

PERUBAHAN IKLIM GLOBAL: Penyebab dan dampaknya terhadap lingkungan dan kehidupan

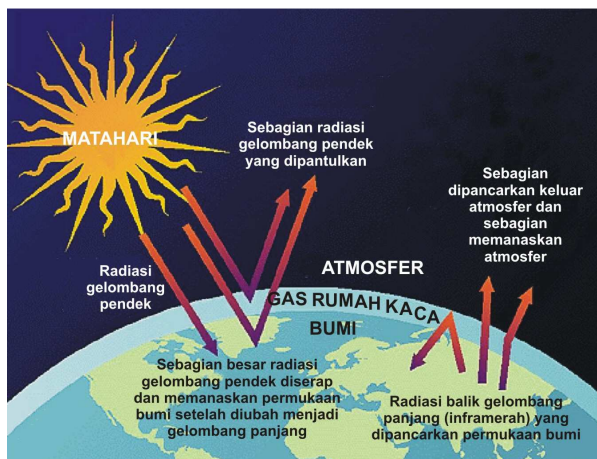
Kurniatun Hairiah

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl Veteran, Malang 65145
Email: K.hairiah@cgiar.org atau Safods.unibraw@telkom.net

PENDAHULUAN

Udara di sekeliling kita semakin panas, bukankah hal itu sudah biasa terjadi di daerah tropis? Mengapa orang sedunia heboh? Bahkan bekas presiden USA Al Gore bersama-sama dengan organisasi IPCC memperoleh Penghargaan Nobel sebagai penyelamat dunia karena telah berkecimpung banyak dalam menagani **PERUBAHAN IKLIM GLOBAL**. Keduanya dipandang merupakan pejuang perdamaian dengan upayanya yang efektif untuk membangun perdamaian dengan menghindari dunia dari bencana lingkungan yang dapat menjadi sumber konflik amat besar dimasa mendatang.

Pemanasan global adalah kejadian terperangkapnya radiasi gelombang panjang matahari (infra merah atau gelombang panas) yang dipancarkan oleh bumi, sehingga tidak dapat lepas ke angkasa dan akibatnya suhu di atmosfer bumi memanas (Gambar 1).



Gambar 1. Gas rumahkaca yang menyelimuti atmosfer bumi akan menyerap radiasi gelombang panjang yang memanaskan bumi (Sumber: UNEP/WMO, 2000)

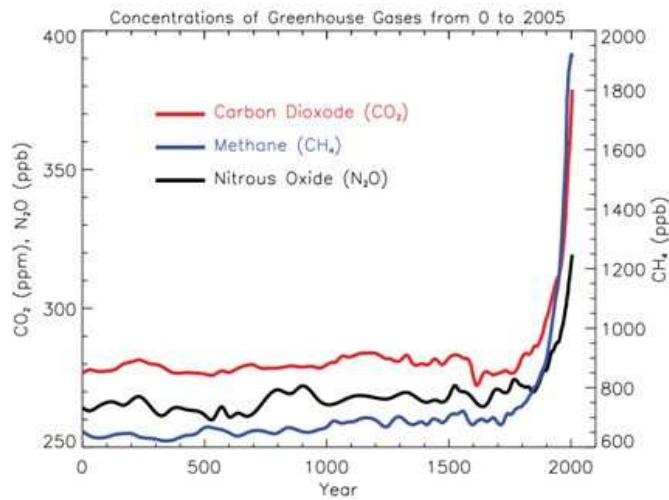
Dengan berubahnya suhu bumi yang dapat dirasakan oleh seluruh makhluk di bumi ini, maka kejadian tersebut dinamakan sebagai “pemanasan global”. Penjebak gelombang panas tersebut adalah lapisan gas yang berperan seperti dinding kaca atau ‘selimut tebal’, antara lain adalah uap air, gas asam arang atau karbon dioksida (CO₂), gas methana (CH₄), gas tertawa atau dinitrogen oksida (N₂O), perfluorokarbon (PFC), hidrofluorokarbon (HFC) dan sulfurheksfluorida (SF₆). Uap air (H₂O) sebenarnya juga merupakan GRK yang penting dan pengaruhnya dapat segera dirasakan. Misalnya pada saat menjelang hujan berawan tebal dan kelembaban tinggi, udara terasa panas karena radiasi gelombang-panjang tertahan uap air atau mendung yang menggantung di atmosfer. Namun H₂O tidak diperhitungkan sebagai GRK yang efektif dan tidak dipergunakan dalam prediksi perubahan iklim karena keberadaan atau masa hidup (*life time*) H₂O sangat singkat (9.2 hari). Tiga jenis gas yang paling sering disebut sebagai GRK utama adalah CO₂, CH₄ dan N₂O, karena akhir-akhir ini konsentrasinya di atmosfer terus meningkat hingga dua kali lipat (IPCC, 2007). Ketiga jenis GRK tersebut mempunyai masa hidup cukup panjang Tabel 1. Dari ketiga GRK tersebut gas CO₂ merupakan gas yang paling pesat laju peningkatannya dan masa hidupnya paling panjang, walaupun kemampuan radiasinya lebih rendah dari pada ke dua gas lainnya.

