disusun berdasarkan pada sebagian hasil penelitian yang diperoleh dari Proyek Sumberjaya (2001-2002) yang didanai ICRAF-SEA, Bogor. Terimakasih disampaikan kepada Dr. Meine Van Noordwijk dan Dr. Fahmudin Agus atas diskusi-diskusi yang intensif selama penelitian, Dr. Sri Rahayu Utami dan Prof. Dr. Kurniatun Hairiah atas kritik dan saran

dalam penulisan ini. Terimakasih juga disampaikan kepada petani di desa Bodong atas fasilitas yang diberikan selama penelitian lapangan berlangsung. Juga pada Ketua Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang yang memberikan kebebasan peneliti untuk menggunakan fasilitas yang ada di laboratorium Jurusan Tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Calder, I.R. 1999. *The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Resources Management*. Earthscan Publications, London. 192 pp.
- Dariah, A.; Agus, F.; Arsyad, S.; Sudarsono dan Maswar. 2004. Erosi dan aliran permukaan pada lahan pertanian berbasis tanaman kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. *Agrivita* 26 (1): 52-60.
- Hairiah, K.; Suprayogo, D.; Widiyanto; Berlian; Suhara, E.; Mardiasuning, A.; Prayogo, C.; Widodo, R.H. dan S. Rahayu. 2004. Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi: Ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makroporositas tanah. *Agrivita* 26 (1): 75-88
- Marshall, T.J.; Holmes, J.W. and C.W. Rose. 1999. *Soil Physics*. Cambridge University Press. Pp 453.
- Syam, T.H.; Mshide; Salam, A.K.; Utomo, M.; Mahi, A.K.; Lumbanraja, J.; Nugroho, S.G. and M. Kimura. 1977. Land Use and Cover Changes in a Hilly Area of South Sumatra, Indonesia (from 1970 to 1990). *Soil Sci. Plant Nutr.* 43 (3): 587-599.
- Susswein, P.M.; Van Noordwijk, M. dan B. Verbist. 2001. Forest Watershed Functions and Tropical Land Use Change. *Dalam* van Noordwijk, M.; Williams, S. dan B. Verbist (Eds.), *Towards integrated natural resource management in forest margins of the humid tropics: local action and global concerns*. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor. 28 pp.
- Widiyanto; Noveras, H.; Suprayogo, D.; Widodo, R.H.; Purnomosidhi, P. dan M. van Noordwijk. 2004. Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian : Apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur? *Agrivita* 26 (1): 47-52.

ALIH GUNA LAHAN HUTAN MENJADI LAHAN AGROFORESTRI BERBASIS KOPI: KETEBALAN SERESAH, POPULASI CACING TANAH DAN MAKROPOROSITAS TANAH

**Kurniatun Hairiah¹, Didik Suprayogo¹, Widiyanto¹, Berlian¹, Erwin Suhara², Aris Mardiasuning²,
Rudy Harto Widodo³, Cahyo Prayogo¹, dan Subekti Rahayu³**

¹Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Malang 65145

²Alumni Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

³World Agroforestry Centre, ICRAF S.E. Asia, P.O.Box 161, Bogor 16001

ABSTRACT

Forest conversion to coffee-based agroforestry initially leads to a decrease in the rate of litterfall and the standing litter layer covering the soil, reducing food for earthworms and replenishment of soil organic matter (SOM) and likely related to a reduction of soil macroporosity. On sloping lands, a reduction of macroporosity and soil cover is likely to increase overland flow and erosion.

This research was aimed at quantifying litter thickness, earthworm populations and soil macroporosity in response to land use change, in the Sumberjaya benchmark area (West Lampung), by comparing (a) remnant forest as a control, (b) multistrata shaded coffee with fruit and timber trees as

well as the nitrogen-fixing (*Erythrina sububrams* and/or *Gliricidia sepium*) as shade trees, (c) shaded coffee with the same nitrogen-fixing *Erythrina sububrams* and/or *Gliricidia sepium* as shade trees, (d) monoculture (sun) coffee. Plots were selected with a minimum age of 7 years, in three slope classes: (a) flat (0-10°), (b) medium (10-30°) and (c) steep (> 30°). The measurements were carried out in November 2001 to Juli 2002.

The mean standing litter was 2.1, 1.8, 1.2 and 1.2 Mg ha⁻¹ for forest, shade coffee and monoculture coffee, respectively, without a significant influence of slope. Soil organic carbon contents C_{org} were compared to the reference value C_{ref} for soils of the same texture, pH and elevation, based on a large Sumatran data set. The C_{org} value for the

remnant forest was only 50 % of the reference value, but for multistrata, shaded and monoculture coffee it was only 0.3, 0.2 and 0.2, respectively.

The highest earthworm biomass was found in the forest (31 g m^{-2}), but the highest population density of earthworms was found in the multistrata coffee gardens with 150 individuals per m^2 , while under the other landcover types had about 85 individuals per m^2 ; the average biomass per individual was three times higher in the forest than in the other systems.

Macroporosity was measured at the whole soil profile (1 m depth) by infiltration of blue dye methylen blue. The highest number of macropore was found in the forest soil (with 12% of a cross section consisting of vertically oriented macropores and only 3 – 3.6 % coloured in the coffee gardens), but the main difference was in the depth of soil with high macroporosity. In the monoculture gardens only the top 30 cm of the soil profile underwent rapid infiltration of dye, while in the shaded coffee and multistrata system were > 80 cm, respectively (probably linked to the distribution of the tree roots). The data suggested that a high soil macroporosity in the forest was related to a high earthworm biomass of anecic group. Infiltration measurements with a rainfall simulator showed that a peak rainfall intensity of 4.5, 3, 2.5 and 2 mm minute^{-1} can still be absorbed by the soil under forest cover, multistrata coffee, shaded coffee and monoculture coffee, respectively.

The data thus indicate that the type of trees used as companion to coffee can influence soil physical conditions directly through their rooting pattern and indirectly through feeding earthworms. A combination of trees with slowly decomposing litter, that help protect the soil surface, and trees with deep root systems that directly create macroporosity is probably best for securing soil conditions that meet the requirements of low runoff and erosion rates.

Key word: Litter thickness, *ecosystem engineer*, macroporosity, infiltration rate

ABSTRAK

Alih guna lahan hutan menjadi agroforestri berbasis kopi menurunkan jumlah masukan seresah sehingga menurunkan tingkat penutupan tanah, mengurangi jumlah makanan bagi cacing tanah, dan kandungan bahan organik tanah (BOT). Penurunan tersebut menentukan rendahnya makroporositas tanah setelah konversi hutan. Pada lahan berlereng, penurunan makroporositas tanah dan tingkat penutupan permukaan tanah oleh seresah meningkatkan limpasan permukaan dan erosi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur ketebalan seresah, populasi cacing dan makroporositas tanah dalam hubungannya dengan alih guna lahan hutan menjadi agroforestri berbasis kopi pada benchmark Sumberjaya, Lampung Barat. Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2001 hingga Juli 2002. Pengukuran dilakukan pada beberapa sistem penggunaan lahan yaitu (a) hutan alami sebagai kontrol, (b) kopi campuran, dengan

naungan pohon dadap (*Erythrina sububrams*), kayu hujan (*Gliricidia sepium*), pohon buah-buahan dan pohon penghasil kayu (c) kopi dengan pohon naungan dadap atau kayu hujan, (d) kopi monokultur. Pengukuran dilakukan pada lahan milik petani yang pohon kopinya telah berumur minimal 7 tahun. Lahan dipilih dari beberapa tempat dengan lereng lahan yaitu (a) datar (0-10°), (b) medium (10-30°) dan (c) curam > 30°.

Perbedaan kelerengan tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan seresah di permukaan tanah, ketebalan seresah rata-rata 2.1, 1.8, 1.2 and 1.2 Mg ha^{-1} masing-masing untuk hutan alami, kopi campuran (multistrata), kopi naungan dan kopi monokultur.

Kandungan bahan organik tanah (C_{org}) pada sistem berbasis kopi dibandingkan dengan kondisi tanah hutan alami di Sumatra (C_{ref}), yang memiliki tekstur, pH, dan ketinggian tempat yang sama dengan kondisi di Sumberjaya. Kandungan bahan organik terkoreksi ($C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$) pada hutan Sumberjaya sekitar 50 % dari $C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$ hutan asli di Sumatra. Nilai $C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$ pada kopi campuran, naungan dan monokultur masing-masing hanya 0.3, 0.2 dan 0.2.

Biomasa cacing tanah tertinggi dijumpai di hutan (31 g m^{-2}), tiga kali lebih tinggi dari biomasa cacing tanah pada sistem lainnya; namun kerapatan populasi cacing tertinggi yaitu sekitar 150 ekor m^{-2} dijumpai pada sistem kopi campuran. Sedang pada sistem kopi naungan dan monokultur hanya dijumpai sekitar 85 ekor m^{-2} .

Jumlah pori makro pada bidang vertikal (dalam profil tanah sedalam 1 m) diukur dengan infiltrasi warna biru dari larutan *methylen blue*. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jumlah pori makro tanah hutan sekitar 12 % menyebar hingga lapisan tanah bawah; sedang pada sistem berbasis kopi hanya 3 - 3.6 %. Pada sistem kopi monokultur, infiltrasi larutan *methylen blue* hanya terbatas pada lapisan atas (sedalam 30 cm), sedang pada sistem kopi campuran atau kopi naungan mencapai kedalaman > 80 cm. Hal ini mungkin berhubungan erat dengan perbedaan kedalaman sebaran akar pohon. Selain dari akar, hasil dari percobaan ini diketahui bahwa tingginya jumlah pori makro tanah di hutan berhubungan erat dengan tingginya biomasa cacing tanah dari grup *anecic*. Pengukuran infiltrasi menggunakan *rain simulator* menunjukkan bahwa tanah hutan, kopi campuran, naungan dan monokultur mampu menyerap air dengan puncak intensitas hujan masing-masing 4.5, 3.0, 2.5 dan 2.0 mm menit^{-1} .

Penanaman berbagai jenis pohon penabung dalam sistem agroforestri berbasis kopi dapat berpengaruh terhadap kondisi fisik tanah baik secara langsung melalui pola sebaran akar yang beragam, maupun secara tidak langsung melalui penyediaan pangan bagi cacing tanah. Menanam pohon yang menghasilkan seresah berkualitas rendah dan berperakaran dalam secara tumpangsari dapat direkomendasikan untuk mengurangi limpasan permukaan dan tingkat erosi pada lahan berlereng. Alasannya, karena dengan sistem tersebut dapat membentuk lapisan seresah yang tinggal lama di permukaan tanah sehingga dapat melindungi permukaan tanah dari pukulan air hujan;

tambahan lagi adanya system perakaran pohon yang menyebar dalam dapat meningkatkan porositas tanah. Dengan demikian teknik tersebut sesuai untuk mengurangi limpasan permukaan dan erosi.

Kata kunci: ketebalan seresah, *ecosystem engineer*, makroporositas, laju infiltrasi

PENDAHULUAN

Pada umumnya alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian baik monokultur maupun polikultur akan menurunkan kandungan BOT, diversitas biota tanah dan kualitas air (Gambar 1).

Pada lahan pertanian, rendahnya jumlah dan diversitas vegetasi dalam suatu luasan menyebabkan rendahnya keragaman kualitas masukan bahan organik dan tingkat penutupan permukaan tanah oleh lapisan seresah. Tingkat penutupan (tebal tipisnya) lapisan seresah pada permukaan tanah berhubungan erat dengan laju dekomposisinya (pelapukannya). Semakin lambat terdekomposisi maka keberadaannya di permukaan tanah menjadi lebih lama (Hairiah et al., 2000). Laju dekomposisi seresah ditentukan oleh kualitasnya yaitu nisbah C:N, kandungan lignin dan polyphenol. Seresah dikategorikan berkualitas tinggi apabila nisbah C:N <25, kandungan lignin <15 % dan polyphenol <3 %, sehingga cepat dilapuk (Palm dan Sanchez, 1991).

Banyak lahan hutan di daerah Sumberjaya, Lampung Barat telah dikonversi menjadi agroforestri berbasis kopi, baik berupa agroforestri sederhana dengan menggunakan pohon naungan maupun agroforestri kompleks (multistrata). Pohon naungan yang dipilih pada sistem agroforestri kompleks

biasanya famili leguminosae seperti dadap (*Erythrina sububrams*), gamal atau kayu hujan (*Gliricidia sepium*), atau lamtoro (*Leucaena leucocephala*). Seresah dari famili Leguminosae umumnya cepat dilapuk karena kualitasnya tinggi (Handayanto et al., 1994), maka keberadaannya di permukaan tanah relatif singkat dan mengakibatkan permukaan tanah menjadi cepat terbuka. Pada saat terjadi hujan, pukulan air hujan pada tanah yang terbuka dapat meningkatkan kerusakan agregat tanah, sehingga porositas tanah akan berkurang. Pengelolaan lahan berlereng biasanya lebih difokuskan pada usaha perbaikan porositas dan infiltrasi air tanah untuk mengurangi limpasan permukaan dan erosi. Perbaikan porositas tanah sangat ditentukan oleh besarnya masukan bahan organik setiap tahunnya. Hasil penelitian di Lampung Utara, menunjukkan bahwa masukan seresah sekitar 8 Mg ha⁻¹ th⁻¹ dari hasil pangkasan *Gliricidia sepium* pada sistem budi daya pagar dapat meningkatkan porositas dari 45 % menjadi 55 % (Priyono et al., 1996). Selain masukan bahan organik, aktivitas cacing tanah dan akar tanaman pada lahan berlereng sangat diperlukan dalam mempertahankan porositas tanah. Kelompok cacing yang dapat mempertahankan porositas tanah adalah cacing dari kelompok “*soil engineers*” atau “*ecosystem engineer*” yang tinggal dan aktif di dalam tanah tetapi mengkonsumsi seresah yang ada di dalam tanah maupun di permukaan tanah.

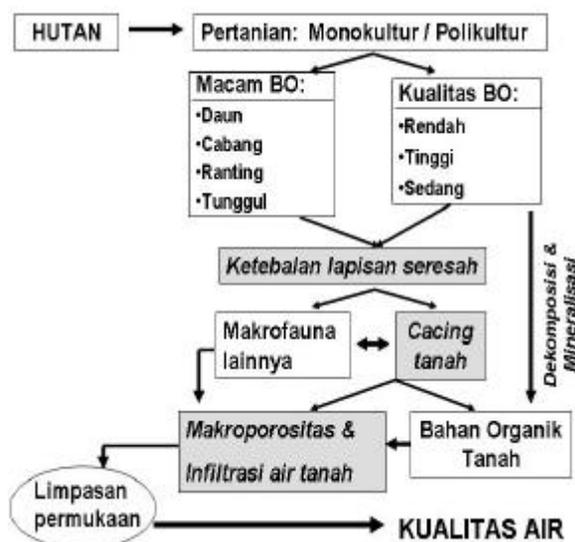
Alih guna lahan terutama pada lahan berlereng menyebabkan jumlah seresah yang ada di permukaan tanah berkurang karena terangkut oleh limpasan permukaan. Karena jumlah dan diversitas kualitas masukan seresah berkurang, maka populasi cacing tanah mungkin juga akan berkurang. Sayangnya, belum banyak hasil penelitian dilaporkan tentang peran cacing tanah dalam ekosistem ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ketebalan seresah pada lahan berlereng dalam kaitannya dengan populasi cacing tanah dan porositas tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan.

BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilakukan pada beberapa petak lahan milik petani di Dusun Bodong dan Simpangsari, Kecamatan Sumberjaya, Lampung Barat dan di Laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, pada bulan November 2001 – Juli 2002.

Secara geografis lokasi penelitian terletak pada 5°01'29.88" - 5°02'34.20" Lintang Selatan dan 104°25'46.50" - 104°26'51.40" Bujur Timur. Geokoordinat lokasi lahan ditentukan dengan menggunakan GPS Garmin akurasi sekitar 80 m. Topografi Dusun Bodong sebagian besar merupakan



Gambar 1. Skematis dampak alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian terhadap kualitas air.

perbukitan atau pegunungan, dengan ketinggian yang bervariasi (839-914 m dpl).

Pengukuran ketebalan seresah dilaksanakan pada beberapa sistem penggunaan lahan yaitu (a) hutan alami sebagai kontrol, (b) kopi campuran, dengan naungan pohon dadap (*Erythrina sububrams*), kayu hujan (*Gliricidia sepium*), pohon buah-buahan dan pohon penghasil kayu (c) kopi dengan naungan pohon dadap atau kayu hujan, (d) kopi monokultur. Petak dipilih pada tiga kelas kemiringan lahan yaitu (a) datar (0-10°), (b) medium (10-30°) dan (c) curam >30°. Pengukuran pada lahan berbasis kopi dilakukan di lahan milik petani setempat yang pohon kopinya telah berumur >7 tahun. Setiap sistem penggunaan lahan dipilih dari tiga petak lahan milik petani yang berbeda.

Kriteria Pemilihan Lahan Agroforestri

Untuk mempermudah dalam menentukan petak pengamatan pada lahan kopi naungan dengan kopi campuran digunakan kriteria sebagai berikut:

- *Sistem kopi naungan*: sistem penggunaan lahan, dimana kopi sebagai tanaman pokok dan pohon legumimosa sebagai penabung dan sebagai penambah unsur N dalam tanah. Pohon penabung biasanya dadap (*Erythrina sububrams*), atau gamal/kayu hujan (*Gliricidia sepium*) dengan populasi sekitar 60 % dari total populasi pohon.
- *Sistem kopi multistrata*: sistem penggunaan lahan dengan kopi sebagai tanaman pokok dan sebagai pohon penabung digunakan pohon jenis leguminosa serta pohon buah-buahan seperti nangka, durian, alpukat, cempedak atau pohon penghasil kayu seperti jati, akasia

Kriteria yang digunakan untuk membedakan antara sistem kopi multistrata dengan sistem kopi naungan didasarkan pada jumlah spesies pohon per luasan lahan dan besarnya basal area (luasan tanah yang ditutup pohon). Basal area dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Basal area} = (\sum D_{\text{kopi}}^2) / (\sum D_{\text{kopi}}^2 + \sum D_{\text{non kopi}}^2)$$

(D = diameter batang pohon pada ketinggian 1.3 m dari permukaan tanah).

Suatu sistem dinamakan sistem kopi multistrata bila dalam satu petak lahan terdapat minimal 5 spesies pohon dengan basal area $\leq 80\%$.

Penetapan petak pengamatan

Petak pengamatan ditentukan pada lereng atas dan lereng bawah pada suatu sistem bukit berlereng tunggal dengan ukuran 40 m x 5 m sesuai dengan protokol yang digunakan oleh TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) (Hairiah *et al.*, 2001). Letak petak atas

Tabel 1. Persamaan alometrik yang digunakan untuk estimasi biomasa pohon (Y = biomasa pohon, kg/pohon; D = dbh, cm; r = berat jenis kayu 0.62 g cm^{-3}).

Jenis pohon	Persamaan	
Kopi	$Y = 0.2811 D^{2.0635}$	Arifin (2001)
Sengon	$Y = 0.0272 D^{2.83}$	Sugiarto (2002)
Lainnya	$Y = 0.11 \rho D^{2.62}$	Ketterings <i>et al.</i> , (2000)

ditentukan dengan jarak tertentu dari puncak lereng, yaitu 10% dari panjang lereng. Petak pada lereng atas mewakili tempat miskin seresah, sedangkan petak pada lereng bawah mewakili tempat kaya seresah.

Semua vegetasi yang masuk dalam luasan tersebut diukur biomasanya baik secara destruktif maupun non-destruktif. Penutupan permukaan tanah oleh kanopi pohon digambar pada kertas grafik. Sebaran kanopi pohon diukur dengan jalan mengukur lebar sebaran kanopi rata-rata dari 2 arah, kemudian dirata-ratakan dan digambar pada kertas grafik. Sebaran kanopi pohon tersebut diberi warna hitam. Untuk mengestimasi persentase penutupan lahan dilakukan penghitungan luasan yang berwarna hitam dengan menggunakan program IDRISI.

Penetapan biomasa tanaman

Semua pohon yang masuk dalam petak pengamatan diukur dbh-nya (*diameter at breast height* atau diameter batang setinggi 1.3 m dari permukaan tanah). Untuk mengestimasi biomasa pohon digunakan persamaan alometrik yang telah dikembangkan oleh peneliti terdahulu (Tabel 1). Berat jenis kayu diperoleh dari <http://www.icraf.cgiar/sea>

Vegetasi bawah (*understorey*) diestimasi dengan mengambil beberapa contoh biomasa dari 10 titik pengambilan dimana luasan masing-masing titik 0.25 m^2 . Biomasa hijauan vegetasi bawah dan seresah dipisahkan. Seresah yang diperoleh dicuci dalam air mengalir supaya bebas dari partikel tanah dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam untuk ditimbang berat keringnya.

Penetapan nekromasa

Nekromasa yaitu masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak, maupun yang tergeletak di atas tanah, tonggak atau ranting dan seresah yang belum terdekomposisi di atas permukaan tanah. Contoh nekromasa ini diambil secara destruktif dan non destruktif (Hairiah *et al.*, 2001).

Ketebalan seresah, diukur dengan jalan mengambil contoh seresah secara acak dari 10 titik pengambilan pada masing-masing kelas lereng dan posisi lereng.

Seresah dipisahkan menurut macamnya yaitu daun, ranting dan cabang. Pada setiap titik pengambilan contoh seresah, diambil contoh tanahnya pada kedalaman 0-5 cm dan 5-15 cm. Tanah dicampur rata dari semua titik pengambilan menurut kedalamannya, selanjutnya dianalisis $pH_{(H_2O)}$, $pH_{(KCl)}$, C_{org} (Walkey dan Black), N_{tot} (Kjeldahl) dan tekstur tanahnya. Berat isi tanah ditetapkan dengan jalan mengambil contoh tanah utuh menggunakan ring silinder logam berdiameter 5 cm. Hasil analisis disajikan dalam Tabel 2.

Penghitungan populasi cacing tanah

Penghitungan populasi cacing tanah hanya dilakukan pada petak lereng curam ($>30^\circ$). Pengukuran pada setiap sistem penggunaan lahan diulang 2x pada petak lahan petani yang berbeda. Penentuan posisi pengambilan contoh dalam lereng mengikuti prosedur yang dipakai untuk mengukur ketebalan seresah. Pada masing masing posisi dalam lereng diambil 5 monolit contoh.

Pengambilan contoh cacing tanah dilakukan pada pagi hari, diawali dengan menancapkan bingkai besi berukuran 25 cm x 25 cm ke dalam tanah. Tanah di sekitar bingkai digali untuk membatasi pergerakan cacing tanah ke tempat lain. Contoh tanah dan cacing tanah diambil dari kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm. Contoh cacing tanah diambil secara manual (*hand sorting*) kemudian ditetapkan biomasanya, diidentifikasi tipe ekologisnya berdasarkan ukuran dan pigmentasi tubuhnya (Lavelle dan Spain, 2001).

Penghitungan jumlah pori makro tanah

Penghitungan jumlah pori makro tanah dilakukan di bagian tengah lereng pada dua kelas lereng yaitu datar ($0-10^\circ$) dan curam $>30^\circ$.

Jumlah pori makro diukur menggunakan metode pewarnaan *Methylene Blue*, dengan melihat pola sebaran warna biru dari larutan *methylen blue* dalam profil tanah. Cara pengukuran ini telah dijelaskan dengan rinci dalam Suprayogo et al. (2004).

Pengukuran infiltrasi

Pengukuran infiltrasi dilakukan di bagian tengah lereng pada dua kelas lereng yaitu datar ($0-10^\circ$) dan curam ($>30^\circ$).

Sebelum tanah diukur laju infiltrasinya, tanah disiram terlebih dahulu dengan air dan dibiarkan semalam agar diperoleh tanah dalam kondisi kapasitas lapang. Permukaan tanah selanjutnya ditutup dengan plastik agar tidak terjadi evaporasi. Tanah di sekitar tempat pengukuran infiltrasi digali untuk mengalirkan air bila ada hujan. *Rainfall Simulator* berukuran 625 cm² ditempatkan ditengah-tengah, di antara 4 pohon kopi. Khusus untuk lahan hutan *rainfall Simulator* ditempatkan secara acak diantara pepohonan dan diusahakan tidak mengenai akar tunggang/ akar besar. Untuk mengetahui pengaruh seresah terhadap infiltrasi air, maka pengukuran infiltrasi dilakukan pada 2 kondisi yaitu pada kondisi tanah dengan seresah dan tanpa seresah. Pendekatan perhitungan laju infiltrasi dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$I = P - R$$

dimana :

I = laju infiltrasi per 30 detik, mm

P = nilai curah hujan yang konstan per 30 detik, mm

R = jumlah air tertampung dari alat *Rainfall simulator*, mm

Tabel 2. Karakteristik kesuburan tanah pada lapisan tanah sedalam 0-5 cm, 5-15 cm, pada berbagai sistem penggunaan lahan, dan kelerengan (HA=hutan alami, KC=Kopi campuran, KN=Kopi naungan, KM=Kopi monokultur).

SPL * Kedalaman (cm)	$pH_{(H_2O)}$	$pH_{(KCl)}$	Tot.C	Tot.N	C/N	Pasir	Debu	Liat
			----- %	-----		----- %	-----	
HA, 0-5	4.87	3.98	4.99	0.44	11.5	16.8	41.2	42.1
	5-15	4.99	3.96	2.69	0.27	10.3	18.2	35.0
KC, 0-5	5.18	4.08	1.98	0.26	7.82	15.6	35.3	49.1
	5-15	5.16	4.02	1.54	0.20	7.81	14.4	31.9
KN, 0-5	5.22	4.12	1.76	0.24	7.88	15.3	35.3	49.4
	5-15	5.17	4.04	1.22	0.19	6.96	13.5	33.2
KM, 0-5	4.98	3.94	1.65	0.27	7.02	14.1	34.1	51.8
	5-15	5.05	3.97	1.28	0.20	6.85	12.9	29.3
<i>s.e.d</i>	0.176	0.205	0.229	0.031	0.652	2.079	2.724	4.065

Selanjutnya untuk mencari perbedaan laju infiltrasi konstan antara penggunaan lahan digunakan persamaan Philip (Hank dan Ashcorft, 1980):

$$i = i_c + 1/2 s t^{-1/2}$$

dimana,

i_c = kecepatan pergerakan air pada saat jenuh di lapisan atas tanah (laju infiltrasi konstan)

s = daya hisap tanah (*sorptivity*)

t = waktu, menit

Untuk menganalisis persamaan Philip digunakan persamaan regresi linear (Suprayogo, 2000):

$$Y = a + b x$$

dimana, $a = i_c$; $b = S$; $x = 1/2 t^{1/2}$

Analisis Statistika

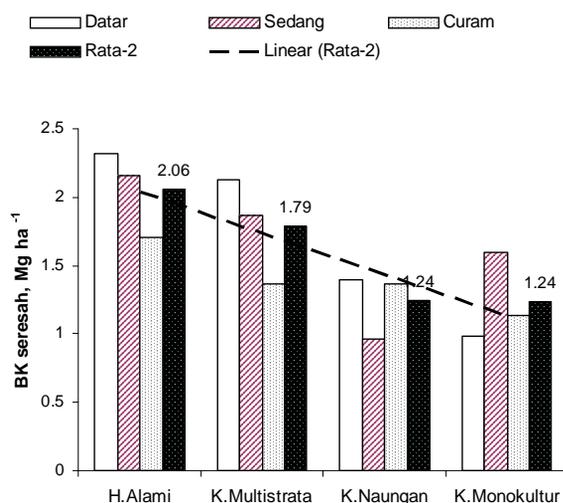
Data yang diperoleh dianalisa dengan analisa ragam (anova) menggunakan program komputer GENSTAT 5 Release 3.22, untuk mengetahui pengaruh sistem penggunaan lahan terhadap ketebalan seresah, kerapatan populasi cacing tanah dan jumlah pori makro tanah. Bila pengaruhnya nyata ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji Duncan.

Keeratan hubungan antara ketebalan seresah dengan populasi cacing tanah dan jumlah pori makro diuji dengan uji korelasi, bila hubungannya nyata ($p < 0,05$) dilanjutkan dengan uji regresi.

HASIL

Ketebalan Seresah

Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi menurunkan tingkat ketebalan seresah (yang diukur dari berat total nekromasa) di atas



Gambar 2. Ketebalan seresah pada hutan alami dan sistem penggunaan lahan lain berbasis kopi pada berbagai kelerengan, (H = hutan, K= kopi).

permukaan tanah. Bila lahan hutan dikonversi menjadi sistem kopi multistrata, ketebalan seresah turun dari 2.1 Mg ha⁻¹ menjadi sekitar 1.8 Mg ha⁻¹, penurunan terus berlanjut hingga 1.2 Mg ha⁻¹ bila lahan diusahakan menjadi kopi naungan atau kopi monokultur (Gambar 2).

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa sistem penggunaan lahan berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap ketebalan seresah. Sedangkan kelerengan maupun interaksinya dengan sistem penggunaan lahan tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$), kecuali pada sistem penggunaan lahan hutan dan kopi multistrata yang berpengaruh nyata ($p < 0.05$). Semakin curam kelerengan pada hutan dan kopi multistrata, ketebalan seresah semakin berkurang.

Penurunan ketebalan seresah ditentukan oleh sistem penggunaan lahan dan pengelolaannya. Komposisi tanaman di hutan lebih banyak dan lebih rapat dibandingkan dengan agroforestri berbasis kopi, oleh karena itu ketebalan seresahnya juga lebih besar.

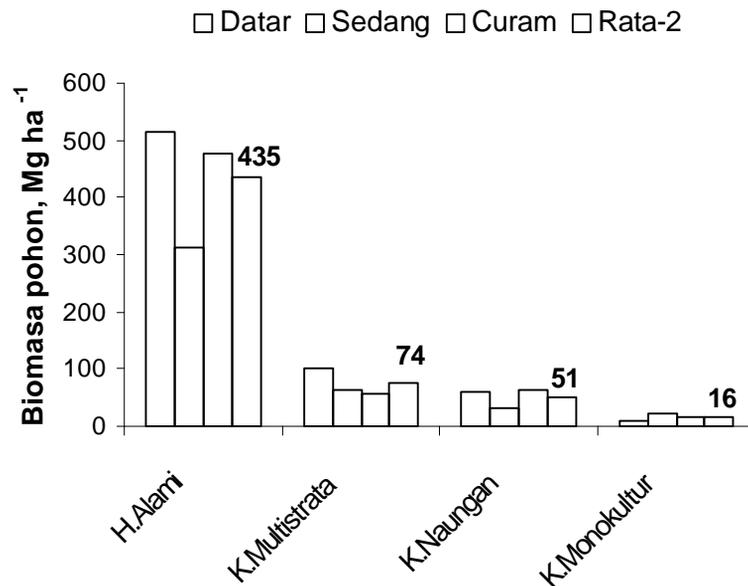
Pada sistem berbasis kopipun terjadi perbedaan jumlah seresah antara kopi monokultur, kopi naungan dan kopi multistrata. Pada sistem kopi monokultur dan kopi naungan ada pengelolaan intensif misalnya penyiangan rerumputan, atau pembersihan cabang dan ranting yang ada di permukaan tanah sehingga menyebabkan berkurangnya seresah. Pada sistem multistrata, banyak pohon tumbang di lahan tanpa ada usaha untuk mengangkutnya keluar plot maka ketebalan seresah lebih tinggi. Hal inilah yang menyebabkan kekasaran pada permukaan tanah berbeda, sehingga jumlah seresah yang tersangkut oleh aliran permukaan juga berbeda.

Biomasa pohon

Sistem penggunaan lahan berpengaruh sangat nyata ($p > 0.05$). Biomasa pohon di hutan rata-rata sekitar 435 Mg ha⁻¹, pada sistem kopi multistrata sekitar 74 Mg ha⁻¹, pada kopi naungan sekitar 51 Mg ha⁻¹ dan terendah pada kopi monokultur sekitar 16 Mg ha⁻¹ (Gambar 3). Besarnya biomasa pohon di hutan pada percobaan ini relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan biomasa pohon hutan alami di Jambi yaitu sekitar 315 Mg ha⁻¹ (Hairiah dan Sitompul, 1997). Di lain pihak biomasa pohon pada sistem kopi campuran di Sumberjaya ini lebih rendah bila dibandingkan dengan sistem kopi campuran di Malang yang rata-ratanya mencapai 322 Mg ha⁻¹ (Arifin, 2001). Perbedaan yang cukup besar ini mungkin disebabkan oleh perbedaan komposisi dan umur pohon naungan.

Bahan organik tanah terkoreksi (C_{org}/C_{ref})

Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi, secara bertahap akan diikuti oleh menurunnya kandungan bahan organik tanah (BOT)



Gambar 3. Biomasa pohon pada berbagai sistem penggunaan lahan pada berbagai kondisi kelerengan lahan; H = hutan, K= kopi.

yang biasanya diukur dari kandungan total C-organik. Kandungan BOT ini dipengaruhi oleh tekstur tanah (kandungan liat dan debu), pH tanah dan ketinggian tempat (Van Noordwijk *et al.*, 1997), sehingga untuk menginterpretasikan dan menghitung kandungan BOT perlu dilakukan penghitungan terhadap C terkoreksi (C_{org}/C_{ref}) dengan rumus sebagai berikut:

$$C_{ref} = (Z_{contoh} / 7.5)^{0.42} \exp(1.333 + 0.00994 * \% \text{ liat} + 0.00699 * \% \text{ debu} - 0.156 * pH_{KCl} + 0.000427 * H)$$

dimana:

Z_{contoh} = kedalaman pengambilan contoh tanah, cm

H = Ketinggian tempat, m di atas permukaan laut.

Dari hasil perhitungan diperoleh C_{org}/C_{ref} di hutan <1 (baik pada kedalaman 0-5 maupun 5-15 cm). Hal ini menunjukkan bahwa kesuburan tanah di hutan telah mengalami degradasi (Gambar 4). Dengan meningkatnya kelerengan terjadi penurunan C_{org}/C_{ref} dari 0.7 menjadi 0.5. Pada sistem agroforestri berbasis kopi, penurunan C_{org}/C_{ref} di lapisan 0-5 cm lebih besar dari pada lapisan 5-15 cm. Bila lahan hutan dikonversikan ke sistem kopi multistrata maka C_{org}/C_{ref} rata-rata menurun hingga 0.25. Ini berarti tanah hutan telah kehilangan C rata-rata sebesar 1.37 % atau sekitar 37 Mg ha⁻¹.

Populasi cacing tanah

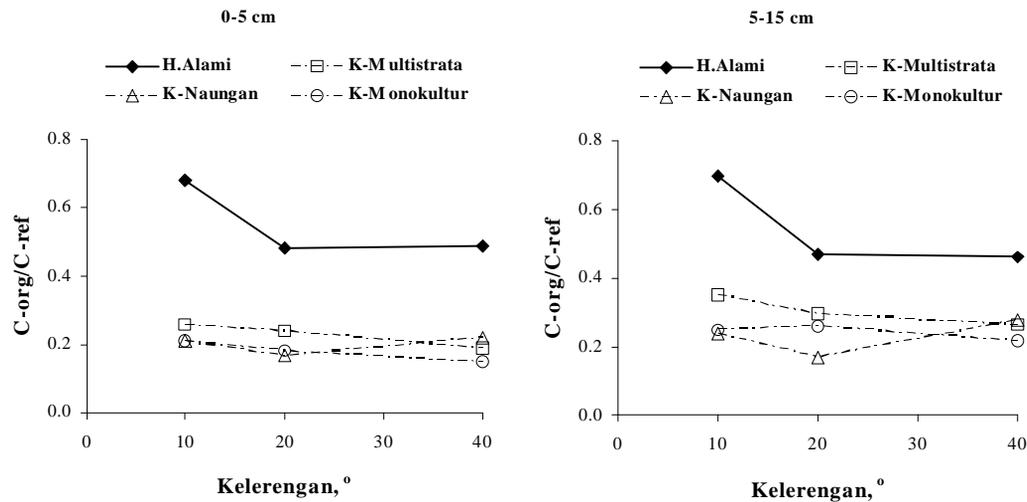
Pada umumnya alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian akan menurunkan jumlah populasi cacing tanah (Fragoso *et al.*, 1997), tetapi pada percobaan ini justru hal sebaliknya yang terjadi. Hasil pengukuran populasi cacing tanah dan parameter terkait lainnya disajikan pada Tabel 3.

Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi meningkatkan populasi cacing tanah. Berdasarkan hasil analisis ragam, sistem penggunaan lahan (SPL) berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap populasi cacing tanah. Populasi cacing tertinggi didapatkan pada sistem kopi campuran (149 ekor m⁻²) yang berbeda nyata ($p < 0.05$) dengan populasi cacing di hutan dan sistem kopi yang lainnya.

Tidak dijumpai perbedaan yang nyata antara besarnya populasi cacing tanah pada sistem hutan dengan sistem kopi monokultur dan sistem kopi naungan, populasi rata-rata sekitar 82 ekor m⁻² (Tabel 3). Hasil yang sama diperoleh di Jambi (Hardiwinoto dan Prijono, 1999), alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis pohon karet meningkatkan populasi cacing tanah dari 23 ekor m⁻² menjadi 166 ekor m⁻². Sayangnya tidak ada informasi lebih lanjut tentang identifikasi spesies dari cacing tanah yang diperoleh.

Berat basah cacing tanah

Sistem penggunaan lahan yang berbeda berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap berat basah cacing tanah.



Gambar 4. C_{-org}/C_{-ref} pada kedalaman 0-5 cm dan 5-15 cm pada berbagai sistem penggunaan lahan yang diuji.

Tabel 3. Populasi dan berat basah cacing tanah serta tipe ekologisnya

Sistem penggunaan lahan	Total Populasi (P) ekor m ⁻²	Biomasa (B) g m ⁻²	B/P g/ekor	Tipe ekologis			(A+En)/P %
				Epigeic (EP)	Anecic (A)	Endogeic (En)	
.Alami	75 ^{a*}	31 ^c	0.41	5 ^a	36 ^a	34 ^a	93
.Campuran	149 ^b	18 ^b	0.12	14 ^a	77 ^b	59 ^b	91
.Naungan	83 ^a	7 ^a	0.08	7 ^a	38 ^a	38 ^{ab}	92
.Monokultur	88 ^a	12 ^{ab}	0.14	11 ^a	51 ^{ab}	25 ^a	87

* huruf yang berbeda setelah angka menunjukkan perbedaan yang nyata pada $p < 0.05$; H= Hutan, K=Kopi.

Berat basah cacing tanah menurun dengan nyata ($p < 0.05$) bila lahan hutan dikonversi menjadi lahan pertanian berbasis kopi (Tabel 3). Berat basah cacing tanah tertinggi dijumpai pada hutan sebesar 31 g m⁻², dan terendah pada kopi naungan sebesar 7 g m⁻².

Ukuran tubuh cacing tanah secara tidak langsung dapat ditunjukkan dari nilai nisbah berat basah cacing : kerapatan populasi (B/P), semakin tinggi nilai B/P berarti semakin besar ukuran cacing tanah. Nilai B/P di hutan adalah 0.41, lebih tinggi dari pada yang dijumpai pada lahan agroforestri berbasis kopi sekitar 0.1 (Tabel 3), nilai B/P cacing pada kopi naungan sekitar 0.14.

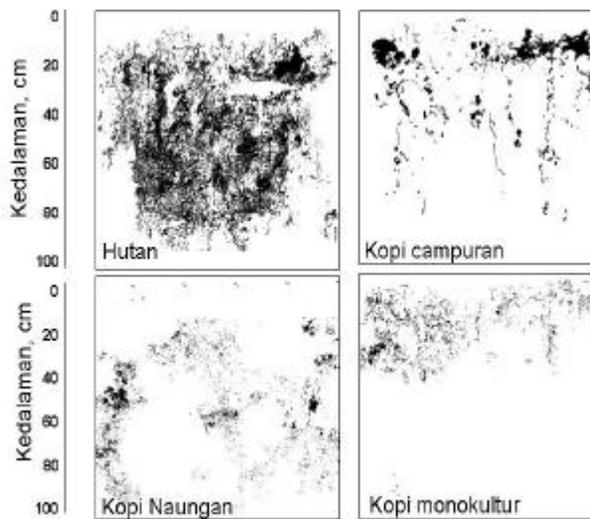
Tipe ekologis cacing tanah

Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi tidak mempengaruhi jumlah spesies epigeic secara nyata, tetapi berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap jumlah *ecosystem engineer* (tipe anecic + endogeic).

Jumlah spesies *ecosystem engineer* pada kopi campuran lebih tinggi secara nyata ($p < 0.05$) dari pada sistem hutan alami, tetapi tidak berbeda nyata dengan lahan kopi lainnya. Sistem kopi monokultur memiliki cacing kelompok *ecosystem engineer* paling rendah yaitu sekitar 87 % dari total populasi (Tabel 3), tidak ada perbedaan yang nyata antara hutan dengan sistem kopi campuran atau kopi naungan. Populasi *ecosystem engineer* rata-rata 92 % dari total populasi.

Pori-pori makro tanah

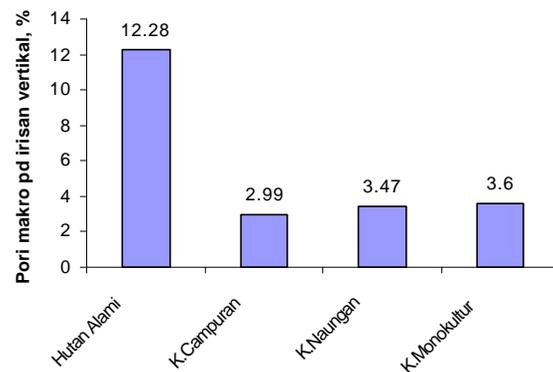
Hutan memiliki pori-pori makro tanah tertinggi dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan berbasis kopi, dan menyebar rata pada bidang vertikal profil hingga sedalam 1 m. Hal ini di lapangan ditunjukkan dengan banyaknya warna biru pada bidang vertikal profil tanah, yang ditunjukkan dengan warna hitam pada gambar (Gambar 5).



Gambar 5. Sebaran cairan methylen blue pada bidang irisan vertikal profil tanah, yang ditunjukkan dengan noktah hitam.

Sistem penggunaan lahan berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap jumlah pori makro pada bidang irisan vertikal, sedang kelerengan atau interaksinya dengan sistem penggunaan lahan tidak berpengaruh nyata. Warna biru dari *methylen blue* menyebar rata ke seluruh lapisan dalam profil tanah hutan, sedang pada sistem lainnya banyak terpusat pada kedalaman 30 cm. Jumlah pori pada bidang irisan vertikal di bawah sistem berbasis kopi rata-rata 70-75 % lebih rendah dari pada yang dijumpai di hutan (Gambar 6). Jumlah pori makro yang dijumpai di hutan sekitar 12 %, sedang pada sistem berbasis kopi rata-rata sekitar 3 %. Jumlah pori makro tanah pada bidang irisan vertikal ini memberikan gambaran hubungan pori makro antar lapisan tanah, semakin tinggi jumlah pori makro pada bidang irisan vertikal maka semakin cepat pergerakan air di dalam profil tanah (Hillel, 1982). Semakin luas noktah hitam yang nampak berarti semakin banyak jumlah pori makro tanah.

Interaksi sistem penggunaan lahan dan kelerengan hanya berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap jumlah pori makro tanah pada bidang irisan horizontal kedalaman 5 cm (Gambar 7a dan b). Bila dilihat dari perbedaan kelerengan, jumlah pori makro di lapisan atas pada lereng datar sekitar 30% lebih tinggi dari pada yang dijumpai pada lereng curam. Jumlah pori makro tanah pada bidang irisan horizontal pada lereng datar rata-rata sekitar 7.3% dan pada lereng curam sekitar 5.2%. Jumlah pori makro tertinggi sekitar 16% dijumpai di hutan pada lereng datar.



Gambar 6. Pori makro pada bidang irisan vertikal pada berbagai sistem penggunaan lahan dan lereng.

Laju infiltrasi

Laju infiltrasi pada semua sistem penggunaan lahan menunjukkan pola yang sama kecuali pada hutan. Pada lahan datar hutan memiliki pola yang cenderung konstan (Gambar 8 a dan b), sedangkan pada lahan dengan kemiringan yang curam laju infiltrasi menurun namun tetap lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem agroforestri berbasis kopi atau kopi monokultur (Gambar 8c dan d).

Hutan pada kemiringan datar memiliki laju infiltrasi tertinggi sekitar 5.05 mm menit⁻¹ (tanpa seresah) dan 5.09 mm menit⁻¹ (dengan seresah) dan berbeda nyata ($p < 0.05$) dengan sistem agroforestri berbasis kopi maupun kopi monokultur. Kopi campuran tanpa seresah memiliki nilai terkecil 1.01 mm menit⁻¹.

PEMBAHASAN

Rapatnya penutupan permukaan tanah oleh kanopi pohon, basal area, tanaman bawah dan lapisan seresah sangat membantu dalam mempertahankan jumlah makroporositas tanah dan infiltrasi air tanah. Jumlah dan kualitas masukan seresah menentukan tebal dan tipisnya lapisan seresah yang ada di permukaan tanah. Jumlah masukan seresah pada hutan tropika basah di Sumatra Barat sekitar 11.4 Mg ha⁻¹ th⁻¹ (Hermansah et al., 2002), dengan diversitas flora yang sangat tinggi. Tingginya diversitas flora menyebabkan kualitas masukan seresah juga beragam maka masa tinggalnya di permukaan tanahpun cukup lama, akibatnya lapisan seresah di hutan lebih tebal daripada sistem pertanian. Lapisan seresah yang diperoleh dari penelitian ini sekitar 2.1 Mg ha⁻¹. Jumlah ini masih lebih rendah bila

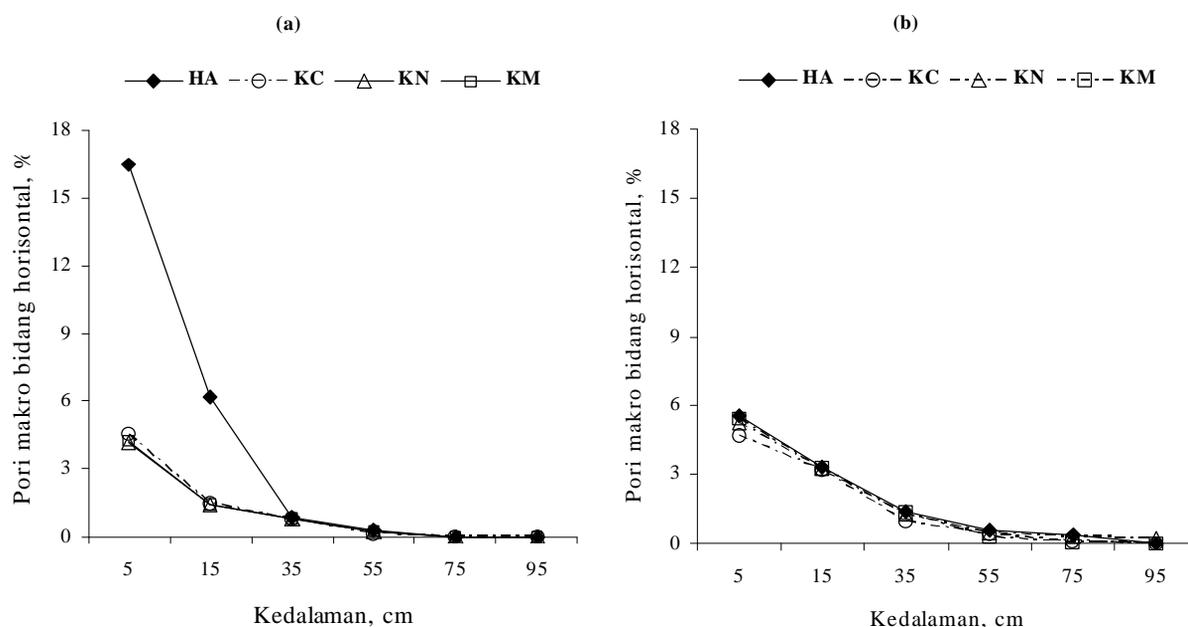
dibandingkan dengan jumlah yang dijumpai pada hutan alami di Jambi yaitu sekitar 3.0 Mg ha^{-1} (Wasrin et al., 1997).