Tabel 1. Karakteristik gas rumah kaca utama

Karakteristik	CO ₂ , ppmv	CH ₄ , ppbv	N ₂ O, ppbv
Konsentrasi pada pra-industri	290	700	275
Konsentrasi pada 1992	355	1714	311
Konsentrasi pada 1998	360	1745	314
Laju kenaikan per tahun	1.5	7	0.8
Persen kenaikan per tahun	0.4	0.8	0.3
Masa hidup (tahun)	5-200	12-17	114
Kemampuan memperkuat radiasi	1	21	206

Keterangan: ppmv = *part per million by volume*, ppbv: *part per billion by volume*

Kejadian pemanasan bumi tersebut sama dengan kondisi di dalam rumah kaca yang memungkinkan sinar matahari untuk masuk tetapi energi panas yang keluar sangat sedikit, sehingga suhu di dalam rumah kaca sangat tinggi. Dengan demikian pemanasan global yang terjadi disebut juga Efek Rumah Kaca dan gas yang menimbulkannya disebut Gas Rumah Kaca (GRK) dan untuk memudahkan perhitungan dalam penurunan emisi, semua gas dinyatakan dalam ekivalen terhadap CO₂.



Gambar 2. Peningkatan konsentrasi 3 gas utama penyusun GRK CO₂, CH₄, N₂O di atmosfer (IPCC, 2007)

PENYEBAB PEMANASAN GLOBAL

Pada tahun 2007 Indonesia didaulat sebagai salah satu negara penghasil emisi GRK terbesar di dunia, terutama berasal dari kegiatan alih guna lahan hutan dan pengeringan lahan gambut menjadi lahan pertanian (Tabel 2). Negara emitor GRK terbesar adalah USA dan China, jumlah GRK yang diemisikan dua kali lipat lebih besar dari emisi asal Indonesia. Bedanya, emisi GRK dari kedua negara industri tersebut berasal dari penggunaan bahan bakar fosil dan industri.

Agus dan Van Noordwijk (2007) melaporkan bahwa pembakaran hutan alami pada lahan gambut menyebabkan pelepasan CO₂ sebanyak 734 ton ha⁻¹ yang berasal dari C yang tersimpan di vegetasi sebesar 200 ton ha⁻¹. Tetapi jumlah tersebut mungkin masih lebih rendah dari jumlah CO₂ yang diemisikan sebenarnya, karena selama pembakaran hutan lapisan atas gambut juga terbakar dan melepaskan CO₂. Seandainya gambut yang terbakar setebal 10 cm, maka akan terjadi penambahan emisi CO₂ sebesar 220 ton ha⁻¹ karena tanah gambut mengandung C sekitar 6 ton ha⁻¹ cm⁻¹.

Tabel 2. Emisi GRK (Mt CO_{2e}) dari berbagai sumber emisi dari tujuh negara emitor utama (sumber data PEACE, 2007 dalam Murdyarso dan Adiningsih, 2007)

Emisi	USA	China	Indonesia	Brazil	Rusia	India
Energi	5,752	3,720	275	303	1,527	1,051
Pertanian	442	1,171	141	598	118	442
Kehutanan & pengeringan gambut	-403	-47	2,563	1,372	54	-40
Limbah	213	174	35	43	46	124
Total	6,005	5,017	3,014	2,316	1,745	1,177

Catatan:

1. Emisi GRK rata-rata 1.5 – 4.5 GT ha⁻¹th⁻¹; GT = giga ton = 10¹⁵ g = 10⁹ ton; Mt=Mega ton = 10⁶ ton; Satuan CO₂/C = 3.67
2. Data hasil pengukuran emisi GRK dari sumber lainnya masih terus dibutuhkan
3. Nilai negatif pada bagian kehutanan dan pengeringan gambut di USA dan di China adalah dikarenakan keberhasilan kedua negara tersebut dalam penghutanan kembali

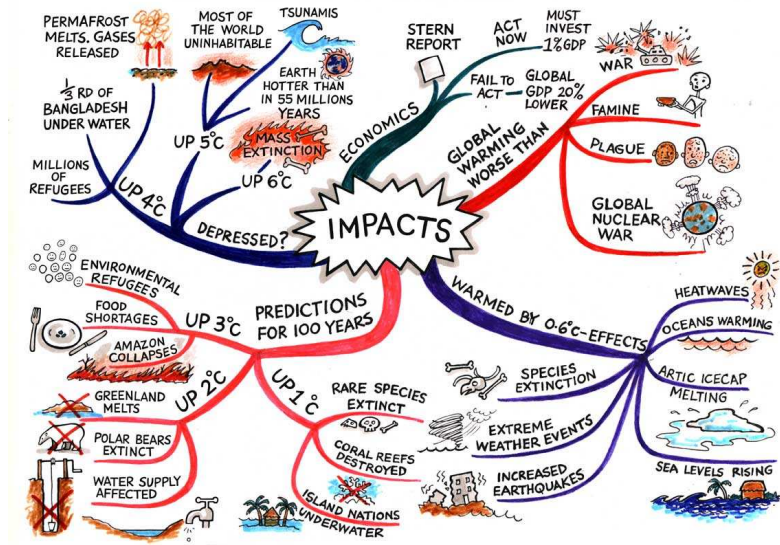
Setelah pembakaran hutan, biasanya lahan dialih-fungsikan menjadi perkebunan kelapa sawit, HTI atau tanaman semusim. Cara pengelolaan paska pembakaran (terutama berhubungan dengan pengeringan dan pengolahan tanah) sangat mempengaruhi besarnya emisi CO₂ berikutnya. Pembuatan saluran drainase sedalam 80 cm pada kebun sawit, diestimasi

akan mengemisikan CO₂ sebanyak 73 ton ha⁻¹ th⁻¹. Jadi berarti dalam satu siklus tanam sawit (25 tahun) akan mengemisikan CO₂ sebanyak 1820 ton ha⁻¹. Suatu jumlah pelepasan yang sangat besar, yang mungkin terlewatkan dalam penghitungan neraca C di skala global saat ini.

DAMPAK PEMANASAN GLOBAL DAN SIAPA YANG MENDERITA?

Dampak dari pemanasan global terhadap lingkungan dan kehidupan, dapat dibedakan menurut tingkat kenaikan suhu dan rentang waktu (Gambar3). Bila suhu bumi meningkat hingga 3°C, diramalkan sebagian belahan bumi akan tenggelam, karena meningkatnya muka air laut akibat melelehnya es di daerah kutub, misalnya Bangladesh akan tenggelam. Bencana tsunami akan terjadi lagi di beberapa tempat, kekeringan dan berkurangnya beberapa mata air, kelaparan dimana-mana. Akibatnya banyak penduduk dari daerah-daerah yang terkena bencana akan mengungsi ke tempat lain. Peningkatan jumlah pengungsi di suatu tempat akan berdampak terhadap stabilitas sosial dan ekonomi, kejadian tersebut sudah sering kita dengar terjadi di Indonesia paska bencana.