Aktivitas cacing tanah dari kelompok *ecosystem engineer* meninggalkan banyak liang dalam profil tanah sehingga meningkatkan porositas tanah. Blanchart et al. (1999) melaporkan bahwa aktivitas pergerakan spesies endogeic (*Milsonia anomala*) dan beberapa spesies anecic dapat memperbaiki struktur tanah. Spesies tersebut pada kedalaman 20 cm membentuk agregat tanah berukuran $> 2 \text{ mm}$ sekitar 50 %, dan agregat tanah berukuran $< 400 \text{ }\mu\text{m}$ sekitar 20 %. Selanjutnya Duboisset (1995, dalam Blanchart et al., 1999) melaporkan bahwa porositas tanah meningkat 75 % dengan adanya perlakuan introduksi cacing tanah (*Pontoscolec corethrurus*) dibandingkan tanpa perlakuan cacing tanah. Namun pada penelitian ini diperoleh hasil yang tidak begitu jelas, tingginya populasi cacing tanah tidak diikuti oleh meningkatnya pori makro tanah. Tingginya jumlah pori makro tanah nampaknya berhubungan cukup erat ($R^2 = 0.6722$) dengan biomasa cacing tanah terutama dari kelompok anecic dari pada dengan kelompok endogeic (Gambar 9b), walaupun pada gambar tersebut masih ada satu data pencilan dari hutan.

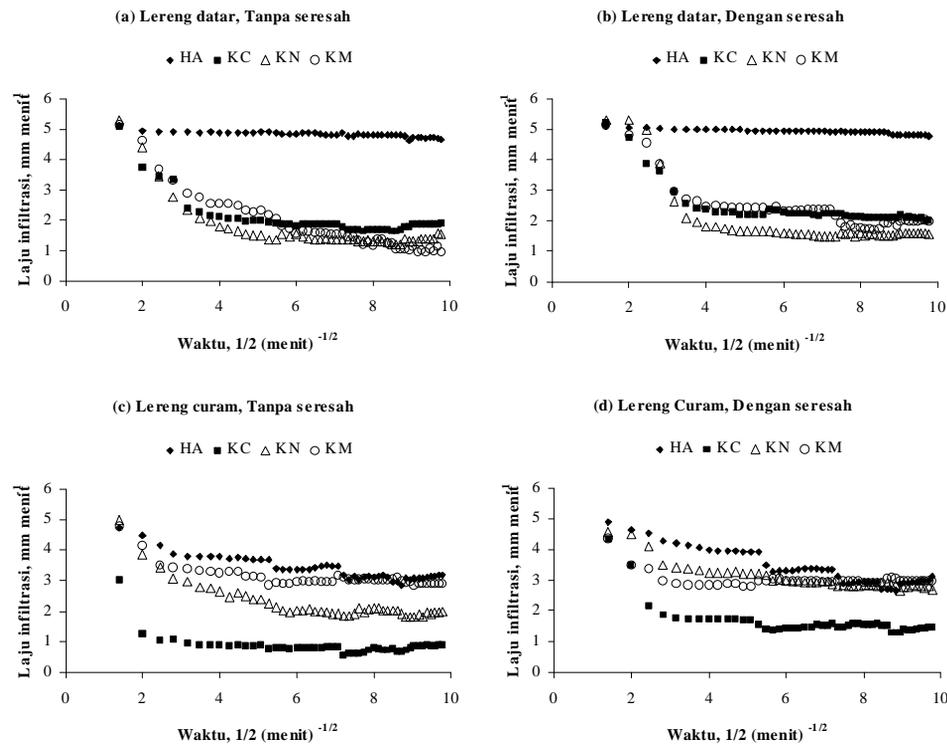
Hal ini secara tidak langsung membuktikan bahwa di hutan selain cacing tanah masih ada faktor lain yang

besar pengaruhnya terhadap jumlah pori makro tanah yaitu sebaran akar tanaman yang beragam dan kandungan bahan organik tanah. Cacing tanah dari kelompok anecic biasanya memperoleh makanannya berupa seresah di permukaan tanah, namun cacing tersebut bergerak aktif dalam tanah baik secara horizontal maupun vertikal. Dengan demikian banyak liang dalam tanah yang ditinggalkan maka jumlah porositas meningkat (Fragoso et al., 1997).

Tingginya ketebalan seresah diikuti oleh meningkatnya jumlah pori makro pada irisan vertikal (Gambar 10a). Sistem kopi campuran mempunyai ketebalan seresah sekitar 5 Mg ha^{-1} dengan jumlah pori makro pada irisan vertikal sekitar 6 %. Pada kondisi tersebut Suhara (2003) melaporkan bahwa laju infiltrasi sekitar 3 mm/menit (Gambar 10B). Sendainya kita bisa mengabaikan faktor lain yang mempengaruhi infiltrasi air tanah (misalnya perakaran tanaman, adanya celah atau crack), maka dengan menggunakan informasi data dari percobaan lain (Widianto et al., 2004, edisi ini) maka kita dapat melakukan estimasi kasar sebagai berikut: agar infiltrasi air tanah pada sistem kopi campuran meningkat setara dengan yang dijumpai di hutan (4 mm/menit) maka diperlukan usaha untuk meningkatkan jumlah pori makro sebesar 12 %,



Gambar 7. Pori makro pada bidang irisan horisontal pada berbagai sistem penggunaan lahan pada lereng: (a) datar, dan (b) curam (HA= hutan alami, KC= kopi campuran, KN = kopi naungan, KM= kopi monokultur).



Gambar 8. Laju infiltrasi pada tanah hutan dan agroforestri berbasis kopi pada lereng datar dan curam. (HA= hutan alami, KC= kopi campuran, KN = kopi naungan, KM= kopi monokultur).

dengan cara meningkatkan ketebalan seresah dari 5 Mg ha⁻¹ menjadi 8 Mg ha⁻¹.

Pada tanah hutan dengan diversitas tanaman yang cukup tinggi, maka pola sebaran akar dalam tanah juga cukup bervariasi. Akar tanaman yang telah mati, akan membusuk dan meninggalkan liang. Lian bekas akar mati ini sangat bermanfaat bagi pertumbuhan akar tanaman lain (Hairiah dan van Noordwijk, 1989) dan meningkatkan infiltrasi air sehingga dapat mengurangi besarnya limpasan permukaan. Sayangnya pada percobaan ini masih belum ada usaha pengukuran jumlah liang bekas akar yang ada di dalam tanah.

Pada sistem kopi campuran dengan kelerengan curam, jumlah pori makro tanah pada bidang irisan vertikal paling rendah walaupun kerapatan populasi cacing tanah cukup tinggi bila dibandingkan sistem penggunaan lahan lainnya. Hal ini karena ukuran tubuh cacing tanah yang dijumpai pada sistem kopi campuran relatif kecil bila dibandingkan dengan yang dijumpai di hutan (Tabel 3), sehingga ukuran ruang pori yang terbentuk mungkin juga lebih kecil. Jika suatu tanah memiliki jumlah pori mikro lebih tinggi dari pada jumlah

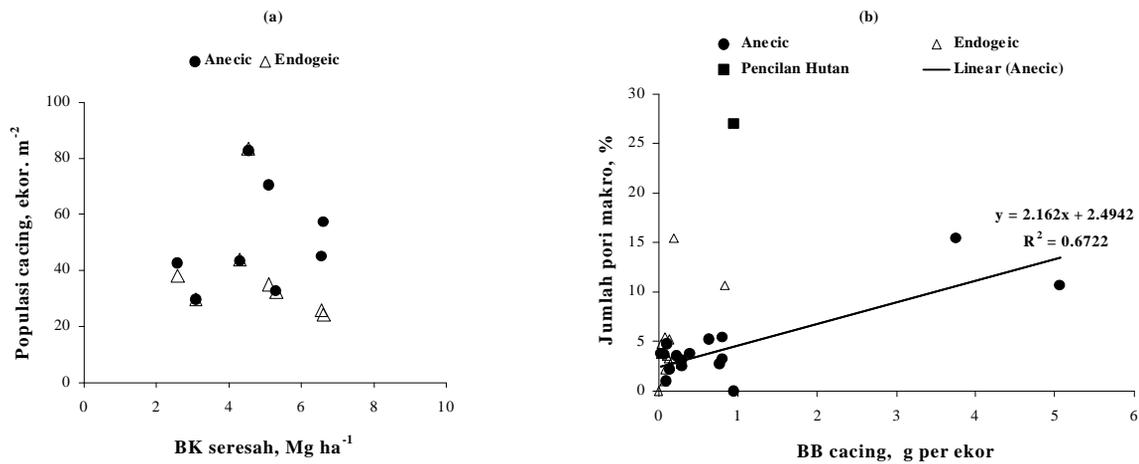
pori makronya, maka limpasan permukaan masih berpotensi besar untuk terjadi.

Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran limpasan permukaan pada lahan kopi campuran di kelerengan curam cukup besar, yaitu 104 mm (Widianto *et al.*, 2004). Hasil tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan kopi naungan yang hanya mencapai 94 mm.

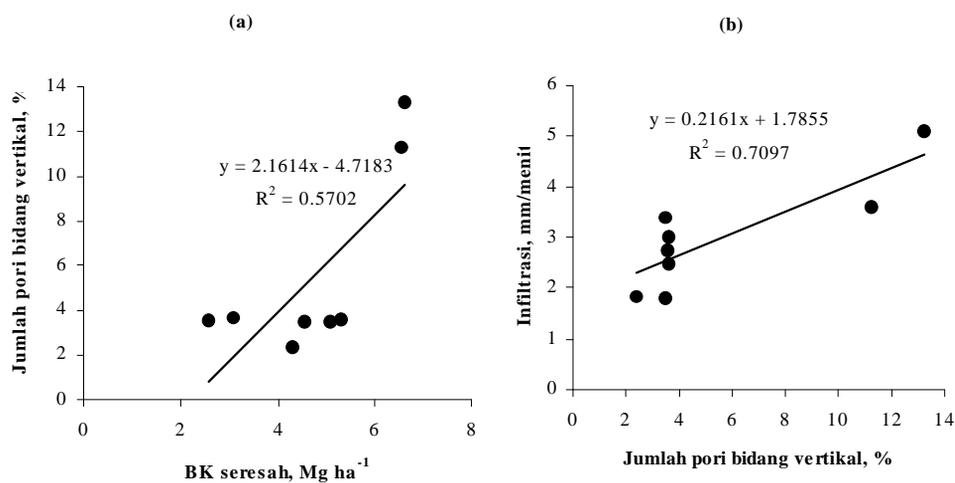
Jadi, limpasan permukaan pada lahan berlereng dapat dikurangi dengan jalan mempertahankan ketebalan lapisan seresah melalui penanaman berbagai jenis tanaman.

KESIMPULAN

Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi menurunkan ketebalan seresah di permukaan tanah, dari 2.06 Mg ha⁻¹ menjadi sekitar 1.5 Mg ha⁻¹. Penurunan terus berlanjut hingga 1.24 Mg ha⁻¹ bila lahan diusahakan menjadi kopi monokultur. Turunnya ketebalan seresah tidak mempengaruhi kerapatan populasi cacing tanah grup *ecosystem engineer*. Jumlah pori makro tanah juga berkurang setelah alih guna lahan hutan menjadi agroforestri berbasis kopi, tetapi penurunannya tidak berhubungan dengan penurunan populasi cacing tanah. Guna meningkatkan infiltrasi tanah pada agroforestri



Gambar 9. Hubungan antara berat kering seresah dengan populasi *ecosystem engineer* (a), dan berat basah *ecosystem engineer* dengan jumlah pori makro tanah pada irisan vertical (b).



Gambar 10: Hubungan berat kering (BK) seresah dengan jumlah pori makro pada bidang irisan vertikal (a) dan hubungan antara jumlah pori makro pada irisan vertikal dengan infiltrasi air tanah (b).

berbasis kopi setara dengan yang dijumpai di hutan diperlukan peningkatan jumlah pori makro pada bidang vertikal sebesar dua kali (dari 6 % menjadi 12 %), untuk itu perlu meningkatkan ketebalan seresah dari 5 Mg ha⁻¹ menjadi 8 Mg ha⁻¹.

Penanaman berbagai jenis pohon penabung dalam sistem agroforestri berbasis kopi dapat berpengaruh secara langsung dan tidak langsung terhadap kondisi fisik tanah, melalui pola sebaran akar yang beragam dan melalui penyediaan pangan bagi cacing tanah. Menanam pohon secara tumpangsari yang menghasilkan seresah berkualitas rendah dan

berperakaran dalam mungkin dapat ditawarkan kepada petani pada lahan-lahan berlereng untuk mengurangi limpasan permukaan dan tingkat erosi. Seresah berkualitas rendah tinggal lebih lama di permukaan tanah sehingga dapat melindungi permukaan tanah, dan adanya akar pohon yang menyebar dalam dapat meningkatkan porositas tanah.

Ucapan terimakasih

Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan financial dari ACIAR-ASB3. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr Meine van Noordwijk atas saran dan kritiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J. 2001. Estimasi Cadangan Karbon Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngantang, Malang. Skripsi S1. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Blanchart, E.; Albrecht, A.; Alegre, J.; Duboisset, A.; Villenave, C.; Pashanasi, B.; Lavelle, P. and L. Brussard. 1999. Effect of Earthworm on Soil Structure and Physical Properties. *In* Earthworm Management in Tropical Agroecosystem. CABI Publishing, Wallingford. United Kingdom.
- Fragoso, C.; Brown, G.G.; Patron, J. C.; Blanchart, E.; Lavelle, P.; Pashanasi, B.; Senapati, B. and T. Kumar. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6: 17-35.
- Hairiah, K. and M. Van Noordwijk. 1989. Root distribution of leguminous cover crops in the humid tropics and effect on a subsequent maize crop. *In* J van der Heide (ed.) Nutrient management for food crop production in tropical farming systems. Proc. Symp. Malang, 19-24 Oct. 1987. Institute for Soil Fertility, Haren. pp 157-169.
- Hairiah, K.; Widiyanto; Utami, S.R.; Suprayogo, D.; Sitompul, S.M.; Sunaryo; Lusiana, B.; Mulia, R.; Van Noordwijk, M. dan G. Cadisch. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ISBN. 979-95537-7-6. ICRAF-Bogor. 187 p.
- Hairiah, K. dan S.M. Sitompul. 2000. Assesment and simulation of aboveground and belowground Carbon dynamics. APN/IC-SEA, Bogor.
- Hairiah, K.; Sitompul, S.M.; Van Noordwijk, M. and C. Palm. 2001. Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground. ASB_LN 4b. *In* Van Noordwijk, M.; Williams, S.E. and B. Verbist (Eds.). 2001. Towards Integrated Natural Resource Management in Forest Margins of The Humid Tropics: Local Action and Global Concerns. ASB-Lecture Notes 1-12. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- Hardiwinoto, S. dan A. Prijono. 1999. Diversity, Population and Biomass of Soil Macrofauna in Several Land Use Systems in Jambi, Central Part of Sumatra. *In* Gafur, A.; Susilo, F. X.; Utomo, M. and M. Van Noordwijk (Eds.). Proceedings of Workshop Management of Agrobiodiversity in Indonesia for Sustainable Land Use and Global Environmental Benefits, August 19-20, 1999. ASB-Indonesia Report No. 9. Bogor, Indonesia. pp. 29-34
- Hermansah; Masunaga, T.; Wakatsuki, T. dan Aflizar. 2002. Micro spatial distribution pattern of litterfall and nutrient flux in relation to soil chemical properties in a super wet tropical rain forest plot, West Sumatra, Indonesia. *Tropics, The Japan Society of Tropical Ecology*, 12 (2):132-146.
- Hillel, D. 1980. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press Inc. London.
- Kornas, M.A. 1976. Plant Litter. *In* Methods of study in Quantitative Soil Ecology Population and Energy Flow. International Biological Programme Matylebone Road. London, Mevi Bacwell Scientific Publication Oxford and Edinburg.
- Lavelle, P. dan A.V. Spain. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht.
- Murdiyarso, D.; Hairiah, K.,; and M. Van Noordwijk. 1994. Modelling and Measuring Soil Organic Matter Dinamic and Green House Gas Emission after Forest Conversion. Report of Workshop, Training Course. August 8-15 1994. Bogor-Muara Tebo.
- Priyadarsini, R. 1999. Estimasi modal C (C-Stock) Masukkana Bahan Organik dan Hubungannya dengan Populasi Cacing Tanah pada Sistem Wanatani. Tesis Program Pasca Sarjana. Universitas Brawijaya. Malang.
- Suhara, E. 2003. Hubungan populasi cacing tanah dengan porositas tanah pada system agroforestri berbasis kopi. Skripsi S1, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Sulistiyani, H. 2004. Kecepatan dekomposisi seresah pada lahan berbasis kopi pada lahan berlereng di Sumberjaya. Skripsi S1, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang
- Widiyanto; Suprayogo, D.; Noveras, H.; Widodo, R. H.; Purnomosidhi, P. dan M. Van Noordwijk. 2004. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian : Apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur ? *Agrivita* 26 (1): 47-52.
- Wasrin, U. R.; Setiabudhi dan A.P. Ekinadina.. 1997. Analisis vegetasi dan sistem pengelolaan pangkalan data di Lampung dan Jambi. Laporan ilmiah, ASB II. Bogor.

SIMULASI LIMPASAN PERMUKAAN DAN KEHILANGAN TANAH PADA BERBAGAI UMUR KEBUN KOPI: STUDI KASUS DI SUMBERJAYA, LAMPUNG BARAT

Ni'matul Khasanah, Betha Lusiana, Farida dan Meine van Noordwijk

World Agroforestry Centre, ICRAF SE Asia, PO Box 161, Bogor 160011

ABSTRACT

Conversion of forest to agriculture on sloping land raises concern over the degradation of watershed functions. On sloping land, a considerable amount of rainfall can be lost as surface run off, reducing water availability to crops and carrying soil particles leading to soil erosion. Simulation with the WaNuLCAS (Water, Nutrient and Light Capture in Agroforestry Systems) model was used to explore changes of surface run off and soil loss as a result of changes in soil structure in response to land use changes in coffee gardens in Sumberjaya, Lampung. Runoff and soil loss are, according to the model, specifically influenced by 4 main parameters related to rain intensity (Rain_IntensMean – RIM), surface infiltration (S_SurfInfilInit – SSI), decay rate of macropores per day (S_KstrucDecay – SKD) and ease with which soil is carried by surface run off (E_EntrainmentCoefBarePlot – ECB).

By adjusting values for these four parameters and using defaults as well as measured inputs (e.g. rainfall), the simulation shows that the surface run off and soil loss for all land uses qualitatively agreed with run off and soil loss measured in the field. Rain_IntensMean (RIM) 50 and S_SurfInfilInit (SSI) 1000 mm day⁻¹ are the values representing rainfall and soil conditions in Sumberjaya, Lampung. The pattern of increase and subsequent decrease of runoff with increasing age of the coffee can be accounted for through a simple representation of the dynamics of soil structure. A S_KstrucDecay (SKD) of 0.0005 day⁻¹ reproduced the pattern for surface run off, while soil loss prediction was best for an E_EntrainmentCoefBarePlot (ECB) of 0.002 m² kg⁻¹ soil mm⁻¹ m². Model simulation with WaNuLCAS after this 'calibration' can be used to explore the changes of surface run off and soil loss as a result of land use changes and rainfall distribution.

Key words: simulation, surface run off, erosion, model WaNuLCAS

ABSTRAK

Konversi hutan menjadi lahan pertanian khususnya pada lahan miring merupakan kegiatan yang beresiko tinggi ditinjau dari sudut pandang pengelolaan daerah air sungai. Pada lahan miring, hujan akan mengalir di permukaan tanah sebagai limpasan permukaan, jumlah air yang tersedia untuk tanaman berkurang dan sebagian lapisan tanah atas akan hilang bersama-sama dengan limpasan permukaan (erosi). Model simulasi seperti WaNuLCAS (Water, Nutrient and

Light Capture in Agroforestry Systems) dapat digunakan untuk mempelajari perubahan limpasan permukaan dan erosi akibat perubahan kualitas struktur tanah. Perubahan kualitas struktur tanah terjadi sebagai akibat dari kegiatan alih guna lahan dari hutan menjadi kebun kopi sebagaimana yang banyak dijumpai Sumberjaya, Lampung. Pada model WaNuLCAS, empat parameter utama yang mempengaruhi limpasan permukaan dan kehilangan tanah adalah intensitas hujan (Rain_IntensMean – RIM), infiltrasi permukaan (S_SurfInfilInit – SSI), laju penurunan pori makro tanah per hari (S_KstrucDecay – SKD) dan mudah tidaknya tanah terkikis air (E_EntrainmentCoefBarePlot – ECB).

Dengan melakukan parameterisasi pada keempat parameter tersebut, limpasan permukaan dan kehilangan tanah hasil simulasi model WaNuLCAS pada skenario perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi kebun kopi cenderung mempunyai pola yang sama dengan hasil pengukuran di lapangan. Nilai parameter RIM sebesar 50 dan S_SurfInfilInit (SSI) sebesar 1000 mm hari⁻¹ merupakan nilai yang dapat mewakili kondisi hujan dan tanah di daerah Sumberjaya, Lampung. Pola perubahan limpasan permukaan pada berbagai umur kebun kopi (cenderung naik sampai umur tertentu, selanjutnya turun) dapat dijelaskan melalui dinamika struktur tanah. Pola limpasan permukaan yang sama dengan hasil pengukuran di lapangan diperoleh pada nilai S_KstrucDecay (SKD) sebesar 0.0005 hari⁻¹, sementara kehilangan tanah diperoleh pada nilai E_EntrainmentCoefBarePlot (ECB) 0.002 kg⁻¹ tanah mm⁻¹ m². Simulasi model WaNuLCAS dapat digunakan untuk mengeksplorasi limpasan permukaan dan kehilangan tanah pada berbagai skenario perubahan penggunaan lahan yang berkaitan dengan perubahan sifat-sifat tanah dan berbagai distribusi curah hujan.

Kata kunci: erosi, limpasan permukaan, model simulasi, model WaNuLCAS, Sumberjaya

PENDAHULUAN

Konversi hutan menjadi lahan pertanian khususnya pada lahan miring merupakan kegiatan yang beresiko tinggi ditinjau dari sudut pandang pengelolaan daerah aliran sungai (DAS). Masalah utama yang dihadapi akibat adanya perubahan tutupan lahan pada lahan miring adalah berubahnya fungsi hidrologi DAS. Limpasan permukaan dan kehilangan tanah merupakan salah satu aspek yang dapat dikaji dalam mempelajari perubahan fungsi hidrologi DAS sebagai akibat dari perubahan kerapatan vegetasi penutup tanah dan

kualitas struktur tanah. Perubahan kualitas struktur tanah diduga sebagai akibat dari kegiatan alih guna lahan, misalnya dari hutan menjadi kebun kopi di Sumberjaya (Verbist dan Pasya, 2004).

Affandi (2002) melakukan pengukuran limpasan permukaan di Desa Bodong, Sumberjaya pada skala plot dengan berbagai tipe pengelolaan lahan yaitu, plot kopi dengan rumput kerbau (*Paspalum conjugatum*) sebagai tanaman penutup tanah, plot kopi dengan penyiangan dan plot kopi tanpa penyiangan. Pada plot kopi dengan penyiangan, limpasan permukaan mencapai 7 – 16 %, jumlah ini menurun pada tahun kedua seiring dengan tumbuhnya tanaman kopi. Kehilangan tanah yang terbesar dijumpai pada plot kopi dengan penyiangan yaitu sebesar 23 Mg ha⁻¹ pada tahun kedua. Adanya *P. conjugatum* dapat menurunkan limpasan permukaan dan kehilangan tanah sampai hingga 0 % setelah tahun ke tiga, sedang pada plot kopi tanpa penyiangan limpasan permukaan dan kehilangan tanah menurun sampai hingga 0 % setelah tahun ke empat. Pada kecamatan yang sama, namun struktur tanah berbeda di desa Tepus dan Laksana, Agus et al. (2002) menyatakan bahwa besarnya limpasan permukaan pada plot kopi monokultur sebesar 48 mm dan kehilangan tanah hanya sebesar 1.3 Mg ha⁻¹ dalam periode 8 bulan pengamatan dengan curah hujan sebesar 2347 mm.

Untuk memahami perubahan limpasan permukaan dan kehilangan tanah, dibutuhkan pengukuran secara langsung di lapangan. Pengukuran limpasan permukaan dan kehilangan tanah di lapangan secara langsung membutuhkan biaya, waktu dan percobaan yang tidak sedikit. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menekan biaya, waktu dan percobaan adalah menggunakan pendekatan model simulasi yang mampu memperhitungkan faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dan kehilangan tanah sehingga menghasilkan nilai yang mendekati dengan hasil pengukuran di lapangan. Tulisan ini mengkaji pemanfaatan model simulasi WaNuLCAS dalam memahami perubahan limpasan permukaan dan kehilangan tanah pada kebun kopi di Sumberjaya, Lampung. Dalam proses pengkajian ini hasil simulasi dibandingkan dengan hasil pengamatan di lapangan yang merupakan bagian dari validasi dalam menggunakan model simulasi. Nantinya diharapkan model mampu menggambarkan fenomena perubahan limpasan permukaan dan kehilangan tanah akibat alih guna lahan.

Model simulasi WaNuLCAS (Water, Nutrient and Light Capture in Agroforestry System) adalah model simulasi yang dapat digunakan untuk mensintesis proses-proses penyerapan air, hara dan cahaya oleh tanaman pada berbagai macam pola tanam dalam sistem agroforestri dalam skala plot dan waktu harian. Proses-proses tersebut sangat dipengaruhi oleh

kesuburan tanah dan iklim. Sistem agroforestri dalam model ini meliputi sistem budidaya lorong pada lahan datar atau lahan berlereng, sistem pekarangan serta sistem bera dan tanaman pagar pada lahan berlereng yang ditanam mengikuti garis kontur (Sunaryo et al., 2002). Prinsip dan proses dasar penyerapan air, hara dan cahaya oleh tanaman diterjemahkan model WaNuLCAS melalui beberapa modul antara lain iklim, erosi tanah dan sedimentasi, penyerapan air, hara dan cahaya oleh tanaman, pertumbuhan tanaman (tajuk dan akar), bahan organik tanah serta keseimbangan hara, air dan tanah. Penjelasan lebih rinci mengenai proses penyerapan air, hara dan cahaya dapat dilihat pada van Noordwijk dan Lusiana (2000) dan Hariah et al. (2002).

Modul iklim, erosi tanah dan sedimentasi memodelkan bagaimana hujan pada lahan miring akan mengalir di permukaan tanah sebagai limpasan permukaan. Semakin banyak air yang mengalir dalam bentuk limpasan permukaan, maka semakin berkurang resapan air ke dalam tanah dan semakin tinggi resiko terjadinya kekeringan. Meningkatnya limpasan permukaan juga meningkatkan kehilangan lapisan tanah atas (erosi), bahan organik dan hara. Dengan berjalannya waktu dampak in situ yang dirasakan adalah menurunnya produksi tanaman dan dampak ex situ adalah sedimentasi di daerah hilir.

METODOLOGI

Gambaran umum daerah Sumberjaya

Kecamatan Sumberjaya, Lampung Barat, merupakan daerah yang berbatasan dengan pegunungan yang bersambungan dan terletak di hulu DAS Tulang Bawang dengan luas lebih dari 478 km² dan ketinggian antara 700 – 1700 m dpl (Agus et al., 2002). Kondisi topografi wilayah ini bervariasi mulai dari datar, bergelombang, berbukit sampai bergunung. Wilayah datar hingga bergelombang mencapai 15%, bergelombang hingga berbukit 65% dan wilayah berbukit hingga bergunung mencapai 20% (Sihite, 2001).

Jenis tanah yang dominan pada daerah ini adalah Inceptisol yang dicirikan dengan tingkat perkembangan yang relatif muda (Agus et al., 2002). Tekstur tanah di daerah Sumberjaya didominasi oleh lempung liat pada lapisan atas dan liat pada lapisan bawah (Widianto, 2002) dengan kisaran laju infiltrasi pada kondisi jenuh berkisar antara 24-240 mm hari⁻¹ (Tabel 1).

Curah hujan rata-rata di daerah Sumberjaya 2614 mm tahun⁻¹ dan memiliki intensitas yang tinggi dengan durasi hujan yang singkat dan tidak merata penyebarannya (Sinukaban et al., 2000). Musim hujan yang ditandai dengan tingginya curah hujan terjadi mulai bulan November hingga Mei, sedang curah hujan

Tabel 1. Laju infiltrasi tanah sesudah mencapai keadaan stabil (mendekati konduktivitas hidrolik jenuh).

Tekstur tanah	Laju infiltrasi, mm jam ⁻¹	Laju infiltrasi, mm hari ⁻¹
Pasir	> 30	>720
Lempung berpasir	20 - 30	480 – 720
Lempung	10 - 20	240 – 480
Lempung liat	5 - 10	120 – 240
Liat	1 - 5	24 – 120

Sumber : Brouwer *et al.* (1999).

terendah terjadi pada bulan Juni – September setiap tahunnya (Farida, 2001). Limpasan permukaan akan meningkat seiring dengan meningkatnya intensitas hujan. Seiring dengan waktu dan terjadinya proses penjumlahan tanah, intensitas hujan yang konstan juga dapat meningkatkan limpasan permukaan (Kinoshita dan Nakane, 2002).

Penggunaan model WaNuLCAS

Dalam proses pengkajian perubahan limpasan permukaan dan kehilangan tanah menggunakan model simulasi WaNuLCAS, terlebih dahulu dilakukan validasi terhadap model. Validasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pemodelan dengan data pengamatan di lapangan untuk kondisi kebun kopi monokultur 1, 3, 7 dan 10 tahun serta hutan sebagai kontrol. Data limpasan permukaan dan kehilangan tanah yang digunakan adalah data pengamatan dalam periode 18 Mei – 21 Juli 2001 (Widianto *et al.*, 2004). Nantinya diharapkan model mampu menggambarkan fenomena perubahan limpasan permukaan dan erosi akibat dari perubahan alih guna lahan.

Proses limpasan permukaan dan kehilangan tanah dalam model WaNuLCAS

Siklus air dalam tanah (Suprayogo *et al.*, 2002) merupakan peristiwa yang melibatkan proses masuknya air ke dalam lapisan tanah dan keluarnya air dari lapisan tanah. Proses masuknya air hujan ke dalam lapisan tanah melalui suatu proses yang dinamakan infiltrasi. Dalam model WaNuLCAS, apabila curah hujan telah melebihi maximum laju infiltrasi tanah dan curah hujan telah melebihi kapasitas tanah menyimpan air (jumlah ruang pori tanah) limpasan permukaan mulai terjadi (Gambar 1).

Laju infiltrasi tanah sangat dipengaruhi oleh macam penggunaan lahan atau kerapatan vegetasi penutup tanah yang berhubungan dengan ketebalan lapisan seresah tanah, intensitas hujan, intersepsi hujan oleh canopi tanaman dan dinamika struktur tanah. Dinamika struktur tanah merupakan proses pembentukan dan penurunan pori makro yang sangat tergantung pada tersedianya makanan (bahan organik)

bagi cacing tanah berupa lapisan seresah tanah dan akar yang mati. Kapasitas tanah dalam menyimpan air tergantung pada konduktivitas hidrolik jenuh dan aliran lateral. Konduktivitas hidrolik jenuh dihitung melalui rumus Van Genuchten yang merupakan fungsi dari tekstur tanah, bahan organik tanah dan kerapatan tanah (Woesten *et al.*, 1998).

Kehilangan tanah dimodelkan sebagai fungsi dari limpasan permukaan, kemiringan lahan, kerapatan vegetasi penutup tanah dan koefisien entrainment/erodibilitas tanah atau mudah tidaknya tanah terkikis oleh hujan dan limpasan permukaan (Rose, 1985):

$$E = 2700 * S * (1 - Cover) * \lambda * \frac{Q}{100}$$

dengan,

E = kehilangan tanah (Mg ha⁻¹)

S = sinus(kemiringan lahan)

Cover = fraksi penutupan lahan (0 = terbuka – 1 = tertutup)

Q = limpasan permukaan, mm

I = entrainment efisiensi.

Selanjutnya Rose (1985) memodifikasi I menjadi

$$\lambda = \lambda_{bare} e^{-0.15COV}$$

dengan:

λ_{bare} = entrainment efisiensi dari plot terbuka,

COV = persen penutupan lahan.

Parameterisasi sistem kopi dan hujan di Sumberjaya dalam model WaNuLCAS

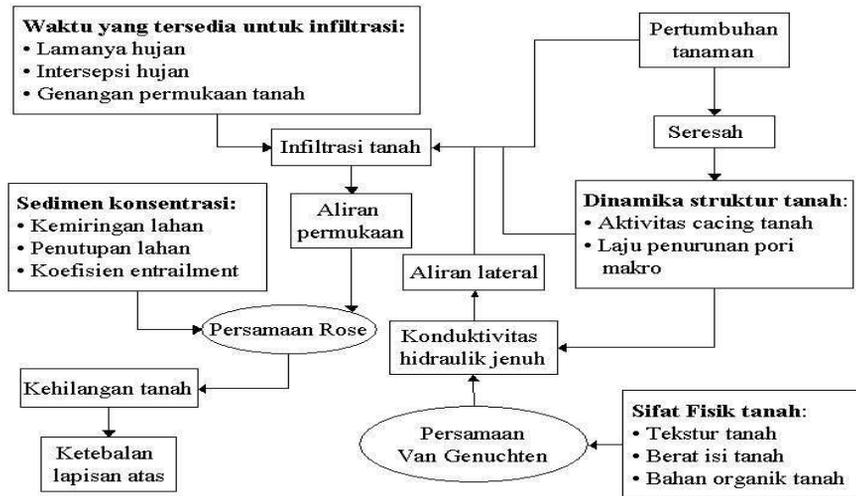
Parameterisasi merupakan tahapan penting dalam memodelkan suatu sistem. Simulasi sistem kopi di Sumberjaya dilakukan berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan dan dengan bantuan uji sensitivitas untuk parameter-parameter yang sulit diukur.

Parameterisasi tanaman kopi dan kondisi tanah

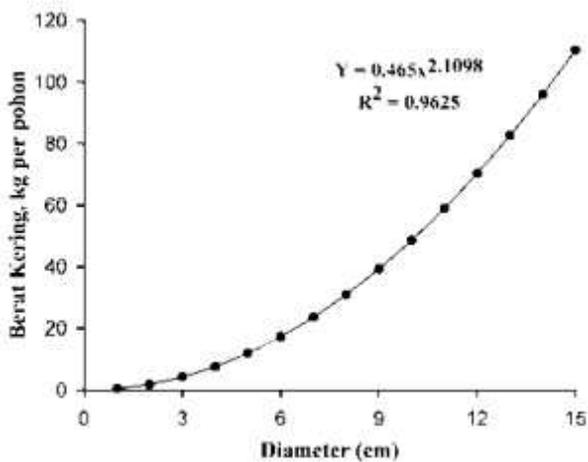
Dalam model WaNuLCAS, pertumbuhan kopi dimodelkan berdasarkan konsep percabangan fraktal yang mengacu pada Analisis Cabang Fungsional (FBA = Functional Branch Analysis) yang dikembangkan oleh van Noordwijk dan Mulia (2002). Untuk keperluan simulasi sistem kopi ini, konsep Analisis Cabang Fungsional dipadukan dengan persamaan allometrik kopi yang diperoleh Arifin (2001). Parameter tanaman kopi lainnya dan parameter kondisi tanah diperoleh dari Farida (2001). Kurva pertumbuhan kopi berdasarkan estimasi allometrik dari Arifin (2001) disajikan dalam Gambar 2.

Parameterisasi intensitas hujan dan laju infiltrasi tanah

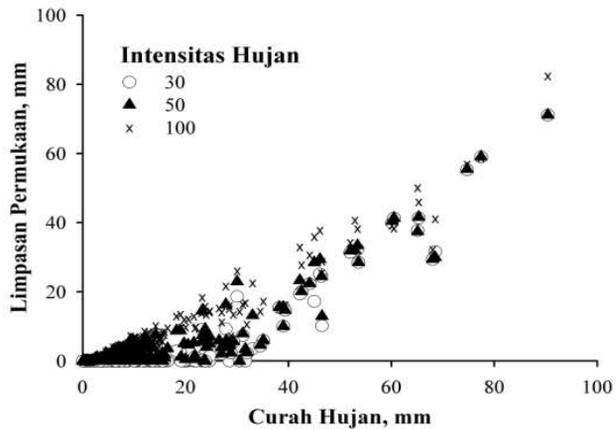
Dalam model WaNuLCAS, parameter yang mewakili faktor intensitas adalah Rain_IntensMean (RIM), sedang parameter yang mewakili faktor laju infiltrasi tanah (mm hari⁻¹) adalah S_SurfInfilInit (SSI) dan



Gambar 1. Diagram alur faktor-faktor yang mempengaruhi limpasan permukaan dan kehilangan tanah dalam model WaNuLCAS (Khasanah et al., 2002).



Gambar 2. Kurva pertumbuhan kopi berdasarkan Arifin (2001).



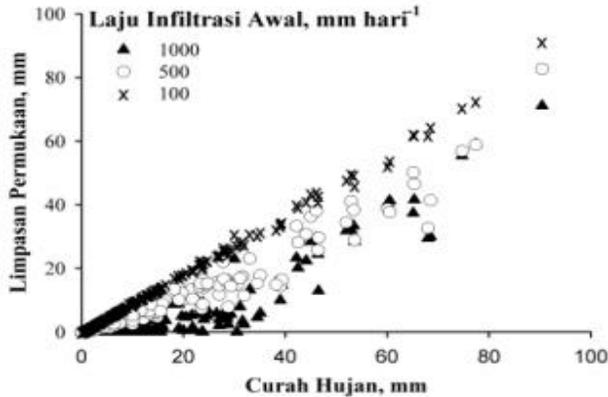
Gambar 3. Hubungan antara limpasan permukaan dan curah hujan pada berbagai nilai intensitas hujan (RIM).

S_{SurfInfiltDef} (SSD). Parameter RIM didefinisikan sebagai curah hujan per jam (mm jam⁻¹) dan berkaitan dengan parameter durasi/lamanya hujan. Gambar 3 menampilkan prediksi limpasan permukaan pada tiga nilai RIM yang berbeda, yakni 30, 50 dan 100 yang berpadanan dengan durasi hujan selama 48, 29 dan 14 menit. Nilai ini merupakan nilai rata-rata, variasi nilai durasi hujan ini akan mengikuti nilai standar deviasi. Secara umum dapat dilihat bahwa hasil sensitivitas limpasan permukaan pada berbagai nilai RIM menunjukkan peningkatan dengan semakin besarnya nilai RIM (nilai SSI 1000 mm hari⁻¹).

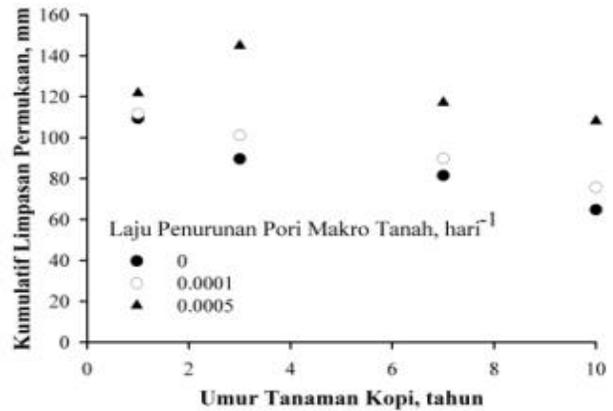
Parameter SSI merupakan laju infiltrasi tanah pada saat kondisi tanah kering ketika air hujan akan terinfiltrasi dengan cepat. Sedangkan SSD adalah laju infiltrasi tanah pada kondisi stabil saat pori-pori tanah

mencapai jenuh. Secara umum hasil sensitivitas limpasan permukaan pada berbagai nilai SSI menunjukkan semakin kecil nilai SSI, semakin tinggi limpasan permukaan (Gambar 4).

Pada RIM 50 dan SSI 1000 mm hari⁻¹, jumlah limpasan permukaan untuk curah hujan di bawah 40 mm relatif kecil, yaitu berkisar antara 0 – 15 mm. Pada curah hujan 40 – 60 mm, limpasan permukaan berkisar antara 0 – 30 mm. Meskipun demikian, pada beberapa kejadian hujan di atas 40 mm, limpasan permukaan relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tanah yang basah atau kering pada saat terjadi hujan sangat mempengaruhi besarnya limpasan permukaan (Kinoshita dan Nakane, 2002). Keadaan ini dimungkinkan oleh kondisi tanah dalam keadaan kering



Gambar 4. Hubungan antara limpasan permukaan dan curah hujan pada berbagai nilai laju infiltrasi awal (SSI).



Gambar 5. Hubungan antara limpasan permukaan dengan parameter SKD pada nilai 0; 0.0001 dan 0.0005.

sehingga banyak pori makro tanah yang terisi udara yang memungkinkan air hujan banyak terinfiltrasi.

Kisaran nilai limpasan permukaan yang diperoleh dengan nilai RIM 50 dan SSI 1000 mm hari⁻¹, telah mendekati hasil pengukuran yang dilakukan pada kebun kopi 1 tahun (Widiyanto *et al.*, 2004). Menurut Widiyanto *et al.* (2004) nilai limpasan permukaan berkisar antara 0 – 10 mm untuk curah hujan kurang dari 40 mm, sedang untuk curah hujan 40 - 50 mm berkisar antara 5 – 20 mm. Dengan demikian nilai parameter RIM sebesar 50 dan SSI sebesar 1000 digunakan untuk perbandingan hasil simulasi dan pengukuran di lapangan.

Parameterisasi dinamika struktur tanah

Dinamika struktur tanah diterjemahkan dalam model WaNuLCAS sebagai parameter S_KStrucDecay (SKD). Secara spesifik parameter SKD merupakan nilai yang menunjukkan besarnya laju penurunan pori makro tanah per hari.

Hubungan antara limpasan permukaan dengan umur kebun kopi pada nilai SKD 0, 0.0001 dan 0.0005 ditampilkan pada Gambar 5. Laju penurunan pori makro tanah per hari berbanding lurus dengan nilai SKD. Secara umum hasil sensitivitas limpasan permukaan pada berbagai nilai SKD meningkat dengan meningkatnya nilai SKD.

Hasil sensitivitas limpasan permukaan pada berbagai nilai SKD ini selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran limpasan permukaan di lapangan, dengan demikian dapat dipilih nilai SKD yang dapat mewakili kondisi tanah di daerah Sumberjaya.

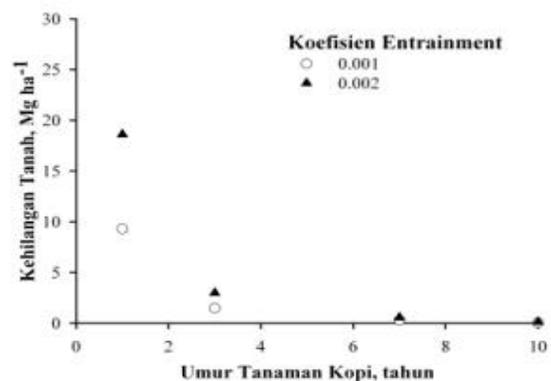
Parameterisasi kehilangan tanah

Besarnya kehilangan tanah selain dipengaruhi oleh besarnya limpasan permukaan juga ditentukan oleh mudah tidaknya tanah terbawa oleh limpasan permukaan. Dalam hal ini model WaNuLCAS

menterjemahkannya melalui parameter E_EntrainmentCoeffBarePlot (ECB). ECB merupakan faktor yang menentukan mudah tidaknya tanah tererosi dalam kondisi tanpa adanya vegetasi penutup tanah.

Hasil parameterisasi dinamika struktur tanah, pada nilai SKD tertentu digunakan untuk simulasi pada berbagai nilai ECB. Hubungan antara kehilangan tanah dengan umur kebun kopi pada nilai ECB 0.001, 0.002 ditampilkan pada Gambar 6. Terlihat bahwa dengan meningkatnya nilai ECB akan meningkatkan besarnya kehilangan tanah dan cenderung menurun dengan bertambahnya umur kebun kopi.

Hasil sensitivitas kehilangan tanah pada berbagai nilai ECB ini selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran kehilangan tanah di lapangan, dengan demikian dapat dipilih nilai ECB yang dapat mewakili kondisi tanah di Sumberjaya



Gambar 6. Hubungan antara kehilangan tanah dengan umur kebun kopi pada nilai ECB 0.001 dan 0.002.

HASIL DAN PEMBAHASAN

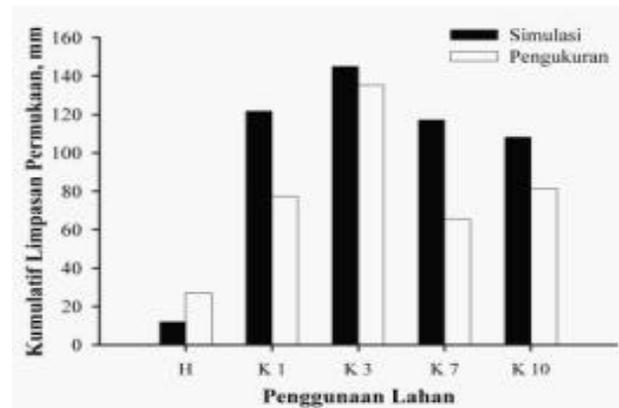
Limpasan Permukaan

Limpasan permukaan hasil pengukuran di lapangan pada kopi umur 1 – 10 tahun selama periode 3 bulan pengukuran mengikuti pola hasil simulasi model dengan nilai SKD 0.0005 (Gambar 7). Terjadi kenaikan jumlah limpasan permukaan hasil simulasi dari hutan menjadi kebun kopi (Gambar 8). Pada kebun kopi, limpasan permukaan cenderung naik dengan bertambahnya umur kebun kopi dan mencapai puncak pada kebun kopi umur 3 tahun, selanjutnya menurun pada kebun kopi umur 7 dan 10 tahun. Hal ini dapat dijelaskan dengan adanya dinamika struktur tanah yang terkait dengan penurunan dan pembentukan pori-pori tanah (Gambar 9). Hasil pengukuran di lapangan mempunyai pola yang sama dengan hasil simulasi sampai pada kebun kopi umur 7 sedangkan pada kebun kopi umur 10 tahun besarnya limpasan permukaan kembali meningkat (Widiyanto *et al.*, 2004).