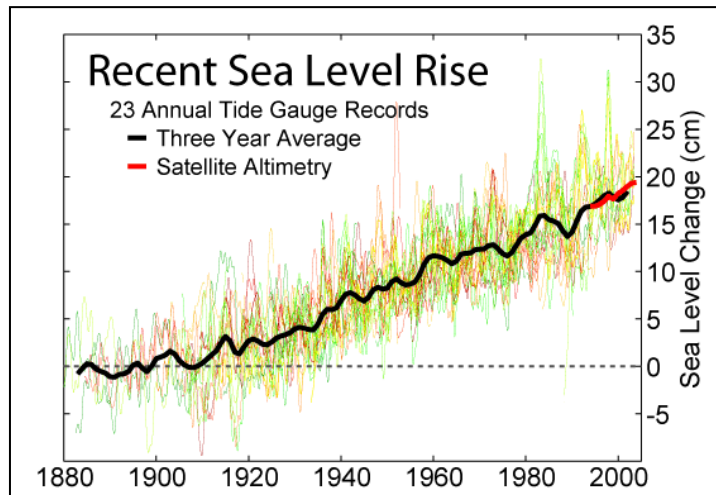
Perubahan yang lain adalah meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Perubahan-perubahan tersebut akan berpengaruh terhadap hasil pertanian, berkurangnya salju di puncak gunung, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis flora dan fauna. Akibat perubahan global tersebut akan mempengaruhi kebijakan pemerintah dalam perencanaan dan pengembangan wilayah, pengembangan pendidikan dan sebagainya. Guna menghindari terjadinya bencana besar yang memakan banyak korban, para ilmuwan telah bekerja keras membuat beberapa prakiraan mengenai dampak pemanasan global.



Gambar 3. Skema dampak pemanasan global terhadap kehidupan dan lingkungan di dunia dan konsekuensinya terhadap stabilitas pangan, sosial dan budaya akibat banyaknya bencana yang diramalkan akan terjadi pada seratus tahun mendatang (<http://learningfundamentals.com.au/wp-content/uploads/combating-global-warming-map.jpg>)

1. Tinggi muka laut

Peningkatan suhu atmosfer akan diikuti oleh peningkatan suhu di permukaan air laut, sehingga volume air laut meningkat maka tinggi permukaan air laut juga akan meningkat. Pemanasan atmosfer akan mencairkan es di daerah kutub terutama di sekitar pulau Greenland (di sebelah utara Kanada), sehingga akan meningkatkan volume air laut. Kejadian tersebut menyebabkan tinggi muka air laut di seluruh dunia meningkat antara 10 - 25 cm selama abad ke-20. Para ilmuwan IPCC memprediksi peningkatan lebih lanjut akan terjadi pada abad ke-21 sekitar 9 - 88 cm (Gambar 4).



Gambar 4. Perubahan tinggi rata-rata muka laut diukur dari daerah dengan lingkungan yang stabil secara geologi. (http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global)

Perubahan tinggi muka laut akan sangat mempengaruhi kehidupan di daerah pantai. Kenaikan 100 cm (40 inchi) akan menenggelamkan 6 % daerah Belanda, 17.5% daerah Bangladesh dan banyak pulau-pulau. Dengan meningkatnya permukaan air laut, peluang terjadi erosi tebing, pantai, dan bukit pasir juga akan meningkat. Bila tinggi lautan mencapai muara sungai, maka banjir akibat air pasang akan meningkat di daratan. Bahkan dengan sedikit peningkatan tinggi muka laut sudah cukup mempengaruhi ekosistem pantai, dan menenggelamkan sebagian dari rawa-rawa pantai. Negara-negara kaya akan menghabiskan dana yang sangat besar untuk melindungi daerah pantainya, sedangkan negara-negara miskin mungkin hanya dapat melakukan evakuasi penduduk dari daerah pantai.