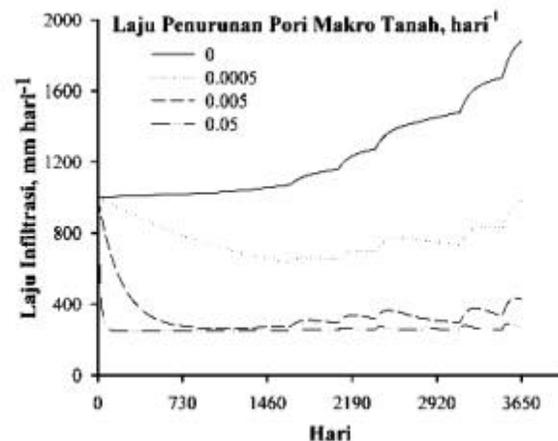


Gambar 7. Perbandingan hasil pengukuran limpasan permukaan di lapangan dengan hasil simulasi pada nilai SKD 0; 0.0001 dan 0.0005.

Laju infiltrasi tanah menurun sampai dengan tahun ketiga (Gambar 9) sehingga air hujan banyak yang menjadi limpasan permukaan. Pada saat ini pertumbuhan tanaman kopi masih relatif kecil dan jumlah seresah (litterfall) yang merupakan sumber makanan bagi organisme tanah (cacing tanah) yang berperan dalam perbaikan struktur tanah belum mencukupi. Menurut Hairiah *et al.* (2004) alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi menurunkan tingkat ketebalan seresah di atas permukaan tanah. Bila lahan hutan dikonversi menjadi sistem kopi monokultur ketebalan seresah turun dari 2.1 Mg ha⁻¹ menjadi sekitar 1.2 Mg ha⁻¹. Seiring dengan tumbuhnya tanaman kopi dan adanya pemangkasan pada tahun ketiga jumlah makanan bagi organisme



Gambar 8. Perbandingan limpasan permukaan hasil pengukuran di lapangan dan simulasi pada berbagai umur kebun kopi dan hutan (H = hutan, K 1 = Kopi 1 tahun, K 3 = Kopi 3 tahun, K 7 = Kopi 7 tahun, K 10 = Kopi 10 tahun).



Gambar 9. Perubahan laju infiltrasi tanah setelah pembukaan hutan pada berbagai nilai SKD yakni 0; 0.0005; 0.005 dan 0.05 selama 10 tahun simulasi.

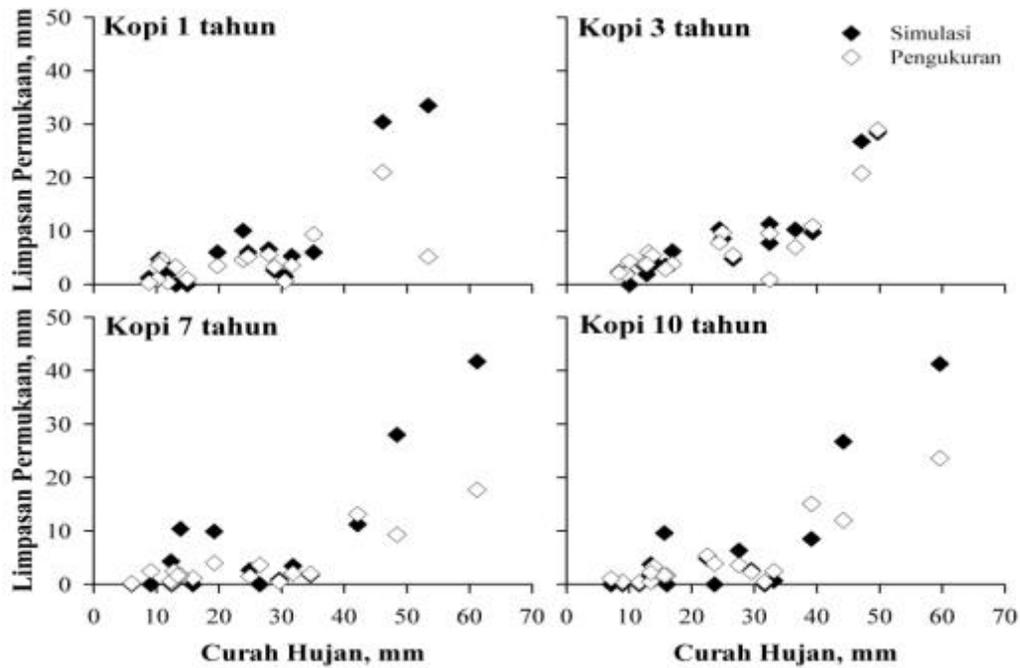
tanah telah mencukupi sehingga terjadi perbaikan struktur tanah yang diikuti dengan meningkatnya laju infiltrasi tanah.

Limpasan permukaan hasil simulasi cenderung lebih besar dari hasil pengukuran di lapangan (Gambar 7 dan 8). Perbandingan hasil pengukuran di lapangan dan hasil simulasi pada masing-masing umur kebun kopi pada setiap kejadian hujan disajikan pada Gambar 10. Nilai limpasan permukaan hasil simulasi pada curah hujan lebih dari 40 mm cenderung lebih besar dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan. Untuk curah hujan kurang dari 40 mm perbandingan hasil pengukuran di lapangan dengan hasil simulasi relatif sama. Dapat dikatakan bahwa limpasan permukaan hasil simulasi sebanding dengan besarnya curah hujan, sedangkan hasil pengukuran di lapangan tidak selalu menunjukkan pola tersebut.

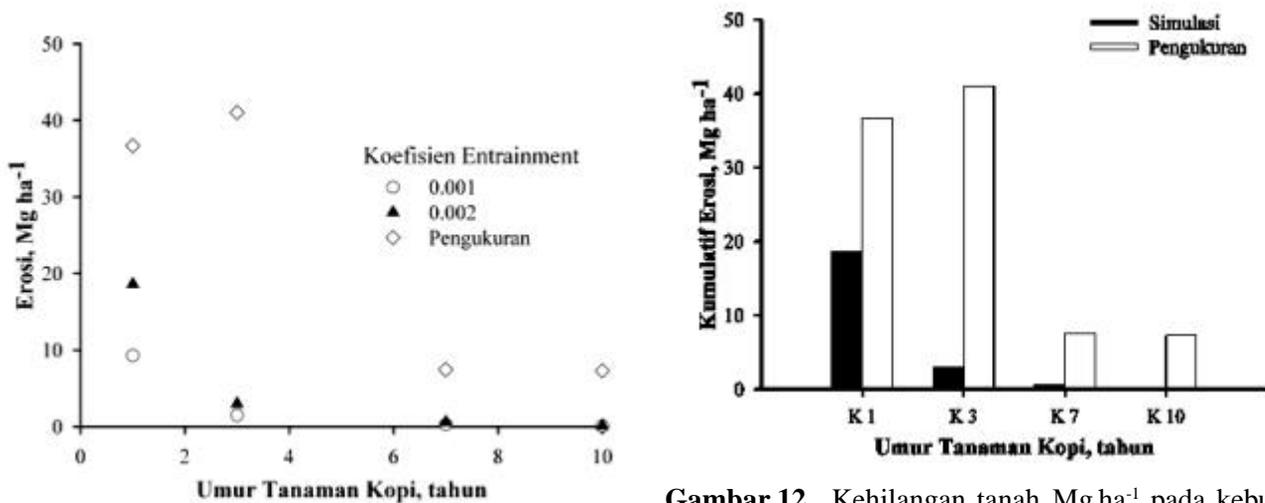
Kehilangan Tanah

Pola kehilangan tanah hasil pengukuran di lapangan cenderung mengikuti pola limpasan permukaan seperti yang telah dijabarkan di atas. Besarnya kehilangan tanah hasil simulasi jauh lebih kecil dari hasil pengukuran di lapangan (Gambar 11 dan 12) dalam Widiyanto et al., (2004) yang digunakan untuk pembandingan dalam tulisan ini yaitu sebesar 37 Mg ha⁻¹ selama 3 bulan pengamatan.

Sejauh ini hasil simulasi WaNuLCAS dengan nilai ECB 0.002 merupakan kisaran nilai kehilangan tanah yang masih dapat diterima yaitu sebesar 20 Mg ha⁻¹ pada kebun kopi umur 1 tahun. Kisaran ini mendekati hasil pengukuran Affandi (2002) yaitu kehilangan tanah sebesar 22.7 Mg ha⁻¹ pada plot kopi umur 2 tahun yang mendapatkan penyiangan secara rutin.



Gambar 10. Limpasan permukaan hasil pengukuran di lapangan dan hasil simulasi pada berbagai umur kebun kopi pada nilai S_Kstruc Decay 0.0005.



Gambar 11. Kehilangan tanah pada kebun kopi 1 – 10 tahun pada beberapa nilai E_EntrainmentCoeffBarePlot.

Gambar 12. Kehilangan tanah, Mg ha⁻¹ pada kebun kopi 1 – 10 tahun pada nilai E_EntrainmentCoeffBarePlot 0.002 (K 1 = Kopi 1 tahun, K 3 = Kopi 3 tahun, K 7 = Kopi 7 tahun, K 10 = Kopi 10 tahun).

KESIMPULAN

Model simulasi WaNuLCAS dapat digunakan untuk mengeksplorasi besarnya limpasan permukaan dan kehilangan tanah pada berbagai skenario perubahan penggunaan lahan yang berkaitan dengan perubahan sifat-sifat tanah, penutupan kanopi, dan sifat hujan. Nilai parameter Rain_IntensMean (RIM) sebesar 50 dan S_SurfInfilInit (SSI) sebesar 1000 mm hari⁻¹ merupakan nilai yang dapat mewakili kondisi tanah dan hujan di Desa Bodong, Sumberjaya.

Besarnya limpasan permukaan hasil simulasi cenderung lebih besar dari hasil pengukuran di lapangan dengan pola mengikuti pola hasil simulasi model dengan nilai S_KStrucDecay (SKD) sebesar 0.0005. Besarnya kehilangan tanah hasil simulasi cenderung lebih kecil dari hasil pengukuran di lapangan, namun hasil simulasi dengan nilai E_Entrainment CoefBarePlot (ECB) 0.002 merupakan kisaran nilai kehilangan tanah yang masih dapat diterima.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Herman Noveras dan Dr. Didik Suprayogo dari Jurusan Tanah, Universitas Brawijaya yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menggunakan data pengamatan limpasan permukaan di Sumberjaya, Lampung. Terima kasih juga disampaikan kepada Ir. Widiyanto, MSc., Dr. Fahmuddin Agus dan Prof. Dr. Kurniatun Hairiah atas sarannya yang berharga dalam penyempurnaan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi. 2002. Soil erosion in Coffee Plantation at Multiple Scale an Overview of Field Research Result at Sumberjaya (1995 – 2002). *In* Background for ACIAR project planning meeting, Sumberjaya, 12 – 16 October 2002. World Agroforestry Centre (ICRAF-SEA), Bogor, Indonesia
- Agus, F.; Gintings, A.N. and M. van Noordwijk. 2002. Pilihan Teknologi Agroforestri/Konservasi Tanah untuk Areal Pertanian Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. ICRAF-SE Asia, Bogor, **Indonesia. ISBN 979-3198-07-9.**
- Agus, F. 2002. Facilitating the development of Conservation Farming and Agroforestry Systems. *In* Background for ACIAR project planning meeting, Sumberjaya, 12 – 16 October 2002. World Agroforestry Centre (ICRAF-SEA), Bogor, Indonesia
- Arifin, J. 2001. Estimasi Cadangan Karbon pada Berbagai Sistem Penggunaan lahan di Kecamatan Ngantang, Malang. Thesis S1. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Brouwer, C.; Prins, K.; Kay, M. and M. Heibloem. 1990. Irrigation Water Management Training Manual No. 5: Irrigation Methods. FAO. <http://www.fao.org/docrep/S8684E/s8684e0a.htm>. 4 Nopember 2003.
- Farida. 2001. Analisis Limpasan Permukaan pada berbagai Umur Kebun Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. Skripsi S1, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Fernhout, P.D. and C.F. Kurtz. 1998. The Garden with Insight (garden simulator). <http://www.gardenwithinsight.com/help100/00000540.htm>. 4 Nopember 2003.
- Hairiah, K.; Widiyanto; Utami, S.R. and B. Lusiana. 2002. WaNuLCAS Model Simulasi untuk Sistem Agroforestry. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- Hairiah, K.; Suprayogo, D.; Widiyanto; Berlian; Suhara, E.; Mardiasuning, A.; Widodo, R.H.; Prayogo, C. dan S. Rahayu. 2004. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Agroforestri Berbasis Kopi: Ketebalan Seresah, Populasi Cacing Tanah Dan Makroporositas Tanah. *Agrivita* 26 (1): 68-80.
- Khasanah, N.; Lusiana, B.; Farida, A. and M. van Noordwijk. 2002. Simulating Run off and soil erosion using WaNuLCAS: Water, Nutrient and Light Capture in Agroforestry System. *In* Background for ACIAR project planning meeting, Sumberjaya, 12 – 16 October 2002. World Agroforestry Centre (ICRAF-SEA), Bogor, Indonesia
- Kinoshita, T. and K. Nakane. 2002. Study on Surface Runoff (Part 1), Effects of Rainfall Intensity on Surface Runoff from the Experimental Plot. National Research Center for Disaster Prevention, Japan. <http://www.bosai.go.jp/ad/Jpn/report/abstract/re18/r18-3.html>. 4 Nopember 2003.
- Oldeman, L.R.; Las, I. and S.N. Darwis. 1979. The Agroclimatic Map of Sumatra. Contribution No. 52. Central Research Institute for Agriculture, Bogor, 35p.
- Rose, C.W. 1985. Developments in Soil Erosion and Deposition Models. *Advances in Soil Science* 2: 1– 63
- Schmit, F.H. dan J.H. Ferguson. 1951. Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verh.* No. 42. Direktorat Meteorologi dan Geofisika Jakarta.
- Sihite, J. 2001. Evaluasi Dampak Erosi Tanah Model Pendekatan Ekonomi Lingkungan dalam Perlindungan DAS : Kasus Sub DAS Besai, DAS Tulang Bawang, Lampung. Thesis Pasca – Sarjana IPB. Bogor.

- Sinukaban, N. ; Tarigan, S. D. ; Purwakusuma, W. ; Baskoro, D. and E.D. Wahyuni. 2000. Analysis of Watershed Function Sediment Transfer Across Various Type of Filter Strips. South East Asia Policy Research Working Paper No 7. World Agroforestry Centre (ICRAF-SEA), Bogor, Indonesia.
- Sunaryo; Suprayogo, D. dan B. Lusiana. 2002. Stella dan Model WaNuLCAS. *Dalam* Hairiah, K.; Widiyanto; Utami, S.R. dan B. Lusiana (eds), WaNuLCAS Model Simulasi untuk Sistem Agroforestry. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia.
- Suprayogo, D.; Widiyanto; Lusiana, B. dan M. Van Noordwijk. 2002. Neraca air Sistem agroforestry. *Dalam* Hairiah, K.; Widiyanto; Utami, S.R. dan B. Lusiana (eds), WaNuLCAS Model Simulasi untuk Sistem Agroforestry. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia
- Van Noordwijk, M. dan B. Lusiana. 2000. WaNuLCAS 2.0. Backgrounds of a model of Water, Nutrient and Light Capture in Agroforestry Systems. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia
- Van Noordwijk, M. dan R. Mulia. 2002. Functional Branch Analysis as Tool for Fractal Scaling Above and Belowground Trees for their Additive and Non Additive Properties. *Ecological Modelling*, 149, 41 – 51.
- Verbist, B. dan G. Pasya. 2004. Perspektif Sejarah Status Lahan, Kawasan Hutan, Konflik dan Negosiasi di Sumberjaya Kabupaten Lampung Barat – Propinsi Lampung. *Agrivita* 26 (1): 20-28.
- Widiyanto; Noveras, H.; Suprayogo, D.; Widodo, R.H.; Purnomosidi, P. dan M. van Noordwijk. 2004. Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Apakah Fungsi Hidrologis Hutan Dapat digantikan Agroforestry Berbasis Kopi?. *Agrivita* 26 (1): 47-52.
- Wosten, J.H.M. ; Lilly, A. ; Nemes, A. and C. Le Bas. 1998. Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. Report 156, SC-DLO, Wageningen (the Netherlands), 106 pp.

DIAGNOSIS FAKTOR PENGHAMBAT PERTUMBUHAN AKAR SENGON (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) PADA ULTISOL DI LAMPUNG UTARA

Kurniatun Hairiah¹, Cipto Sugiarto¹, Sri Rahayu Utami¹,
Pratiknyo Purnomosidhi² dan James M Roshetko³

¹Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Malang

²World Agroforestry Centre - ICRAF) SE Asia, P.O. Box 161, Bogor 160011

³World Agroforestry Centre - ICRAF SE Asia dan Winrock International, USA

ABSTRACT

Due to wide-scale deforestation and their need for forest products smallholder farmers in North Lampung are becoming interested in tree farming. Farmers often cultivate a mix of fruit, spice and fast-growing timber species. *Paraserianthes falcataria* (sengon) is the most common timber tree in the area. This species demonstrates inconsistent performance, growing particularly poorly on ridges. Poor performance might be due to poor root development resulting from deficient soil conditions. Inhibition of root growth on acid soil is usually linked to Al toxicity, but other soil characteristics such as low P availability or soil physical factors (such as mechanical impedance or poor aeration) might be involved as well.

The objective of this study was to diagnose the soil factor(s) that limit(s) the growth of *Paraserianthes* on ultisol in North Lampung.

Measurements of soil bulk densities at different soil depths in Ultisol are difficult to interpret because clay content tends to increase with depth. This difficulty was addressed by correcting soil bulk density (BD) by using a 'pedo transfer function' based on clay and silt content. The resultant BD_{ref} value makes it possible to compare soils of different textures (soil depths).

The results shows that the 5 year-old *Paraserianthes* developed a shallow root system, with about 50% of main root growing horizontally in the upper 0-30 cm of the soil. No significant correlation was found between root length density (Lrv) and the concentration of exchangeable Al or monomeric Al. Poor root growth at greater soil depth (40-

70 cm and 70-100 cm) was significantly correlated ($p < 0.05$) with low P availability and high soil bulk density (after correction for texture effects) with BD/BDref values of > 1.14 . The data also suggests lower BD/BDref values and better root growth for microsites with higher soil organic matter as indicated by C_{org}/C_{ref} . The BD/BDref ratio can be used as a tool to diagnose poor root growth on Ultisol in North Lampung.

Key word: *Paraserianthes falcataria*, Shoot:root ratio, Lrv, Al-toxicity, pedo-transfer

ABSTRAK

Meluasnya penebangan hutan di daerah Lampung Utara menyebabkan ketersediaan produk hutan di pasaran semakin terbatas, sehingga petani tertarik untuk menanam pohon di lahannya. Petani umumnya menanam campuran pohon buah-buahan, pohon penghasil rempah dan penghasil kayu yang cepat pertumbuhannya. Pohon sengon (*Paraserianthes falcataria*) merupakan pohon penghasil kayu yang paling banyak ditanam di daerah tersebut. Namun pertumbuhan sengon tidak merata, bahkan terhambat jika tumbuh di puncak perbukitan. Hal ini diduga karena dangkalnya sistem perakaran pohon sengon. Pada tanah masam, perkembangan akar terhambat biasanya karena tingginya konsentrasi Al di lapisan bawah, tetapi juga bisa disebabkan oleh faktor lain seperti P tersedia yang rendah, dan sifat fisik tanah (misalnya kepadatan tanah yang tinggi dan aerasi tanah yang rendah).

Tujuan dari penelitian ini adalah mendiagnosa faktor-faktor tanah yang menghambat pertumbuhan akar sengon pada Ultisol di daerah Lampung Utara.

Hasil pengukuran berat isi (BI) tanah pada Ultisol di lapangan sulit untuk diinterpretasikan, karena semakin meningkat kedalaman tanah semakin tinggi kandungan liatnya. Untuk mengatasi masalah tersebut data BI dikoreksi dengan menggunakan fungsi 'pedo-transfer' yaitu dengan memperhitungkan kandungan liat dan debu di setiap lapisan (BD_{ref}), sehingga hasilnya dapat dibandingkan.

Hasil pengamatan pada akar sengon umur 5 tahun di desa Karang Sakti, Pakuan Ratu, Lampung Utara, bahwa akar sengon berkembang dangkal; lebih dari 50 % dari total akar utama berkembang secara horizontal di lapisan atas. Tidak ada hubungan yang nyata antara dangkalnya perkembangan akar sengon dengan tingginya konsentrasi Al-dd maupun Al-monomerik di lapisan bawah. Rendahnya perkembangan akar sengon pada kedalaman 40-70 cm dan 70-100 cm berhubungan erat dan nyata ($p < 0.05$) dengan rendahnya P tersedia (P-Bray2) dan tingginya BI terkoreksi ($BI/BI_{ref} > 1.14 \text{ g cm}^{-3}$). Pertumbuhan akar akan membaik bila nilai BI/BI_{ref} tanah menurun karena meningkatnya C_{org}/C_{ref} dalam tanah. Nilai BI/BI_{ref} dapat dipakai sebagai alat bantu untuk mendiagnosa penghambatan pertumbuhan akar sengon pada Ultisol di Lampung Utara.

Kata kunci: *Paraserianthes falcataria*, nisbah tajuk:akar, Lrv, keracunan Al, pedo-transfer

PENDAHULUAN

Ketersediaan hutan sebagai penghasil kayu di daerah Lampung Utara semakin berkurang, sehingga ketersediaan kayu-kayuan di pasaran sangat rendah.

Pada umumnya petani menanam pohon dalam kebun campuran, terdiri dari berbagai macam pohon antara lain pohon buah-buahan, pohon penghasil rempah, pohon obat-obatan dan pohon penghasil timber. Menurut Roshetko et al. (2001) sekitar 20 % dari total populasi pohon per satuan luas lahan ditanami dengan pohon penghasil timber dan sekitar 50 % nya adalah pohon sengon (*Paraserianthes falcataria*).

Sengon merupakan pohon yang pertumbuhannya cepat, sehingga masa tunggu panen cukup singkat. Namun pertumbuhan sengon terutama yang tumbuh di puncak bukit seringkali terhambat, apalagi kalau mengalami musim kemarau panjang. Hal ini diduga karena dangkalnya sistem perakaran pohon sengon.

Pada tanah masam di Lampung Utara, perkembangan sistem perakaran tanaman sering kali dihambat oleh tingginya konsentrasi aluminium (Al) (Hairiah, 1992) dan rendahnya konsentrasi P di lapisan tanah bawah, serta adanya hambatan fisika tanah seperti tingginya berat isi (BI) tanah karena masukan bahan organik yang rendah.

Aluminium dapat berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap perkembangan sistem perakaran tanaman. Pengaruh langsung Al adalah melalui penghambatan pembelahan sel pada ujung-ujung akar (Foy, 1988), sehingga fungsi akar dalam menyerap air dan hara menjadi terganggu. Tingkat meracun Al dalam larutan tanah berhubungan erat dengan tingginya konsentrasi Al-inorganik monomerik yang terdiri dari Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)^+$, $Al(SO_4)$ (Blamey et al., 1983). Pengaruh tidak langsung Al terhadap perkembangan akar tanaman adalah melalui pengaruhnya terhadap pengikatan P. Ion Al pada tanah masam akan mengikat P menjadi bentuk $Al(H_2PO_4)_3$ yang sukar larut sehingga menjadi kurang tersedia bagi tanaman. Dengan demikian penanganan masalah keracunan Al dalam tanah sulit untuk dipisahkan dari masalah kekahatan P (Hairiah, 1992).

Faktor penghambat pertumbuhan akar tanaman yang lain adalah kepadatan tanah di lapisan bawah yang tinggi, biasanya diukur dari tingginya berat isi tanah (g cm^{-3}). Pada umumnya berat isi tanah semakin meningkat dengan meningkatnya kedalaman tanah, seiring dengan semakin rendahnya kandungan bahan organik tanah, aktivitas perakaran, biota, dan kandungan liat tanah (Lal dan Greenland, 1979). Rusell (1977) melaporkan bahwa BI maksimum pada tanah liat sebesar 1.45 g cm^{-3} dan untuk tanah pasir sebesar 1.75 g cm^{-3} masih memungkinkan akar tanaman untuk tumbuh.

Diagnosa penghambat pertumbuhan akar tanaman di lapangan ternyata tidak mudah dilakukan, karena masing-masing faktor penghambat dapat saling berinteraksi atau berinteraksi dengan faktor luar lainnya. Untuk memperbaiki strategi pengelolaan lahan pertanian, ketrampilan kita dalam memahami dan mendiagnosa faktor penghambat pertumbuhan akar tanaman di lapangan masih perlu ditingkatkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor penghambat pertumbuhan akar sengon pada Ultisol, di Lampung Utara.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga November, 2001, di lahan milik petani Desa Karang Sakti dan Desa Karang Rejo, Kecamatan Muara Sungkai, Kabupaten Lampung Utara.

Kondisi Umum

Desa Karang Sakti dan Desa Karang Rejo Kecamatan Muara Sungkai Kabupaten Lampung Utara, terletak pada posisi 4°32' LS dan 104°56' BT. Lahan berada pada landform yang datar sampai bergelombang dengan kemiringan antara 0-10%. Tanah dikategorikan ordo Ultisol (Prayogo, 2001). Temperatur maksimum 31.3°C di bulan Januari sampai 33.1°C di bulan Oktober, dan temperatur minimum berkisar antara 20.5°C di bulan Agustus dan 22.4°C di bulan Januari. Curah hujan rata-rata tahunan adalah 2529 mm. Dari data yang dikumpulkan 48 tahun terakhir, curah hujan tahunan terendah 1510 mm dan tertinggi 3385 mm (Hairiah *et al.*, 2002).

Penelitian ini diawali dengan mewawancarai petani pemilik lahan sengon, untuk memperoleh beberapa informasi yang berkaitan dengan pengelolaan dan permasalahan sengon yang dihadapi.

Secara umum petani di daerah ini merupakan petani transmigran dari pulau Jawa. Kedua desa lokasi penelitian dibuka sebagai desa transmigrasi (Resettlement) pada tahun 1980-an. Lahan selanjutnya ditanami ketela pohon atau jagung, kemudian berubah menjadi lahan tebu karena masuknya program TR (Tebu Rakyat) di wilayah ini. Masalah utama yang dihadapi oleh petani di daerah ini adalah rendahnya kesuburan tanah dan adanya gulma alang-alang.

Pengolahan tanah hanya dilakukan pada awal tanam pohon sengon, sekitar 5 tahun yang lalu. Hasil wawancara singkat dengan petani antara lain adalah pada musim kering banyak pohon sengon yang mati dengan berbagai gejala yang mereka temukan, misalnya pohon sengon terlihat kering dengan ciri daun sengon habis dan pada kulit batang pohon tumbuh seperti jamur berwarna kecoklatan.

Estimasi biomasa pohon

Biomasa pohon diestimasi dengan menebang 10 contoh pohon dari berbagai kondisi pertumbuhan, ditimbang berat basah, dan berat kering oven (pada suhu 800C selama 48 jam). Setiap pohon diukur diameter batang pada ketinggian 1.3 m dari permukaan tanah (dbh; *diameter at breast height*), dan data diameter dikorelasikan dengan berat biomasanya dengan persamaan alometrik (Van Noordwijk *et al.*, 2002): $Y = 0.0272 X^{2.831}$. Dimana, Y adalah biomasa kg per pohon; dan X = dbh, cm.

Pengamatan perakaran

Pengamatan perakaran sengon dilakukan pada 2 petak lahan yang berukuran antara 0.75 – 1.25 ha. Pengamatan pada setiap petak diulang 2 kali. Petak yang dipilih adalah didasarkan pada umur pohon yaitu sekitar 5 tahun, yang memiliki pertumbuhan pohon 'baik' dan 'jelek'. Pohon 'baik' adalah pohon yang memiliki dbh antara 12-20 cm, dan pohon 'jelek' dengan dbh < 12 cm.

Metode pengamatan sebaran perakaran yang digunakan adalah metoda penggalian tanah (*profile root trenching*). Lubang profil tanah dibuat berukuran 6 x 1 x 1 m, dengan arah tegak lurus terhadap baris pohon. Setiap lubang profil mencakup sebaran akar dari 3 pohon sengon yang dijadikan contoh. Contoh tanah dan akar di sepanjang dinding profil dipotong-potong dengan ukuran 20 x 10 x 10 cm sehingga diperoleh beberapa potong contoh tanah. Contoh tanah dan akar dipisahkan dengan jalan pengayakan basah, menggunakan 2 lapisan ayakan berukuran lubang 2 mm dan 250 µm. Contoh akar yang diperoleh ditentukan total panjang akar (L_{rv} , cm cm⁻³) berdasarkan metoda intersepsi garis dari Tenant (1975, dalam Smit *et al.*, 2000) dan berat keringnya (D_{rv} , g cm⁻³). Total panjang akar ditetapkan dengan metode intersepsi garis. Contoh akar selanjutnya dioven pada suhu 800 C selama ± 24 jam, dan ditimbang berat keringnya.

Untuk mengukur tingkat kompetisi akar pohon dalam sistem agroforestri dilakukan pengukuran "indeks tingkat kompetisi akar" yaitu dengan mengukur arah sebaran akar (vertikal atau horisontal) di dalam tanah yang terdekat dengan batang pokok (*proximal root*). Tanah di sekeliling pohon digali dengan hati-hati hingga akar utama di sekeliling pohon nampak dengan jelas percabangannya, kedalaman lubang yang terbentuk sekitar 0.5 m. Diameter masing-masing akar proksimal dan distribusinya dalam tanah (horizontal atau vertikal) diukur dengan jalan mengukur sudut akar yang terhadap bidang horizontal. Sebaran akar dibedakan atas horizontal dan vertical; horizontal bila sudutnya <45° dan vertical bila sudutnya >45°.

Pada setiap profil tanah diambil 2 macam contoh tanah yaitu contoh tanah terganggu dan contoh tanah utuh. Contoh tanah diambil dari kedalaman 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 70-80, 80-90 dan 90-100 cm. Contoh tanah terganggu diambil dari beberapa titik dicampur rata, dikering udarkan untuk analisis kimia meliputi C total, pH, P-tersedia (Bray2) konsentrasi Al dapat dipertukarkan (Al-dd), dan Al-monomerik. Contoh tanah utuh diambil dengan menggunakan ring logam berdiameter 5 cm pada setiap kedalaman yang diamati, selanjutnya ditetapkan berat isi (BI) nya dengan metode gravimetris.

Analisis 'pedo-transfer'

Pengukuran perubahan sifat tanah akibat adanya perubahan pengelolaan lahan masih sulit dilakukan, karena variasi kondisi tanah pembandingnya (biasanya tanah hutan). Menurut Hairiah et al. (2004) ada dua parameter tanah yang biasa dipakai sebagai indikator keberlanjutan produktivitas tanah, yaitu kepadatan tanah yang diukur dari berat isi tanahnya (BI, g cm⁻³) dan kandungan bahan organik tanah (total C-organik, %). Semakin rendah kandungan bahan organiknya dan semakin tinggi BI-nya, maka semakin rendah produktivitas tanah. Pada prakteknya interpretasi indikator ini sulit dilakukan, karena adanya perbedaan kandungan liat dan debu (tekstur tanah) dari tanah yang diuji sehingga sifat tanah aslinya (*inherent properties*) memang telah berbeda. Oleh karena itu data BI dan kandungan bahan organik tanah yang diperoleh pada percobaan ini perlu dikoreksi dengan teksturnya. Koreksi dilakukan dengan menggunakan "fungsi pedo-transfer" yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Wösten et al. (1995, 1998). Persamaan dikembangkan dari satu seri data tanah yang mencakup banyak macam tanah pertanian di daerah beriklim sedang, sebagai berikut:

$$\text{Bila } ((\text{Liat } \% + \text{debu } \%) < 50, \text{ maka}$$

$$\text{BI}_{\text{ref}} = 1/(-1.984 + 0.01841 * \text{BO} + 0.032 * \text{Lapisan Tanah (atas atau bawah)} + 0.00003576 * (\text{liat } \% + \text{debu } \%)^2 + 67.5 / \text{MPS} + 0.424 * \text{Ln}(\text{MPS}))$$

$$\text{BI}_{\text{ref}} = 1/(0.603 + 0.003975 * \text{liat } \% + 0.00207 * \text{BO}^2 + 0.01781 * \text{Ln}(\text{BO}))$$

Dimana, BO adalah kandungan bahan organik tanah (= 1.7 * total C_{org}) dan MPS adalah rata-rata ukuran partikel pasir = 290² m.

Dengan demikian dapat dibuat index BI yaitu BI/BI_{ref}. Bila BI/BI_{ref} < 1 maka tanah tersebut gembur seperti tanah hutan; tanah pertanian biasanya memiliki BI/BI_{ref} > 1.

Kandungan bahan organik tanah yang diperoleh dikoreksi dengan kandungan liat, debu dan pH tanah (C_{ref}). Perhitungan sederhana yang telah dikembangkan oleh Van Noordwijk et al. (1997) adalah sebagai berikut:

$$C_{\text{ref}} = (Z_{\text{contoh}} / 7.5)^{0.42} \exp(1.333 + 0.00994 * \% \text{liat} + 0.00699 * \% \text{debu} - 0.156 * \text{pH}_{\text{KCl}} + 0.000427 * \text{H})$$

Dimana, Z_{contoh} = kedalaman pengambilan contoh tanah, cm; H = Ketinggian tempat, m di atas permukaan laut.

Selanjutnya diperoleh kandungan bahan organik tanah terkoreksi (C_{total}/C_{ref}). Bila C_{total}/C_{ref} = 1 berarti tanah pertanian yang diuji sama suburnya dengan tanah hutan. Bila C_{total}/C_{ref} < 1 tanah semakin tidak subur.

Analisis statistika

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dengan kedalaman tanah sebagai peubah bebas (uji F taraf 5 % dan 1 %) menggunakan program SYSTAT. Uji korelasi sifat tanah dengan total panjang akar lebih difokuskan pada zona perakaran > 30 cm, karena hambatan pertumbuhan akar sengon terbesar terjadi pada kedalaman tersebut.

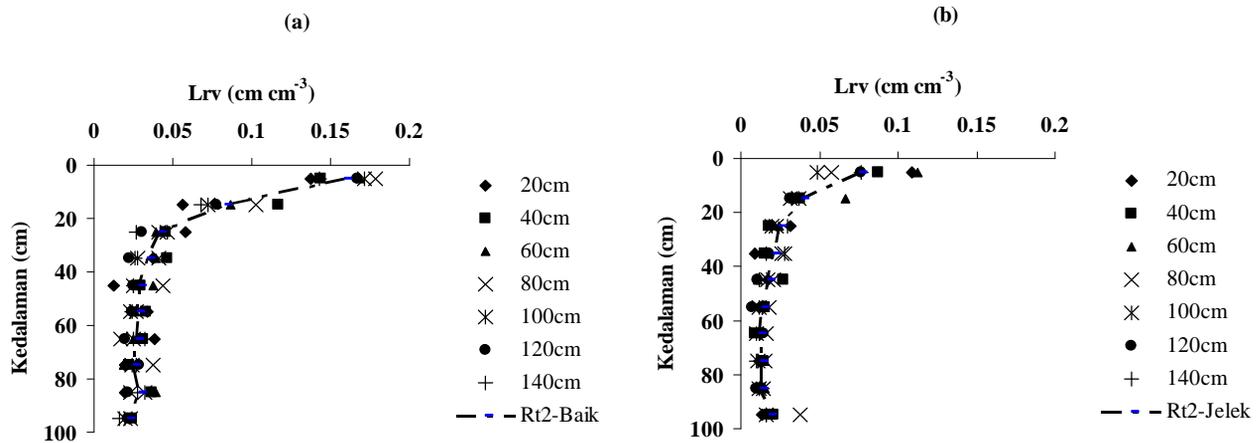
HASIL

Total panjang akar

Akar sengon di lapangan menyebar secara horizontal, berwarna coklat keputihan dan berbau seperti jengkol. Dari pengamatan ini tidak ditemukan adanya gejala hambatan pertumbuhan akar yang spesifik, seperti pembengkakan ujung-ujung akar (root breetle) seperti yang dijumpai pada akar jagung yang keracunan Al (Hairiah, 1992). Dari hasil pengamatan sebaran akar proximal, diketahui bahwa sebaran akar pohon sengon di daerah ini sebagian besar menyebar horizontal. Semua kondisi pohon sengon yang pertumbuhannya 'baik' dan 'jelek' memiliki perakaran yang berkembang secara horisontal dengan rata-rata sekitar 54%. Perakaran horisontal pada pohon dengan pertumbuhan 'baik' rata-rata 58% dan pohon 'jelek' rata-rata 51%.

Total panjang akar (Lrv) menurun dengan meningkatnya kedalaman tanah baik pohon yang pertumbuhannya 'baik' maupun 'jelek' (Gambar 1), dengan nilai Lrv tertinggi diperoleh pada lapisan atas 0-10 cm. Dhyani dan Tripathi (2000) melaporkan bahwa sekitar 38-47 % akar halus *Albizia (Paraserianthes falcataria)* terkonsentrasi di lapisan 0-10 cm, dan akar kasar (sekitar 51 %) terkonsentrasi di lapisan tanah 10-20 cm.

Pada jarak semakin jauh dari batang pokok pohon yang berumur 5 tahun ini, Lrv semakin meningkat. Peningkatan jarak terhadap batang hingga 80 cm masih diikuti oleh peningkatan Lrv. Tetapi pada jarak >80



Gambar 1. Total panjang akar pohon sengon pertumbuhan baik (a) dan pertumbuhan jelek (b) pada berbagai kedalaman tanah dan berbagai jarak terhadap pohon.

cm nilai rata-rata Lrv pada semua kedalaman kurang lebih sama dengan rata-rata Lrv yang dijumpai pada jarak 20 cm terhadap batang yaitu sekitar 0.047 cm cm⁻³ untuk pohon ‘baik’ dan 0.024 cm cm⁻³ untuk pohon ‘jelek’.

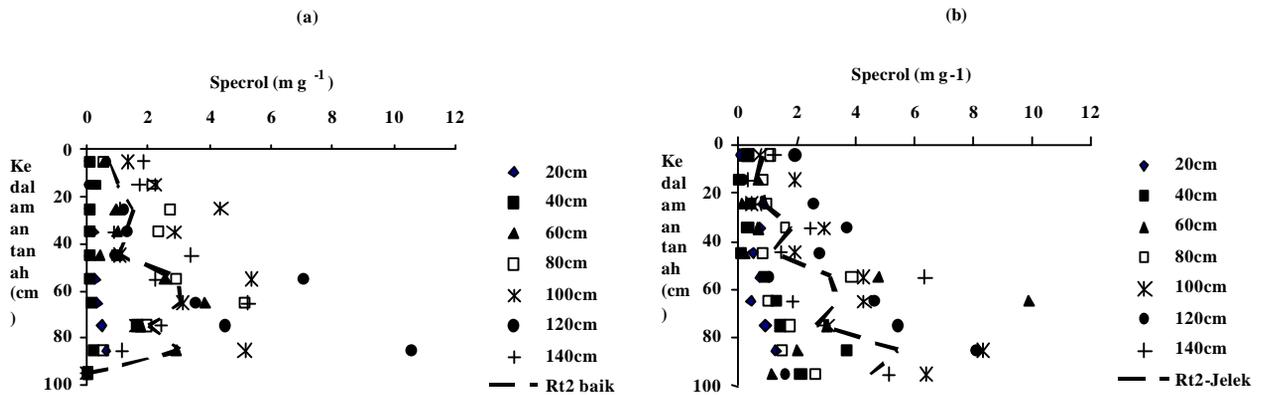
Pengetahuan akan distribusi dan kedalaman akar ini sangat diperlukan bila petani ingin mengkombinasikan pohon dengan tanaman semusim di lahannya. Dari hasil tersebut di atas, potensi terbesar terjadinya persaingan dalam menyerap air dan hara adalah pada lapisan tanah atas pada zona antara 20 – 80 cm dari batang. Apabila dibandingkan, akar tanaman jagung ternyata memiliki total panjang akar yang lebih tinggi yaitu dengan rata-rata 4.81 cm cm⁻³ pada musim basah dan 2.23 cm cm⁻³ pada musim kering (Akiefnawati, 1995).

Banyaknya akar yang menyebar horizontal ini diduga menyebabkan sengon kurang tahan terhadap kekeringan seperti yang umum dijumpai di Lampung Utara. Selain itu, bila pohon sengon akan ditanam dalam

sistem agroforestri peluang terjadinya kompetisi cukup besar, untuk itu jarak tanam harus diperlebar.

Adanya gangguan dalam lingkungan tanah, biasanya juga akan diikuti oleh perubahan diameter akar. Pada penelitian ini, pengukuran diameter didekati dengan menghitung total panjang akar spesifik (‘specrol’, m g⁻¹) yang merupakan nisbah antara Lrv (cm cm⁻³) dan Drv (g cm⁻³), semakin tinggi nilai specrol berarti semakin kecil diameter akar. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa pohon yang pertumbuhannya ‘jelek’ memiliki ‘specrol’ lebih tinggi dari pada pohon yang pertumbuhannya ‘baik’ (Gambar 2) kecuali pada kedalaman 15 cm dan 25 cm. ‘Specrol’ akar semakin meningkat dengan meningkatnya kedalaman tanah. Hal ini mungkin karena adanya pemadatan di lapisan bawah.

Meningkatnya kepadatan tanah berarti jumlah pori makro tanah berkurang, dan hingga tingkat kepadatan tertentu biasanya diikuti oleh mengecilnya diameter akar tanaman agar dapat menembus pori tanah



Gambar 2. Total panjang akar spesifik (specrol) pohon pertumbuhan ‘baik’ dan ‘jelek’ pada berbagai kedalaman tanah dan jarak terhadap pohon.

(Russel, 1997), tetapi tidak diikuti oleh peningkatan Drv. Dengan demikian specrol menjadi lebih tinggi.

Nisbah tajuk : akar

Akar berfungsi menyerap air dan hara dari dalam tanah untuk memenuhi kebutuhan tajuk. Terjadinya hambatan media pertumbuhan tanaman akan diikuti oleh penurunan nisbah tajuk dan akar (Hairiah et al., 2000). Pada pengamatan ini pohon sengon yang pertumbuhannya ‘baik’ memiliki nisbah tajuk akar sekitar 5:1 dengan biomas tajuk sekitar 73 kg per pohon atau setara dengan 60 Mg ha⁻¹, tetapi nisbah ini akan meningkat dua kali lipat pada pohon yang ‘jelek’ pertumbuhannya yaitu 11:1 atau setara dengan 16 Mg ha⁻¹. Hasil ini menunjukkan adanya gangguan pertumbuhan sengon terutama pada pertumbuhan akarnya.

Sifat Tanah

Tanah di ke dua lokasi percobaan memiliki pH masam, dengan kisaran pH_{H₂O} sekitar 5.0 – 5.2 dan pH_{KCl} sekitar 4.1 – 4.2. Tidak ada perbedaan yang nyata

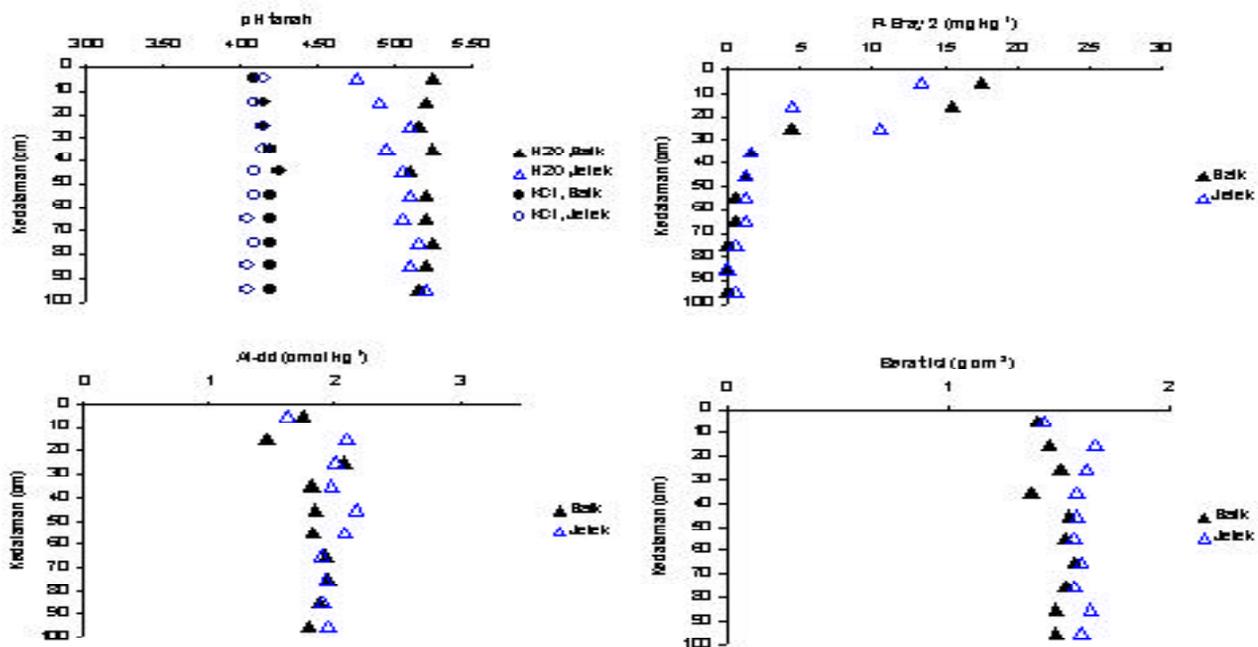
nilai pH rata-rata pada lahan sengon yang pertumbuhannya ‘baik’ dengan yang jelek (Tabel 1). Namun, pada tanah lapisan atas yang pertumbuhan pohonnya ‘baik’ diperoleh nilai pH_{H₂O} rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang pertumbuhan pohonnya ‘jelek’. Semakin meningkat kedalaman tanah diikuti dengan sedikit meningkatnya pH-H₂O dan pH-KCl (Gambar 3a).

Pada lapisan atas tanah dengan pertumbuhan pohon ‘baik’, konsentrasi P_{Bray2} (12.5 mg kg⁻¹) 30 % lebih tinggi dari pada tanah dengan pertumbuhan pohon ‘jelek’ (Tabel 1). Konsentrasi P_{Bray2} pada lapisan tanah atas jauh lebih tinggi dari pada lapisan bawah. Status unsur hara P_{Bray2} semakin menurun dengan meningkatnya kedalaman tanah (Gambar 3b) pada kedua kondisi pohon. Kondisi ini mungkin merupakan salah satu penyebab dangkalnya sistem perkembangan akar tanaman sengon.

Konsentrasi Al_{dd} pada tanah yang pertumbuhan pohonnya ‘baik’ relatif lebih rendah daripada yang pertumbuhannya ‘jelek’ pada lapisan atas dan bawah (Tabel 1), tetapi tidak dijumpai adanya perbedaan yang

Tabel 1. Nilai rata-rata beberapa parameter tanah pada lapisan atas (0-30 cm) dan lapisan bawah (30-100 cm), pada tanah dengan pertumbuhan pohon baik dan jelek.

Lapisan	pH-H ₂ O		pH-KCl		P _{Bray2} (mgkg ⁻¹)		Al _{dd} (cmol kg ⁻¹)		BI (g cm ⁻³)	
	Baik	Jelek	Baik	Jelek	Baik	Jelek	Baik	Jelek	Baik	Jelek
Tanah Atas	5.20	4.92	4.13	4.13	12.48	9.47	1.76	1.91	1.46	1.58
Tanah Bawah	5.19	5.09	4.21	4.09	0.54	0.86	1.86	1.98	1.51	1.60



Gambar 3. Nilai rata-rata dari (a) pH tanah, (b) konsentrasi P_{Bray2}, (c) konsentrasi Al_{dd} dan (d) berat isi tanah pada berbagai kedalaman.

kelas antara konsentrasi Al_{dd} pada tanah lapisan atas dengan lapisan bawah (Gambar 3c).

Parameter tanah yang lain yang mungkin akan membatasi pertumbuhan akar tanaman adalah BI tanah. BI tanah yang pertumbuhan pohonnya 'baik' relatif lebih rendah daripada yang pertumbuhannya 'jelek' pada lapisan atas dan bawah (Tabel 1), dan perbedaan ini semakin besar dengan semakin dalamnya lapisan tanah (Gambar 3 d).

PEMBAHASAN

Di daerah tropika basah, pohon yang berperakaran dalam umumnya lebih menguntungkan karena dapat memanfaatkan hara yang tercuci, dan biasanya lebih tahan terhadap kekeringan. Pada penelitian ini akar sengon lebih banyak tersebar di lapisan atas, yang ditunjukkan dari hasil pengamatan akar proximal yaitu lebih dari 50 % dari total akar utama sengon tumbuh horizontal. Ada 3 faktor utama pembatas pertumbuhan akar (a) genetik, (b) kimia (rendahnya ketersediaan hara dan kandungan bahan organik tanah serta tingginya tingkat keracunan hara tertentu), (c) fisik (tingginya BI, genangan air).

Pada tanah masam, penghambat utama pertumbuhan akar adalah tingginya konsentrasi Al di lapisan bawah (Hairiah et al., 2000), terutama Al-inorganik monomerik yang dapat meracuni pertumbuhan akar tanaman (Hairiah et al, 1992). Selain itu dangkalnya sistem perakaran tanaman mungkin karena adanya respon lokal dari akar tanaman, dengan memilih tempat yang menguntungkan (dalam hal ini misalnya kaya unsur P di lapisan atas) atau dengan menghindari tempat yang beracun di lapisan bawah (Hairiah et al., 1995).

Hasil analisis korelasi beberapa parameter tanah menunjukkan P-tersedia dan berat isi (BI) tanah yang berhubungan lebih erat dengan Lrv dari pada Al-dd dan Al-monomerik (Tabel 2). Faktor penghambat pertumbuhan akar sengon yang pertama adalah rendahnya ketersediaan P. Pada tanah masam umumnya rendahnya ketersediaan P berkaitan erat dengan tingginya konsentrasi Al-dd (Setijono, 1996). Fosfat tersedia dapat terjerap pada permukaan koloid tanah karena adanya ion-ion Al^{3+} , Fe^{3+} dan Mn^{3+} (Tan, 1995) sehingga berubah bentuk menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

Berdasarkan uji statistika pada data percobaan ini, P tersedia tanah memiliki hubungan positif dengan Lrv ($r=0.239$), yang berarti meningkatnya P tersedia akan meningkatkan Lrv. Ketersediaan P dalam tanah berhubungan sangat nyata ($p<0.01$) dengan Lrv hanya pada kedalaman antara 10-40 cm ($r=0.792$) tetapi tidak berhubungan nyata pada kedalaman 40-70 cm.

Hubungan P tersedia dengan Lrv akar sengon pada kedalaman 10 - 40 cm ditunjukkan dalam Gambar 4. Semakin meningkat P tersedia dalam tanah diikuti oleh meningkatnya Lrv akar baik pada sengon yang pertumbuhannya 'baik' maupun 'jelek'. Meningkatnya P tersedia dalam tanah diikuti oleh peningkatan Lrv yang lebih tinggi pada pohon yang pertumbuhannya 'baik' dari pada pohon yang pertumbuhannya 'jelek'.

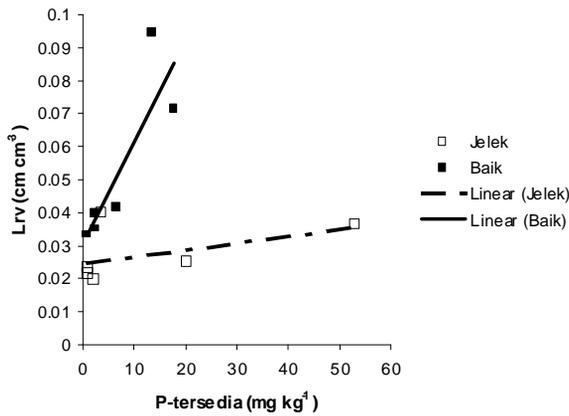
Faktor penghambat pertumbuhan akar yang ke dua adalah lebih padatnya tanah di lapisan bawah. Dari hasil uji korelasi diperoleh hubungan yang sangat erat dan nyata ($p<0.05$) antara berat isi (BI) dengan Lrv pada kedalaman 40-70 cm dan 70-100 cm. Pada umumnya pertumbuhan akar tanaman akan terhambat dengan semakin meningkatnya BI tanah, namun pada penelitian ini justru hal sebaliknya yang ditemukan (Gambar 5). Pada kedalaman 40-70 cm dan 70-100 cm pada ke dua kondisi pohon, meningkatnya BI justru meningkatkan Lrv akar.

Meningkatkan kandungan liat di dalam profil tanah ultisol meningkat dengan kedalaman tanah (Gambar 6a), maka perbandingan BI antar kedalaman tidak dapat dibenarkan karena sifat aslinya yang telah berbeda. Tanah lapisan bawah memiliki BI yang lebih tinggi dari pada lapisan atas tidak saja karena posisinya atau kandungan bahan organik tanahnya yang lebih rendah daripada di lapisan atasnya, tetapi juga karena kandungan liatnya yang lebih tinggi. Meningkatnya kandungan liat dalam tanah akan meningkatkan BI tanah (Rusel, 1977). Untuk itu analisis pemahaman faktor pembatas pertumbuhan akar sengon dapat dipertajam dengan menggunakan analisis pedotransfer dengan jalan mengkoreksi BI tanah dengan tekstur tanahnya. Hasil koreksi pedotransfer terhadap BI tanah disajikan dalam Gambar 6b.

Nilai rata-rata BI/BI_{ref} tanah di bawah pohon pertumbuhan 'baik' sedikit lebih rendah dari pada yang dijumpai di bawah pohon pertumbuhan 'jelek'. Semakin meningkatnya BI/BI_{ref} hingga 1.14 g cm^{-3} diikuti oleh menurunnya Lrv akar sengon (Gambar 7a). Tingginya BI di lapisan bawah berhubungan erat dengan

Tabel 2. Hasil uji korelasi sifat tanah dengan total panjang akar (Lrv).

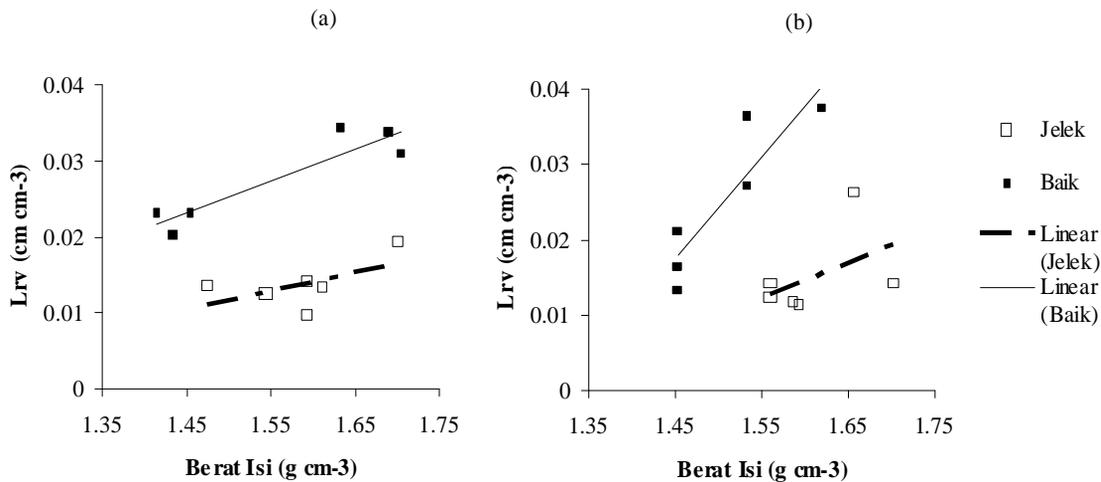
Parameter Sifat Tanah	Nilai Probabilitas	F-test	Indeks Korelasi	Pengaruh
Al-dd	0,452	ns	0.007	Lemah
Al-monomerik	0,522	ns	-0.087	Lemah
P-tersedia	0,017	*	0.239	Cukup
Berat Isi Tanah	0,004	**	-0.161	Cukup



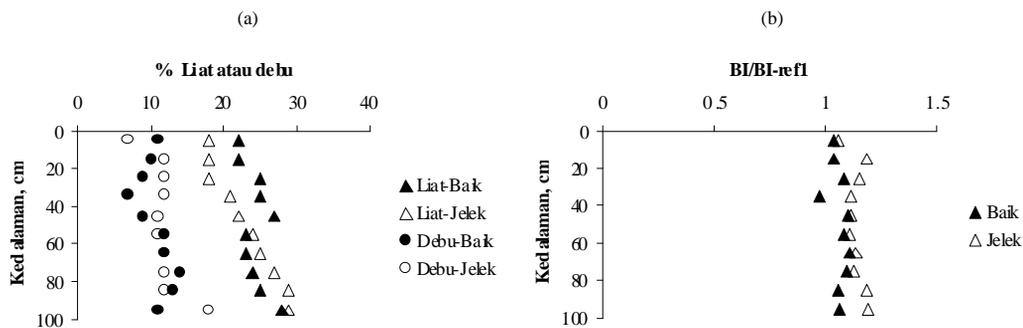
Gambar 4. Hubungan konsentrasi P tersedia (P_{Bray2}) dengan Lrv akar sengon pada kedalaman 10–40 cm.

rendahnya kandungan bahan organik tanah (Hairiah et al., 2002). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa BI/BI_{ref} berhubungan cukup erat dengan C terkoreksi (C_{org}/C_{ref}) seperti dalam Gambar 7B, semakin meningkatnya nilai C terkoreksi (C_{org}/C_{ref}) cenderung menurunkan BI/BI_{ref} tanah.

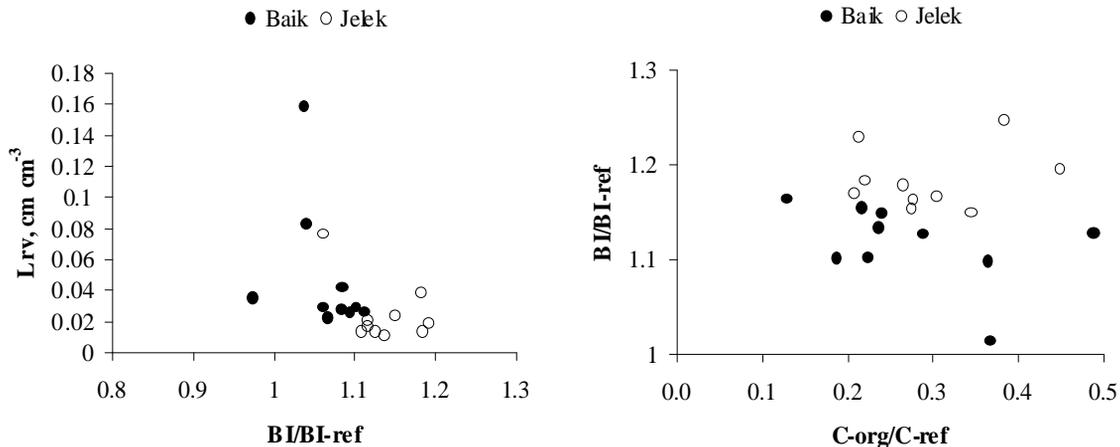
Dapat disimpulkan bahwa faktor pembatas pertumbuhan akar tanaman di Ultisol daerah Lampung Utara adalah rendahnya ketersediaan P dan tingginya kepadatan (BI) tanah di lapisan bawah. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Russel (1977) bahwa pertumbuhan akar tanaman berkurang dengan meningkatnya BI tanah dan pertumbuhan sudah terhenti bila $BI > 1.45 \text{ g cm}^{-3}$. Tingginya nilai BI tanah akan lebih memperburuk ketersediaan air tanah, karena semakin rendah jumlah ruang pori makro semakin tinggi limpasan permukaan (Suprayogo et al., 2004).



Gambar 5. Hubungan total panjang akar dengan berat isi tanah pada kedalaman 40-70 cm (a), 70-100 cm (b).



Gambar 6. (a) Distribusi persentase liat dan debu dalam profil tanah ultisol dan (b) BI terkoreksi (BI/BI_{ref}) pada berbagai kedalaman tanah di bawah pohon pertumbuhan ‘baik’ dan ‘jelek’.



Gambar 7. Hubungan antara BI/BI_{ref} dengan L_{rv} (a) dan C_{org}/C_{ref} dengan BI/BI_{ref} (b) akar sengon pertumbuhan 'baik' dan 'jekek'

KESIMPULAN

1. Akar sengon berkembang di lapisan atas, lebih dari 50 % total akar utama tumbuh secara horisontal.
2. Tingginya konsentrasi Al-dd di lapisan bawah bukan merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan akar sengon. Faktor tanah yang membatasi pertumbuhan akar sengon adalah rendahnya ketersediaan P dan tingginya BI tanah di lapisan bawah (40-70 cm dan 70-100 cm).
3. Aluminium hanya memberi pengaruh tidak langsung terhadap penghambatan pertumbuhan akar, yaitu melalui pengikatan terhadap P tersedia di lapisan bawah sehingga ketersediaan P menjadi rendah.
4. Analisis pedotransfer dengan mempertimbangkan tekstur tanah, dapat dipakai sebagai alat bantu untuk mempertajam diagnosa pembatas pertumbuhan akar tanaman.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan finansial dari *Indonesia Forest Seed Project (IFSP)*, Bandung dan dari *US State Department, East Asia and Pacific environmental Initiative*, USA. Terimakasih pula kepada Dr Meine van Noordwijk atas sarannya yang berharga dalam analisis pedotransfer sehingga dapat mempertajam analisis pemahaman kita akan faktor pembatas pertumbuhan akar di lapangan yang cukup kompleks; Dr. Fahmuddin Agus atas sarannya sehingga memperjelas penyajian makalah ini. Bantuan kolega Cahyo Prayogo, MP dalam menetapkan petak percobaan sangat dihargai.

DAFTAR PUSTAKA

- Akiefnawati, R. 1995. Pengaruh naungan, kompetisi serapan air dan hara tanaman pagar terhadap pertumbuhan dan produksi jagung pada ultisol daerah Lampung Utara. Thesis S2. Program Pasca Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang.
- Blamey, F.P.C.; Edwards, D.G. and C.J. Asher. 1983. Effect of aluminium, OH:Al and P:Al ratios and ionic and ionic strength on soybean root elongation in solution culture. *Soil. Sci.* 136:197-207.
- Dhyani, S.K. and R.S. Tripathi. 2000. Biomass and production of fine roots of trees under agrisilvicultural practices in north-east India. *Agroforestry Systems*, 50:107-121.
- Foy, C.D. 1988. Plant adaptation to acid, aluminium toxic soils. *Comun. Soil Sci. Plant Annu. Rev. Plant Physiol.* 29, 511-566.
- Hairiah, K. 1992. Aluminium tolerance of *Mucuna*. A tropical leguminous cover crop. Doctoral thesis, RUG, Netherland. 152 p. ISBN 90 - 9005501-0.
- Hairiah, K.; Van Noordwijk, M. and S. Setijono. 1995. Tolerance and avoidance of Al toxicity by *Mucuna pruriens* var. *utilis* at different levels of P supply. *Plant Soil* 1 (1): 77-81.
- Hairiah, K.; Van Noordwijk, M.; Weise, S. and C. Palm. 2004. Sustainability of tropical land use systems following forest conversion. In Palm, C.A.; Vosti, S.A.; Sanchez, P.A.; Ericksen, P.J. and S.R. Juo (eds.), *Slash and burn: The search for alternatives*. ASB consortium-World Agroforestry Centre-Columbia University. (*In press*)
- Lal, R. and D. J. Greenland. 1979. Soil physic properties and crop production in the tropic. John Willey and Sons, Ltd, New York.
- Prayogo, C. 2001. Land characteristic study in Pakuan Ratu in North Lampung. Research Report. Brawijaya Univ., Malang.
- Roshetko, J.M.; Delaney, M.; Hairiah, K. and P., Purnomosidhi. 2002. Carbon stocks in Indonesian homegarden systems: can smallholder

- systems be targeted for increased carbon storage?. *Am.J. of Alternative Agriculture*, 17 (2):138-148.
- Rusell, R. S. 1977. *Plant Root system. Their function and interaction with the soil.* McGraw-Hill Book Company, UK. 298 pp.
- Setijono, S. 1996. Effects of crop residues and lime materials on soil aluminium and phosphorus availability on a high activity clay (HAC) acid mineral soil. *Agrivita*, 19 (4): 153-157.
- Smit, A.L.; Bengough, A.G.; Engels, C.; Van Noordwijk, M.; Pellerin, S. dan S.C. Van de Geijn. 2000. *Root Methods, A Handbook.* CAB International. Wellingford. UK.
- Suprayogo, D.; Widiyanto; Purnomosidhi, P.; Widodo, R.H.; Rusiana, F.; Aini, Z.Z.; Khasanah, N. dan Z. Kusuma. 2004. Degradasi sifat fisik tanah sebagai akibat alih guna lahan hutan menjadi sistem kopi monokultur: Kajian perubahan makroporositas tanah. *Agrivita* 26 (1): 60-68.
- Tan, K. 1993. Analysis of aluminium sensitivity in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. PhD thesis, LUW, Wageningen, The Netherlands. 155 pp.
- Van Noordwijk, M.; Woomeer, P.L.; Cerri, C.; Bernoux, M. and K. Nugroho. 1997. Soil carbon in the humid tropical forest zone. *Geoderma* 79: 187-225.
- Van Noordwijk, M.; Rahayu, S.; Hairiah, K.; Wulan, Y.C.; Farida and B. Verbist. 2002. Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change analysis. *J. Sc. China* (special issue on Impacts of land use change on the terrestrial carbon cycle in the Asia Pacific region). Vol 45 (C): 75-86.
- Wösten, J.H.M.; Finke, P.A. and M.J.W. Jansen. 1995. Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics. *Geoderma* 66:227-237.
- Wösten, J.H.M.; Lilly, A.; Nemes, A. and C. Le Bas. 1998. Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models and in land use planning, SC-DLO, Agricultural Research Departement, Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen, The Netherlands.
-

**PENGETAHUAN LOKAL PETANI DAN INOVASI EKOLOGI
DALAM KONSERVASI DAN PENGOLAHAN TANAH
PADA PERTANIAN BERBASIS KOPI
DI SUMBERJAYA, LAMPUNG BARAT**

Elok Mulyoutami¹, Endy Stefanus², Wim Schalenbourg³, Subekti Rahayu¹ dan Laxman Joshi¹

¹ World Agroforestry Center – ICRAF SE Asia, P.O. Box 161, Bogor 160011

² Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung

³ Catholic University, Leuven, Belgium

ABSTRACT

Farmers in Sumberjaya (West Lampung, Sumatra) have a good understanding of ecological processes related to soil erosion and land cultivation in coffee-based system. Their Local Ecological Knowledge (LEK) was collected through a series of individual and group interviews and stored in electronic knowledge bases. The articulated LEK provide examples of ecological knowledge among farmers about various components in their farming systems. Although much LEK comes from personal experience and observations, farmers also learn from neighbors, relatives, friends and others. It appears their plot level LEK is more developed than the landscape level knowledge. Some farmers practice conservation techniques and innovations such as terracing, pit holes, ridges, ditches, vegetative strips

and shade trees. Despite a good understanding of the causal factors of soil erosion, farmers did not always follow conservation practices. Household resource (labor and capital) limitation is a constraint. The low price of coffee furthermore reduces farmers' interest and investment (time and effort) in coffee systems. The fact that individual conservation efforts, without a concerted effort by the community, cannot produce any tangible benefits was mentioned by farmers as another major constraint. The land conflict in the area may also affect the willingness of farmers to adopt conservation techniques.

Keyword : local ecological knowledge, conservation technique

ABSTRAK

Petani Sumberjaya (Lampung Barat, Sumatra) memiliki pemahaman mengenai proses ekologi yang berkaitan dengan erosi dan pengelolaan lahan dalam sistem pertanian berbasis kopi. Pengetahuan ekologi lokal petani setempat didokumentasikan melalui serangkaian interview individual maupun kelompok dan disajikan dalam elektronik database. Pengetahuan ekologi masyarakat lokal (LEK/ Local Ecological Knowledge) yang telah diartikulasikan, menyajikan contoh pengetahuan para petani mengenai beragam komponen dalam sistem pertanian mereka. Selain pengetahuan ekologi lokal berdasarkan pengalaman dan pengamatan pribadi, petani juga mempelajarinya dari lingkungan sekitar, serta dari pihak luar. Hal ini nampak dari pemahaman pengetahuan ekologi lokal dalam level plot yang lebih berkembang daripada pengetahuan dalam level bentang lahan. Sebagian petani mempraktekkan teknik konservasi dan inovasi seperti sistem teras, lubang angin, gulud, siring dan sistem strip dengan tanaman penutup (natural vegetative strip), serta pohon pelindung. Meskipun sudah memiliki pemahaman yang baik mengenai hubungan sebab akibat dalam erosi tanah, tetapi mereka tidak selalu mempraktekkan teknik konservasi tersebut. Keterbatasan sumber daya rumah tangga (modal dan tenaga kerja) merupakan suatu hambatan. Hambatan lain sebagaimana yang dikemukakan petani adalah bahwa upaya konservasi individu tanpa disertai upaya yang sama dalam komunitas tidak dapat memberikan hasil yang nyata. Selain itu, rendahnya harga kopi mengurangi ketertarikan petani untuk meluangkan waktu dan tenaga dalam pengelolaan kebun kopi dan persoalan konflik lahan juga berdampak terhadap kemauan petani dalam mengadopsi teknik konservasi.

Kata Kunci : pengetahuan ekologi lokal, teknik konservasi

PENDAHULUAN

Pada dasarnya, petani telah memiliki pengetahuan lokal mengenai ekologi, pertanian dan kehutanan yang terbentuk secara turun temurun dari nenek moyang mereka dan berkembang seiring dengan berjalannya waktu. Pengetahuan lokal ini berupa pengalaman bertani dan berkebun serta berinteraksi dengan lingkungannya. Pengetahuan lokal yang dimiliki petani bersifat dinamis, karena dapat dipengaruhi oleh teknologi dan informasi eksternal antara lain kegiatan penelitian para ilmuwan, penyuluhan dari berbagai instansi, pengalaman petani dari wilayah lain, dan berbagai informasi melalui media masa.

Meskipun berbagai teknologi dan informasi masuk ke lingkungannya, tetapi tidak semua diterima, diadopsi dan dipraktekkan oleh petani lokal. Sebagai aktor yang paling mengenal kondisi lingkungan dimana ia tinggal dan bercocok tanam, petani memiliki kearifan (*farmer wisdom*) tertentu dalam mengelola sumber daya alam. Kearifan inilah yang kemudian menjadi dasar dalam

mengadopsi informasi dan teknologi sehingga menghasilkan pengetahuan lokal yang sesuai dengan kondisi pertanian setempat (Sinclair dan Walker, 1998).

Pengetahuan lokal merupakan hasil dari proses belajar berdasarkan persepsi petani sebagai pelaku utama pengelola sumber daya lokal. Dinamisasi pengetahuan sebagai suatu proses sangat berpengaruh pada corak pengelolaan sumber daya alam khususnya dalam sistem pertanian lokal. Seringkali praktek sistem pertanian lokal dapat memberikan ide yang potensial dalam pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya yang ada secara lestari (Sunaryo dan Joshi, 2003). Dengan demikian, upaya penggalian pengetahuan lokal untuk menambah khasanah dalam pemanfaatan, pengelolaan dan pengembangan sumber daya alam perlu dilakukan.

Penggalian informasi mengenai pengetahuan lokal masyarakat dan inovasi yang diadopsi oleh petani dapat menggambarkan pola pengelolaan sumber daya alam di sekitarnya. Selain itu, dapat juga dijadikan sebagai input dalam meningkatkan kehidupan petani, baik dari segi ekonomi, ekologi dan sosialnya. Pengetahuan lokal dan inovasi yang diadopsi petani tersebut dikumpulkan, kemudian dirangkai dan dianalisa menjadi model pengetahuan petani yang lebih terstruktur sehingga mudah diterapkan oleh masyarakat lain. Model pemahaman yang dibangun dan dikembangkan petani dapat menjadi masukan untuk melengkapi dan memperkaya model pengetahuan ilmiah (*scientific models*). Dengan demikian, pada saat yang bersamaan petani dapat menerima dan mengambil manfaat dari model pengetahuan tersebut untuk mengembangkan pengetahuannya dan dapat pula diterapkan oleh kelompok petani lain yang belum mencoba menerapkannya (Joshi et al., 2004).

Tulisan ini membahas sistem pengetahuan lokal petani dalam mengelola lahan kopi serta inovasi yang diadopsi dalam upaya konservasi tanah dan air. Dikupas pula respon petani terhadap pengetahuan eksternal serta proses pengambilan keputusan petani dalam mengadopsi sistem yang mereka pilih. Dikemukakan juga faktor-faktor yang menjadi hambatan bagi petani dalam menerapkan inovasi dan pengetahuan mengenai konservasi lahan kopi.

METODOLOGI

Pengetahuan lokal petani dan inovasi yang masuk didokumentasikan dalam bentuk data dasar, kemudian disajikan dalam bentuk model pengetahuan yang mudah dipahami. Hal ini dilakukan dengan alasan: (1) untuk mengembangkan potensi pengetahuan dan teknologi yang ada; (2) untuk menghindari tergerusnya pengetahuan lokal oleh laju perkembangan pengetahuan yang sangat dinamis.

Pendekatan yang digunakan dalam studi ini adalah sistem berbasis pengetahuan¹ (SBP atau lebih dikenal dengan KBS/Knowledge Base System) (Sinclair dan Walker, 1998a). Kompilasi pengetahuan lokal dilakukan dengan menginventarisasi informasi pengetahuan lokal petani, kemudian mendokumentasikannya dalam bentuk pernyataan-pernyataan (*unitary statement*), dan merangkaikan pernyataan tersebut ke dalam suatu hubungan sehingga menunjukkan model pengetahuan lokal petani dan masyarakat setempat.

Proses inventarisasi data yang disertai dengan proses artikulasi pengetahuan lokal dilakukan melalui wawancara secara mendalam dengan informan tentang pemahaman mereka terhadap komponen dan fungsi ekosistem kebun kopi, serta interaksi yang terjadi di dalamnya. Dari proses ini diperoleh suatu deskripsi yang komprehensif tentang praktek dan tindakan dalam mengelola lahan kopi serta berbagai upaya konservasi yang dilakukan. Semua informasi dan deskripsi ini disajikan dalam suatu format khusus yang berlaku umum sehingga mudah dipahami oleh siapapun. Format khusus ini dibuat menggunakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Universitas Wales, Bangor yang dinamakan AKT (*Agroecological Knowledge Toolkit*) (Dixon et al., 2001).

Data pengetahuan lokal petani dikompilasi dari hasil wawancara terhadap sejumlah orang yang dipilih berdasarkan pengetahuan yang mereka miliki. Inovasi mengenai pengelolaan tanaman kopi dengan sistem konservasi tanah dan air digali melalui serangkaian wawancara baik secara individual maupun kelompok terhadap sejumlah petani yang mempunyai pengalaman langsung. Ada dua kategori petani yang dijadikan sebagai narasumber yaitu berdasarkan posisi bentang lahan garapan mereka (pada daerah dataran tinggi atau dataran rendah) dan berdasarkan kelompok etnik (Suku Jawa, Semendo, dan Sunda). Masing-masing kelompok etnik tersebut memiliki sejarah kedatangan dan pemilikan lahan yang berbeda satu sama lain. Perbedaan tersebut berimplikasi pada pola pengelolaan lahan, sehingga dapat menunjukkan perbedaan secara relatif pengetahuan dan pengalaman mereka. Kategori kelompok etnik dijadikan sebagai dasar penentuan narasumber karena dapat memperkaya deskripsi pengetahuan dan inovasi yang telah diadopsi. Dari dua kategori di atas, lebih kurang 30 petani diwawancara dan diminta untuk mengartikulasikan pengetahuan dan pemahaman mereka mengenai proses pengelolaan lahan kopi dan konservasi tanah serta air.

¹ Pengetahuan dasar (knowledge base), adalah basis data dari satuan pernyataan pada topik atau 'domain' tertentu yang mencakup sumber, topik dan hierarkinya. Dengan pengetahuan dasar ini kita dapat mengumpulkan pengetahuan dari berbagai masyarakat dan sumber lainnya mengenai topik-topik secara interdisiplin untuk menciptakan data semacam ensiklopedia yang tahan lama, dinamis dan mudah diperbarui.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengetahuan lokal petani dalam konservasi tanah dan air

Kebutuhan ekstensifikasi lahan untuk diolah menjadi areal perkebunan atau pertanian semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk. Selain itu, persoalan hak penguasaan tanah baik antar warga, pemerintah maupun pihak swasta juga menjadi faktor penyebab upaya ekstensifikasi lahan di Sumberjaya. Hal-hal tersebut memicu terjadinya konversi hutan primer maupun sekunder menjadi areal pertanian serta pemanfaatan lahan sampai pada areal tanah miring yang selanjutnya membuka peluang meningkatnya erosi tanah sehingga terbentuklah lahan-lahan kritis. Dalam upaya mempertahankan sumberdaya alam dan mencari keselarasan dengan alam, manusia mengembangkan suatu sistem pengetahuan tertentu yang mengarah pada pembentukan pola pengelolaan lahan yang disertai dengan berbagai upaya konservasi (Joshi et al., 2004; Schalenbourg, 2002; Chapman, 2002).

Dalam upaya mengatasi kondisi lahan yang kritis serta untuk meningkatkan produktivitas lahan mereka, petani lokal memiliki pengetahuan dan menerapkan teknik konservasi tanah dan air meskipun sifatnya masih sederhana. Pengetahuan lokal petani yang telah dipraktekkan dalam upaya konservasi tanah dan air antara lain: konstruksi tanah dengan pembuatan teras dan rorak/lubang angin dan sistem agroforestri dengan memanfaatkan tanaman naungan, serta penyiangan pada lahan kopi.

Konstruksi tanah

Konstruksi tanah yang telah dipraktekkan petani adalah pembuatan teras dan rorak. Pilihan teknik konservasi ini dikenal secara luas karena dapat dilakukan dengan mudah dan murah, bahkan dapat dikatakan sudah menjadi bentuk praktek keseharian petani. Pada Tabel 1 ditampilkan jenis-jenis konstruksi tanah yang telah dipraktekkan oleh petani di Sumberjaya beserta manfaat, kekurangan dan kelebihannya menurut persepsi mereka. Dari beberapa konstruksi teknik konservasi yang diterapkan petani di Sumberjaya, jenis teras adalah yang paling umum digunakan. Jenis teras ini dapat dibuat tanpa harus merombak tanaman kopi yang sudah ada. Proses pembuatan teras sederhana dapat dilakukan secara bertahap (*gradual*) disesuaikan dengan kemampuan petani.

Sejumlah petani mendeskripsikan beberapa keuntungan adanya teras antara lain: (1) menghambat laju air yang mengalir di permukaan tanah sehingga mengurangi erodibilitas tanah; (2) menampung tanah lapisan atas (*topsoil*) yang hanyut dari lahan di atasnya. Lapisan tanah yang sering terbawa oleh air

Tabel 1. Tipologi konstruksi tanah menurut petani lokal.

Jenis konstruksi	Keterangan
Teras Bangku (<i>Bench Terrace</i>)	Merupakan konversi dari lahan sawah ke kebun kopi. Secara karakteristik jarak antara tepi teras dengan teras yang lain melebar secara horisontal. Lebarnya dapat bertambah sesuai dengan gradient. Tinggi tepinya antara 0.5–1.0 m. Kopi dan pepohonan ditanam mengikuti bentuk konversi sawah ke kebun kopi. Fungsi teras bangku adalah untuk mengurangi tanah yang tererosi.
Teras (<i>Terrace</i>)	Platformnya mengikuti alur tanaman kopi. Tanaman kopi berada di tepi platform. Bentuk platformnya secara umum untuk mengurangi proses pencucian tanah dan menahan unsur organik tanah, sehingga dapat terdekomposisi di lokasi tersebut. Dapat dibentuk meskipun kebun kopi sudah ada. Fungsinya untuk menahan erosi tanah, menahan pupuk kimia dan organik supaya tidak mudah terbawa air dengan menurunkan kecepatan aliran air hujan.
Teras rumput (<i>Strip weed terrace</i>)	Barisan rumput yang menutupi teras dapat menstabilkan tanah selama pembentukan teras. Fungsi barisan rumput tersebut adalah untuk menyaring air yang mengalir di permukaan. Pembuatan teras dari tepi teras yang secara gradual mengarah ke lebar teras dapat berlangsung secara alami.
Siring (<i>Drain Terrace</i>)	Semacam parit di dalam tepi teras, dan tanaman kopi ditanam di guludan. Tidak ada platform teras, tetapi secara perlahan terbentuk dari siring tersebut. Laju limpasan permukaan dapat diperkecil dengan adanya siring ini. Zat organik tertahan di dalam siring. Pembentukannya harus mengikuti tanaman kopi yang sudah ada.
Gulud (<i>Ridge</i>)	Gulud dibuat mengikuti kontur diantara barisan kopi. Fungsinya untuk menahan aliran air permukaan serta menahan zat organik. Dapat digunakan untuk media penanaman tanaman cabai dan sayuran lain diantara barisan tanaman kopi.

Sumber: Wawancara dan Interview (2000 – 2003), Chapman (2002).

adalah lapisan tanah atas (*topsoil*) yang merupakan lapisan tanah subur dan gembur. Jika *topsoil*-nya terkikis karena terbawa limpasan permukaan, maka kesuburan tanah dapat berkurang. Dengan adanya teras, tanah subur yang tergerus limpasan permukaan tidak hilang terhanyut, tetapi ditampung oleh teras yang ada di bawahnya; (3) memudahkan petani dalam mengelola lahan khususnya dalam proses panen (saat *mutil*). Berdasarkan deskripsi di atas, dapat dikatakan bahwa teras berdampak positif terhadap peningkatan kesuburan tanah.

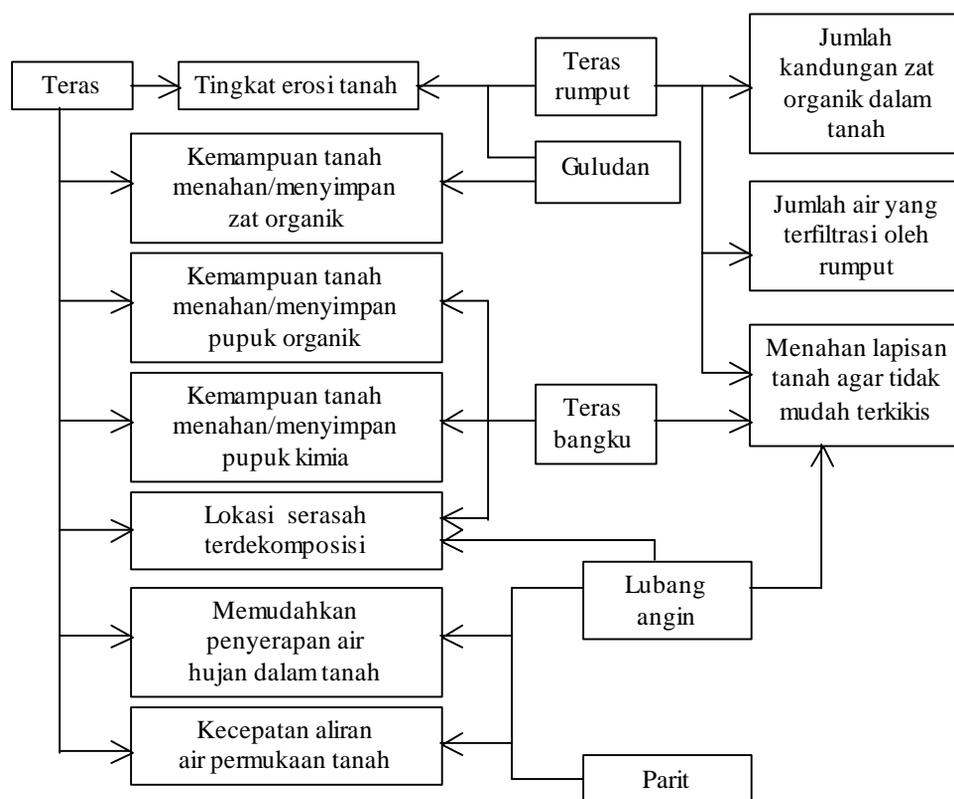
Dari beberapa inovasi kunci yang telah diterapkan oleh sebagian besar petani, jika dihubungkan dengan pengetahuan lokal yang telah direpresentasikan dapat dibuat diagram seperti pada Gambar 1. Berdasarkan diagram tersebut, dapat kita lihat bahwa petani memiliki pengetahuan mengenai tanah, kandungan unsur hara dalam tanah, dan kemungkinan erosi yang terjadi akibat limpasan permukaan serta teknik konservasi yang ada seperti teras, lubang angin, parit dan guludan.

Penerapan sistem agroforestri

Selain konstruksi tanah, petani di Sumberjaya telah menerapkan sistem agroforestri baik sederhana maupun kompleks untuk mengelola kebun kopi mereka. Sistem ini ditandai dengan penanaman tanaman buah-buahan, tanaman kayu atau tanaman legum multiguna di antara tanaman kopi sebagai tanaman pelindung (Agus et al., 2002). Bahkan sebagian petani beranggapan bahwa tanaman

pelindung/naungan memiliki fungsi konservasi terhadap tanah dan air, terutama dalam jangka panjang. Beberapa fungsi konservasi yang diberikan oleh tanaman pelindung/naungan menurut pendapat petani adalah sebagai berikut: (1) memberikan naungan. Pada sistem agroforestri kopi dengan naungan kompleks atau multistrata, lapisan tajuk yang menyerupai hutan berfungsi memberikan naungan terhadap kopi dan melindungi permukaan tanah dari terpaan air hujan; (2) menjaga suhu, kelembaban udara dan kelembaban tanah di sekitar kebun. Lapisan tajuk dari pohon pelindung dan serasah yang jatuh dapat mengurangi masuknya cahaya matahari ke dalam kebun dan tanah sehingga suhu, kelembaban udara dan kelembaban tanah di sekitar kebun tetap terjaga. Akar-akar pohon naungan juga dapat menyimpan air sehingga dapat menjaga kelembaban tanah dan ketersediaan air tanah (3) menambah kandungan hara dalam tanah.

Jika pemilihan tanaman naungan tepat, misalnya jenis tanaman yang dapat hidup bersama dengan kopi, maka tanaman naungan dapat menambah kandungan hara dalam tanah melalui serasah daun-daunnya; (4) mengurangi kemungkinan terjadinya erosi dan tanah longsor. Akar pohon-pohon naungan/pelindung dapat mengikat tanah sehingga tidak terjadi erosi ataupun tanah longsor; (5) memberikan penghasilan tambahan. Tanaman pelindung dapat memberikan nilai ekonomis bagi petani karena dapat menghasilkan buah, kayu atau jenis lain yang dapat dijual maupun untuk konsumsi petani itu sendiri. Pernyataan petani mengenai manfaat



Gambar 1. Persepsi petani lokal terhadap faktor-faktor yang berhubungan dengan teknik konservasi tanah di Sumberjaya.

pohon pelindung jika dibuat suatu hubungan yang hierarkis (Gambar 2).

Dari dua diagram tertera, nampak bahwa pengetahuan petani Sumberjaya mengenai teknik dan metoda konservasi pada pengelolaan lahan kopi cukup kompleks. Kompleksitas pengetahuan mereka didasari oleh pengalaman yang empirik. Pernyataan yang dikemukakan oleh petani merupakan pengalaman atau uji coba yang telah mereka lakukan baik secara individu maupun kolektif. Sebagian besar petani telah mencoba menerapkan sistem teras dengan menambah konstruksi guludan atau lubang angin. Hasil yang diperoleh cukup memuaskan. Tanaman kopi menjadi lebih kuat dan tidak mudah mati, serta hasil yang diperoleh dari tanaman kopi cukup memadai dan berkualitas baik.

Sebagian petani telah mencoba menanam tanaman pelindung yang kemudian membentuk sistem agroforest. Dari sistem tersebut petani memperoleh manfaat secara fisik yaitu berkurangnya tingkat erosi dan meningkatnya produktivitas kopi serta manfaat secara ekonomi bagi rumah tangga petani.

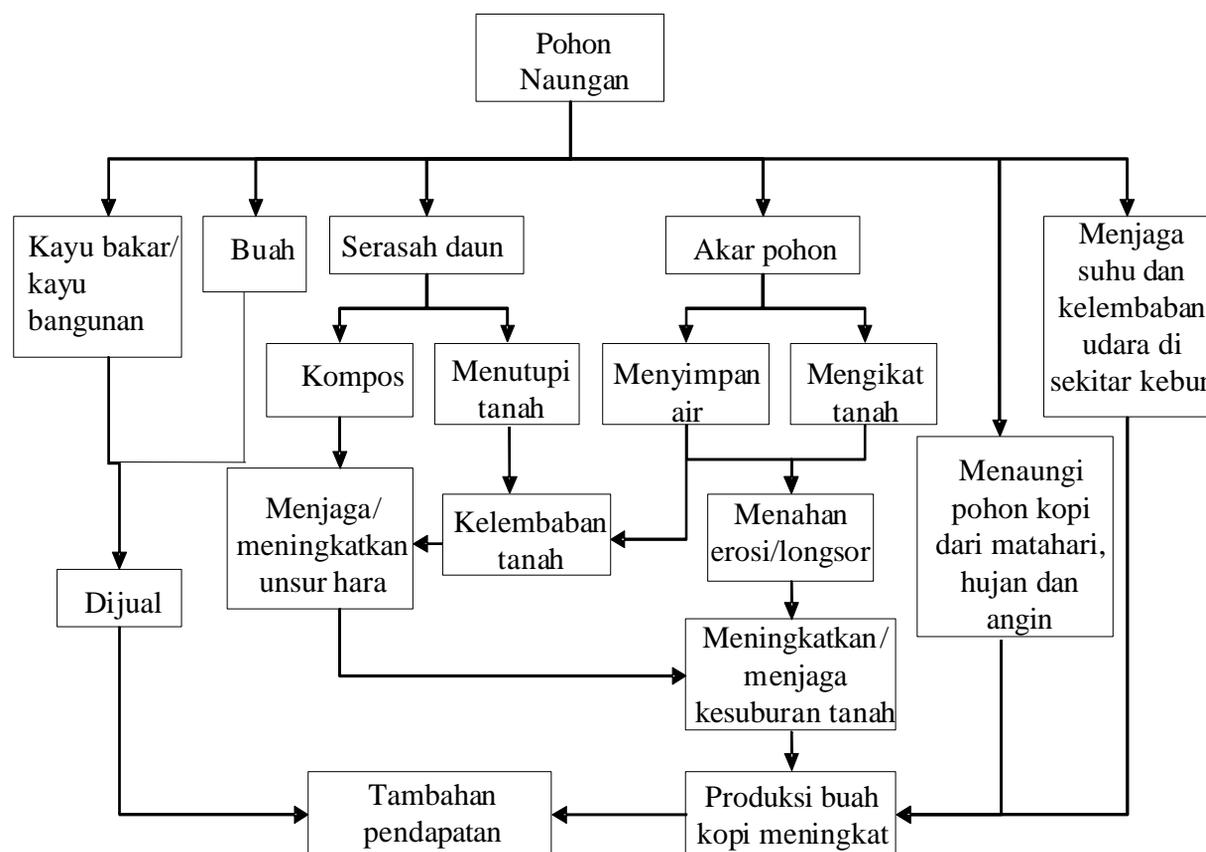
Penyiangan Gulma

Berdasarkan hasil wawancara dengan petani setempat, ada dua persepsi yang berbeda mengenai penyiangan gulma yaitu penyiangan menyeluruh dan

penyiangan sebagian. Sebagian besar petani setempat melakukan penyiangan gulma secara menyeluruh karena mereka beranggapan dapat meningkatkan produksi kopi setelah menghilangkan tanaman pengganggu. Sebagian petani lainnya, beranggapan bahwa penyiangan secara menyeluruh tidak perlu dilakukan sehingga mereka melakukan penyiangan sebagian. Mereka mempraktekkan penyiangan parsial (*ring weeding*/penyiangan melingkar atau *natural vegetative strips*/strip tumbuhan alami), untuk menghilangkan tanaman pengganggu serta menyisakan sebagian tanaman tersebut untuk menutup tanah agar tidak terjadi erosi.

Teknologi konservasi tanah dan air

Selain petani sebagai aktor utama, para aktor pendukung dari berbagai instansi pemerintah dan organisasi atau kelompok yang mempunyai kepentingan terhadap sumberdaya alam mempunyai peranan penting dalam pengelolaan sumberdaya alam. Para aktor pendukung yang merupakan aktor luar tersebut berperan memberikan input inovasi berupa pengetahuan baru maupun pengembangan pengetahuan lokal yang telah ada. Bahkan para aktor pendukung dapat bekerja bersama-sama dengan petani lokal untuk mengembangkan teknik-teknik konservasi tanah dan air. Teknik yang dikembangkan oleh para



Gambar 2. Manfaat pohon naungan dan pohon pelindung dalam perspektif petani

peneliti dan penyuluh merupakan penyempurnaan dari teknik yang biasa dilakukan dan dipersepsikan petani. Perpaduan pengetahuan lokal dan pengetahuan baru ini kemudian dikembangkan dan disesuaikan dengan keadaan setempat.

Dari hasil perpaduan antara teknologi lokal dan input dari luar, beberapa inovator meyakini bahwa teknik konservasi yang memiliki potensi untuk dikembangkan di wilayah Sumberjaya adalah sebagai berikut:

Konstruksi tanah

Model tipologi konstruksi tanah pada kebun kopi dan kebun sayuran serta pertanian yang diimplementasikan perlu disesuaikan dengan kondisi dan struktur tanah, iklim serta topografi terutama kemiringan lahan dan panjang lahan (Agus *et al.*, 2002). Salah satu bentuk yang dianggap sesuai dengan kondisi setempat adalah upaya konstruksi tanah di kebun kopi yang berada pada tingkat kemiringan 8 – 15%, terutama pada tanah yang sangat peka terhadap erosi. Pembuatan teras, lubang angin atau rokak, parit dan guludan merupakan suatu upaya konservasi tanah agar tidak mudah tererosi oleh air hujan, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah dan memaksimalkan produksi kopi dalam jangka

pendek. Upaya konservasi tanah di areal rawan erosi merupakan prioritas untuk mempertahankan sustainabilitas produktivitas lahan dalam jangka pendek dan mencegah penurunan produktivitas tanah dalam jangka panjang.

Teknik konservasi yang dipilih perlu disesuaikan dengan masalah yang akan dipecahkan seperti tipologi dan struktur tanah, iklim dan topografi (Maman, 1989; Soedjoko, 1990). Misalnya untuk memecahkan masalah tingginya erodibilitas tanah di areal yang curam perlu dilakukan penurunan limpasan permukaan. Salah satu upaya untuk menurunkan limpasan permukaan adalah dengan mengurangi kemiringan lereng yang dapat dilakukan melalui pembuatan teras, teras bangku atau teras kredit dan penanaman tanaman dengan mengikuti kontur tanah (Agus, 2002).

Penerapan sistem agroforestri

Sistem multistrata (agroforestri) dengan pohon naungan atau pelindung merupakan sistem konservasi yang sangat baik (Agus *et al.*, 2002). Lapisan tajuk pada sistem multistrata yang menyerupai hutan dapat memberikan fungsi konservasi yang baik dalam mengurangi tingkat erosi tanah. Selain itu, melalui lapisan tajuk, sinar matahari tidak berpengaruh

langsung terhadap kopi sehingga kelembaban udara pada kebun kopi dapat terjaga. Tanaman pelindung juga dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah.

Selain memberikan perlindungan terhadap lingkungan, tanaman pelindung ini dapat meningkatkan ekonomi rumah tangga serta sebagai alternatif dalam mengatasi anjloknya harga kopi. Oleh karena itu, pilihan tanaman untuk sistem multistrata harus disesuaikan dengan kondisi biofisik setempat, komoditas yang dihasilkan harus punya pasar dan petani harus memiliki akses terhadap bibit tanaman yang bermutu tinggi (Agus et al., 2002).

Penggunaan tanaman penutup tanah dan penyiangan parsial

Penggunaan tanaman penutup tanah dan penyiangan secara parsial merupakan bentuk pilihan konservasi pada tanah miring maupun landai pada tanaman kopi berumur muda (Agus et al., 2002).

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa penyiangan menyeluruh berdampak mempercepat limpasan permukaan sehingga membuka peluang erosi yang lebih besar. Oleh karena itu, petani bersama para ilmuwan melakukan eksplorasi dan analisis bersama yang kemudian melahirkan inovasi teknik penyiangan parsial. Teknik ini dianggap dapat mengurangi kompetisi tanaman kopi dan gulma, namun tetap mengurangi resiko erosi. Selain itu, penanaman tanaman penutup tanah dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah melalui serasahnya yang jatuh. Serasah tersebut mengandung bahan organik sehingga dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah.

Perbedaan pengetahuan diantara berbagai kategori petani

Posisi bentang lahan dapat menentukan teknik dan metode yang dipraktekkan petani dalam mengelola kebun kopi. Hasil uji mengenai inovasi dan pengetahuan lokal petani yang telah didokumentasikan oleh Schalenborough (2002) menunjukkan bahwa penduduk di lokasi bentang tengah dan hulu lebih banyak mengetahui dan menerapkan teknik serta metode konservasi tanah dan air dibandingkan dengan petani yang ada di daerah hilir. Schalenbourg (2002), menyimpulkan bahwa semakin ke hulu pengetahuan petani mengenai erosi, banjir dan peranan hutan bagi kelestarian produktivitas tanah semakin besar. Hal ini disebabkan karena topografi tanah di hulu yang umumnya berupa dataran tinggi lebih berlereng daripada di hilir yang berupa dataran rendah, sehingga penerapan teknik konservasi tanah lebih banyak dilakukan di daerah hulu daripada di daerah hilir.

Kurangnya keterlibatan petani di daerah hilir dalam kegiatan kelompok tani atau HKM menjadi kendala dalam proses penerapan teknik konservasi

(Schalenbourg, 2002). Petani di daerah hilir kurang terlibat dalam kelompok tani atau HKM karena perbedaan status kepemilikan tanah. Di daerah hilir kepemilikan tanah umumnya bersifat pribadi, sedangkan di hulu kebanyakan tanah milik pemerintah, sehingga keterlibatan petani hilir dalam kelompok lebih rendah. Keterlibatan secara aktif dalam kelompok tani dapat membantu petani dalam mendapatkan informasi khususnya dalam penerapan teknik konservasi.

Chapman (2002) mensinyalir, perbedaan pengetahuan ini berkaitan dengan unsur historis kedatangan masing-masing kelompok etnik sehingga berkaitan pula dengan status kepemilikan lahan mereka berdasarkan posisi topografinya. Sebagai contoh, suku Semendo sebagai pelopor, kebanyakan menempati lahan di kaki bukit yang umumnya berupa daerah datar, sehingga pengelolaannya menjadi lebih mudah. Sedangkan suku Jawa dan Sunda yang datang satu periode setelah mereka, mendapatkan lahan yang terletak di lereng, dengan taraf pengerjaan yang lebih sulit sehingga terpaksa bahu membahu dalam mengerjakan lahannya dan lebih terbuka terhadap informasi. Sebagai pioneer, suku Semendo memiliki keunggulan dalam hal peningkatan hasil kopi melalui sistem perluasan lahan. Sebaliknya, karena keterbatasan lahan kelompok Jawa dan Sunda harus mampu menerima dan mengembangkan teknologi intensifikasi lahan. Akibatnya, kelompok Jawa dan Sunda lebih unggul dalam sistem intensifikasi lahan. Untuk lebih jelas dan singkat dapat dilihat perbedaan ketiga kelompok etnik yang ada dalam sistem usaha pertanian berbasis kopi dalam Tabel 2

Keterlibatan suku Semendo pada kelompok tani sangat minim. Suku Semendo memiliki etos kerja keras dalam mengelola hutan dan lahannya serta mampu bekerja secara mandiri. Pengelolaan kebun kopi dan kebun sayuran ataupun sawah bagi masyarakat Semendo sangat tergantung pada kondisi alam. Sedangkan masyarakat Jawa dan Sunda, umumnya lebih senang berkelompok karena cara ini dianggap dapat meningkatkan hasil kebun dan sawah. Melalui kelompok tani, anggota dapat berbagi pengalaman mengenai keragaman tanaman, teknik budidaya dan konservasi. Inovasi dari luar lebih mudah masuk dan diserap oleh masyarakat yang berkelompok daripada yang bekerja sendiri tanpa masukan dari pihak lain.

Risdiyanto (2002) dan Scalenborough (2002) melihat bahwa dalam mengelola lahan, masyarakat Sunda lebih tertarik pada keragaman tanaman karena dapat meningkatkan hasil lahan mereka, sedangkan masyarakat Jawa lebih kreatif dan inovatif dalam menerapkan teknologi untuk meningkatkan kebun dan sawah. Konsep tanaman campuran dalam kebun telah diintroduksi oleh petani (umumnya petani Sunda)

Tabel 2. Perbedaan Sistem Usaha Tani Pada Kelompok Etnik Semendo, Sunda dan Jawa.

Etnis/Suku Asli	Suku Semendo (Sumatra Selatan)	Suku Sunda (Jawa Barat)	Suku Jawa (Jawa Tengah dan Timur)
Masuk Wilayah	Tahun 1833 sejak tanam paksa (<i>kultur stelsel</i>)	Tahun 1951-1952, Penempatan transmigran ex tentara Siliwangi (<i>Organisasi</i> , <i>Partisan Siliwangi GUPEN = Gerakan Usaha Pembangunan Ekonomi Nasional</i>) Program Pemerintah BRN (Biro Rekonstruksi Nasional)	Setelah tahun 1952, secara spontan datang setelah keberadaan suku Sunda
Tipe Perkebunan	Multistrata sederhana dan multistrata kompleks	Monokultur, Multistrata sederhana dan multistrata kompleks	Multistrata sederhana dan multistrata kompleks
Usaha Selain Perkebunan Kopi	Pertanian sawah (padi) dan tambak ikan	Pertanian sawah (padi) dan sayuran, serta berdagang	Pertanian sawah (padi) dan sayuran, serta berdagang
Peningkatan produksi kopi	Ekstensifikasi	Intensifikasi: keragaman tanaman	Intensifikasi: teknik budidaya
Kegiatan Kelompok	Individual dan mandiri, keterlibatan dalam kelompok kurang	Pengembangan teknik pengelolaan dalam kelompok	Pengembangan teknik pengelolaan dalam kelompok
Penerapan sistem konservasi			
Lubang angin (sediment pit)	Ya	Ya	Ya
Guludan (ridge)	Ya	Guludan dan Guludan dengan NVS*	Ya
Teras (Terrace)	Teras sederhana	Teras bangku dan teras dengan NVS*	Teras bangku
Siring	Ya	Ya	Ya
Gundukan	-	Ya	Ya
Pohon naungan	Ya	Ya	Ya

Keterangan: *NVS adalah Natural Vegetative Strips atau strip tumbuhan alami (Sumber: Risdiyanto, 2002).

karena didorong oleh kebutuhan mereka untuk meningkatkan kehidupan melalui lahan yang ada. Karena itu, pengenalan sistem agroforestri mudah masuk dan diterima oleh masyarakat setempat, walaupun penerapannya akan sangat tergantung pada kemauan dan kemampuan individu petani itu sendiri. Sedangkan pengetahuan mengenai aplikasi dan bahaya serta keuntungan penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk umumnya lebih dipahami oleh orang Jawa.

Proses adopsi petani dan transfer pengetahuan

Petani mengembangkan pengetahuan baru dari pengetahuan dasar yang sudah mereka miliki ditambah dengan masukan eksternal. Apabila ada inovasi baru yang diperkenalkan kepada petani, maka mereka akan melakukan serangkaian penelitian sederhana untuk menguji efektivitas dan manfaat dari inovasi baru tersebut. Dari hasil uji coba yang mereka lakukan, kemudian mereka membuat keputusan apakah akan menerapkan inovasi baru tersebut atau tidak. Jika

hasilnya seperti yang mereka harapkan maka mereka akan mengadopsi pengetahuan tersebut (Sunaryo dan Joshi, 2003). Hal ini dikemukakan oleh seorang petani sebagai berikut:

... Saya mendapatkan banyak pengetahuan dari para peneliti yang datang ke sini misalnya tentang *Arachis pinto* sebagai tanaman penutup tanah. Semula masyarakat di Sumberjaya belum mengetahui manfaat tanaman ini. Namun atas masukan para peneliti, beberapa dari kami mencoba mempraktekannya di sebuah lahan kecil. Hasilnya terbukti bagus dan mudah dipraktekan. Kemudian kami mencoba mempraktekannya di kebun kami. Namun demikian, tidak semua petani di sini percaya dan yakin akan manfaat tanaman tersebut karena mereka belum mencoba mempraktekannya sendiri. Sebagian petani yang sudah melihat kami berhasil dan tertarik kemudian ikut mempraktekan di lahannya. (Sumber: Pak Baridi, Simpang Sari, Wawancara, Agustus 2003).

Petani lokal dapat melakukan modifikasi dari inovasi luar tersebut, kemudian disesuaikan dengan keperluan dan keterbatasan mereka. Apabila mereka berhasil mengadopsi dan menerapkan inovasi baru, maka mereka akan menularkan kepada petani lain (transfer knowledge). Penyebarluasan teknologi dapat terjadi antara petani yang sudah mempraktekkan dengan yang belum.

KESIMPULAN

Model konservasi tanah dan air pada kebun kopi yang diterapkan petani setempat beragam, tergantung dari kondisi fisik dan biofisik lahan yang dikelola, biaya dan tenaga kerja yang tersedia, lokasi dan status lahan, orientasi produksi petani apakah subsisten atau komersial. Karena itu proses adopsi petani setempat terhadap pengetahuan baru yang bersifat ilmiah juga dipengaruhi oleh faktor tersebut di atas. Setiap petani memiliki peluang terhadap akses informasi luar atau ilmiah yang relatif berbeda satu sama lain. Hal ini sangat dipengaruhi oleh keterlibatan petani dalam kelompok tani yang memungkinkan petani memiliki kontak terhadap sumber informasi luar seperti peneliti, penyuluh, dll. Kebanyakan petani yang aktif dalam kegiatan penyuluhan pertanian dan perkebunan lebih mudah mengadopsi pengetahuan dan hal ini berpengaruh pada corak pengelolaan kebun mereka.

Pada kenyataannya, proses adopsi pengetahuan eksternal dan pengetahuan ilmiah di kalangan petani tidak semudah yang dibayangkan (Sunaryo dan Joshi, 2003). Transfer teknologi dari pengetahuan ilmiah kepada petani seringkali hanya diadopsi sebagian atau bahkan sama sekali tidak. Teknik konservasi yang diterapkan juga baru terbatas pada skala plot, yaitu lahan yang mereka kelola

Sebagian petani masih belum mencoba mempraktekkan pengelolaan kebun kopi yang disertai upaya konservasi secara memadai. Meskipun sudah ada sebagian yang mencoba, namun karena merasa belum mendapat manfaat akhirnya menghentikan upayanya. Akibatnya lahan yang sudah setengah terolah, sebagian lagi dibiarkan terbengkalai dan kembali ke sistem semula.

Umumnya, masyarakat setempat beranggapan bahwa kendala dalam upaya konservasi adalah ketersediaan dana dan tenaga kerja. Namun, Schalenbourg (2002) dalam studinya mencoba mengidentifikasi faktor-faktor yang menghambat penerapan pengetahuan dan praktek tersebut di Sumberjaya, sebagai berikut:

a. Tidak tersedia cukup waktu dan biaya. Praktek konservasi lahan memerlukan waktu pengerjaan yang cukup lama. Untuk itu, diperlukan tenaga kerja yang cukup agar dapat memperpendek waktu yang dibutuhkan. Selain waktu, juga

diperlukan biaya yang cukup besar untuk aktivitas tersebut. Petani, khususnya yang tergolong petani miskin, seringkali menjadikan biaya sebagai alasan untuk tidak melakukan upaya pengelolaan lahan yang disertai konservasi. Mereka tidak memiliki dana yang cukup, dan juga tidak mampu mengerjakannya sendiri karena akan menghabiskan banyak waktu.

- b. Kurangnya antusiasme petani terhadap upaya konservasi jangka panjang, karena mereka cenderung mengutamakan tanaman yang dapat dipanen dalam jangka pendek. Bagi mereka, hal yang terpenting adalah tanaman kopinya dapat memberikan hasil cukup. Seiring dengan merosotnya harga kopi, maka banyak petani yang mengkonversikan kebun kopinya menjadi kebun sayuran yang lebih cepat membuahkkan hasil.
- c. Ketidakpastian status lahan. Banyak petani yang mengelola tanaman kopi di lahan milik pemerintah (forest land). Akibatnya, banyak petani yang hanya mengutamakan hasil jangka pendek sehingga tidak mengelola lahannya untuk tujuan jangka panjang dengan melakukan teknik konservasi
- d. Rendahnya harga kopi dan tingginya biaya produksi. Sebagian petani beranggapan, bahwa biaya yang harus mereka keluarkan untuk produksi kopi dengan menerapkan sistem konservasi, seringkali tidak sebanding dengan harga jual kopi yang rendah.
- e. Kurangnya kesadaran bersama. Masih banyak petani yang belum mau bergabung dengan kelompok tani. Umumnya dalam kelompok tani upaya konservasi hutan dan lahan merupakan salah satu agenda kegiatan mereka. Petani yang belum bergabung dengan kelompok tani belum memiliki rasa solidaritas sehingga rasa ikut memiliki lingkungan dalam satu bentang lahan pun masih kurang.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Soenaryo (Unibraw) atas kritik dan sarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. 2002. Konservasi tanah dan pertanian sehat. *Dalam* Sitompul, S.M. dan S.R. Utami (Eds.), *Akar Pertanian Sehat*. Konsep dan pemikiran. Rangkuman makalah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia: 77-88.
- Agus, F.; Gintings, A.N. dan M. Van Noordwijk. 2002. Pilihan teknologi agroforestri atau konservasi tanah untuk areal pertanian berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. World Agroforestry Centre, Bogor, Indonesia:

- Chapman, M.G. 2002. Local ecological knowledge of soil and water conservation in the coffee gardens of Sumberjaya, Sumatra. Disertasi. University of Wales, Bangor, UK.: 50 pp.
- Dixon, H.J.; Doores, J.W.; Joshi, L. and F.L. Sinclair. 2001. Agroecological knowledge toolkit for Windows: methodological guidelines, computer software and manual for AKT5. School of Agriculture and Forest Sciences, University of Wales, Bangor, UK.: 171 pp.
- Joshi, L.; Schalenbourg, W.; Johansson, L.; Khasanah, N.; Stefanus, E.; Fagerstrom, M.H. and M. van Noordwijk. 2004. Soil and water movement: Combining local ecological knowledge with that of modellers when scaling up from plot to landscape level. *In* van Noordwijk, M.; Ong C.K. and G. Cadish (eds.) *Belowground Interactions in Tropical Agro-ecosystems*. CABI, UK: 349-364.
- Maman, K. 1989. Teknik konservasi tanah dan air. Balai Rehabilitasi Lahan Dan Konservasi Tanah. Bogor.
- Risdiyanto. 2002. Pengetahuan ekologi masyarakat lokal mengenai konservasi tanah dan air pada sistem agroforestry berbasis kopi di Sumberjaya Lampung Barat. Skripsi S1. Universitas Lampung, Indonesia: 118 pp.
- Schalenbourg, W. 2002. An assessment of farmer's perceptions of soil and watershed functions in Sumberjaya, Sumatra, Indonesia. Disertasi. Catholic University, Leuven, Belgium: 146 pp.
- Sinclair, F.L. and D.H. Walker. 1998a. A utilitarian approach to the incorporation of local knowledge in agroforestry research and extension. L.E. Buck; J. P. Lassoie dan E.C.M. Fernandes (Eds). *Agroforestry In Sustainable Agricultural Systems*, CRC Press: 245-275.
- Sinclair, F.L. and D.H. Walker. 1998b. Acquiring qualitative knowledge about complex agroecosystems. Part 1: Representation as natural language. *Agricultural Systems* 56(3): 341-363.
- Soedjoko, S.A. 1990. Konservasi tanah dan air terapan. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sunaryo dan L. Joshi. 2003. Peranan pengetahuan ekologi lokal dalam sistem agroforestri. Bahan Ajaran 7. World Agroforestry Centre (ICRAF), Southeast Asia Regional Office, Bogor, Indonesia : 28 pp.

PRAKTEK KONSERVASI DALAM BUDIDAYA KOPI ROBUSTA DAN KEUNTUNGAN PETANI¹

Suseno Budidarsono dan Kusuma Wijaya

World Agroforestry Centre - ICRAF SE Asia, PO Box 161, Bogor 16001

ABSTRACT

From an environmental perspective, multistrata coffee (and shaded coffee) lead are to be preferred over coffee monoculture, as they protect biodiversity as well as protecting soil on sloping land through the litter layer and the root systems. A recent study on international coffee market draws the conclusion that the market is willing to offer premium price to coffee beans that are produced in environmentally friendly systems.

Using the Policy Analysis Matrix methodology this paper aims to understand :(i) how best multistrata coffee can provide incentives to smallholder coffee producers, (ii) what are the returns to land of this kind of land use system, and (iii) are there any strategic advantages embedded in the system that can be used by policy makers

in dealing with the coffee cultivation within conflict-sensitive areas such as state forestland, as it has been occurring in Sumberjaya.

The study concludes that at proces that reflect long term means, multistrata system are financially and economically viable and also generate sustainable employment opportunity in rural area with better returns to labor than coffee monocultures. The strategic advantage of multistrata coffee system is that these land use systems can be offered as an alternative land use practices in land conflict resolution that is rooted in misperception of the state forest land utilization.

Keywords : *Multistrata coffee; Profitability; Returns to Land; Returns to Labor; Cost of Establishment*

¹ Tulisan ini merupakan kajian ulang hasil penelitian profitabilitas budidaya kopi di Sumberjaya yang disajikan dalam dua Laporan terpisah: Budidarsono et al. (2000); dan Kuncoro dan Budidarsono (2003)

ABSTRAK

Kajian -kajian tentang manfaat ekologi dari budidaya kopi multistrata mengarah pada kesimpulan bahwa budidaya kopi multistrata memiliki fungsi konservasi terhadap keragaman hayati dan juga mampu menekan erosi sampai pada tingkat yang dapat diterima. Sementara itu pasar kopi internasional menawarkan harga premium untuk komoditas kopi yang dihasilkan dari sistem budidaya kopi yang ramah lingkungan.

Dengan menggunakan kerangka analisis Matrix Analisis Kebijakan atau *Policy Analysis Matrix* (PAM), kajian ini mencoba untuk mengetahui (i) seberapa besar kopi multistrata mampu memberikan insentif bagi petani, (ii) seberapa besar profitabilitas lahan yang dihasilkan, dan (iii) adakah keunggulan strategis yang melekat dalam budidaya ini yang dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang budidaya kopi multistrata sebagai landasan dalam penentuan kebijakan dalam penanganan masalah budidaya kopi di kawasan rawan konflik lahan, seperti di Sumberjaya.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa praktek budidaya kopi multistrata di Sumberjaya secara finansial dan ekonomis ternyata mampu memberikan keuntungan bagi petani dan sekaligus menyediakan lapangan pekerjaan di perdesaan secara berkelanjutan. Nilai strategis dari budidaya kopi multistrata adalah bahwa penggunaan lahan ini bisa digunakan sebagai pilihan dalam penyelesaian konflik lahan yang berakar pada perbedaan persepsi atas pemanfaatan kawasan hutan.

Kata kunci : Kopi multistrata; Profitabilitas; *Returns to Land*; *Returns to Labor*; Biaya Investasi (*Cost of Establishment*)

PENDAHULUAN

Praktek budidaya kopi multistrata (*mixed/ shaded coffee* atau agroforestri kopi) yang dipercaya dapat memenuhi kepentingan ekonomi dan ekologi pada saat yang sama, baru menjadi wacana sejak dua dasa wara belakangan ini. Padahal budidaya kopi multi-strata sudah lama dipraktekkan oleh para petani kopi tradisional di berbagai belahan dunia, termasuk di antaranya di Sumberjaya – kawasan hulu daerah aliran sungai (DAS) Tulang Bawang, propinsi Lampung, Pulau Sumatra. Kajian tentang manfaat ekologi dari budidaya kopi multistrata mengarah pada kesimpulan bahwa budidaya kopi multistrata memiliki fungsi konservasi terhadap keragaman hayati (Faminow dan Rodriguez, 2001; Soto-Pinto *et al.*, 2000; Perfecto dan Armbract, 2003), dan mampu menekan erosi sampai pada tingkat yang dapat diterima (Arsyad, 1977; Ginting, 1982; Afandi *et al.*, 1999 dan Hartobudoyo, 1979). Perkembangan pasar kopi internasional menunjukkan bahwa komoditas kopi yang dihasilkan oleh budidaya kopi yang ramah lingkungan tersebut, yang oleh Giovanucci (2003) disebut sebagai salah satu jenis ‘*Sustainable Coffee*’, berpeluang untuk mendapatkan

harga premium. Panos Varangis, *Lead Economist* pada Bank Dunia lebih jauh menegaskan:

*“Coffee is arguably one of the world’s most important cash crops and is vital to the livelihood of more than 25 million small coffee farmers. Sustainable coffees can provide such benefits as improved natural resource management; fewer agrochemicals used in production, which decreases costs and health risks; and increased use of rural labour, which provides more jobs for those in desperate need.”*²

Tulisan ini mencoba untuk memberikan sisi pandang finansial dan ekonomi dari praktek budidaya kopi multistrata di Sumberjaya. Persoalan yang diangkat adalah apakah kopi multistrata mampu memberikan imbalan yang lebih baik bagi petani dan berapa besar profitabilitas lahan yang mampu dihasilkan? Pemahaman ini penting untuk mengetahui seberapa besar insentif yang mampu diberikan oleh budidaya kopi multistrata kepada petani. Untuk kepentingan kebijakan publik, kajian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang budidaya kopi multistrata sebagai landasan dalam penentuan kebijakan.

METODOLOGI

Kerangka Analisis: Matrix Analisis Kebijakan
 Kerangka analisis yang digunakan dalam kajian profitabilitas ini adalah Matrix Analisis Kebijakan atau *Policy Analysis Matrix* (PAM) yang dikembangkan oleh Monke dan Pearson (1995). Sebagai alat analisis, PAM merupakan matrix informasi tentang kebijakan pertanian/ sumberdaya alam dan ketidaksempurnaan pasar dari faktor domestik terkait. Matrik ini disusun dengan membandingkan neraca sistem usaha tani atau penggunaan lahan yang dihitung dengan harga finansial (berdasarkan harga aktual pasar lokal) di satu sisi dan neraca yang dihitung dengan estimasi harga ekonomisnya atau harga sosial (yang mencerminkan efisiensi penggunaan sumberdaya) di sisi yang lain. Secara sederhana kerangka Matrix Analisis Kebijakan disajikan dalam Tabel 1

Matrix ini terdiri dari dua set perhitungan. Pertama, perhitungan **profitabilitas** (kemampuan menciptakan keuntungan) usaha tani atau pemanfaatan sumberdaya alam; seperti tergambar

² Pernyataan Varangis yang disampaikan dalam rangka peluncuran buku ‘The State of Sustainable Coffee: A study of twelve major market’ (Giovanucci, 2003) dikutip dari: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/TRADE/0,,contentMDK:20131781~menuPK:64021753~pagePK:64020865~piPK:149114~theSitePK:239071,00.html>

secara horizontal, di mana tingkat keuntungan dapat dilihat pada kolom paling kanan yang merupakan selisih dari penerimaan (kolom paling kiri) dan pengeluaran/biaya (kolom-kolom di tengah). Ada dua perhitungan profitabilitas, yaitu profitabilitas finansial atau privat dan profitabilitas ekonomis atau sosial. **Profitabilitas finansial** atau **profitabilitas privat** yang mengacu pada penerimaan dan pengeluaran aktual, menunjukkan daya saing dari suatu sistem usaha tani pada tingkat teknologi dan dalam lingkungan kebijakan tertentu. Sedangkan **profitabilitas ekonomis/sosial**, seperti terlihat di baris kedua dalam Tabel 1, adalah perhitungan untung-rugi dengan menggunakan harga-harga ekonomis/sosial yang mencerminkan keunggulan komparatif atau tingkat efisiensi dari suatu sistem usaha tani atau penggunaan lahan. Nilai hasil usaha tani atau *output* (E) dan nilai asupan pertanian (F), mengacu pada harga-harga internasional (dalam hal ini harga c.i.f untuk barang dan jasa yang diimpor, dan harga f.o.b untuk barang dan jasa yang diekspor) yang sudah terbebas dari berbagai kebijakan perdagangan seperti pajak, subsidi dan tarif. Nilai faktor domestik (G) berupa modal, tenaga kerja dan lahan yang digunakan dalam suatu sistem usaha tani/penggunaan lahan, didekati dengan menduga nilai pengorbanan atas penggunaan sumberdaya tersebut.

Kedua, *effect of divergence*, yaitu selisih antara hasil perhitungan dengan menggunakan harga finansial dan hasil perhitungan dengan menggunakan harga ekonomisnya, guna melihat derajat perbedaan sebagai akibat dari adanya kebijakan pemerintah dan/atau ketidak-sempurnaan pasar. Perhitungan *effect of divergences* terlihat pada baris ketiga dalam Tabel 1. Meskipun baris ketiga ini hanya melihat selisih antara perhitungan profitabilitas finansial dan perhitungan ekonomis atas penerimaan, biaya dan keuntungan, baris ini merupakan inti dari pendekatan Matrix Analisis Kebijakan. Setiap perbedaan yang muncul, yaitu selisih hasil perhitungan harga finansial dan harga ekonomisnya, memberikan indikasi adanya dampak kebijakan atau kegagalan pasar dalam satu sistem ekonomi.

Parameter

Tiga parameter utama yang dianalisis dalam kajian ini adalah (a) profitabilitas, yaitu kemampuan memberikan keuntungan dengan mengarahkan perhatian kepada *returns to land* (profitabilitas lahan) dan *returns to labour* (penerimaan per hari orang kerja/HOK); (b) biaya investasi (*cost of establishment*); dan (c) kebutuhan tenaga kerja.

Profitabilitas diukur dengan menggunakan *Net Present Value* (NPV)³, yaitu selisih antara nilai sekarang dari manfaat/penerimaan dan nilai sekarang dari biaya yang dikeluarkan selama kurun waktu tertentu pada tingkat bunga yang ditentukan (Gittinger,

1982 p. 319). Dalam hal ini NPV diukur baik pada harga finansial maupun harga ekonomisnya. Nilai positif NPV dari satu kegiatan investasi menunjukkan bahwa kegiatan tersebut cukup menguntungkan. Perhitungan NPV dengan menggunakan harga-harga ekonomi (profitabilitas ekonomis), yaitu harga barang dan jasa yang mencerminkan pengorbanan dan nilai paling efisien, menghasilkan parameter profitabilitas potensial yang menjadi perhatian para pengambil keputusan atau masyarakat luas. NPV yang dihitung dengan nilai ekonomi, merupakan indikator besarnya *returns to land* atau profitabilitas lahan (Vosti *et al.*, 1998 : 12).

Tabel 1. Matrix Analisis Kebijakan

	Penerimaan	Biaya		Profit
		Tradable Inputs	Faktor Domestik	
Harga finansial/privat	A	B	C	D ¹
Harga ekonomis/sosial	E	F	G	H ²
<i>Effect of divergences</i> dan <i>efficient policy</i>	I ³	J ⁴	K ⁵	L ⁶

Sumber: Monke dan Pearson (1995, p.19)

Keterangan :

¹ Keuntungan finansial/privat (D=A-B-C)

² Keuntungan ekonomis/potensial/social (H=E-F-C)

³ Output transfer (I=A-E)

⁴ Input transfer (J=B-F)

⁵ Factor transfer (K=C-G)

⁶ Net transfer (L=D- H atau L=I-J-K)

Ratio *Indicators* untuk membandingkan sistem yang berbeda

Private cost ratio (PCR): $C/(A - B)$

Domestic resource cost ratio (DRC): $G/(E - F)$

Nominal protection coefficient (NPC)

on tradable outputs (NPCO): A/E

on tradable inputs (NPCI): B/F

Effective protection coefficient (EPC): $(A - B)/(E - F)$

Koefisien profitabilitas (PC): $(A - B - C)/(E - F - G)$ or D/H

Rasio subsidi untuk produser (SRP): L/E or $(D - H)/E$

³ Gittinger (1982) adalah acuan baku untuk analisis ekonomi dalam proyek pertanian. Terdapat pengukuran profitabilitas yang lain seperti IRR (*internal rate of returns*) dan Rasio Manfaat - Biaya (*Benefit - Cost ratio/BCR*). IRR merupakan parameter yang menunjukkan sejauh mana satu investasi mampu memberikan keuntungan. Nilai IRR yang lebih besar dari tingkat bunga umum memberikan petunjuk bahwa investasi tersebut cukup menguntungkan. BCR merupakan perbandingan antara nilai manfaat dan nilai biaya dari satu investasi pada tingkat bunga yang telah ditentukan. Nilai BCR lebih besar dari satu menunjukkan bahwa investasi cukup menguntungkan

Sementara itu, *returns to labour* (penerimaan upah HOK⁻¹) dihitung dengan cara mengubah 'surplus' yang ada menjadi upah perhari orang kerja (Vosti *et al.*, 1998 : 13). Secara teknis perhitungan dilakukan dengan mengubah tingkat upah dalam neraca usaha tani sedemikian rupa sehingga NPV = 0. *Returns to labour* yang dihitung dengan harga finansial merupakan indikator insentif produksi bagi petani, yaitu mengukur seberapa besar insentif yang mampu diberikan oleh satu sistem usaha tani bagi petani dalam memproduksi.

Berkenan dengan biaya investasi (*cost of establishment*), analisis diarahkan kepada aliran uang kas (*cashflow*), yaitu besarnya pengeluaran dan penerimaan dalam kurun waktu analisis (25 tahun). Yang dimaksudkan dengan biaya investasi di sini adalah nilai sekarang dari jumlah seluruh pengeluaran sampai pada saat sistem memberikan selisih positif pada aliran uang kas (Vosti *et al.*, 1998 : 14).

Kebutuhan data dan Asumsi

Komponen pokok dari Matrix Analisis Kebijakan adalah perhitungan untung-rugi atau neraca usaha tani/ penggunaan sumberdaya alam. Oleh karena itu data dan informasi untuk penyusunan neraca usaha tani mutlak harus tersedia. Data dan informasi yang diperlukan mencakup : asupan usaha tani baik sarana produksi maupun tenaga kerja dan modal sesuai dengan tingkat teknologi yang digunakan, tingkat produksi usaha tani, harga-harga dari komoditas pertanian terkait, harga-harga sarana produksi, tingkat upah tenaga kerja, dan tingkat bunga yang mencerminkan biaya atas modal yang digunakan. Ada dua macam informasi harga, upah dan tingkat bunga yang diperlukan dalam analisis ini. *Pertama*, harga-harga dari komoditas yang dihasilkan, tingkat upah dan tingkat bunga di pasar lokal; benar-benar mencerminkan penerimaan dan pengeluaran aktual dalam sistem usaha tani yang bersangkutan. *Kedua*, harga-harga ekonomis dari komoditas pertanian dan asupan pertanian terkait, seperti telah disinggung di atas.

Mengingat bahwa investasi budidaya kopi adalah investasi jangka panjang (lebih dari 15 tahun), maka kurun waktu analisis dalam kajian ini adalah 25 tahun dimulai dari permulaan budidaya kopi (tahun nol). Sehubungan dengan hal itu analisis finansial dan ekonomi atasnya tidak bisa menggunakan data satu tahun saja. Data tentang harga-harga yang digunakan untuk menyusun neraca usaha tani dalam analisis ini adalah rata-rata **harga nyata** sepuluh tahun terakhir, yaitu sampai dengan tahun 2000. Dengan demikian efek fluktuasi harga sudah dapat dikurangi dalam penyusunan neraca usaha tani.

Asumsi-asumsi yang dipertimbangkan dalam kajian ini adalah sebagai berikut. Pertama, keadaan tahun nol dari lahan budidaya kopi yang menjadi target analisis

adalah sisa tebang hutan sekunder berupa semak dan atau padang alang-alang, sehingga tidak ada hasil sampingan pada saat persiapan lahan. Kedua, asumsi keadaan makro ekonomi menggunakan data keadaan tahun 2000, yaitu tingkat upah nyata pertanian Rp 8,000 per hari orang kerja (HOK), nilai tukar Rupiah adalah Rp 8,421 untuk setiap US \$ 1, dan tingkat bunga nyata yang diguna-kan adalah 15% per tahun untuk perhitungan pada harga finansial dan 10% per tahun untuk tingkat bunga nyata pada harga sosial⁴.

Sejarah budidaya kopi di Sumberjaya

Sumberjaya adalah nama sebuah kecamatan di wilayah Kabupaten Lampung Barat, Propinsi Lampung, yang pada tahun 2000 dimekarkan menjadi dua kecamatan yaitu, Kecamatan Sumberjaya dan Kecamatan Way Tenong. Dalam tulisan ini daerah Sumberjaya mengacu pada keadaan sebelum tahun 2000, yaitu terdiri atas 28 desa dengan total luas wilayah 54.194 hektar atau 10,9% dari total luas Kabupaten Lampung Barat. Wilayah yang berpenduduk mendekati 90,000 (pada tahun 2000) merupakan daerah produsen kopi robusta. Sebagian besar penduduk bekerja pada sektor pertanian, terutama bercocok tanam kopi dan kebun campuran. Sumbangan budidaya kopi terhadap kegiatan ekonomi penduduk tidak terbatas pada hasil produksi kopi semata, akan tetapi juga terbukanya lapangan pekerjaan di sektor perdagangan dan jasa (pengangkutan).

Budidaya kopi di Sumberjaya mengalami perkembangan pesat pada dekade 70an dan 80an. Analisis terhadap perubahan penggunaan lahan, menunjukkan bahwa luas kawasan berhutan di daerah itu menurun cukup tajam pada dua dekade tersebut, yaitu dari 60% pada tahun 1970 menjadi 13% pada tahun 1990 (Ekadinata, 2002). Yang menarik adalah bahwa penurunan luas kawasan berhutan tersebut diiringi oleh perluasan kebun kopi, bahkan di dalam kawasan hutan lindung dan taman nasional. Selain itu, perluasan kebun kopi tersebut berlangsung seiring dengan membaiknya harga kopi dunia pada waktu itu⁵. Seolah ada hubungan antara membaiknya harga kopi dunia dengan perluasan kebun kopi di Sumberjaya.

Budidaya kopi di Sumberjaya yang kebanyakan dilakukan oleh keluarga petani dengan skala kecil (kurang dari 3 ha), dimulai dari cara tradisional dengan praktek peladangan berpindah oleh para perintis etnis Semendo dari Sumatra Selatan, lebih dari satu abad yang lalu. Huitema (1935, dikutip Verbist 2000) menulis

⁴ Tingkat bunga nyata (adalah tingkat bunga-dikurangi inflasi) digunakan untuk mendiskonto penerimaan dan pengeluaran selama 25 tahun menjadi nilai sekarang (perhitungan NPV). Dalam kajian ini, perhitungan NPV menggunakan tingkat bunga konservatif.

bahwa pada tahun 1880, komoditas kopi sudah dikenal di daerah ini. Bahkan salah satu desa tertua di Sumberjaya, Desa Sukajaya, adalah desa pertama di Sumberjaya yang dibangun oleh para pendatang etnis Semendo pada tahun 1891.

Pada awalnya para perintis tersebut mengubah hutan menjadi kebun kopi dengan cara tebas bakar. Pengelolaan kebun kopi dengan asupan rendah dilakukan hanya oleh tenaga kerja keluarga terbatas pada pemeliharaan tanaman kopi pada fase pertumbuhan. Mereka biasanya akan membuka kebun kopi yang baru pada saat kebun kopi yang ada sudah melewati masa *ngagung*⁶ atau kebun kopi sudah berkurang hasilnya. Jenis kopi yang dibudidayakan saat itu adalah jenis *Arabica* dan *Liberia*. Akan tetapi, karena serangan hama karat daun (*blast diseases*) atau *Hemelia vastarix* yang menghancurkan perkebunan kopi di seluruh Indonesia⁷, sejak tahun 1911, jenis *Robusta* yang dipercaya lebih tahan terhadap serangan hama penyakit dari pada jenis *Arabica*, mulai menggantikan kedua jenis sebelumnya (Huitema, 1935).

Dalam perkembangannya, terjadi perubahan pola budidaya kopi seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk migran dari Jawa dan tempat-tempat lain di Provinsi Lampung, di daerah ini. Pada tahun 1920an dengan masuknya tenaga kerja wanita suku Jawa untuk pemeliharaan kebun kopi, para perintis budidaya kopi di Sumberjaya terdorong untuk memperluas kebun kopi dengan membuka hutan di Sumberjaya (Benoit *et al.*, 1989). Pada awal tahun 1950an Sumberjaya menjadi daerah target program transmigrasi dari Biro Rekonstruksi Nasional yang memindahkan veteran perang kemerdekaan dari Jawa Barat (Kusworo, 2000). Pemandahan veteran perang ini kemudian diikuti oleh gelombang migrasi spontan dari Jawa dan daerah lain di dan sekitar propinsi Lampung. Para veteran perang dan para migran spontan tersebut memberikan kontribusi yang cukup berarti dalam perluasan perkebunan kopi rakyat dan pengembangan teknologi budidaya kopi di daerah ini. Seperti misalnya, teknik bercocok tanam kopi yang lebih permanen dengan cara pengelolaan tanah yang lebih baik (pengendalian gulma dan pemupukan) dan pemeliharaan tanaman kopi (pemangkasan, potong tunas dan lain sebagainya).

Perkembangan lain yang perlu dicatat adalah adanya kecenderungan untuk meningkatkan produktivitas per unit lahan dengan peningkatan intensitas pengelolaan lahan, khususnya setelah masuknya para migran suku Jawa. Misalnya : upaya konservasi tanah dengan pembuatan *rorak*, lubang angin maupun *gulud*; praktek berkebun campuran di kebun kopi dengan menanam berbagai tanaman tahunan (baik kayu ataupun buah-buahan) sebagai tanaman pelindung kopi; dan upaya peningkatan produksi kopi dengan cara memperbaiki varietas tanaman kopi melalui okulasi. Praktek-praktek tersebut selain diadopsi dari praktek pengelolaan kebun di Jawa juga dipengaruhi petugas penyuluh lapangan dari Dinas Perkebunan dan pelaksanaan program reboisasi dan penghijauan oleh dinas terkait.

Perambahan kawasan hutan lindung dan taman nasional untuk budidaya kopi juga mewarnai perkembangan budidaya kopi di Sumberjaya, dan menimbulkan masalah sosial yang serius. Upaya penyelesaian secara tuntas sulit dilakukan, bahkan upaya yang pernah dilakukan pun membuahkan persoalan baru (Kusworo, 2000; Budidarsono *et al.*, 2000: 1-2). Usaha-usaha untuk mencegah perluasan kebun kopi ke kawasan hutan negara pernah dilakukan melalui program penghutanan kembali. Usaha ini tidak saja membuahkan perlawanan masyarakat dan menyengsarakan penduduk⁸, akan tetapi lebih dari itu, usaha tersebut tidak mengurangi minat petani petani untuk tetap bercocok tanam kopi di kawasan ini. Pengalaman menunjukkan bahwa daya tarik budidaya kopi di Sumberjaya jauh lebih kuat dibandingkan dengan usaha-usaha pemerintah untuk mencegah perluasan kebun kopi ke dalam kawasan hutan lindung. Seperti ternyata dalam krisis ekonomi antara 1998 – 2000 yang lalu, perambahan hutan untuk budidaya kopi kembali meluas dan hutan lindung yang sudah dihutankan kembali pun dibuka lagi untuk kebun kopi.

Penerbitan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No.31/Kpts-II/2001 tentang penyelenggaraan Hutan Kemasyarakatan (HKm) merupakan terobosan untuk menjawab persoalan pelik di atas. Surat Keputusan tersebut memberikan peluang pengelolaan dan pemanfaatan kawasan hutan negara bagi masyarakat guna pemberdayaan kehidupan mereka tanpa mengganggu fungsi pokoknya. Melalui skema HKm, kegiatan pengelolaan hutan negara diarahkan untuk mengoptimalkan manfaat hutan bagi kesejahteraan

⁵ Harga kopi Robusta pada tahun 1970 dan 1980 mencapai masing-masing US \$3.26 per kg dan US \$ 4.12/kg (IBRD/The World Bank 2003. p 276).

⁶ Ngagung istilah lokal yang berarti melimpah. Dikaitkan dengan hasil kopi, istilah ngagung hanya berlaku pada saat kebun kopi mengalami produksi tertinggi sejak ditanam; biasanya terjadi pada saat tanaman kopi berumur antara 6-7 tahun.

⁷ Disampaikan oleh Mark Hanuzs (penulis "A Cup of Java", 2003) dalam wawancara dengan Majalah Mingguan GATRA, No. 47 tahun IX, 11 Oktober 2003, pp 47-53

⁸ Kusworo (2000) dalam kajiannya tentang sengketa kawasan hutan di Lampung antara lain menjelaskan bahwa pada awal tahun 1980an di Sumberjaya dilancarkan program penghutanan kembali kawasan hutan lindung yang sudah digunakan penduduk untuk berkebun kopi sejak tahun 1950an dengan cara memangkas dan mencabuti pohon kopi dan menggantikannya dengan Kaliandra (*Caliandra calothyrsus*) serta memindahkan secara paksa penduduk yang bermukim di kawasan hutan lindung.

masyarakat secara luas melalui pemanfaatan lahan, jasa lingkungan, dan ekstraksi hasil kayu dan non kayu. Seiring dengan itu, mereka yang memperoleh manfaat dalam skema HKm, diwajibkan untuk menjaga, memperbaiki dan mempertahankan fungsi hutan lindung dengan menerapkan praktek konservasi dalam pemanfaatan kawasan hutan.

Tipologi Budidaya Kopi

Praktek budidaya kopi di Sumberjaya sangat beragam. Secara umum budidaya kopi di wilayah ini dapat dikelompokkan berdasarkan tiga kategori : (a) kompleksitas struktur vegetasi, (b) intensitas pengelolaan kebun, dan (c) status penguasaan lahan (Budidarsono *et al.*, 2000). Berdasarkan struktur vegetasinya, budidaya kopi di Sumberjaya bervariasi di antara dua kutub : kebun kopi monokultur (tanpa naungan) dan kebun kopi multistrata dengan struktur vegetasi yang cukup kompleks. Kompleksitas tanaman non kopi dalam kebun kopi multistrata bisa bervariasi dalam hal jumlah dan jenisnya; baik yang berada pada strata di atas tanaman utama (kopi), maupun tanaman yang ada di bawah tanaman utama. Dari hasil pengamatan Wulan (2002) terhadap 19 kebun kopi multistrata di Sumberjaya⁹, tercatat 66 jenis tumbuhan bernilai ekonomi (Periksa Lampiran 1). Keragaman tumbuhan komersial per plot amatan bervariasi antara 10 dan 32 jenis. Berdasarkan pengamatan tersebut, Kuncoro dan Budidarsono (2003), dalam analisis ekonomi kebun kopi multistrata, mengelompokkan kebun kopi dengan naungan menjadi tiga kelompok besar : (a) kebun kopi dengan naungan pohon buah-buahan, (b) kebun kopi dengan naungan pohon kayu-kayuan dan (c) kebun kopi dengan naungan biasa (pohon dadap atau kayu hujan). Setiap kelompok masih dapat dibedakan lagi : dengan atau tanpa tanaman komersial di bawah tanaman kopi, seperti jahe, nanas, kapulogo dan lain sebagainya.

Berdasarkan intensitas pengelolaan kebun, budidaya kopi di Sumberjaya dapat dikelompokkan ke dalam tiga pola : (a) pionir - tradisional, (b) semi intensif atau intensitas pengelolaan sedang dan (c) intensif atau intensitas pengelolaan tinggi. Sistem **pionir - tradisional** adalah budidaya kopi yang di terapkan oleh para perintis kopi di Sumberjaya dahulu,

yaitu dengan intensitas pengelolaan rendah dan siklus budidaya relatif pendek (sembilan tahun). Budidaya kopi dengan sistem **semi intensif** biasanya bercirikan penggunaan asupan eksternal rendah sampai dengan sedang (pemupukan Urea dan TSP bervariasi antara 200 – 400 kg ha⁻¹), pemeliharaan kebun (*koret*, pembuatan *gulud* dan/atau *rorak*) dan perawatan pohon kopi (pembersihan tunas dan pemangkasan batang) dilakukan dengan intensitas sedang, usia kebun kopi diusahakan sepanjang mungkin, dan walaupun tidak selalu ada, beberapa menerapkan penggunaan naungan. Bentuk yang terakhir, **intensif**, yaitu pengelolaan budidaya kopi dengan intensitas tinggi, dicirikan oleh penggunaan asupan eksternal yang relatif tinggi (campuran pupuk N dan P antara 800 dan 1000 kg per ha), pemeliharaan kebun dan pohon dilakukan secara intensif, termasuk *grafting*.

Berdasarkan status penguasaan lahan untuk budidaya kopi, pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi dua : budidaya kopi di atas lahan milik sendiri dan budidaya di atas kawasan hutan negara. Baik sebelum maupun sesudah ada skema HKm, perbedaan ini memiliki konsekuensi finansial yang berarti bagi petani. Sebelum ada skema HKm, walaupun tidak ada mekanisme pembayaran yang jelas, mereka yang membudidayakan kopi di kawasan hutan negara wajib menyisihkan sejumlah uang untuk diserahkan kepada aparat terkait¹⁰. Sedangkan dalam skema HKm, mereka yang memanfaatkan kawasan hutan untuk budidaya kopi, wajib melakukan kegiatan konservasi, antara lain melakukan penanaman pohon (baik buah-uahan ataupun kayu) sesuai dengan arahan pihak kehutanan dan kesepakatan kelompok.

Berdasarkan perbedaan jenis budidaya kopi di atas terdapat 42 kemungkinan jenis budidaya kopi di Sumberjaya. Untuk kepentingan analisis ini, perhatian akan diarahkan kepada beberapa contoh budidaya kopi yang biasa dilakukan petani, yaitu : dua jenis budidaya **kopi monokultur** di dalam kawasan hutan negara dan tiga jenis budidaya **kopi dengan naungan** dengan intensitas pengelolaan sedang (masing-masing dibedakan menjadi dua yaitu dengan dan tanpa tanaman komersial di bawah tanaman kopi). Intensitas pengelolaan sedang sengaja dipilih karena rejim pengelolaan ini yang paling banyak diterapkan oleh petani di Sumberjaya, utama-nya disebabkan oleh

⁹ Wulan (2002) melakukan inventarisasi tanaman komersial (memiliki nilai ekonomi) dan menggambarkan profilnya. Kegiatan itu dilakukan di 19 plot amatan milik petani responden yang mewakili pola kebun kopi campuran (multistrata) di dua desa contoh di Sumberjaya. Inventarisasi dilakukan terhadap semua jenis pohon komersial yang memiliki diameter lebih dari 10 cm. Metode yang digunakan untuk inventarisasi adalah dengan membuat petak tunggal ukuran 20 m x 20 m. Sedangkan untuk penggambaran profil kebun kopi campuran dibuat plot dengan ukuran 50m x 10 m. Dalam menentukan lokasi petak amatan untuk menggambar profil kebun Wulan mempertimbangkan pula topografi dan jarak plot dan petak amatan dari rumah petani responden.

¹⁰ Kebanyakan petani tertutup dalam hal besarnya jumlah uang yang harus diserahkan. Pungutan ini merupakan pungutan tidak resmi dan besarnya pungutan ditentukan oleh para oknum aparat terkait secara arbitrer. Namun demikian pada tahun 2000, pemerintah Provinsi Lampung mengeluarkan Peraturan daerah No. 7 tentang penarikan retribusi hasil hutan non kayu. Dalam peraturan tersebut antara lain dinyatakan bahwa besarnya retribusi komoditas kopi yang dihasilkan dari kawasan hutan adalah Rp. 610/kg. Akan tetapi Peraturan Daerah tersebut ditunda pelaksanaannya, karena banyak ditentang baik oleh petani maupun pembeli internasional (KOMPAS, 8 Maret 2000; KOMPAS, 3 Agustus 2000)

Tabel 2. Budidaya Kopi yang menjadi target analisis dan asumsi pengelolaan.

Jenis Budidaya Kopi	Struktur Vegetasi	Rejim Pengelolaan
1. Kopi Monokultur di dalam kawasan hutan		
a. pionir – tradisional	Mono-kultur	rendah; tidak dipupuk
b. semi intensif	Mono-kultur	sedang; pupuk 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh
2. Kopi dengan naungan sederhana		
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	Kom-plek	sedang; pupuk 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh
b. tanpa tanaman komersial strata bawah	Seder-hana	sedang; pupuk pada 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh
3. Kopi Multistrata dengan pohon buah-buahan		
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	Komplek	sedang; pupuk 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	Kom-plek	sedang; pupuk 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh
4. Kopi Multistrata dengan pohon buah-buahan		
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	Kom-plek	sedang; pupuk 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	Kom-plek	sedang; pupuk 200 kg ha ⁻¹ mulai tahun ketujuh

harga kopi yang cenderung rendah, dan harga pupuk yang cenderung meningkat. Tabel 2 berikut menyajikan rincian budidaya kopi yang menjadi target analisis tulisan ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keuntungan, Investasi dan Penyerapan Tenaga Kerja

Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan profitabilitas dari beberapa budidaya kopi di Sumberjaya. Angka-angka dalam Tabel 3 menunjukkan bahwa pola budidaya kopi multistrata jauh lebih menguntungkan dibandingkan pola monokultur. Seperti terlihat dalam tabel, semua jenis budidaya kopi multistrata menghasilkan NPV positif. Sedangkan budidaya kopi monokultur menghasilkan nilai NPV negatif untuk pola

pionir-tradisional. Perlu digaris-bawahi bahwa NPV negatif tidak selalu berarti bahwa sistem tersebut tidak memberikan penerimaan bagi petani. NPV negatif memberikan petunjuk bahwa sumberdaya yang digunakan (lahan, tenaga kerja dan modal) akan lebih menguntungkan untuk melakukan kegiatan yang lain.

Jika profitabilitas lahan dengan harga sosial dipakai sebagai indikator profitabilitas potensial dalam perspektif para pengambil keputusan, maka berdasarkan skenario produksi selama 25 tahun, kopi naungan berpotensi memberikan keuntungan bersih bervariasi antara Rp. 7,5 juta (kopi naungan sederhana tanpa tanaman komersial pada strata bawah) sampai dengan Rp. 33.5 juta (kopi multistrata berbasis buah-buahan dengan tanaman komersial pada strata bawah). Secara finansial kemampuan memberikan keuntungan dakhil (IRR) dari budidaya kopi multistrata berkisar antara 21.4% dan 36.5%; relatif lebih besar dari pada tingkat bunga resmi pada tahun 2000.

Hasil perhitungan penerimaan per HOK (*returns to labour*) yang merupakan indikator besarnya insentif yang bisa disediakan oleh suatu sistem usaha tani, menunjukkan bahwa budidaya kopi multistrata mampu memberikan *returns to labour* yang relatif lebih besar dari pada tingkat upah rata – rata kegiatan pertanian di Sumberjaya (dalam hal ini Rp. 8.000 HOK⁻¹). Ini berimplikasi pada dua hal. Pertama, budidaya multistrata bisa menjadi agen untuk memperbaiki dan mempertahankan kawasan lindung yang sekaligus memperbaiki kehidupan petani. Kedua, sistem usaha tani yang memiliki insentif yang tinggi cenderung menjadi daya tarik bagi penduduk di sekitarnya, yang pada gilirannya akan mengancam daya dukung wilayah karena meningkatnya tekanan penduduk. Hal kedua ini, sampai derajat tertentu, sudah terjadi di wilayah Sumberjaya sejak dua dasa warsa belakangan.

Dari perhitungan aliran uang kas (*cashflow*), kopi multistrata menghasilkan *positif cashflow* lebih cepat (pada tahun keempat) dari pada budidaya kopi monokultur di dalam kawasan hutan (*positif cashflow* baru terjadi pada tahun kelima). Ini berimplikasi pada besarnya biaya investasi dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan pada tahap *establishment*. Seperti terlihat dalam Tabel 4, besarnya biaya investasi (*cost of establishment*) dan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk budidaya kopi monokultur relatif lebih besar dari pada budidaya multistrata.

Dari segi investasi yang harus ditanam, nilai investasi sebesar Rp. 7 juta ha⁻¹ dan direalisasikan selama empat tahun, nampaknya bukan merupakan jumlah yang terlalu besar bagi petani. Apalagi jika dicermati dengan seksama, sebagian besar investasi adalah dalam bentuk upah tenaga kerja yang biasanya merupakan tenaga kerja keluarga. Dengan demikian, sebenarnya pengeluaran nyata sudah barang tentu

Tabel 3. Profitabilitas budidaya kopi : monokultur dan multistrata.

	Profitabilitas lahan (Returns to land)		Penerimaan per HOK) (Returns to Labour) Rp.	IRR dalam harga financial (%)
	NPV pada harga finansial Rp. 000	NPV pada harga Isosial Rp. 000		
1. Kopi Monokultur di dalam kawasan hutan				
a. pionir – tradisional	(1,881)	(541)	6,176	4.9
b. semi intensif	24	5,730	8,016	15.1
2. Kopi dengan naungan sederhana				
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	6,994	15,684	13,501	31.8
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	2,443	7,485	9,927	21.4
3. Kopi Multistrata dengan pohon buah-buahan				
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	15,342	33,510	18,771	36.5
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	10,853	25,476	15,683	29.3
4. Kopi Multistrata dengan pohon kayu-kayuan				
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	7,496	15,981	13,924	32.2
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	3,501	9,329	8,933	23.3

Sumber : Perhitungan penulis

lebih kecil dari jumlah itu. Dibandingkan dengan besarnya anggaran biaya yang disediakan pemerintah untuk penghutanan kembali (reboisasi), yaitu Rp 5 juta per hektar (wawancara dengan Kepala Dinas Kehutanan Lapung Barat), nilai investasi budidaya kopi multistrata memang lebih besar. Akan tetapi, nilai investasi budidaya kopi multistrata memberikan manfaat yang lebih besar dan bernilai strategis dalam kebijakan publik. Seperti diketahui bahwa budidaya kopi multistrata memberikan manfaat langsung secara berkelanjutan bagi petani berupa hasil-hasil pertanian dan tersedianya kesempatan kerja (107 -166 HOK ha⁻¹ tahun⁻¹). Selain itu, fungsi hutan lindung seperti yang diharapkan masyarakat banyak, dapat diperbaiki dan dipertahankan melalui budidaya kopi multistrata tanpa harus disediakan anggaran publik untuk program penghutanan kembali, karena investasi kopi multistrata dilakukan oleh petani.

Menyangkut kebutuhan tenaga kerja, angka-angka jumlah tenaga kerja di dalam Tabel 4 memberikan indikasi bahwa intensitas kegiatan budidaya kopi pada tahap *establishment* cukup tinggi. Budidaya kopi multistrata kerja adalah pada tahun awal budidaya, yaitu sekitar 350 HOK per hektar, baik untuk kopi monokultur maupun multistrata. Pada tahap operasional, budidaya kopi monokultur dengan pengelolaan semi intensif membutuhkan tenaga kerja paling besar (184 HOK ha⁻¹ tahun⁻¹) di antara sistem lainnya, dan relatif lebih besar dari pada budidaya kopi multistrata yang menyerap rata-rata 107 HOK ha⁻¹ tahun⁻¹. Perbedaan yang menonjol terletak pada

jumlah tenaga kerja untuk perawatan kebun (koret dan pemupukan). Budidaya kopi monokultur, memperkerjakan rata – rata 69 HOK/ha/ tahun (pionir-tradisional) dan 86 HOK ha⁻¹ tahun⁻¹ (semi intensif) untuk penyiangan (koret). Sementara itu budidaya kopi multistrata hanya memerlukan 32 HOK ha⁻¹ tahun⁻¹.

Bertolak dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa dengan kemampuan menyerap tenaga kerja sebesar 107 – 166 HOK ha⁻¹ tahun⁻¹ dan dengan tingkat penerimaan upah per HOK lebih besar dari upah pertanian rata-rata di wilayah ini, kopi multistrata memberikan kontribusi yang berarti dalam meningkatkan kesejahteraan penduduk di samping memperbaiki kondisi lahan di dalam kawasan yang diharapkan memiliki fungsi lindung. Sementara itu kendala tenaga kerja yang dihadapi petani kopi multistrata relatif lebih kecil dari pada kendala serupa bagi mereka yang melakukan budidaya kopi monokultur.

KESIMPULAN

Praktek budidaya kopi multistrata di Sumberjaya yang dipercaya dapat memiliki fungsi lindung bagi daerah aliran sungai, secara finansial ternyata mampu memberikan keuntungan bagi petani dan sekaligus menyediakan lapangan pekerjaan di perdesaan secara berkelanjutan. Nilai strategis dari budidaya kopi multistrata adalah bahwa pilihan penggunaan lahan ini bisa menjadi alat penyelesaian konflik lahan yang berakar pada perbedaan persepsi atas penggunaan kawasan hutan.

Tabel 4. Biaya investasi, *positif cashflow* dan tenaga kerja.

Jenis kebun	Nilai sekarang investasi (<i>discounted cost of establishment</i>) (Ribuan Rp ha ⁻¹)	Tahun terjadinya <i>positive cashflow</i> <i>Tahun ke:</i>	Jumlah tenaga kerja yang diperlukan	
			Pada tahap <i>establishment</i> (hok ⁻¹ ha ⁻¹)	Pada tahap operasional (hok ha ⁻¹ thn ⁻¹)
1. Kopi Monokultur di dalam kawasan hutan				
a. pionir – tradisional	9,004	5	1,043	120
b. semi intensif	9,187	5	1,050	184
2. Kopi dengan naungan sederhana				
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	6,997	4	871	107
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	7,003	4	871	107
3. Kopi Multistrata dengan pohon buah-buahan				
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	7,018	4	873	162
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	7,018	4	873	166
4. Kopi Multistrata dengan pohon kayu-kayuan				
a. dengan tanaman komersial pada strata bawah	6,988	4	870	107
b. tanpa tanaman komersial pada strata bawah	6,988	4	870	107

Sumber : perhitungan penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi T.; Rosadi, B.; Manik T.K.; Senge M.; Oki Y. dan T. Adachi. 1999. *In* Ginting, C.; Gafur, A.; Susilo, F.X.; Salam, A.K.; Karyanto, A.; Utomo, S. D.; Kamal, M.; Lumbanraja, J. and Z. Abidin (eds.), 'The dynamics of soil water pressure under coffee tree with different weed management in a hilly area of Lampung, Indonesia'. Proceedings International Seminar Toward Sustainable Agriculture in Humid Tropics Facing 21st Century. Bandar Lampung, Sept. 27-28, 1999. University of Lampung, pp. 387-394
- Arsyad, S. 1977. Pengawetan Tanah dan Air. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Benoit, D.; Pain, M.; Levang, P. and O. Sevin. 1989. Transmigration et Spontaneous en Indone-sia/ Transmigration and Spontaneous Migration in Indonesia : Propinsi Lampung. ORSTOM – Departemen Transmigrasi RI, Jakarta
- Budidarsono, S.; Kuncoro, S. A. and T.P. Tomich. 2000. A Profitability Assessment of Robusta coffee system in Sumberjaya watershed, Lampung, Sumatra, Indonesia. Southeast Asia Policy Research Working Paper No 16. ICRAF SEA, Bogor.
- Ekadinata, A.P. 2002. Deteksi perubahan lahan menggunakan citra satelit multisensor di Sumber-jaya, Lampung. Skripsi S1, Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institute Pertanian Bogor. Bogor.
- Faminow, D.M. and E.A. Rodriguez. 2001. Biodiversity of Flora and Fauna in Shaded Coffee Systems. ICRAF – Latin America Regional Office. Lima.
- Giovanucci, D. 2003. The State of Sustainable Coffee: A study of twelve major market. Columbia: ICO.
- Gintings, A. N. 1982. Aliran Permukaan dan Erosi Tanah yang Tertutup Tanaman Kopi dan Hutan Alam di Sumberjaya - Lampung Utara. Laporan No. 399. Bogor, Balai Peneli-tian Hutan
- Gitinger, J.P. 1982. Economic Analysis of Agricultural Projects. Second Edition. Baltimore, Johns Hopkin University Press.
- Hartobudoyo, D. 1979. Pemangkasan Kopi. Jember, Balai Penelitian Perkebunan Bogor, Sub Balai Penelitian Budidaya.
- IBRD/The World Bank. 2003. Global Economic Prospect 2004, Realizing the Develop-ment Promise of the Doha Agenda. Washington DC.

- Kuncoro, S.A. and S. Budidarsono. 2003. Improving Resilience through diversity – Analysis on shaded coffee system in Sumberjaya watershed, West Lampung, Indonesia. Working Paper. ICRAF – SEA, Bogor
- Kusworo, A. 2000. Perambah Hutan atau Kambing Hitam? Potret Sengketa Kawasan Hutan di Lampung. Bogor, Pustaka Latin. pp 101
- Perfecto, I. dan I. Armbrrecht. 2003. 'The Coffee Agroecosystem in the Neotropics: Combining Ecological and Economic Goals'. dalam Vandermeer, J.H. (Ed) Tropical Agroecosystems, pp 159-194. Florida, CRC Press
- Soto-Pinto, L.; Perfecto I.; Castillo-Hernandez, J. and J. Caballero-Nieto. 2000. Shade Effect on Coffee Production at the Northern Tzeltal zone of the State of Chiapas, Mexico. *Agriculture Ecosystems and Environment*: 80, 61-69.
- Verbist, B.; Ekadinata, A.P. dan S. Budidarsono. 2004. Penyebab alih guna lahan dan akibatnya terhadap fungsi daerah aliran sungai (DAS) pada lansekap agroforestri berbasis kopi di Sumatra. *Agrivita* 26 (1): 29-38.
- Vosti, S.A.; Witcover, J.; Gockowski, J.; Tomich, T.P.; Carpentier, C.L.; Faminow, M.; Oliveira, S. and C. Diaw. 2000. Working Group on Economic and Social Indicators – Report on Methods for the ASN Best-Bet Matrix.
- Wulan, Y. C. 2002. Penilaian manfaat ekonomi sistem kopi multistrata di Sumberjaya, Lampung Barat. Skripsi S1 Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor. pp 58.

Tabel Lampiran: Tanaman komersial di dalam kebun kopi multistrata

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Klas Strata	Frekuensi (%)
1	Dadap	<i>Erythrina sububrams</i>	D	89.5
2	Jarak	<i>Ricinus communis</i>	C	5.3%
3	Kihujan	<i>Gliricidia sepium</i>	C	84.2
4	Hamerang	<i>Ficus fulva</i>	C	26.3
5	Kayu afrika	<i>Maesopsis eminii</i>	E	21.1
6	Murbei	<i>Morus alba</i>	D	5.3
7	Petai china	<i>Leucaena leucocephala</i>	C	42.1
8	Teureup	<i>Artocarpus elasticus</i>	E	15.8
9	Tisuk	<i>Hibiscus cannabinus</i>	E	10.53
10	Waru	<i>Hibiscus spp.</i>	D	5.3
11	Bayur	<i>Pterospermum spp.</i>	E	5.3
12	Cemara	<i>Cryptomeria japonica</i>	E	5.3
13	Jati	<i>Tectona grandis</i>	E	10.5
14	Mahoni	<i>Swietenia mahogani</i>	E	15.8
15	Pasang	<i>Quercus sundaica</i>	E	21.1
16	Sawo Manila	<i>Manilkara zapota</i>	E	21.1
17	Sengon	<i>Paraserianthes falcataria</i>	D	21.1
18	Trembesi	<i>Samanea saman</i>	D	5.3
19	Suren	<i>Toona sureni</i>	E	10.5
20	Tenam	<i>Anisoptera spp.</i>	E	5.3
21	Sonokeling	<i>Dalbergia latifolia</i>	D	42.1
22	Alpukat	<i>Persea americana</i>	D	73.7
23	Asam	<i>Tamarindus indica</i>	E	10.5

Tabel Lampiran: Tanaman komersial di dalam kebun kopi multistrata (lanjutan).

No	Nama Lokal	Nama Ilmiah	Klas Strata	Frekuensi (%)
24	Belimbing	<i>Averrhoa bilimbi</i>	C	5.3
25	Cempedak	<i>Artocarpus integer</i>	E	10.5
26	Duku	<i>Lansium domesticum</i>	E	15.8
27	Durian	<i>Durio zibethinus</i>	D	78.9
28	Jambu air	<i>Syzygium aqueum</i>	C	36.8
29	Jambu batu	<i>Psidium guajava</i>	C	78.9
30	Jambu bol	<i>Eugenia malaccensis</i>	C	31.6
31	Jengkol	<i>Pithecellobium jiringa</i>	D	42.1
32	Jeruk	<i>Citrus nobilis</i>	C	36.8
33	Kedondong	<i>Spondias pinnata</i>	D	10.5
34	Lengkeng	<i>Dimocarpus longan</i>	D	10.5
35	Limus	<i>Mangifera foetida</i>	D	47.4
36	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	D	68.4
37	Nangka	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	D	100
38	Petai	<i>Parkia speciosa</i>	D	63.1
39	Rambutan	<i>Nephelium lappaceum</i>	D	52.6
40	Sawo	<i>Manilkara kauki</i>	D	15.8
41	Sirsak	<i>Annona muricata</i>	C	21.1
42	Tangkil	<i>Gnetum gnemon</i>	C	47.4
43	Aren	<i>Arenga pinnata</i>	E	47.4
44	Bambu	<i>Bambusoidea spp.</i>	E	42.1
45	Cengkeh	<i>Eugenia aromatica</i>	C	47.4
46	Coklat	<i>Theobroma cacao</i>	C	15.8
47	Kayu manis	<i>Cinnamomum burmanii</i>	C	68.4
48	Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	E	31.6
49	Kemiri	<i>Aleurites moluccana</i>	E	36.8
50	Kopi	<i>Coffea robusta</i>	B	100
51	Lada	<i>Piper nigrum</i>		
52	Pepaya	<i>Carica papaya</i>	B	36.8
53	Pinang	<i>Areca catechu</i>	D	10.5
54	Pisang	<i>Musa sp.</i>	B	89.5
55	Randu	<i>Ceiba pentandra</i>		
56	Salam	<i>Eugenia polyantha</i>	E	21.1
57	Cabe	<i>Capsicum frutescens</i>	A	5.3
58	Jahe	<i>Zingiber officinale</i>	A	10.5
59	Kapulaga	<i>Amomum compactum</i>	A	10.5
60	Kunyit	<i>Curcuma longa</i>	A	21.1
61	Laja	<i>Alpinia galanga</i>	A	10.5
62	Nanas	<i>Annanas comosus</i>	A	10.5
63	Salak	<i>Salacca zalacca</i>	A	10.5
64	Singkong	<i>Manihot esculenta</i>	A	5.3
65	Talas	<i>Colocasia esculenta</i>	A	15.8
66	Rambai	<i>Baccaurea motlevana</i>	A	5.3

Sumber : Wulan (2002)

Keterangan Klas Strata:

Strata A : ketinggian 0-1 meter, terdiri dari tanaman permukaan

Strata B : ketinggian 1-5 meter, terdiri dari kopi, pisang dan pepaya

Strata C : ketinggian 5-15 meter

Strata D : ketinggian 15-20 meter

Strata E : ketinggian lebih dari 20 meter

RESPON PETANI KOPI TERHADAP GEJOLAK PASAR DAN KONSEKUENSINYA TERHADAP FUNGSI TATA AIR: SUATU PENDEKATAN PEMODELAN¹

Desi Ariyadhi Suyamto, Meine van Noordwijk dan Betha Lusiana

World Agroforestry Center – ICRAF SE Asia, P.O. Box 161, Bogor 160011

ABSTRACT

Coffee may represent the highest total value of all traded agricultural commodities, but it has high volatility in price. This volatility affects farmers' decisions at strategic and tactical level, to adopt and manage coffee-based land use options. Where previous analyses of the profitability of various land use options have focused on long term averages, decision making in practice will follow the ups and downs of farmers expectations of benefits, that depend on their learning style and the information available. The FALLOW Model includes a highly stylized representation of a decision-making process by farmers that is mainly based on an integration of past performance and the most recent experience at landscape/community scale. Based on this model, price volatility substantially increases the time period required for farmers to settle on the mulistrata, mixed production system ('shade coffee') that probably represents the best strategic choice in the long run, for both farmers income and impact on watershed functions.

Keywords: coffee, price volatility, farmer's decision, FALLOW Model, watershed functions.

ABSTRAK

Kopi merupakan komoditas pertanian yang memiliki nilai perdagangan terbesar di antara komoditas sejenis, namun dengan volatilitas harga yang tinggi. Volatilitas tersebut mempengaruhi keputusan-keputusan petani (baik keputusan strategis maupun keputusan taktis) dalam mengadopsi dan mengelola sistem penggunaan lahan berbasis kopi. Analisis profitabilitas pada berbagai sistem penggunaan lahan yang pernah dilakukan dalam studi ekonomi terdahulu dapat memberikan gambaran nilai profitabilitas rata-rata jangka panjang dari setiap sistem yang dikaji, namun kenyataannya keputusan yang dibuat oleh para petani selalu mengikuti naik-turunnya harapan mereka terhadap nilai manfaat. Hal tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh dinamika informasi yang mereka peroleh, tetapi juga oleh gaya belajar yang mereka anut. Model FALLOW mencakup proses pengambilan keputusan oleh petani melalui teknik komputasi, yang mengintegrasikan kinerja masa lalu dengan pengalaman termutakhir pada skala

lansekap/komunitas. Berdasarkan hasil simulasi model tersebut, diketahui bahwa volatilitas harga memperpanjang jangka waktu yang dibutuhkan oleh petani untuk tetap mengadopsi sistem produksi kopi campuran atau multistrata. Sistem produksi campuran ('kopi naungan'), mungkin merupakan pilihan strategi terbaik untuk jangka panjang, baik ditinjau dari sisi pendapatan petani maupun dari sisi dampaknya terhadap fungsi tata air.

Kata kunci: kopi, volatilitas harga, keputusan petani, model FALLOW, fungsi tata air

PENDAHULUAN

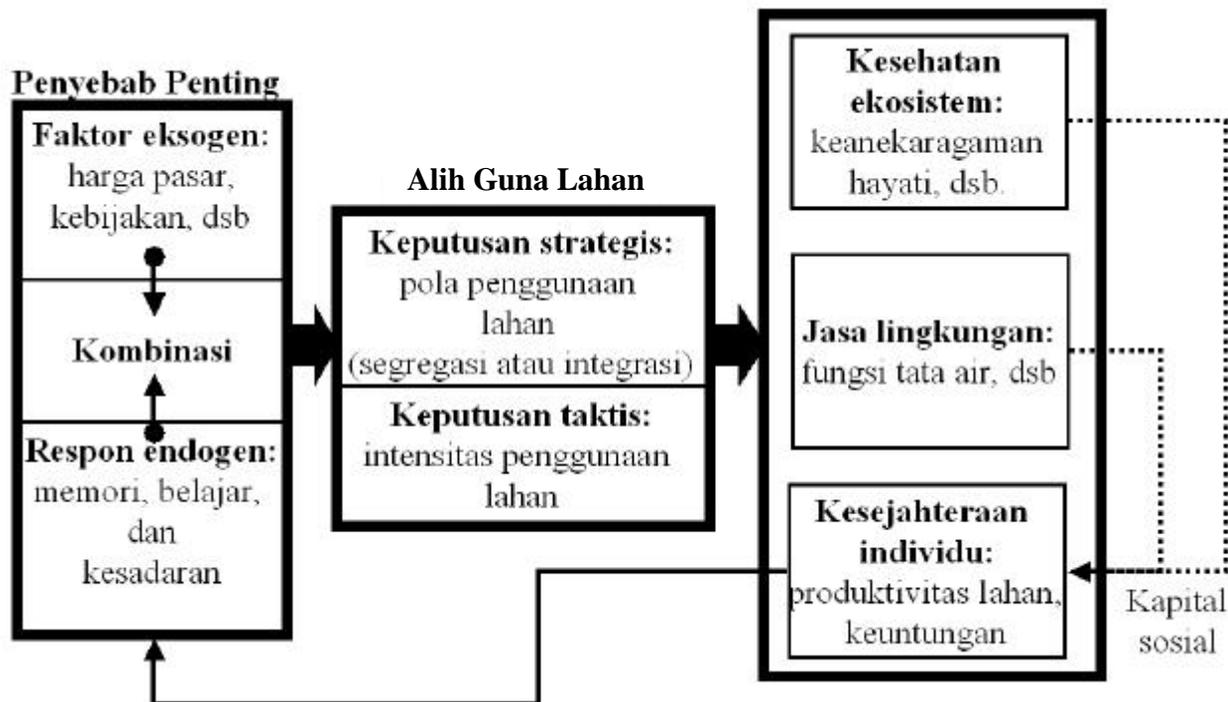
Latar belakang

Alih guna lahan dalam suatu lansekap terjadi sebagai implementasi keputusan para agen manusia, baik berupa keputusan strategis yang menentukan pola penggunaan lahan maupun keputusan taktis yang menentukan intensitas penggunaan lahan (Gambar 1).

Dasar pengambilan keputusan tersebut bisa didominasi baik oleh respon endogen agen, faktor-faktor eksogen maupun oleh kombinasi keduanya. Respon endogen agen sangat dipengaruhi oleh kapasitas memori agen dalam menyimpan informasi, bagaimana agen mempelajari informasi baru, dan bagaimana kesadaran agen dalam menerjemahkan suatu informasi. Alih guna lahan yang terjadi bisa secara langsung mempengaruhi respon endogen agen sebagai umpan balik (*feedback*), selama konsekuensi dari alih guna lahan tersebut terkait dengan kesejahteraan individu dari agen tersebut. Hal tersebut oleh Slovic (1987) digambarkan sebagai persepsi agen yang berhubungan dengan resiko dari suatu aktivitas, dimana aktivitas tersebut memiliki fatalitas yang tinggi dan disadari oleh agen sebagai aktivitas beresiko tinggi.

Pada beberapa hal, konsekuensi alih guna lahan terhadap jasa lingkungan mampu mempengaruhi respon endogen agen jika didukung oleh kapital sosial yang berperan sebagai penerjemah (*interpreter*) informasi dari 'kode kesejahteraan sosial' ke 'kode kesejahteraan individu', yang dalam praktek berbentuk aturan-aturan normatif atau kontrol sosial (Ajzen, 1991). Untuk konsekuensi alih guna lahan terhadap kesehatan ekosistem, diperlukan *interpreter*

¹ Makalah ini dikembangkan dari dua makalah lama yang pernah disampaikan sebelumnya dalam *International Congress on Modelling and Simulation MODSIM 2003*, 14-17 Juli 2003, *Townsville, Australia* dan *International Colloquium on LUCC and Environmental Problems*, 19-21 Desember 2003, *Bogor, Indonesia*. Lihat dari Suyamto *et al* (2003).



Gambar 1. Lansekap berubah akibat keputusan-keputusan yang dilakukan oleh para agen manusia, dimana umpan balik dari konsekuensi akibat perubahan tersebut bisa langsung terjadi jika menyangkut kesejahteraan individu, dan memerlukan kapital sosial untuk jenis-jenis konsekuensi lainnya.

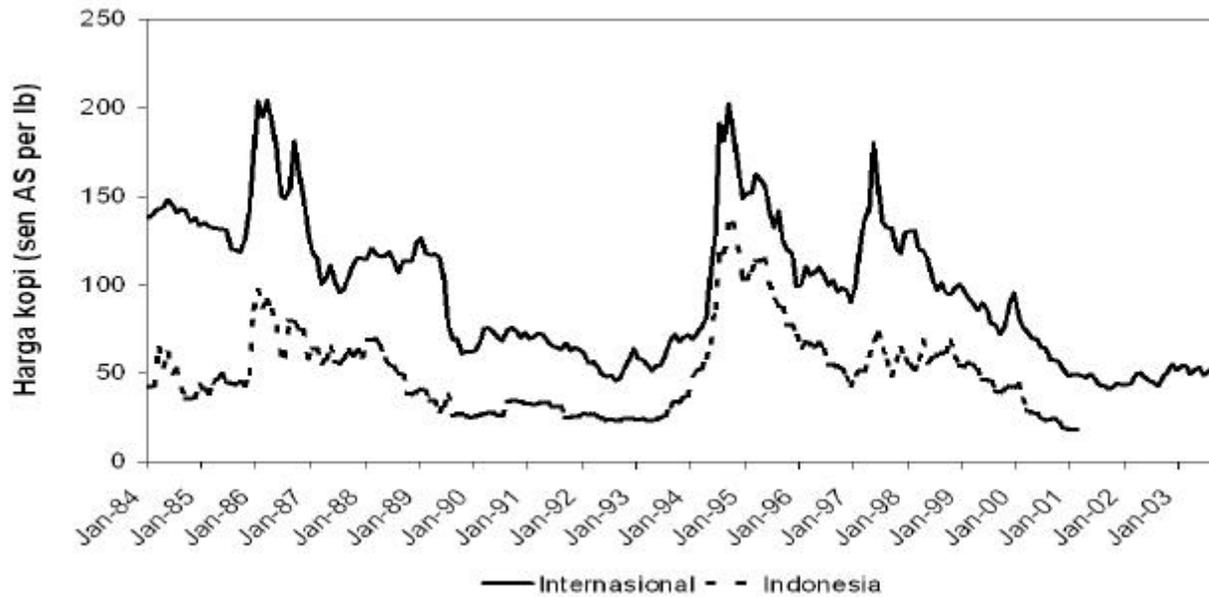
pada skala yang lebih luas lagi, yaitu skala global, karena kesehatan ekosistem berpengaruh langsung terhadap kesehatan planet bumi. Tentu saja, pembentukan *interpreter* dari jenis konsekuensi yang terakhir ini menjadi sangat kompleks, sebagaimana kerumitan yang dihadapi dalam pembicaraan-pembicaraan yang terkait dengan isu-isu keanekaragaman hayati atau cadangan karbon.

Pasar merupakan salah satu faktor eksogen dalam alih guna lahan. Sebagai contoh, kopi adalah komoditas pertanian tropis dengan volatilitas² harga yang relatif tinggi, baik di pasar internasional maupun di tingkat petani lokal. Gambar 2 menunjukkan fluktuasi harga kopi bulanan di pasar internasional yang secara umum hampir diikuti oleh pola fluktuasi harga yang dibayarkan kepada petani di Indonesia. Jika volatilitas direpresentasikan sebagai logaritmik rasio perubahan harga, maka pergerakan harga kopi dari bulan ke bulan berkisar dari -0.31 hingga 0.40 di pasar internasional, sedangkan di Indonesia berkisar dari -0.38 hingga 0.55 (Gambar 3).

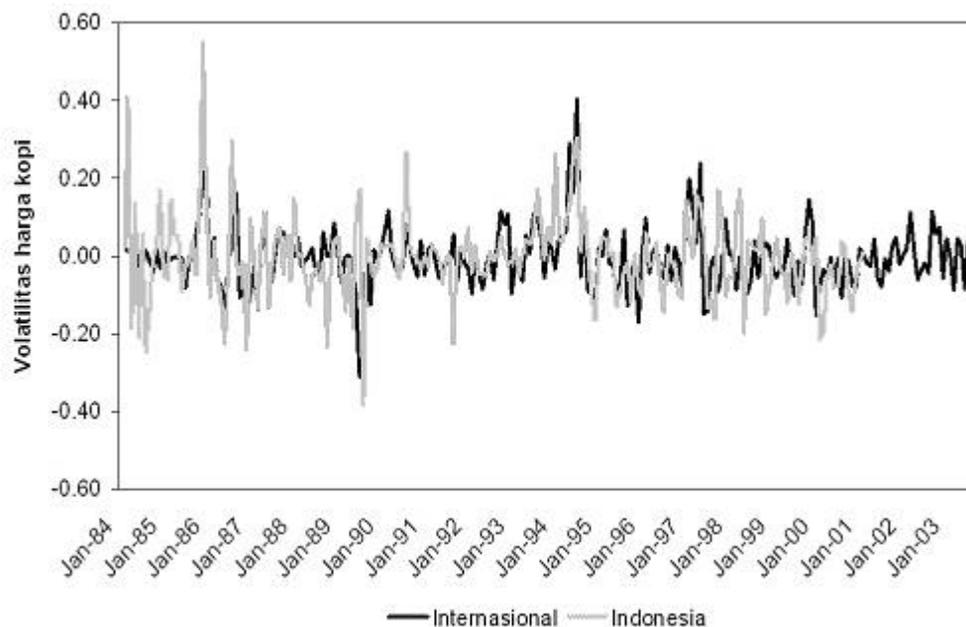
² Volatilitas harga merupakan indikator fluktuasi harga dari waktu ke waktu, yang mengukur besar dan arah perubahan harga, relatif terhadap harga sebelumnya. Volatilitas dapat direpresentasikan sebagai bentuk logaritmik perubahan harga relatif, seperti yang digunakan dalam makalah ini, yaitu $\log \frac{p_t}{p_{t-1}}$, dimana p_t merupakan harga pada waktu ke-t dan p_{t-1} merupakan harga sebelumnya.

Gejolak harga kopi di pasar internasional dikendalikan oleh dinamika produksi kopi di Brasilia, Kolombia, Vietnam, Indonesia dan India. Gambar 4 memperlihatkan bahwa selama kurun waktu dua dasawarsa terakhir, peningkatan jumlah pasokan kopi dunia sejak tahun 1997 disebabkan oleh *booming* produksi kopi di Vietnam dan panen raya di Brasilia, sementara pasokan dari tiga negara lima-besar lainnya tetap berjalan, meskipun dalam jumlah yang hampir tidak berubah. Sayangnya, peningkatan jumlah pasokan tersebut tidak selaras dengan peningkatan jumlah permintaan yang relatif stabil (Perfecto dan Armbrrecht, 2003), yang akhirnya membuat harga kopi di pasar internasional anjlok sampai ke titik yang terendah. Gejolak produksi kopi tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi alam maupun kondisi politis/ekonomis wilayah tanam kopi. Di Brasilia, bencana alam, baik kebekuan (*frost*) maupun kekeringan, merupakan faktor utama yang mempengaruhi gejolak produksi kopinya. Sedangkan *booming* di Vietnam dipicu oleh produksi kopi intensif melalui proyek besar yang didanai oleh Bank Dunia dan Dana Pembangunan Asia (Perfecto dan Armbrrecht, 2003).

Volatilitas harga kopi mempengaruhi keputusan-keputusan petani dalam mengadopsi sistem penggunaan lahan yang paling *lucrative*. Sebagai contoh, Lampung merupakan wilayah pemasok kopi robusta terbesar di Indonesia, dengan kontribusi ke



Gambar 2. Pola pergerakan harga kopi bulanan di pasar internasional (indikator ICO) dan yang dibayarkan kepada petani di Indonesia (untuk jenis robusta). (Sumber: *International Coffee Organization*).

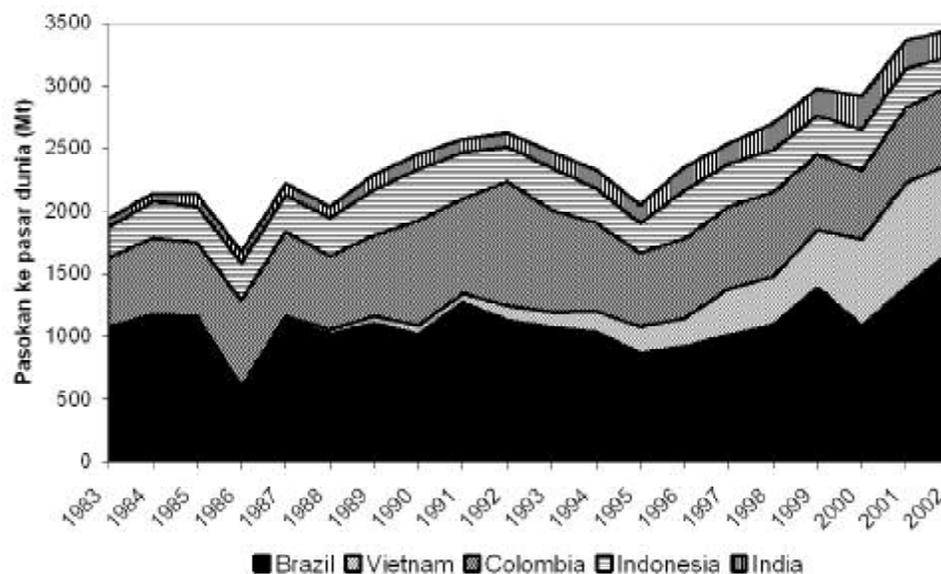


Gambar 3. Volatilitas harga kopi bulanan di pasar internasional dan di Indonesia, direpresentasikan dalam bentuk logaritmik rasio. Volatilitas tersebut mengindikasikan fluktuasi harga dari waktu ke waktu, dengan mengukur besar dan arah perubahan harga, relatif terhadap harga sebelumnya. (Hasil olahan penulis dari data harga kopi bulanan berdasarkan pengamatan International Coffee Organization).

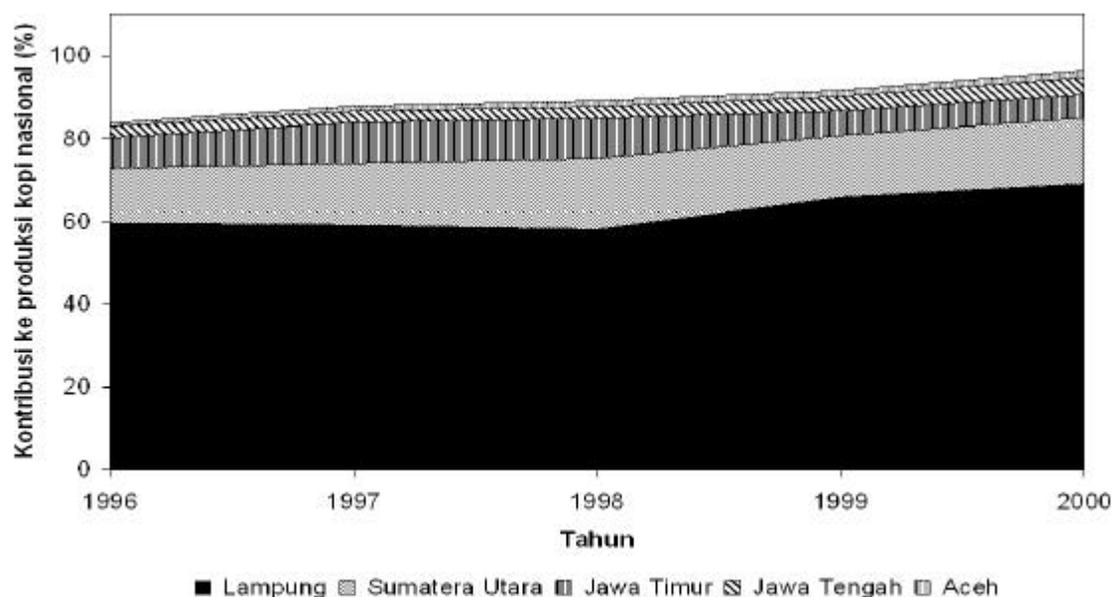
total produksi nasional sekitar 69% pada tahun 2000 (Gambar 5). Sejarah perubahan landsekap di wilayah ini terkait erat dengan volatilitas harga kopi (Leimona, 2001; Verbist *et al.*, 2002 atau Verbist *et al.*, 2004). Selama puluhan tahun, petani kopi di wilayah ini mencoba meredam gejolak pasar dengan cara meningkatkan diversitas produk dengan jalan menanam

jenis-jenis tanaman ekonomis yang lain dalam lahan yang sama seperti sistem agroforestri, sehingga resiliensi³ mereka terhadap ketidakpastian pasar meningkat. Keamanan mengelola lahan (*land tenure*), merupakan faktor lain yang mempengaruhi adopsi petani terhadap suatu sistem penggunaan lahan. Adopsi

³ Resiliensi merepresentasikan kapasitas suatu sistem dalam memelihara seluruh kendali dan fungsi yang dimiliki ketika mengalami gangguan. Untuk lebih detail mengenai konsep resiliensi, baca Holling dan Gunderson (2002).



Gambar 4. Pasokan kopi ke pasar dunia dari lima besar negara produsen kopi saat ini. (Sumber: *International Coffee Organization*).



Gambar 5. Lima Daerah penghasil kopi di Indonesia. (Sumber: AEKI).

tersebut berdasarkan pada persepsi petani terhadap ukuran resiko dan ketidakpastian masa depan.

Karena adanya kompleksitas alih guna lahan yang melibatkan berbagai faktor penyebab sebagaimana telah diuraikan di atas, maka dibutuhkan suatu pendekatan yang mampu mengintegrasikan dan sekaligus menyarikan seluruh proses terkait ke dalam suatu model simulasi. Dalam memahami alih guna lahan serta konsekuensinya melalui pendekatan pemodelan, terdapat tiga kelompok model berdasarkan tingkatan kerangka konseptual yang dimiliki, yaitu:

1. model-model yang menggambarkan alih guna lahan dari peluang transisi penggunaan lahan berdasarkan trayeksi data historis. Selanjutnya

menduga konsekuensi dari adanya perubahan tersebut, seperti analisis spasial terhadap alih guna lahan yang dilakukan oleh Wear dan Bolstad (1998);

2. model-model yang mulai mempertimbangkan peran faktor penyebab terjadinya alih guna lahan, Selanjutnya menduga konsekuensi dari perubahan tersebut, misalnya model spasial yang melihat peran pembangunan jalan terhadap alih guna lahan dan deforestasi yang dilakukan oleh Chomitz dan Gray (1996) atau model CLUE yang melihat peran faktor penyebab alih guna lahan di berbagai lokasi (Veldkamp dan Fresco, 1996a; Veldkamp dan Fresco, 1996b; de Koning *et al.*, 1998; dan de Koning *et al.*, 1999); serta

3. model-model yang melihat bagaimana agen penyebab alih guna lahan merespon terhadap konsekuensi adanya alih guna lahan, yang selanjutnya akan mempengaruhi pengambilan keputusan perubahan lahan di masa mendatang secara dinamis, sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.

Makalah ini akan memaparkan aplikasi dari model simulasi FALLOW⁴ yang mencakup dinamika alih guna lahan pada suatu lansekap. Model ini dibangun pada kerangka pemikiran kelompok 3 yang mencakup proses pengambilan keputusan oleh agen manusia sebagai respon terhadap perubahan lingkungannya melalui proses belajar. Dalam mengadopsi suatu sistem penggunaan lahan, agen manusia di dalam model ini melakukan pengambilan keputusan berdasarkan pada persepsi mereka mengenai beberapa jenis resiko, antara lain resiko terhadap penurunan kesuburan tanah, ketahanan pangan, serta ekonomi rumah tangga. Tulisan ini membahas aplikasi model untuk melihat respon petani dalam mengadopsi suatu jenis sistem penggunaan lahan tertentu berdasarkan persepsi mereka mengenai resiko ekonomi rumah tangga akibat ketidakpastian harga komoditas pertanian utama. Untuk itu, lansekap Sumberjaya digunakan untuk menguji sensibilitas model yang berhubungan dengan dua pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana petani membuat keputusan yang berhubungan dengan alih guna lahan sebagai respon terhadap adanya gejolak harga pasar
2. Bagaimana dampak alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian terhadap fungsi tata air.

METODOLOGI

FALLOW: Model Dinamika Lansekap

Model FALLOW dibangun sebagai alat penduga dampak alih guna lahan pada tingkat lansekap, sebagai upaya mengintegrasikan pemahaman kita yang termutakhir mengenai interaksi lansekap-mosaik-sumberdaya (van Noordwijk, 2002). Model ini mempertimbangkan peran-peran agen manusia (yaitu petani) dalam mentransformasikan lansekap, bagaimana respon biofisik terhadap transformasi tersebut dari tingkat plot hingga lansekap melalui kaidah-kaidah penskalaan (*scaling rules*), serta respon kognitif maupun afektif para agen terhadap perubahan lansekap yang terjadi, yang menentukan transisi lansekap berikutnya.

Putaran (*loop*) dari modul-modul dinamis di dalam FALLOW (Gambar 6) dapat dijelaskan mulai dari bagaimana terjadinya proses dinamis kesuburan tanah pada tingkat plot berdasarkan model sederhana

Trenbath (van Noordwijk, 2002): dimana terjadi penurunan kesuburan tanah selama periode penanaman (*cropping*) dan pemulihan selama periode pemberaan (*fallow*). Kondisi kesuburan tanah suatu plot menentukan produktivitas tanaman pertanian, tergantung dari jenis tanaman serta efek-efek stokastis cuaca, hama dan penyakit. Total produksi tanaman pertanian dari seluruh lansekap, bersama dengan hasil panen dari sistem-sistem produksi lainnya (misalnya dari agroforestri, kegiatan pemanenan hasil hutan, atau sistem perkebunan monokultur) mempunyai kontribusi dalam menentukan kecukupan pangan dan tingkat ekonomi rumah tangga, melalui proses pencadangan pangan dan aktivitas perdagangan. Para petani, dengan kearifan (*knowledge*) yang merupakan hasil dari proses belajar selama simulasi, akan membuat keputusan-keputusan strategis yang terkait dengan pola pengelolaan lahan dan keputusan-keputusan taktis dalam intensitas pengelolaan lahan, meliputi alokasi tenaga kerja untuk melakukan berbagai aktivitas ekonomi produktif. Ketika kebutuhan lahan pertanian telah ditetapkan, para petani akan menerapkannya melalui proses identifikasi ketersediaan sumberdaya, baik lahan maupun tenaga kerja. Sumberdaya lahan dipilih berdasarkan persepsi mereka mengenai kesesuaian lahan, yang direpresentasikan sebagai nilai daya tarik lahan, yang mengintegrasikan tingkat kesuburan tanah relatif dan aksesibilitas lahan, baik aksesibilitas dari aspek spasial (jarak yang mempengaruhi biaya transportasi) maupun dari aspek legal (status penguasaan lahan). Pilihan mengenai jenis tanaman pertanian dibuat berdasarkan kearifan mereka mengenai respon tanaman terhadap tingkat kesuburan tanah (misalnya, ketika tingkat kesuburan tanah relatif rendah, petani telah memiliki pengetahuan untuk lebih memilih menanam ketela pohon dibandingkan padi). Aktivitas yang terkait dengan transformasi lahan tersebut selanjutnya akan mempengaruhi proses-proses biofisik, seperti proses suksesi alamiah ataupun proses dinamika kesuburan tanah.

FALLOW pada awalnya difokuskan untuk memodelkan periode transisi yang terjadi pada sistem perladangan berpindah ke rotasi tanam-bera, dengan memasukkan sistem agroforestri dan seri-seri suksesi alamiah (van Noordwijk, 2002). Saat ini, FALLOW telah mempertimbangkan jenis-jenis lanjutan dari sistem penggunaan lahan dan pemanfaatan sumberdaya alam, merentang dari sistem agroforestri ke sistem perkebunan monokultur. Selanjutnya, FALLOW menyediakan kotak-piranti (*toolbox*) untuk melakukan pendugaan dampak alih guna lahan terhadap ketahanan pangan, fungsi-fungsi tata air, keanekaragaman hayati dan cadangan karbon. Model ini dibangun dengan menggunakan PCRaster, yaitu alat pemodel spasial, yang memungkinkan model ini

⁴ Singkatan dari (*F*)orests, (*A*)groforests, (*L*ow-value-(*L*)andscape, (*O*)r, (*W*)astelands? yang menggambarkan proses dinamis transisi lahan dan konsekuensinya pada suatu lansekap

diaplikasikan dalam ukuran yang relatif besar dengan menggunakan data spasial.

Kesuburan tanah dan produktivitas tanaman pada tingkat plot

Model FALLOW mengadopsi model sederhana Trenbath (1989), yang mengasumsikan bahwa kesuburan tanah menurun secara proporsional selama periode penanaman dan membaik selama periode pemberaan, sesuai dengan waktu paruh pemulihan kesuburan. Secara operasional, kesuburan tanah didefinisikan sebagai 'kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman'. Pupukan dapat mempengaruhi kesuburan tanah dengan mereduksi laju penurunan kesuburan. Produktivitas tanaman dipengaruhi oleh kesuburan tanah, sensitivitas tanaman terhadap perubahan cuaca dan serangan hama-penyakit. Pertanian lahan basah dibedakan dengan lahan kering berdasarkan pada produktivitas tanaman dan dinamika kesuburan lahannya.

Parameterisasi model FALLOW yang berkaitan dengan dinamika kesuburan tanah dan produktivitas lahan, bisa dilakukan dengan menggunakan hasil simulasi dari model-model agroforestri pada tingkat plot (seperti WaNuLCAS) atau melalui survei agronomis (Gambar 6).



Gambar 6. Kerangka konseptual model FALLOW, dan hubungannya dengan model-model agroforestri pada tingkat plot, seperti WaNuLCAS.

Ekonomi rumah-tangga

Bila dibandingkan dengan versi sebelumnya (Van Noordwijk, 2002), model FALLOW versi terbaru telah secara eksplisit memasukkan ekonomi terbuka dengan memadukan rumah-tangga dan pasar secara utuh. Agen dapat melakukan pertukaran pangan dan sumberdaya lainnya (dengan biaya tertentu terkait

dengan proses transaksi) dan dengan adanya kapital finansial sebagai bentuk cadangan rumah tangga alternatif, selain dari lumbung pangan (*food store*). Pada akhirnya, cadangan moneter yang diperoleh dari pemasaran sumberdaya bukan pangan tersebut dapat menjadi suplemen, bahkan bisa menjadi sumber dominan dari ketahanan pangan. FALLOW juga mempertimbangkan preferensi konservatif petani yang memprioritaskan aktivitas produksi pangan lokal, dan dalam keputusan taktis pengalokasian tenaga kerja.

Pembuatan keputusan strategis

Keputusan strategis merefleksikan hal-hal yang telah dipelajari oleh para petani dalam model simulasi mengenai kinerja aktual dari sistem-sistem produksi di suatu wilayah. Dalam belajar, petani bisa memiliki gaya belajar yang merentang dari gaya belajar konservatif (didominasi oleh tren jangka panjang) ke gaya belajar kreatif (didominasi oleh pengalaman dan informasi terkini). Nilai harapan dari upah (*expected return to labor*), sebagai hasil proses belajar, tidak hanya mempengaruhi keputusan strategis dalam menentukan pola penggunaan lahan, namun juga keputusan-keputusan taktis (tahunan) dalam intensitas penggunaan lahan dan pengalokasian tenaga kerja pada berbagai aktivitas ekonomis produktif. Jika $M_{a,t}$ melambangkan memori agen (petani) mengenai nilai harapan dari upah tenaga kerja dari aktivitas ekonomis produktif a sebagai hasil belajar hingga waktu t , dan $E_{a,t}$ merupakan pengalaman terkini (pada waktu t) yang didapatkan mengenai nilai tingkat upah tenaga kerja dari aktivitas a , maka perubahan dalam nilai pengharapan yang akan mempengaruhi keputusan pada waktu $t+1$ dirumuskan sebagai $a(E_{a,t} - M_{a,t})$. Parameter a mengindikasikan gaya belajar dan bervariasi antara 0 hingga 1. Nilai 1 jika agen mengabaikan semua pengalaman masa lalu (di sini, mereka diindikasikan sebagai agen yang 'eksperimental') dan 0 ketika agen sangat 'konservatif' dalam menjaga informasi lama (tradisi) namun sebaliknya mengabaikan informasi terkini.

Implementasi

Implementasi meliputi pelaksanaan keputusan-keputusan strategis maupun keputusan-keputusan taktis, yang dilakukan setelah melalui identifikasi ketersediaan sumberdaya, baik lahan maupun tenaga kerja. Kegiatan pembukaan lahan pertanian dilakukan berdasarkan perbandingan dan ranking dari 'daya tarik lahan', yang ditentukan oleh nilai kesuburan tanah, status penguasaan lahan (dengan preferensi untuk melakukan privatisasi melalui pemanfaatan lahan tak 'bertuan'), dan aksesibilitas, serta oleh aturan-aturan yang membatasi pembukaan lahan pada beberapa bagian lansekap (misalnya hutan lindung). Modul implementasi dalam FALLOW juga

mempertimbangkan pilihan agen terhadap jenis tanaman pertanian, berdasarkan hasil panen yang diharapkan dari sejumlah pilihan tanaman, yang ditentukan oleh nilai kesuburan tanahnya.

Alih guna lahan

Alih guna lahan terjadi sebagai akibat transformasi lahan yang dilakukan oleh agen, serta dinamika biofisik yang terjadi akibat transformasi tersebut. FALLOW secara eksplisit mempertimbangkan proses suksesi alamiah dari lahan yang diberakan menuju hutan dan tahap-tahap pertumbuhan dari sistem pertanian menahun (agroforestri atau kebun monokultur). Status suksesional dari setiap plot menentukan kontribusi plot tersebut terhadap cadangan karbon, keanekaragaman hayati, maupun fungsi-fungsi tata air.

Konsekuensi terhadap fungsi-fungsi tata air

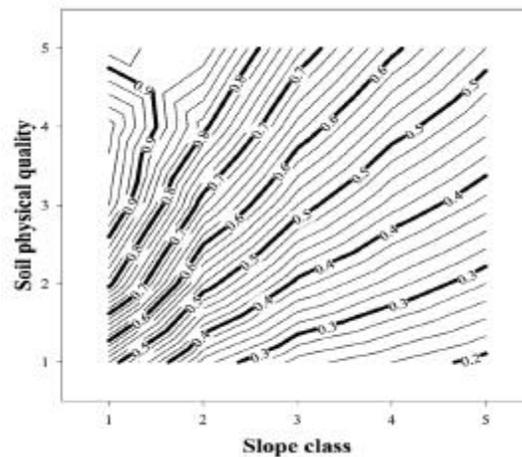
Makalah ini hanya membahas kotak-piranti penduga dampak alih guna lahan terhadap fungsi-fungsi tata air. Kotak piranti penduga untuk jenis konsekuensi lainnya akan dibahas di tempat lain.

FALLOW menghitung neraca air sederhana pada tingkat plot, dengan alokasi dari hujan, evapotranspirasi, dan infiltrasi. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh kualitas fisik tanah yang bisa membaik atau memburuk, tergantung pada jenis tutupan lahan dan besarnya pasokan pangan (bahan organik) untuk organisme tanah. Selain kualitas fisik tanah, infiltrasi juga ditentukan oleh kelerengan lahan (Gambar 7). Surplus dari tahap *filtering* pertama ini menentukan jumlah limpasan langsung atau limpasan permukaan (*overland flow*).

Pada kondisi tanah yang jenuh, air yang terinfiltrasi akan mengalir keluar sebagai limpasan tak langsung atau limpasan dalam tanah (*subsurface quick flow*), yang bersama-sama dengan limpasan permukaan menghasilkan limpasan total (*storm flow*). Air yang mencapai cadangan air tanah (*groundwater storage*) dilepaskan sebagai aliran dasar (*base flow*). Limpasan permukaan dikalikan dengan konsentrasi sedimen rata-rata dari setiap kelas tutupan lahan menentukan erosi bruto. FALLOW juga mempertimbangkan fungsi saring (*filtering*) potensial pada setiap plot - tergantung dari persentase tutupan seresah (*contact cover*) - untuk menghitung kehilangan erosi neto dan menentukan jumlah muatan sedimen di dalam sungai. Tahap paling kritis dari proses alih guna lahan ditemukan pada tahap pioner, karena efisiensi *filtering*-nya relatif rendah. Efek filter hanya diperoleh sepanjang jalur limpasan langsung, yang akhirnya memberikan relevansi spesifik terhadap 'mintakat saring sempadan' (*riparian filter zone*).

Masukan data faktor eksogen harga kopi

Mengingat tujuan dari uji sensibilitas model ini adalah untuk mengetahui respon petani terhadap gejolak harga kopi, maka sebagai rujukan digunakan harga kopi yang



Gambar 7. Fraksi infiltrasi dari suatu plot tergantung pada kelerengan dan kualitas fisik tanah; kelerengan diklasifikasikan menurut USLE (1: <1%, 2: 1%-3%, 3: 3%-5%, 4: 5%-20%, 5: >20%); dimana kualitas fisik tanah merepresentasikan stabilitas agregatnya.

stabil, dipatok pada Rp 3000 per kg, yang merupakan harga rata-rata kopi di Sumberjaya selama sekitar satu dasawarsa terakhir (Leimona, 2001). Opsi perkebunan cengkeh monokultur diperkenalkan dengan harga asumsi stabil pada Rp 2500 per kg, sebagai tambahan dari opsi-opsi agroforestri kopi, perkebunan monokultur kopi dan jenis-jenis rotasi tanam-bera. Tiga jenis data deret-waktu harga kopi dibangkitkan untuk simulasi sensitivitas selama 100 tahun dengan menggunakan data inisial dari kondisi lahan di Sumberjaya pada tahun 1985⁵.

Data bangkitan tersebut merepresentasikan skenario keanjlokkan sesaat dengan volatilitas sangat tajam, yaitu sekitar $\pm 1,79$ (Gambar 8A), keanjlokkan dengan volatilitas sedang ($\pm 0,69$) namun dengan jangka pemulihan memakan waktu 14 tahun (Gambar 8B), dan gejolak harga dengan volatilitas sedang, namun dengan frekuensi yang cukup tinggi, yaitu sekitar 0.615 (Gambar 8C).

Atribut Endogen Agen

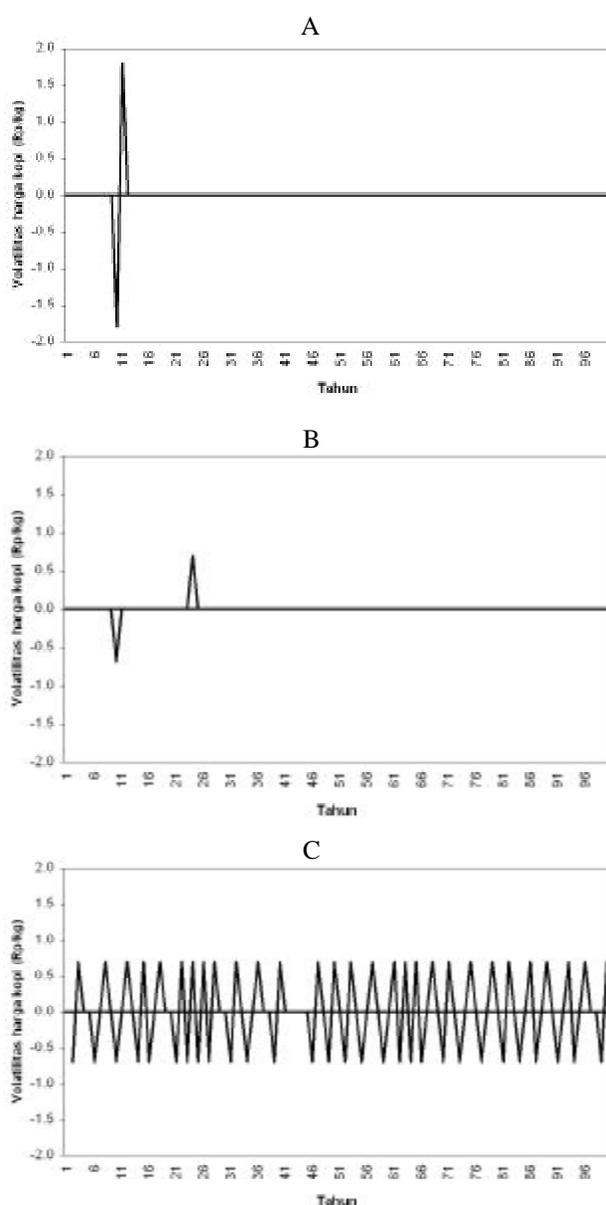
Simulasi ini menggunakan parameter $a = 0,75$, sehingga agen di dalam model cenderung 'eksperimental', namun masih berhati-hati dengan tetap menjaga sebagian informasi lama.

HASIL

Alih guna lahan

Dengan skenario harga stabil (Gambar 9A), hasil simulasi pada dua dasawarsa pertama menunjukkan penurunan luas tutupan hutan, dimana petani

⁵ Direklasifikasikan dari peta BPN (Badan Pertanahan Nasional). Sumber data langsung: Hadi DP, Spatial Analysis Unit, the World Agroforestry Centre, Southeast Asia Regional Office, Bogor, Indonesia.



Gambar 8. Gejolak harga kopi yang digunakan dalam simulasi: (A) keanjlokkan sesaat dengan volatilitas tinggi; (B) keanjlokkan dengan jangka pemulihan lama; dan (C) gejolak berfrekuensi tinggi. Harga stabil rujukan berada pada Rp 3000 per kg.

berekspimen dengan sistem monokultur kopi dan sistem agroforestri kopi sebelum akhirnya menetap pada sistem agroforestri kopi. Sistem agroforestri kopi tersebut sebagai bentuk pengusahaan yang lebih menguntungkan dengan upah tenaga kerja yang lebih tinggi per satuan tenaga kerja yang dialokasikan selama siklus produksi. Skenario dimana terjadi keanjlokkan harga sesaat dengan volatilitas tinggi membuat petani melakukan diversifikasi usaha dengan sistem perkebunan monokultur cengkeh dan sistem perkebunan monokultur kopi, dengan jangka

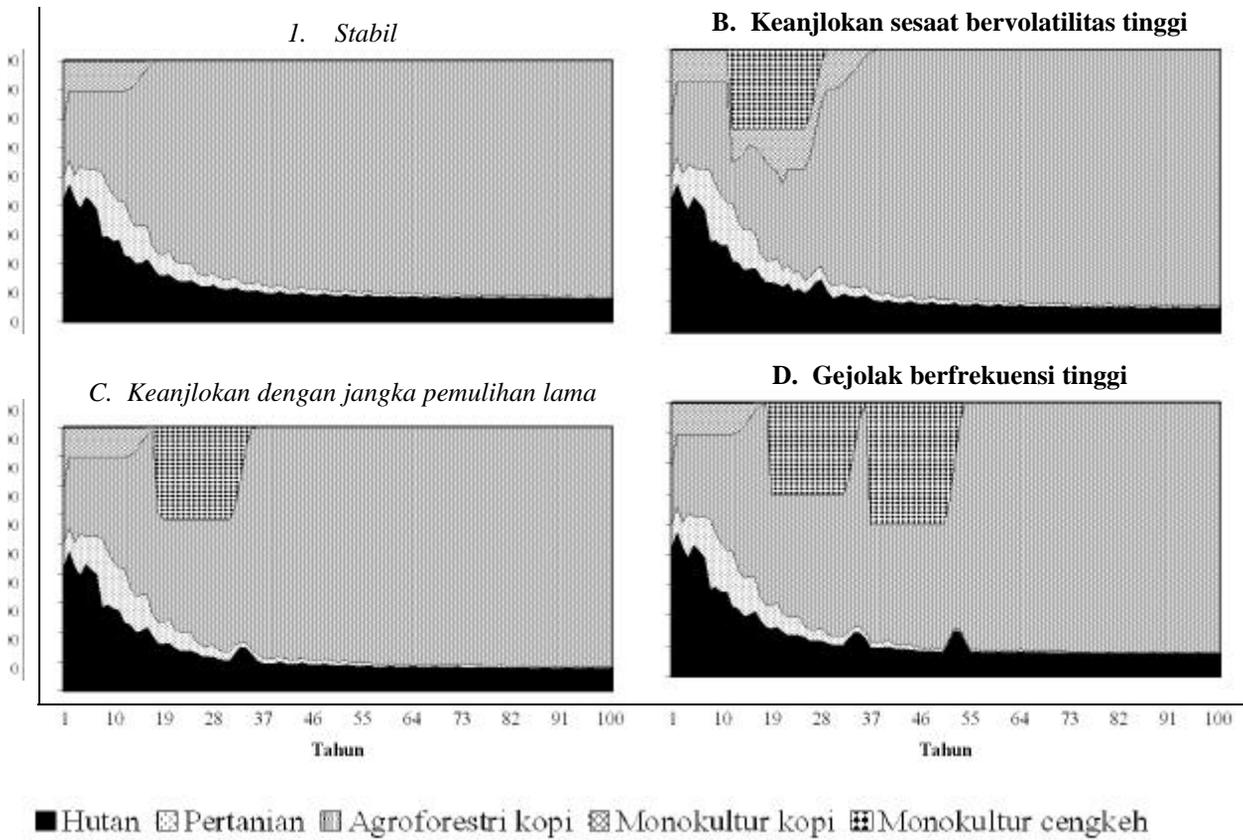
eksperimentasi selama kurang lebih 40 tahun sebelum menetap ke agroforestri kopi (Gambar 9B).

Pada skenario harga anjlok dengan jangka pemulihan yang lama, harga kopi yang rendah pada 'fase eksperimental' mendorong petani untuk mencoba sistem perkebunan cengkeh monokultur selama kurang lebih 40 tahun. Tindakan tersebut dalam jangka panjang ternyata kurang menguntungkan dibandingkan dengan sistem agroforestri kopi, sehingga akhirnya petani mengadopsi sistem agroforestri secara stabil (Gambar 9C). Pada skenario dengan gejolak harga yang sangat sering, eksperimentasi dengan sistem monokultur cengkeh mencapai waktu lebih lama lagi, yaitu sekitar 55 tahun (Gambar 9D).

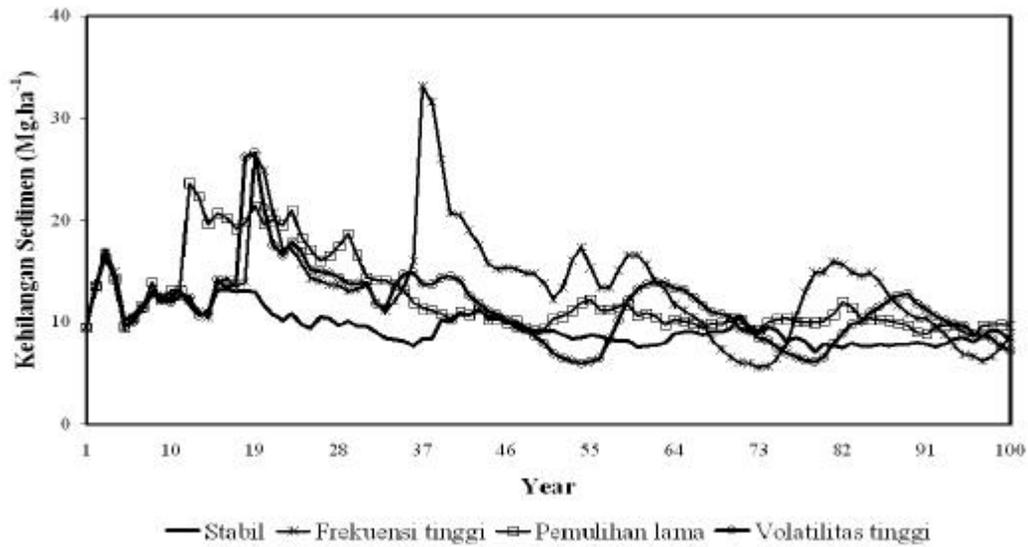
Konsekuensi terhadap fungsi-fungsi tata air

Sebagai konsekuensi dari kapasitas adaptif petani dalam melakukan eksperimentasi dan reorganisasi pola penggunaan lahan dalam merespon gejolak harga kopi yang akhirnya mempengaruhi fungsi-fungsi *filtering* lahan, muatan sedimen di dalam sungai diperkirakan meningkat hingga 400% ($35 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{tahun}^{-1}$) dari nilai yang diperoleh pada kondisi harga stabil (Gambar 10).

Hasil simulasi yang disajikan dalam makalah ini merupakan upaya awal untuk menguji sensitivitas model FALLOW terhadap perubahan berbagai parameter, sebagai bagian dari uji sensibilitas kualitatif ('masuk akal?'). Dengan skenario perubahan harga kopi di atas, model telah terbukti memberikan hasil simulasi alih guna lahan yang 'masuk akal', dari sisi bagaimana petani di dalam model ini belajar dari pengalaman-pengalamannya untuk akhirnya secara stabil mengadopsi sistem agen dengan gaya belajar yang berlawanan terhadap aliran informasi yang sama. Grafik tersebut menjelaskan bahwa jika agen merupakan 'eksperimenter', maka dinamika alih guna lahan cenderung mendekati dinamika informasi aktual mengenai 'keuntungan', meskipun faktor-faktor lain yang terkait dengan ketersediaan sumberdaya untuk melakukan pengubahan lahan masih akan menjadi pertimbangan selanjutnya dalam implementasi. Sedangkan agen 'konservatif' akan mempertahankan 'keyakinan' lama dalam merespon informasi baru. Sehingga, untuk pengembangan selanjutnya, akan dimasukkan heterogenitas penggunaan lahan yang paling menguntungkan. Namun demikian, konsep model yang ada saat ini belum mempertimbangkan keragaman masyarakat yang tinggal di suatu lansekap ditinjau dari gaya belajarnya. Dalam simulasi ini, digunakan agen dengan gaya belajar homogen yang cenderung 'eksperimenter', dengan asumsi bahwa dalam suatu komunitas, keberhasilan 'eksperimenter' akan secara efektif diikuti oleh mayoritas agen, sehingga pada akhirnya akan tercipta homogenitas. Kenyataannya, efektivitas seorang 'eksperimenter' pada komunitas manusia dalam mempengaruhi agen



bar 9. Dinamika lansekap sebagai hasil dari respon petani terhadap beberapa skenario harga kopi: (A) stabil; (B) harga anjlok sesaat dengan volatilitas tinggi; (C) harga anjlok dengan jangka pemulihan lama; dan (D) harga bergejolak sangat sering.



Gambar 10. Kehilangan sedimen pada tingkat lansekap akibat eksperimentasi dan reorganisasi pola penggunaan lahan oleh petani dalam merespon gejolak harga kopi. Semua jenis gejolak menunjukkan peningkatan kehilangan sedimen yang signifikan, relatif terhadap kondisi harga stabil, berkisar antara 0,6 hingga 4 kali lipat.

'konservatif' masih sangat tergantung oleh faktor-faktor yang mempengaruhi aksesibilitas informasi (Mulyoutami et al., 2004). Di sisi lain keragaman gaya belajar harus dipertimbangkan (Rieskamp et al., 2003). Gambar 11 memperlihatkan bagaimana persepsi dua komunitas dari gaya belajar yang dimiliki, dimana para agen akan belajar dari informasi umum (*public goods*) berdasarkan persepsi mereka masing-masing, sehingga akan terjadi proses 'adopsi dan belajar' antar agen yang berbeda.

PEMBAHASAN

Selanjutnya, dari keempat skenario simulasi perubahan harga yang dilakukan, sensibilitas model dalam menduga konsekuensi alih guna lahan terhadap fungsi tata air dinilai dari kehilangan sedimen memberikan hasil yang berada dalam kisaran rata-rata kehilangan sedimen di Sumatra, yaitu 24 Mg.ha⁻¹.tahun⁻¹ (Milliman et al., 1999) yang didasarkan pada hubungan skala-area dan sedimen. Secara umum, tingkah laku eksperimental para petani terhadap gejolak harga kopi dengan mengadopsi sistem monokultur dalam jangka waktu yang cukup lama mengakibatkan menurunnya fungsi tata air, yang dalam simulasi diindikasikan oleh peningkatan laju kehilangan sedimen (Gambar 10). Hal tersebut mengisyaratkan perlunya upaya-upaya stabilisasi harga kopi.

Jika upaya tersebut dilakukan berdasarkan 'rasionalitas bisnis' semata, maka penyanggaan stok (*stock buffering*) barangkali menjadi pilihan solusi yang paling efektif dalam membatasi pasokan di pasar internasional. Korelasi sebesar 58% antara volume total dengan harga di pasar internasional mengindikasikan berlakunya kaidah pasokan-permintaan di tingkat pasar tersebut (Gambar 12).

Gradien dari korelasi ini menunjukkan elastisitas kopi yang relatif rendah, sehingga 20% penurunan volume pasokan di pasar internasional bisa memicu kenaikan harga sekitar 80%. Artinya, jika penyanggaan stok bisa dilaksanakan atas dasar kesepakatan kuota antar semua negara eksportir kopi, harga di pasar internasional bisa dikendalikan pada tingkat yang layak. Namun, pada kenyataannya, solusi semacam ini membutuhkan kontrol sosial dan komitmen yang tinggi

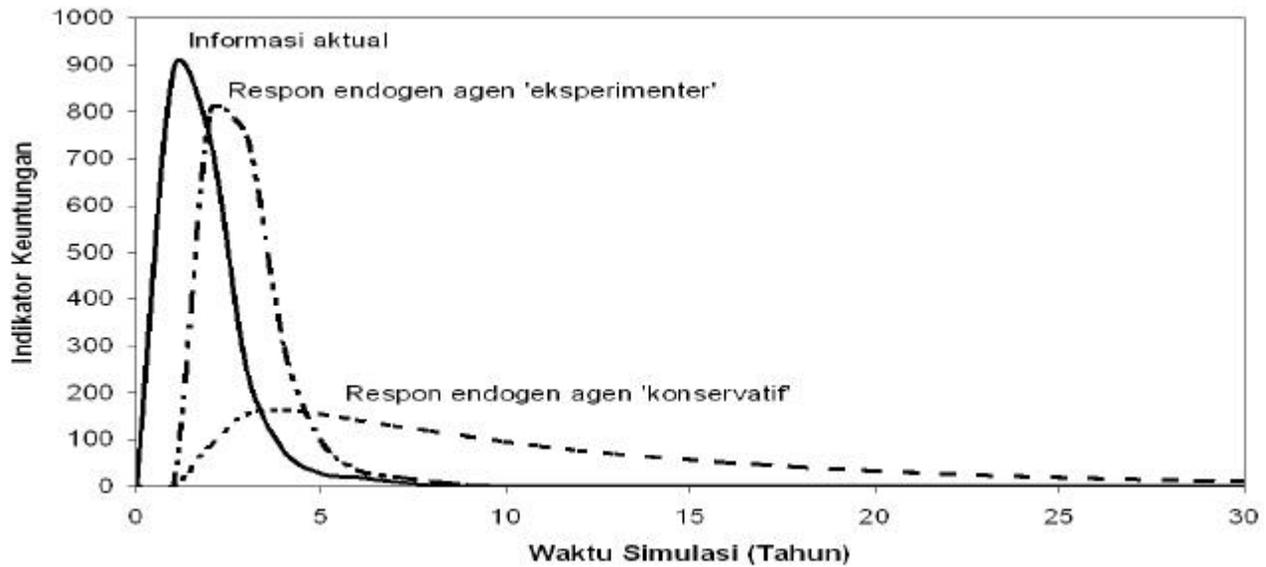
antar peserta yang terlibat. Sebagai contoh, Gambar 13 memperlihatkan bagaimana perilaku bisnis 'maladaptif⁶' pada skala nasional yang cenderung meningkatkan volume ekspor ketika harga dunia turun, namun justru meningkatkan permasalahan *over-supply* di pasar internasional, yang akhirnya akan berimbas balik melalui kejatuhan harga yang makin terpuruk.

Permasalahan lain yang mungkin dihadapi dalam penyanggaan stok adalah kemungkinan munculnya pembonceng (*free-rider*), yang bisa muncul dari pihak lain yang tidak meratifikasi kesepakatan atau dari peserta kesepakatan sendiri dalam suatu kontrol sosial yang lemah. Di dalam kesepakatan kuota terjadi suatu dilema sumberdaya (*commons dilemma* dalam Nerb et al., 1997 atau *prisoner's dilemma* dalam Hales, 1998), dimana penurunan jatah pasokan yang dilakukan seseorang akan memberikan keuntungan orang lain melalui kenaikan harga. Tanpa keyakinan akan adanya kemampuan ratifikasi adaptif (*adaptive ratifiability*, lihat van Rooy, 2002) dalam kelompok kesepakatan dengan peserta yang memiliki perilaku asimetri, diperlukan kontrol sosial yang kuat.

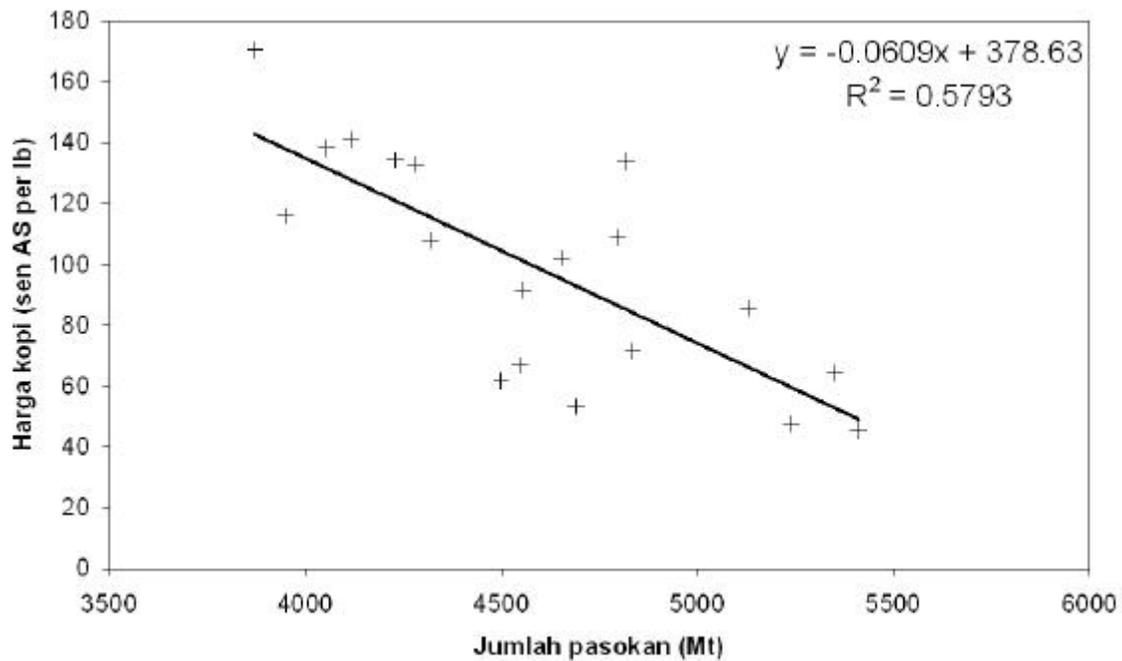
Alternatif lain dalam melakukan stabilisasi harga kopi adalah dengan berpijak tidak hanya pada 'rasionalitas bisnis', namun juga atas dasar pertimbangan ekologis. Studi Giovanucci (2003), yang mencoba menawarkan beberapa konsep kopi lestari (*sustainable coffee*), barangkali perlu dijajaki sebagai alternatif solusi terpadu untuk problem lingkungan dan sekaligus kesejahteraan petani. Dalam konsep ini ditawarkan beberapa alternatif, antara lain perdagangan adil (*fair trade*), yang mencoba memecahkan perbedaan marjinal yang tidak layak antara *roaster* dengan petani (lihat Gambar 13 sebagai ilustrasi perbedaan marjinal harga kopi di pasar internasional dengan harga yang dibayarkan ke petani di Indonesia). Sedangkan konsep lainnya mencoba menolong sistem produksi kopi yang ramah lingkungan (misalnya *organic coffee* dan *eco-friendly coffee*), namun dengan kendali mutu yang memenuhi standar permintaan pasar internasional. Bersandar kembali pada argumentasi bahwa perilaku petani dalam konservasi lingkungan hanya akan terwujud jika untuk melakukannya hanya membutuhkan biaya yang rendah, baik dalam pengertian waktu, uang, maupun kenyamanan (lihat Bamberg, 2004), barangkali konsep-konsep 'kopi lestari' tersebut merupakan alternatif yang efektif.

Namun, kedua pendekatan alternatif untuk stabilisasi harga kopi di atas masih berorientasi ekspor, dengan tujuan utama ke pasar internasional. Barangkali, pemberdayaan pasar lokal perlu digalakkan sebagai upaya meredam gejolak pasar dunia. Melalui proksi desentralisasi dan otonomi daerah, perlu dikaji dengan lebih jeli rantai pasar yang menghubungkan

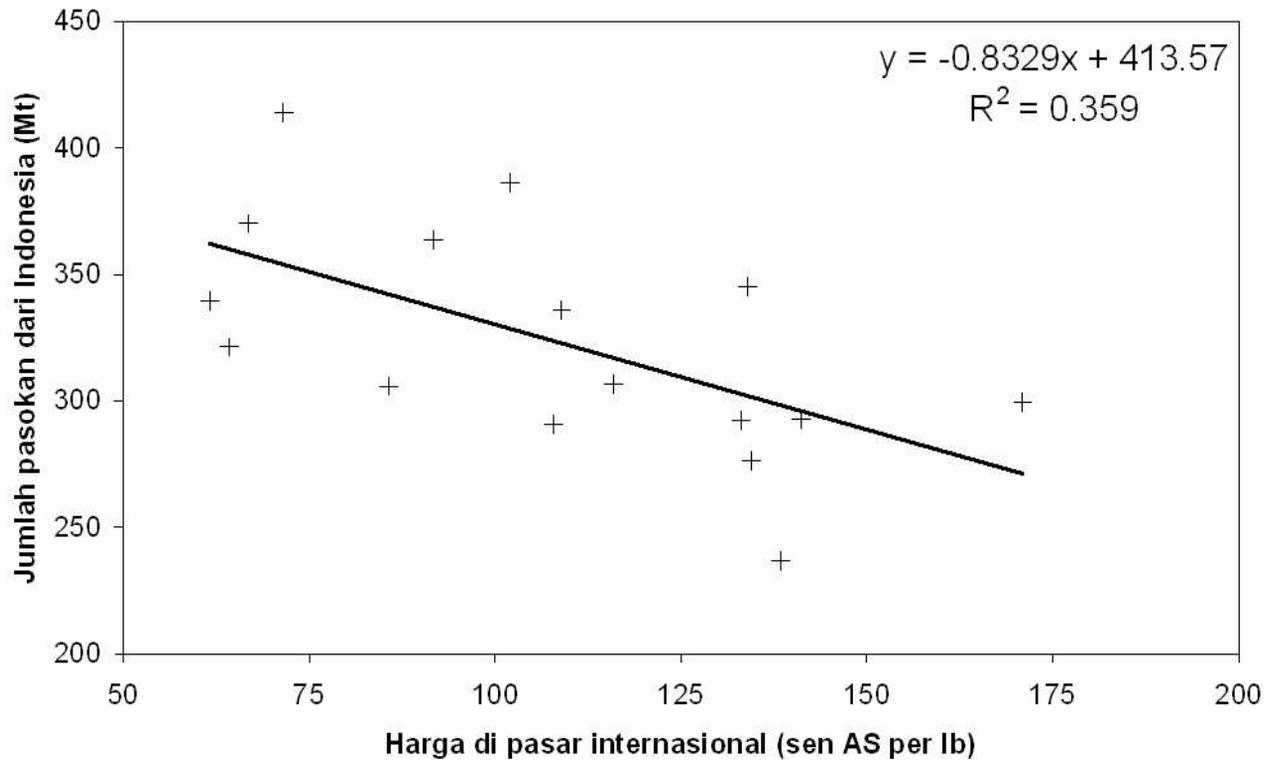
⁶ Terminologi 'perilaku maladaptif manusia' tersebut dipinjam dari Maloney dan Ward (1973), untuk menunjukkan bagaimana perilaku manusia yang cenderung menganut asas 'penghematan energi dan sumberdaya' secara parsial (pada tingkat individu), yang akhirnya menjerumuskannya pada suatu jebakan bumerang. Motivasi orang yang naik mobil adalah untuk menghemat sumberdaya waktu, meskipun di sisi lain memboroskan sumberdaya minyak. Atau sebaliknya, orang yang menggunakan kertas daur ulang, sebenarnya juga melakukan pemborosan 'sumberdaya' lainnya dari sisi pengolahan kimiawi yang mahal (Kaiser et al., 2003). Pada kasus tindakan pelipatan volume kopi di saat harga dunia turun sebenarnya 'rasional' dari 'skala bisnis nasional', namun justru mengakibatkan kejatuhan harga di pasar internasional.



Gambar 11. Perbedaan persepsi dua agen dengan gaya belajar yang berlawanan terhadap aliran informasi yang sama, sebagaimana disimulasikan oleh model FALLOW dengan memori inisial = 0.



Gambar 12. Korelasi jumlah pasokan (Mt = mega ton) dengan harga (sen AS per lb; lb = 1 pound ~ 0.5 kg) di pasar internasional. (Hasil olahan penulis dari data ICO 1984-2002).



Gambar 13. Korelasi harga di pasar internasional (sen AS per lb) dengan jumlah pasokan dari Indonesia (Mt). (Hasil olahan penulis dari data ICO 1984-2002 pada harga > 50 sen AS per lb).

desa dengan kota, satu pulau dengan pulau lainnya, dan antara si miskin dengan si kaya. Untuk tujuan ini, diperlukan ilmu pengembangan wilayah (lihat misalnya Isard, 1999).

KESIMPULAN

- Dengan asumsi bahwa 'atribut endogen agen' homogen dan memiliki kecenderungan belajar yang 'eksperimental', para agen di dalam model simulasi FALLOW akan melakukan fase eksperimental yang cukup lama, sebelum akhirnya mengadopsi sistem agroforestri secara stabil. Terlepas dari validitas model itu sendiri, tindakan-tindakan untuk mengendalikan faktor-faktor eksogen yang mempengaruhi alih guna lahan perlu diupayakan, pada berbagai skala waktu dan ruang, dengan mempertimbangkan setiap jenis konsekuensi yang terkait.
- Model "tingkat 3" yang memasukkan agen yang belajar seperti FALLOW merupakan alat bantu yang berguna untuk melakukan pendugaan dampak alih guna lahan berdasarkan skenario, sebagai rujukan perencanaan wilayah.
- Khususnya terkait dengan 'atribut endogen agen', diperlukan upaya paralel, baik dalam pengembangan

konsep yang dianut model FALLOW maupun dalam disain riset dalam rangka mengukur atribut tersebut. Kemunculan psikologi-eksperimental maupun kehidupan artifisial (artificial life) sebagai paradigma baru dalam sains barangkali merupakan landasan pendekatan yang tepat dalam upaya mencapai dua tujuan tersebut.

Ketersediaan Model

FALLOW dapat didownload dari <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/AgroModels/FALLOW/Fallow.htm> dalam model STELLA yang dilink dengan EXCEL, atau sebagai model PCRaster

Ucapan Terima Kasih

Tulisan ini dipupuk dengan input-input berharga dari Suseno Budidarsono – ICRAF SEA, Prof. Dr. SM Sitompul dan Prof. Dr. Kurniatun Hairiah – Unibraw serta Dr Suyanto - ICRAF SEA. Untuk waktu luang mereka demi memahami tulisan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajzen, I. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50:179-211.
- Bamberg, S. 2003. How does environmental concern influence specific environmentally related behaviors? A new answer to an old question. *Journal of Environmental Psychology* 23:21-32.
- Giovanucci, D. 2003. A State of Sustainable Coffee: A Study of Twelve Major Markets. International Coffee Organization. Cali-Colombia, Feriva SA. Hal: 38-59.
- Chomitz, K.M. and D.A. Gray. 1996. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize. *The World Bank Economic Review* 10(3):487-512.
- De Koning, G.H.J.; Veldkamp, A. and L.O. Fresco. 1998. Land use in Ecuador: a statistical analysis at different aggregation levels. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 70:231-247.
- De Koning, G.H.J.; Verburg, P.H.; Veldkamp, A. and L.O. Fresco. 1999. Multi-scale modelling of land use change dynamics in Ecuador. *Agricultural Systems* 61:77-93.
- Hales, D. 1998. Stereotyping, groups and cultural evolution: a case study of "second order emergence"? In Sichman J.S.; Conte R. and N. Gilbert (eds.), *Multi-Agent Systems and Agent-Based Simulation*. Proceedings of The First International Workshop MABS'98, Paris, France, July 1998.
- Holling, C.S. and L.H. Gunderson. 2002. Resilience and adaptive cycles. In Gunderson L.H. and C.S. Holling (eds.), *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington DC. Hal:25-62.
- Isard, W. 1999. Regional science: parallels from physics and chemistry. *Papers in Regional Science* 78:5-20.
- Kaiser, F.G.; Doka, G.; Hofstetter, P. and M.A. Ranney. 2003. Ecological behavior and its environmental consequences: a life cycle assessment of self-report measure. *Journal of Environmental Psychology* 23: 11-20.
- Leimona, B. 2001. Modelling Land Use Change and Its Driving Factors: a Preliminary Dynamic Landscape-based Model of Sumberjaya Watershed. Thesis Master. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Maloney, M.P. and M.P. Ward. 1973. Ecology: let's hear from the people. An objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge. *American Psychologist* 28:583-586.
- Milliman, J.D.; Farnsworth, K.L. and C.S. Albertin. 1999. Flux and fate of fluvial sediments leaving large islands in the East Indies. *Journal of Sea Research* 41:97-107.
- Mulyoutami, E.; Stefanus, E.; Schalenbourg, S.; Rahayu, S dan L. Joshi. 2004. Pengetahuan lokal petani dan inovasi ekologi dalam konservasi dan pengolahan tanah pada pertanian berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. *Agrivita* 26 (1):
- Nerb, J.; Spada, H. and A.M. Ernst. 1997. A cognitive model of agents in commons dilemma. In Mahwah, N.J. (Ed.), *Proceedings of the Ninetenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Lawrence Erlbaum Associates. Hal:560-565.
- Perfecto, I. and I. Armbrecht. 2003. The coffee agroecosystem in the neotropics: combining ecological and economical goals. In Vandermeer, J.H. (Ed.), *Tropical Agroecosystems*. CRC Press. Hal: 161.
- Rieskamp, J.; Busemeyer, J.R. and T. Laine. 2003. How do people learn to allocate resources? Comparing two learning theories. *Journal of Experimental Psychology-Learning, Memory, and Cognition* 29(6):1066-1081.
- Slovic, P. 1987. Perception of risk. *Science* 236:280-285.
- Suyanto, D.A.; Van Noordwijk, M.; Hadi, D.P. dan B. Lusiana. 2003. FALLOW model: assessment tool for landscape level impact of farmer land use choices. In Post DA (Ed.), *Proceedings of International Congress on Modelling and Simulation MODSIM 2003*, July 14-17 2003, Townsville, Australia.
- Trenbath, B.R. 1989. The use of mathematical models in the development of shifting cultivation. In Proctor, J. (Ed.), *Mineral Nutrients in Tropical Forest and Savanna Ecosystems*. Blackwell, Oxford, hal: 353-369.
- Van Noordwijk, M. 2002. Scaling trade-offs between crop productivity, carbon stocks and biodiversity in shifting cultivation landscape mosaics: the FALLOW model. *Ecological Modelling* 149:113-126.

- Van Rooy, R. 2002. Signalling games select horn strategies. In Katz, G, Reinhard, S. and P. Reuter (Eds.), *Sinn und Bedeutung VI*, Proceeding of the Sixth Annual Meeting of the Gesellschaft fuer Semantik, University of Osnabrueck.
- Veldkamp, A. and L.O. Fresco. 1996a. CLUE: a conceptual model to study the conversion of land use and its effects. *Ecological Modelling* 85:253-270.
- Veldkamp, A. and L.O. Fresco. 1996b. CLUE-CR: an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. *Ecological Modelling* 91:231-248.
- Verbist, B.J.P.; Van Noordwijk, M.; Tameling, A.C.; Schmitz, K.C.L. and S.B.L. Ranieri. 2002. A Negotiation Support Tool for Assessment of Land Use Change Impacts on Erosion in a Previously Forested Watershed in Lampung, Sumatra, Indonesia. In Rizzoli, A.E. and A.J. Jakeman (Eds.), *IADS, Proceeding of the 1st Biennial Meeting of IEMSS*, Vol. 1.
- Verbist, B.; Ekadinata, A.P. dan S. Budidarsono. 2004. Penyebab alih guna lahan dan akibatnya terhadap fungsi daerah aliran sungai (DAS) pada lansekap agroforestri berbasis kopi di Sumatra. *Agrivita* 26 (1):
- Wear, D.N. and P. Bolstad. 1998. Land-use changes in southern appalachian landscapes: spatial analysis and forecast evaluation. *Ecosystems* 1:575-594.

PEMASARAN KAYU DARI LAHAN PETANI DI PROPINSI LAMPUNG

C. Joel M. Tukan¹, Yulianti², James M. Roshetko³, Dudung Darusman⁴

¹World Agroforestry Center, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161 Bogor, Indonesia

²BAPPEDA Lampung Barat, Lampung

³World Agroforestry Center, ICRAF SE Asia, P.O.Box 161 Bogor, Indonesia dan Winrock International, USA

⁴Institut Pertanian Bogor (IPB), Fakultas Kehutanan, Bogor

ABSTRACT

The objectives of this research were i) to study marketing channels for timber produced by smallholder farmers, ii) to analyze margin distribution and efficiency of local timber marketing systems, .iii) to analyze market integration through vertical price correlation and price transmission elasticity, iv) to identify the main problems faced by farmers and market agents, and v) to identify the opportunities to improve market linkages between farmers and market agents.

The research was conducted in late 2000 in Lampung Province. The six districts selected for the study have significant timber production at both the farmer and industrial forest plantation levels. Analysis methods were qualitative (for market organization) and quantitative (for marketing margin, price correlation coefficient, price transmission elasticity, and econometric (simple regression)). The timber species that dominate local timber marketing channels are teak (*Tectona grandis*) and Sengon (*Paraserianthes falcataria*), a long-rotation premium-quality and short-rotation low-value timber species respectively. Two timber marketing models exist, one for jati and one for sengon. Other timber species produced in

the study area are marketed through either the jati or sengon model, based on their rotation length and value.

There are six marketing channel for farmer-produced timber: (1) farmer → local household/final consumer, (2) farmer → chainsawer → final consumer/household, (3) farmer → chainsawer → furniture maker, (4) farmer → sawmiller → trader → household and furniture maker, (5) farmer → chainsawer trader → furniture maker and household, (6) farmer → trader from outside of province (Jakarta). The marketing channel for plantation timber is direct from plantations to forest industry companies.

Margin distribution analysis for the sengon timber group shows that farmers receive the highest price level by selling sawn lumber through marketing channel 1 (Rp 350.000/m³ of sawn timber, representing a 51% profit margin). For the jati timber group the highest price margin is received by farmers through marketing channel 6 (Rp 550.000/m³ of logs, 35% of the log price in the Jakarta).

Market integration (price correlation) analysis for the sengon group indicates that market information and timber prices at the trader and farmer levels are integrated, so the marketing system for the sengon group is close to perfect competition for channel 1 and channel 2. For the jati timber group farmers do not have access to market information

and price correlation between farmer and trader levels are low. Marketing conditions for the jati timber group is imperfect and there is a tendency towards oligopsonistic conditions.

Keywords: marketing channel for timber, price transmission elasticity, *Tectona grandis*, *Paraserianthes falcataria*

ABSTRAK

Tujuan Penelitian ini adalah: i) untuk mempelajari saluran pemasaran kayu yang diproduksi petani skala usaha kecil; ii) menganalisis distribusi margin dan efisiensi sistem pemasaran kayu; iii) menganalisis integrasi pasar melalui analisis korelasi harga secara vertikal dan elastisitas transmisi harga; iv) mengidentifikasi permasalahan yang dihadapi oleh petani dan pelaku pasar; dan v) mengidentifikasi peluang-peluang untuk memperbaiki hubungan pasar antara petani dengan pelaku pasar.

Penelitian ini dilaksanakan pada akhir tahun 2000 di Propinsi Lampung. Ada enam kabupaten terpilih untuk penelitian ini, yang nyata memiliki produksi kayu baik di kebun petani maupun dari hutan tanaman industri. Metode analisis dalam penelitian ini adalah analisa kualitatif (untuk organisasi pasar) dan analisa kuantitatif (untuk margin pemasaran, koefisien korelasi harga, elastisitas transmisi harga dan ekonometrika (regresi sederhana)). Jenis-jenis kayu yang mendominasi saluran pemasaran kayu lokal adalah jati (*Tectona grandis*) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria*), yaitu jenis yang memiliki masa rotasi panjang-bernilai tinggi dan pohon berotasi pendek-bernilai kelas rendah. Terdapat dua model pemasaran kayu yaitu model pemasaran untuk kayu jati dan kayu sengon. Jenis kayu lain yang diproduksi pada daerah penelitian dipasarkan menurut model pemasaran kayu jati dan sengon, penjualannya didasarkan pada masa rotasi dan nilainya.

Ada enam saluran pemasaran untuk kayu yang diproduksi petani, yaitu: (1) Petani → rumah tangga lokal atau konsumen akhir; (2) Petani → penebang → konsumen akhir atau rumah tangga; (3) Petani → penebang → pedagang pembuat perabotan; (4) Petani → penggergajian → pedagang kayu → konsumen akhir dan pedagang pembuat perabotan; (5) Petani → penebang → penebang kayu → pedagang pembuat perabotan dan konsumen akhir; (6) Petani → pedagang kayu di Jakarta. Saluran pemasaran kayu yang diproduksi hutan tanaman industri (HTI) adalah langsung dari HTI ke industri pengolahan kayu.

Analisis margin distribusi untuk kelompok kayu Sengon menunjukkan bahwa petani menerima tingkat harga tertinggi dari penjualan kayu gergajian melalui saluran pemasaran 1 (Rp.350.000/m³ dalam bentuk kayu gergajian, dengan keuntungan yang diterima petani sebesar 51 persen). Untuk kelompok kayu jati, tingkat harga tertinggi diterima petani adalah melalui saluran 6 (Rp.550.000/m³ dalam bentuk kayu bulat, dengan margin pemasaran sebesar 35 persen dari harga kayu bulat di Jakarta).

Analisis integrasi pasar (korelasi harga) untuk kelompok Sengon menunjukkan bahwa informasi pasar dan harga kayu pada tingkat petani dan pedagang telah terintegrasi. Jadi sistem pemasaran untuk kelompok sengon adalah mendekati pasar bersaing sempurna pada jalur pemasaran 1 dan 2. Untuk kelompok kayu jati, petani tidak memiliki akses informasi pasar yang baik serta korelasi harga antara petani dan pedagang adalah rendah. Kondisi pasar untuk kelompok jati adalah tidak bersaing sempurna dan cenderung kepada kondisi oligopsonistik.

Kata kunci : saluran pemasaran untuk kayu, elastisitas transmisi harga, *Tectona grandis*, *Paraserianthes falcataria*

PENDAHULUAN

Indonesia sejak dahulu telah dikenal sebagai negara agraris (berbasis pertanian). Pembangunan di sektor pertanian yang telah dilaksanakan bertujuan untuk meningkatkan produksi pangan, yang diiringi dengan upaya peningkatan ekspor sekaligus mengurangi impor hasil pertanian. Namun, dewasa ini sasaran pembangunan pertanian tidak saja dititikberatkan pada peningkatan produksi, namun mengarah pada peningkatan pendapatan masyarakat, peningkatan taraf hidup petani, perluasan lapangan kerja bahkan jika memungkinkan juga bertujuan untuk memperluas pasar produk pertanian baik di dalam maupun di luar negeri.

Untuk mencapai tujuan tersebut, salah satu faktor penting dalam pengembangan hasil-hasil pertanian khususnya yang bersumber dari hasil kebun (wanatani) adalah pemasaran. Pemasaran produk hasil wanatani di beberapa bagian wilayah Indonesia selalu menjadi masalah yang mendasar bagi petani. Oleh karena itu pemasaran menjadi sangat penting ketika produsen/petani telah mampu mengelola kebun dengan baik sampai menghasilkan produk dalam kuantitas yang cukup dan kualitas yang baik. Petani membutuhkan pasar yang berfungsi dengan baik sehingga mampu menghubungkan produsen dengan konsumen.

Isu mendasar yang perlu diprioritaskan adalah "Bagaimana memperbaiki penghidupan petani kecil agar dapat meningkatkan pendapatan mereka?" Pemahaman yang baik terhadap hubungan/interaksi pasar yang terjadi secara timbal balik akan memungkinkan untuk memperbaiki penghidupan petani kecil dengan mengarahkan produksi wanatani mereka dapat memenuhi peluang pasar.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab beberapa pertanyaan mendasar yang berkaitan dengan pemasaran hasil wanatani di Propinsi Lampung, diantaranya: (1) bagaimana saluran pemasaran kayu yang diproduksi petani skala usaha kecil?; (2) bagaimana distribusi margin dan efisiensi pemasaran kayu?; (3) bagaimana integrasi pasar; dan (4) apa saja permasalahan yang dihadapi baik oleh petani

maupun pelaku pasar, dan peluang-peluang apa yang dapat dilakukan untuk meningkatkan hubungan pasar yang lebih baik dan saling menguntungkan?

Berdasarkan teori dan hasil penelitian terdahulu, disusun hipotesis mengenai pemasaran kayu di Propinsi Lampung sebagai berikut: (1) sistem pemasaran kayu di Propinsi Lampung belum efisien; (2) pasar terintegrasi secara sempurna apabila perbedaan harga di suatu tingkat lembaga pemasaran dengan harga di tingkat lembaga lainnya konstan atau persentase margin pemasaran tidak berubah; (3) petani memiliki peluang dalam meningkatkan pendapatan melalui sistem pemasaran yang lebih baik

PENDEKATAN STUDI PEMASARAN

Dewasa ini telah berkembang berbagai metode pendekatan dalam melakukan studi pemasaran. Pendekatan yang digunakan sangat tergantung kepada tujuan dan sasaran yang ingin dicapai dari studi/ penelitian tersebut.

Dalam rangka mendorong petani kecil memahami secara baik permasalahan dan peluang - peluang pemasaran, ICRAF telah melakukan beberapa studi pemasaran hasil-hasil wanatani di Lampung.

Lokasi Penelitian

Tahapan awal dalam melakukan studi pemasaran ini adalah menentukan lokasi penelitian. Berbagai pertimbangan diperlukan dalam menentukan lokasi penelitian, dilanjutkan dengan penentuan sampel menurut kriteria-kriteria yang didasarkan pada tujuan utama penelitian. Sampel/responden yang terpilih dalam penelitian ditentukan secara sengaja (*purposive*). Lokasi penelitian yang dipilih merupakan daerah sentra produksi dari hasil-hasil wanatani sesuai komoditi sasaran.

Untuk studi pemasaran hasil wanatani berupa kayu, lokasi penelitian pada tingkat kecamatan dipilih berdasarkan pada kriteria adanya lahan petani yang memiliki produksi dan potensi kayu serta kegiatan transaksi kayu dan industri kayu rakyat. Dari tiap-tiap kabupaten dipilih secara sengaja satu atau dua kecamatan yang memiliki hasil, potensi, dan transaksi kayu yang terbanyak atau termasuk tinggi dibandingkan kecamatan lainnya di kabupaten tersebut. Populasi petani unit contoh adalah mereka yang menanam jenis-jenis kayu baik secara tumpang-sari, tanaman pembatas, maupun monokultur dan pernah melakukan transaksi kayu di desa-desa yang terpilih sebagai desa dari kecamatan contoh dalam studi pemasaran ini. Dari masing-masing kecamatan contoh dipilih sejumlah responden petani yang diperkirakan lebih dari 10% jumlah petani kayu rakyat yang ada di kecamatan tersebut. Pemilihan responden dilakukan berdasarkan

pergerakan komoditas mulai dari tingkat petani hingga pedagang besar atau industri dan konsumen. Untuk perusahaan HTI dilakukan pemilihan secara sengaja terhadap perusahaan HTI yang telah berproduksi.

Sumber dan Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder tentang kondisi pemasaran hasil-hasil wanatani di Lampung. Pengumpulan data primer dilakukan dengan metode survey, observasi, atau wawancara terstruktur terhadap pelaku pemasaran sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui penelusuran pustaka atau laporan dari instansi terkait seperti Dinas Pertanian, Dinas Kehutanan dan Perkebunan, Badan Pusat Statistik, Pemerintahan Propinsi, Kabupaten, Kecamatan dan Desa. Pengambilan data primer dapat melalui pendekatan RMA (Rapid Market Appraisal)/ Penilaian Pasar Secara Cepat (PESAT). Metode ini bermanfaat dalam menangkap fenomena aktual yang terjadi di lapangan. Karakteristik kunci survei PESAT (Betser, 2000) adalah:

1. Penelitian dimulai dengan berpusat pada satu komoditas /sub komoditas;
2. Membatasi lingkup geografis pada areal lokal sebagai suatu sub unit pasar;
3. Membatasi waktu survei untuk beberapa minggu atau bulan;
4. Melaksanakan survei selama musim yang tepat ketika komoditas sasaran tersedia dan informasi yang dikumpulkan akan mutakhir dan dapat dipercaya;
5. Perlu disadari bahwa tidak mungkin untuk mengamati seluruh tahapan saluran pemasaran atau mewawancarai semua pelaku yang terlibat di dalamnya - maka dipusatkan pada tahapan dan pelaku kunci;
6. Mempergunakan informasi sekunder untuk memperkuat pelaksanaan survei, hasil dan analisis;
7. Membentuk tim kecil dari berbagai keahlian (ahli ekonomi, ahli pembangunan, rimbawan/ahli perkebunan, orang yang terampil berbahasa setempat, dll);
8. Menetapkan tujuan untuk mengidentifikasi i) hambatan yang merintang petani kecil dan ii) peluang untuk memperluas peran petani berkaitan dengan pemasaran; dan
9. Merencanakan untuk mengembangkan kegiatan tindak lanjutan yang akan tersusun dalam hasil survei.

Sebelum melakukan survei, penting untuk: (i) menggali informasi sekunder dari instansi pemerintah, pasar, perguruan tinggi, dan lain-lain; (ii) menjelaskan

tujuan-tujuan dari survei; (iii) mendefinisikan informasi yang diperlukan (spesifikasi kualitas produk, kondisi penawaran/permintaan, hubungan harga, pola konsumsi, hubungan musiman, saluran pemasaran dan komponennya, dan lain sebagainya); (iv) membuat daftar untuk memandu wawancara survei; (v) mengidentifikasi sumber informasi kunci (petani, pedagang, pengolah, perantara lainnya, petugas pemerintah, dan lain sebagainya) dan lokasi survei; (vi) garis besar konsep laporan; (vii) menyelenggarakan pertemuan tim untuk meninjau hal-hal tersebut di atas; dan (viii) mengembangkan sebuah rencana pelaksanaan survei

Jika ditemukan informasi/data yang ekstrim pada awal melakukan survei, maka perlu dilakukan cross-checked dengan teknik triangulation process sampai diperoleh data dan informasi yang dapat dipercaya validitasnya.

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk melihat gambaran umum dan khusus dari lokasi, saluran pemasaran dan struktur pasar. Analisis kuantitatif untuk melihat keragaan pasar dengan analisis margin pemasaran serta penyebarannya. Sedangkan efisiensi pemasaran akan dilihat melalui analisis organisasi pasar, analisis margin pemasaran, analisis korelasi harga, dan analisis elastisitas transmisi harga.

a. Analisis margin pemasaran

Margin pemasaran adalah perbedaan harga yang dibayar oleh konsumen akhir untuk suatu produk dengan harga yang diterima produsen untuk produk yang sama. Secara matematis sebagai berikut:

$$M_{ji} = P_{si} - P_{bi}, \text{ atau}$$

$$M_{ji} = b_{ti} + \pi_i, \text{ atau}$$

$$\pi_i = M_{ji} - b_{ti}$$

Keterangan:

- M_{ji} = margin lembaga pemasaran tingkat ke-i
 P_{si} = harga penjualan lembaga pemasaran tingkat ke-i
 P_{bi} = harga pembelian lembaga pemasaran tingkat ke-i
 b_{ti} = biaya pemasaran lembaga pemasaran tingkat ke-i
 π_i = keuntungan lembaga pemasaran tingkat ke-i

b. Analisis keterpaduan pasar

Pengertian dari model keterpaduan pasar adalah sampai seberapa jauh pembentukan harga suatu komoditi pada suatu tingkat lembaga pemasaran dipengaruhi oleh harga di tingkat lembaga pemasaran

lainnya. Pengaruh ini dapat diduga melalui analisis elastisitas transmisi harga (E_t) dan analisis korelasi harga.

i) Analisis elastisitas transmisi harga (E_t)

Analisis elastisitas transmisi harga bertujuan untuk mengetahui hubungan antara harga di tingkat produsen dengan harga di tingkat pedagang pengecer. Elastisitas transmisi harga sebagai nisbah perubahan relatif harga di tingkat produsen (P_f) terhadap perubahan relatif harga di tingkat pedagang (P_r). Untuk melihat elastisitas transmisi harga yang terjadi pada setiap saluran pemasaran dipergunakan rumus sebagai berikut:

Karena harga di tingkat produsen (P_f) linier terhadap harga di tingkat konsumen (pedagang) (P_r) atau secara matematis:

$$\frac{\partial P_f}{\partial P_r} = \beta \rightarrow \frac{\partial P_r}{\partial P_f} = \frac{1}{\beta}$$

$$\text{Jadi: } ET = \frac{1}{\beta} \times \frac{P_f}{P_r}$$

Keterangan:

- ET = Elastisitas transmisi harga
 d = Diferensial
 β = Koefisien regresi atau slope

Kriteria pengukuran pada analisis elastisitas harga transmisi harga (Hasyim, 1994) adalah:

1. Jika $E_t = 1$, berarti margin pemasarannya tidak dipengaruhi oleh harga di tingkat konsumen. Artinya pasar yang dihadapi oleh seluruh pelaku pemasaran merupakan pasar yang bersaing sempurna dan sistem pemasaran telah efisien.
2. Jika $E_t > 1$, berarti laju perubahan harga di tingkat petani lebih besar daripada laju perubahan harga di tingkat konsumen. Artinya pasar yang dihadapi oleh pelaku pemasaran bersaing tidak sempurna, yaitu terdapat kekuatan monopsoni atau oligopsoni dalam sistem pemasaran berlangsung tidak efisien.
3. Jika $E_t < 1$, berarti laju perubahan harga di tingkat petani lebih kecil daripada laju perubahan harga di tingkat konsumen, artinya pasar yang dihadapi oleh pelaku pemasaran bersaing tidak sempurna. Dengan kata lain sistem pemasaran berlangsung tidak efisien.

ii) *Analisis koefisien korelasi harga (r)*

Analisis korelasi merupakan pengukuran statistik tingkat hubungan antara dua variabel yang berguna untuk mengetahui tingkat kebebasannya. Korelasi harga diukur melalui analisis statistik regresi sederhana dengan menggunakan data berkala (*time series data*) berupa data harga bulanan di tingkat petani (P_f) dan di tingkat konsumen (P_r). Jika dari hasil perhitungan diperoleh angka koefisien korelasi harga (r) mendekati satu, maka ini menunjukkan keeratan hubungan harga pada kedua tingkat pasar tersebut dan begitu pula sebaliknya (Supranto, 1983).

Analisis ekonometrika

Model ekonometrika yang dipergunakan yaitu persamaan regresi sederhana untuk analisis korelasi harga. Model analisis korelasi harga sebagai berikut:

$$P_f = \alpha + \beta P_r;$$

dimana α = titik potong; β = slope.

Nilai-nilai parameter dari model ekonometrika tersebut diduga secara langsung dengan metode kuadrat terkecil (*ordinary least square*). Pengujian analisis korelasi harga (integrasi pasar), bertujuan untuk menguji hipotesis pasar persaingan pasar sempurna dan dilakukan melalui uji t.

Hipotesis yang akan diuji adalah:

$$H_0 : \beta = 1, \text{ lawan } H_a = \beta \neq 1$$

Apabila H_0 diterima dan koefisien korelasi (r) mendekati satu, berarti pasar tersebut mendekati keadaan pasar persaingan sempurna.

c. *Analisis organisasi pasar*

Parameter yang digunakan untuk analisis struktur pasar, yaitu:

- (1) jumlah lembaga pemasaran dalam suatu pasar;
- (2) distribusi lembaga pemasaran dalam berbagai ukuran dan konsentrasi;
- (3) jenis-jenis produk yang dipasarkan;
- (4) kebebasan lembaga pemasaran lain untuk keluar masuk pasar.

Perilaku pasar hasil wanatani dianalisis dengan mengamati praktek penjualan dan pembelian, sistem penentuan dan pembayaran harga, kerjasama antara lembaga pemasaran serta praktek-praktek lainnya. Keragaan pasar dianalisis dengan menggunakan margin pemasaran dan penyebarannya serta pengaruh struktur pasar dan perilaku pasar yang berkenaan dengan harga di tiap lembaga pemasaran, biaya pemasaran, margin pemasaran atau analisa keragaan pasar ini dapat menggunakan parameter efisiensi pemasaran yang terdiri dari efisiensi penentuan harga dan efisiensi biaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi pemasaran Kayu yang dilakukan Yulianti (2000) di Propinsi Lampung menunjukkan bahwa lembaga-lembaga pemasaran yang terlibat dalam pemasaran kayu adalah perusahaan HTI, pedagang dan pengolah kayu. Skema jalur pemasaran kayu dari tingkat petani seperti pada Gambar 1.

Jalur Pasar dan Margin Pemasaran Kayu Sengon

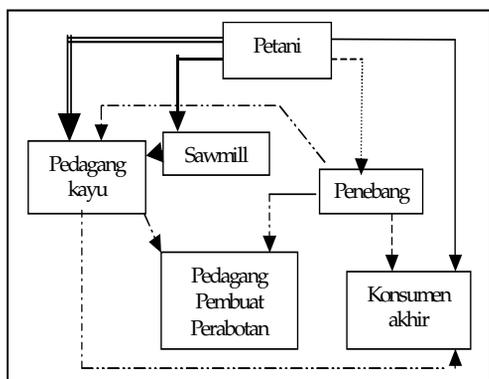
Jalur pemasaran untuk jenis kayu Sengon dan Jati yang secara dominan ditemukan pada pemasaran kayu di Propinsi Lampung dapat menggambarkan jalur pemasaran dan model pemasaran beberapa jenis kayu lainnya. Kelompok jenis kayu tertentu yang berada pada kelompok kelas kayu rendah dan menengah dan memiliki nilai ekonomi rendah dan menengah di pasar seperti Sengon, Pulai, *Acacia mangium*, Gemelina, *Acacia auriculiformis*. Afrika memiliki pola pemasaran kayu yang sama berdasarkan jenis produk akhir yang dipasarkan.

Sedangkan sebagai produsen, jalur pemasaran kayu perusahaan HTI dilakukan langsung kepada Industri Pengolahan Kayu Hulu. Perusahaan HTI yang telah memproduksi dan memasarkan produksi kayunya adalah PT INHUTANI V Unit Lampung dan PT DHARMA HUTAN LESTARI. Perusahaan HTI yang memanen hasil tanaman kayu dan memasarkan produk kayunya kepada pedagang pengolahan kayu atau pun industri pengolahan kayu di Lampung dan Sumatera Selatan. Jalur pemasaran kayu dari HTI sudah tertentu di mana perusahaan HTI sudah menjalin mitra untuk bertransaksi dalam pendistribusian hasil kayu.

Jalur Pasar 1, petani langsung memasarkan hasil produksinya kepada konsumen akhir yang pada umumnya adalah masyarakat dan rumah tangga yang berdomisili dekat dengan petani tersebut atau pun kebun lokasi tanaman kayu tersebut.

Jalur Pasar 2, petani menjual produk kayu Sengon dalam bentuk pohon berdiri kepada penebang. Kemudian penebang menjual kayu dalam bentuk kayu gergajian ke konsumen akhir. Pada jalur 2, penebang berfungsi melakukan pembelian kayu dalam bentuk pohon berdiri. Petani menjual pohon kayunya kepada penebang sebab kurangnya modal untuk membiayai proses pengolahan kayu menjadi bentuk kayu gergajian dan petani tidak menanggung resiko terhadap kualitas pohon tersebut.

Jalur Pasar 3, petani menjual kayu Sengon dalam bentuk pohon berdiri ke penebang. Petani tidak mengeluarkan biaya pemasaran dan seperti di jalur 2, harga yang diterima oleh petani dari penjualan pohon adalah Rp 100.000 per meter kubik dan *share* harga jualnya terhadap konsumen akhir yang pada jalur 3 ini adalah pedagang pembuat perabotan yaitu 27 persen.



Gambar 1. Jalur pemasaran kayu rakyat di Lampung pada tahun 2000.

Keterangan:

- Jalur Pasar 1** (Petani – Konsumen akhir)
Jalur Pasar 2 (Petani – Penebang (Tukang Chainsaw) – Rumah tangga)
Jalur Pasar 3 (Petani – Penebang (Tukang Chainsaw) - Pedagang pembuat perabotan (mebelair)
Jalur Pasar 4 (Petani – Sawmill (Penggergajian)– Pedagang Kayu - Konsumen akhir dan pedagang pembuat perabotan)
Jalur Pasar 5 (Petani – Penebang – Pedagang Kayu – Pedagang pembuat perabotan dan konsumen akhir)
Jalur Pasar 6 (Petani – Pedagang Kayu di Jakarta)

Jalur Pasar 4, petani menjual kayu dalam bentuk pohon berdiri kepada industri penggergajian melalui pekerja penebangnya dengan harga jual Rp 100.000 per m³ dan *share* harga jualnya terhadap konsumen akhir adalah 27 persen.

Margin pemasaran pada **jalur 4** sebesar 73 persen yang tersebar pada industri penggergajian dan pedagang kayu dengan margin keuntungan pemasaran masing-masing adalah 24 persen dan 5 persen serta biaya pemasaran masing-masing adalah 36 persen dan 8 persen.

Jalur Pasar 5, petani menjual kayu dalam bentuk pohon berdiri kepada penebang dengan harga jual Rp 100.000 dan *share* harga jualnya terhadap konsumen akhir adalah 25 persen. Petani tidak mengeluarkan biaya pemasaran untuk menjual pohon sebab penebang yang membeli pohon kayunya tersebut yang akan melakukan kegiatan pengolahan kayu ke dalam bentuk kayu bulat dan atau gergajian dan kemudian memasarkan kayu tersebut ke pedagang kayu (panglong).

Penyebaran Margin Pemasaran Kayu Jati

Margin pemasaran kayu Jati merupakan perbedaan harga yang diterima petani sebagai produsen terhadap harga yang diterima konsumen (pedagang kayu). Margin pemasaran kayu Jati dianalisis dengan menggunakan jalur pemasaran yang berlaku selama penelitian berlangsung yaitu:

1. Petani → Penebang → Pedagang pembuat perabotan (Jalur 3)
2. Petani → Penebang → Pedagang kayu → Pedagang pembuat perabotan dan konsumen akhir (jalur 5)
3. Petani → Pedagang kayu di Jakarta (jalur 6)

Petani menjual kayu Jati dalam bentuk pohon berdiri kepada penebang dengan harga rata-rata Rp 300.000 per meter kubik bergantung pada ukuran batang yaitu diameter pohon setinggi dada dan bentuk batang. Petani sudah dapat menjual kayu Jati dalam bentuk pohon berdiri atau pun kayu bulat pada diameter pohon 6 cm, namun harga jualnya sangat rendah dibandingkan kayu Jati yang sudah berdiameter 20 cm dan lebih.

Margin pemasaran kayu Jati pada jalur 3 (Tabel 2) mencapai 67 persen yang diterima oleh penebang. Margin pemasaran tersebut terdiri dari biaya pemasaran sebesar 19 persen dan keuntungan pemasaran sebesar 47 persen. Artinya, keuntungan pemasaran total yang diperoleh lebih besar dari biaya pemasaran total yang dikeluarkan. Pada jalur 5, margin pemasaran mencapai 80 persen yang tersebar pada penebang dan pedagang kayu. Margin pemasaran kayu Jati pada jalur 6 (Tabel 3) mencapai 35 persen merupakan paling rendah di antara margin pemasaran kayu Jati di jalur lainnya.

Analisis Koefisien Korelasi Harga

Analisis korelasi harga ini mempergunakan data *time series* bulanan untuk jenis kayu Sengon dan Jati selama 24 bulan dengan periode rentang waktu Juni 1998 sampai dengan Mei 2000. Korelasi harga yang dimaksud adalah harga di tingkat petani kayu rakyat dan konsumen di Lampung.

Korelasi harga kayu Sengon di petani kayu rakyat dan konsumen di Bandarlampung

Hasil analisis regresi dan koefisien korelasi harga melalui metode linier sederhana diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Pf = -52.451 + 0,9239 Pr.$$

Angka koefisien korelasi yang tinggi (0,9540) mencerminkan keeratan hubungan yang tinggi antara harga di tingkat pedagang besar kayu dengan harga di tingkat petani dan pembentukan harga antara pasar di tingkat pedagang besar kayu dan petani lebih berintegrasi. Untuk menguji kondisi pasar apakah

Tabel 1. Sebaran margin, harga, dan biaya pemasaran kayu Sengon (Jalur 2, 3, 4 dan 5) di Propinsi Lampung pada tahun 2000.

Uraian	(Jalur 2)		(Jalur 3)		(Jalur 4)		(Jalur 5)	
	Harga (Rp/m ³)	Share (%)						
Petani :								
Harga jual (pohon berdiri)	100.000	25	100.000	27	100.000	27	100.000	25
Penebang Kayu :								
Biaya	120.000	30	120.000	32			110.000	28
- tenaga kerja (tebang dan gergaji)	45.000	11	45.000	12			45.000	11
- transportasi	25.000	6	25.000	7			20.000	5
- langsir/sarad	10.000	3	10.000	3			10.000	3
- bongkar-muat	25.000	6	25.000	7			20.000	5
- pengolahan (bahan bakar)	15.000	4	15.000	4			15.000	4
Margin keuntungan	180.000	45	155.000	41			140.000	35
Margin Pemasaran	300.000	75	275.000	73.33			250.000	63
Harga jual (kayu gergajian)	400.000	100	375.000	100			350.000	88
Sawmill :								
Biaya:					135.000	36		
- upah tebang					45.000	12		
- transportasi					20.000	5		
- pengolahan					20.000	5		
- pungutan					50.000	13		
Margin keuntungan					90.000	24		
Margin Pemasaran					225.000	60		
Harga jual					325.000	87		
Pedagang Kayu :								
Biaya:					30.000	8	30.000	8
- transportasi					20.000	5	20.000	5
- bongkar - muat					10.000	3	10.000	3
Margin keuntungan					20.000	5	20.000	5
Margin Pemasaran					50.000	13	50.000	13
Harga jual					375.000	100	400.000	100
Pedagang pembuat perabotan :								
Harga beli			375.000	100	375.000	100		
Konsumen Akhir :								
Harga beli	400.000	100					100.000	100

Keterangan:

- Harga berlaku sampai akhir tahun 2000.
- Diolah dari data primer survey Pemasaran (115 responden tdd 64 responden petani, 9 responden penebang kayu, 15 responden pedagang kayu, 6 responden sawmill, 19 responden pedagang pembuat perabotan) hasil

bersaing sempurna atau tidak, dilakukan uji t dengan hipotesis $H_0 : b = 1$, lawan $H_a : b \neq 1$, hasilnya pada taraf $\alpha = 5\%$, hipotesis yang diterima adalah $H_0 : b = 1$ dan nilai r yang tinggi, dapat dikatakan bahwa pasar ini mendekati keadaan pasar bersaing sempurna.

Korelasi harga kayu Jati di petani kayu rakyat dan konsumen di Bandarlampung

Berdasarkan hasil analisis regresi dan koefisien korelasi harga melalui metode linier sederhana diperoleh persamaan regresi sebagai berikut:

$$Pf = 49.899 + 0,6209 Pr.$$

Dari hasil penghitungan diperoleh nilai koefisien korelasi (0,9856), yang menunjukkan bahwa hubungan antara harga di tingkat konsumen dan di tingkat produsen cukup erat. Pengujian untuk menilai pasar bersaing sempurna, menggunakan uji t dengan hipotesis: $H_0 : \beta = 1$, lawan $H_a : \beta \neq 1$, hasilnya pada taraf $\alpha = 5\%$, hipotesis yang diterima adalah H_0 yang mempunyai arti bahwa pasar kayu Jati dari tingkat petani kayu Jati ke konsumen di Bandarlampung, kurang bersaing.

Tabel 2. Sebaran margin, harga, dan biaya pemasaran kayu Jati (Jalur 3 dan 5) di Lampung, pada tahun 2000.

Uraian	(Jalur 3)		(Jalur 5)	
	Harga (Rp/m ³)	Share (%)	Harga (Rp/m ³)	Share (%)
Petani :				
Harga jual (pohon berdiri)	300.000	33	300.000	30
Penebang :				
<i>Biaya</i>	175.000	19	175.000	18
- tenaga kerja (tebang & gergaji)	70.000	8	70.000	7
- transportasi	25.000	3	25.000	3
- langsir/sarad	20.000	2	20.000	2
- bongkar-muat	30.000	3	30.000	3
- pengolahan (bahan bakar)	30.000	3	30.000	3
Margin keuntungan	425.000	47	325.000	33
Margin Pemasaran	600.000	67	600.000	60
Harga jual (kayu gergajian)	900.000	100	800.000	80
Pedagang Kayu :				
<i>Biaya:</i>			40.000	4
- transportasi			20.000	2
- tenaga kerja			20.000	2
Margin keuntungan			160.000	16
Margin Pemasaran			200.000	20
Harga jual			1.000.000	100
Pedagang pembuat Perabotan :				
Harga beli	900.000	100		
Konsumen akhir :				
Harga beli			1.000.000	100

Keterangan: Harga berlaku sampai akhir tahun 2000.

Analisis Elastisitas Transmisi Harga

Nilai elastisitas transmisi harga (ET) yang diperoleh dari hasil penghitungan untuk kayu Sengon adalah sebesar 0,8358. Hal ini menunjukkan bahwa laju perubahan relatif harga di tingkat petani lebih kecil dibandingkan dengan laju perubahan harga di tingkat pedagang kayu. Menurut Hasyim (1994) keadaan ini bermakna bahwa pasar yang dihadapi oleh pelaku pemasaran adalah bersaing secara tidak sempurna.

Nilai elastisitas transmisi harga (ET) yang diperoleh dari hasil penghitungan untuk kayu Jati adalah sebesar 1,1469. Hal ini berarti bahwa laju perubahan harga di tingkat petani lebih besar daripada laju perubahan harga di tingkat pedagang kayu. Hal ini menunjukkan pula pasar dalam kondisi tidak bersaing sempurna.

Hasil analisis penyebaran margin, korelasi harga dan elastisitas harga untuk jenis Sengon dan Jati menunjukkan hasil saling mendukung dan memberikan

Tabel 3. Sebaran margin, harga, dan biaya pemasaran kayu Jati berdiameter 10cm (Jalur 6) di Lampung, pada tahun 2000.

Uraian	(Jalur 6)	
	Harga (Rp/m ³)	Share (%)
Petani:		
Harga jual (kayu bulat)	550.000	65
Pedagang Pengumpul:		
<i>Biaya:</i>	268.571	32
- tebang	60.000	7
- bongkar - muat	30.000	3
- transportasi (ke pedagang pengumpul di wilayah Jakarta)	128.571	15
- pungutan	50.000	6
Harga riil yang diterima Petani	281.429	33
Pedagang Kayu:		
<i>Biaya:</i>	100.000	12
- transportasi (ke industri)	60.000	7
- tenaga kerja	40.000	5
Margin keuntungan	200.000	23
Margin Pemasaran	300.000	35
Harga jual di Jakarta	850.000	100

Keterangan: Harga berlaku sampai akhir tahun 2000.

gambaran bahwa sistem pemasaran kayu rakyat Sengon dan Jati di daerah Lampung relatif belum efisien.

Struktur Pasar

Jumlah Lembaga Pemasaran Dalam Suatu Pasar
Salah satu indikator dalam melihat struktur pasar adalah jumlah lembaga pemasaran (Tabel 4). Bagi komoditas pertanian biasanya memiliki jalur pemasaran yang relatif panjang.

Dari sudut penjual (petani), berdasarkan perbandingan jumlah petani dengan penebang maupun pedagang pengumpul, dapat dikatakan bahwa struktur pasar yang terbentuk adalah oligopsoni. Hal ini disebabkan karena jumlah petani yang jauh lebih besar dari penebang maupun pedagang kayu sehingga petani akan cenderung menjadi pihak penerima harga (*price taker*).

Pada tingkat pemasaran selanjutnya jumlah pedagang kayu lebih banyak daripada usaha penggesekan (*sawmill*). Dengan demikian struktur pasar yang terbentuk adalah monopsoni. Hambatan untuk masuk sebagai pelaku pasar baru lebih tinggi karena membutuhkan sejumlah modal/kapital yang besar, dan dalam proses penentuan harga didominasi oleh *sawmill* sehingga menempatkan pedagang kayu sebagai penerima harga (*price taker*).

Tabel 4. Persentase Jumlah Lembaga Pemasaran Kayu.

No	Pelaku Pasar	Jumlah (n)	Persen (%)
1	Petani	64	55.7
2	Penebang Kayu	9	7.8
3	Pedagang Kayu	15	13.1
4	Sawmill	6	5.2
5	Pedagang Pembuat Perabotan	19	16.5
6	Industri Pengolahan Kayu	2	1.7
		115	100

Sumber: Data Primer Survey Pemasaran

Sedangkan pada tingkat pedagang pembuat perabotan, jumlah pedagang maupun penebang kayu lebih sedikit sehingga struktur pasar yang terbentuk adalah kompetisi monopolistik. Hal ini terjadi karena hambatan untuk memasuki pasar sebagai pedagang perabotan lebih kecil dibanding sebagai penebang atau pedagang kayu.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa struktur pasar yang terbentuk berdasarkan jumlah antar lembaga pemasaran dan petani adalah struktur persaingan tidak sempurna (*imperfect competitive market*).

Informasi Pasar

Beberapa persoalan yang berkaitan dengan informasi pasar diantaranya adalah:

- Informasi harga umumnya diterima hanya dari sesama petani, kemudian dari penebang kayu, pedagang kayu dan *sawmill*.
- Sebagian besar petani tidak mengetahui secara pasti spesifikasi jenis dan kualitas dan ukuran kayu yang dibutuhkan pasar sehingga petani hanya mampu memasarkan kayunya dalam bentuk log atau balok saja.

Dengan keadaan seperti diatas petani tidak mempunyai kesempatan untuk melakukan diferensiasi produk, hal ini diindikasikan dengan margin pemasaran pada kayu sengon khususnya lebih besar diterima oleh penebang.

Jenis-Jenis Produk Yang Dipasarkan

Dilihat dari homogenitas produk kayu yang diproduksi, mutu dan ukuran kayu yang dihasilkan tidak seragam. Ukuran umum yang biasanya dapat ditebang dan dipasarkan adalah minimal berdiameter 30cm. Namun dalam survey lapangan menunjukkan kayu telah dipasarkan dengan ukuran diameter yang lebih kecil, sehingga sangat berpengaruh terhadap harga. Keadaan ini menyebabkan penebang memiliki peran yang sangat besar dalam menentukan harga.

Secara umum struktur pasar diatas menunjukkan struktur produsen dan pedagang kayu yang berada dalam bentuk pasar oligopsoni, dimana petani memiliki peran yang relatif lemah dalam pembentukan harga hasil produksinya.

Masalah-masalah yang dihadapi petani dan Pelaku Pasar dalam Pemasaran Hasil Wanatani

Beberapa masalah yang sering dihadapi petani adalah:

- Masih rendahnya pengetahuan petani tentang cara bertani/berkebun (budidaya, pemanenan, penanganan pasca panen) yang baik dan benar;
- terbatasnya akses informasi pasar oleh petani (hubungan dengan pasar (tidak tetap), petani hanya mengetahui dari sesama petani/ pedagang/ pengumpul lokal saja/menunggu pedagang berkunjung ke kebun);
- hasil produksi kayu sedikit tiap kebunnya sehingga tidak dapat dijual ke industri pengolahan kayu skala menengah maupun besar (PT. Andatu Lestari Plywood);
- sistem pemanenan pohon dilakukan sebelum usia panen (ijon);
- petani tidak mempunyai kelompok kerja bersama untuk kegiatan pemasaran; dan
- akses sarana dan prasarana transportasi di beberapa kecamatan yang kurang baik (jalan berbatu, bergelombang sehingga petani tidak dapat menjual ke lokasi lain dengan harga yang lebih baik akibat biaya transportasi yang mahal.

Selain petani, pelaku pasar juga memiliki masalah dalam pemasaran seperti:

- kualitas hasil kebun masih rendah (penanaman, pemeliharaan sampai pemanenan tdk diperhatikan) sehingga kebanyakan hanya dijual ke saluran pasar lokal saja;
- tengkulak terpaksa melakukan panen muda akibat kebutuhan keuangan yang mendesak dari petani;
- Pelaku pasar tidak memiliki hubungan kerjasama dgn petani dalam bentuk kelompok

Peluang-peluang memperbaiki sistem Pemasaran kayu di Lampung

Terdapat beberapa peluang yang dapat dilakukan untuk memperbaiki hubungan pemasaran petani dengan pelaku pasar sehingga sistem pemasaran menjadi lebih baik, efisien dan saling menguntungkan, yaitu:

- Meningkatkan kualitas dan kuantitas dari produk dengan intensifikasi atau ekspansi sistem wanatani yang baik. Perbaikan kualitas dari produk dapat berupa (tebang pilih dan melakukan semi proses dari bahan mentah menjadi bahan baku)
- Petani dapat mempertimbangkan transportasi, pengumpulan, atau aktivitas-aktivitas sampingan

lainnya dengan bekerja bersama-sama dlm kelompok tani-pedagang, yang saling menguntungkan.

3. Apabila petani mampu melakukan sistem pemasaran secara kelompok maka petani berkesempatan memasarkan hasil kayu mereka dalam jumlah yang cukup ke industri pengolahan kayu yang biasanya telah bekerjasama dengan HTI/HPH.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Jenis-jenis kayu yang ditanam oleh petani di Provinsi Lampung didominasi oleh jenis kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan Jati (*Tectona grandis*), jenis-jenis kayu lainnya adalah: Pulai (*Alstonia scholaris*), Akasia (*Acacia auriculiformis*), Gemelina (*Gmelina arborea*), Afrika (*Maesopsis eminii*), Sungkai (*Peronema canescens*), Bayur (*Pterosperum javanica*). Adapun jenis-jenis kayu yang ditanam oleh hutan tanaman industri (HTI) adalah Sengon (*Paraserianthes falcataria*), *Acacia mangium*, Gemelina (*Gmelina arborea*), Sungkai (*Peronema canescens*), Jati (*Tectona grandis*).
2. Jenis produk kayu dipasarkan oleh petani dalam bentuk pohon berdiri (untuk bahan bangunan), kayu bulat (industri penggergajian), kayu gergajian (pedagang pembuat perabotan/pengrajin mebel dan bahan bangunan) dan kayu bakar.
3. Jalur pemasaran kayu yang berasal dari petani memiliki enam jalur, yaitu: **Jalur pemasaran 1** (Petani – Konsumen akhir), **Jalur pemasaran 2** (Petani – Penebang (Tukang Chainsaw) - Rumah tangga), **Jalur pemasaran 3** (Petani – Penebang (Tukang Chainsaw)-Pedagang pembuat perabotan (mebelair)), **Jalur pemasaran 4** (Petani – *Sawmill* (Penggergajian) – Pedagang Kayu – Konsumen akhir dan pedagang pembuat perabotan), **Jalur pemasaran 5** (Petani – Penebang - Pedagang Kayu – Pedagang pembuat perabotan dan konsumen akhir), **Jalur pemasaran 6** (Petani – Pedagang Kayu di Jakarta). Sedangkan jalur

pemasaran kayu dari HTI adalah Produsen (HTI) – pedagang pengolahan kayu.

4. Dari analisis penyebaran margin, penerimaan petani dari jalur 1 (Petani – Konsumen akhir), lebih besar dibandingkan pada jalur pemasaran yang lain dan pada jalur pemasaran ini petani melakukan aktivitas pemasaran dan harus mengeluarkan sejumlah biaya pemasaran.
5. Hasil analisis integrasi pasar (korelasi harga), analisis margin pemasaran, dan organisasi pasar menunjukkan bahwa pasar kayu sengon dan jati belum efisien akibat masih banyaknya berbagai hambatan yang terjadi di pasar.

SARAN

Perlunya pengembangan informasi pasar dan harga sampai ke tingkat petani yang disertai fasilitas pemasaran yang cukup memadai untuk mencapai sistem pemasaran yang efisien.

Apabila pemerintah dapat lebih memberikan kemudahan kepada petani kayu rakyat dalam memasarkan hasilnya dengan mempermudah peraturan distribusi kayu yang diproduksi oleh petani dan menekan biaya-biaya yang harus dikeluarkan oleh petani untuk pajak atau pungutan hasil produksi maka petani mempunyai kesempatan yang lebih baik dalam memperluas saluran pemasaran mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- BAPPEDA. Tingkat I Lampung. 1995. Strategi Perencanaan Pembangunan Kehutanan Propinsi Lampung Pada Repelita VI. Makalah Seminar Sehari “Kebun Damar di Krui Lampung, 6 Juni 1995. Bandarlampung.
- Betser, E. 2001. Rapid Reconnaissance Survey in Market Research. Presented in Workshop on Tree Domestication Short Course, ICRAF Headquarter, Nairobi.
- Dinas Kehutanan Propinsi Lampung. 1998. Data Hutan Rakyat. Bagian Produksi Dinas Kehutanan Propinsi Lampung. Bandarlampung.
- _____. 1999. Data Kawasan Hutan Sesuai Fungsi pada Setiap Kabupaten di Propinsi Lampung s.d. Awal 1998. Bagian Bina Program Dinas Kehutanan Propinsi Lampung. Bandarlampung.
- Forum Pembaharuan Kehutanan Lampung. 1998. Kehutanan Lampung: Kini dan Tuntutan Menuju Pengelolaan Hutan yang Adil dan Lestari. SKH Lampung Post.
- Haeruman, H. 1995. Pengelolaan Hutan Rakyat. Makalah Seminar Hutan Rakyat Menuju Model Pemberdayaan Masyarakat dan Pembangunan Berwawasan Lingkungan. DPP HKTI. Jakarta.

- Hasyim, A.I. 1994. Tataniaga Pertanian. Diklat kuliah Universitas Lampung. Fakultas Pertanian Unila. Bandarlampung.
- Kantor Wilayah Departemen Kehutanan dan Perkebunan Propinsi Lampung. 1999. Produksi Kayu pada Pembangunan HTI selama Lima Tahun s.d. November 1999. Bidang Pengusahaan Hutan Dephutbun. Bandarlampung.
- _____. Hasil Evaluasi HPHTI. Bidang Pengusahaan Hutan Dephutbun Bandarlampung.
- Yuliyanti. 2000. *Analisis Pemasaran Kayu di Propinsi Lampung*. Tesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.