2. *Mencairnya es di kutub utara*

Para ilmuwan juga memperkirakan bahwa selama pemanasan global, daerah bagian Utara dari belahan Bumi Utara (*Northern Hemisphere*) akan memanaskan lebih dari daerah-daerah lain di Bumi. Akibatnya, gunung-gunung

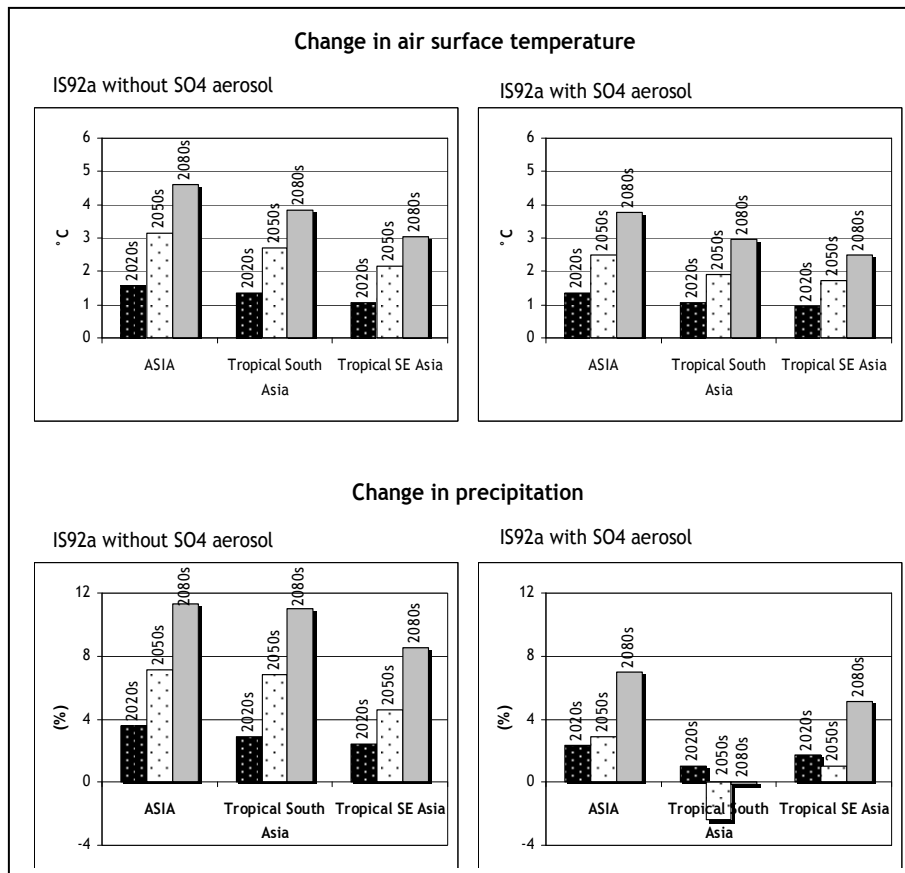
es akan mencair dan daratan akan mengecil, akan lebih sedikit es yang terapung di perairan Utara sehingga populasi flora dan fauna semakin terbatas. Pada daerah-daerah pegunungan subtropis, bagian yang ditutupi salju akan semakin sedikit serta akan lebih cepat mencair dan musim tanam akan lebih panjang di beberapa area.

3. Jumlah curah hujan

Meningkatnya suhu di atmosfer akan berpengaruh terhadap kelembaban udara. Pada daerah-daerah beriklim hangat akan menjadi lebih lembab karena lebih banyak air yang menguap dari lautan, sehingga akan meningkatkan curah hujan, rata-rata, sekitar 1 % untuk setiap 1°C F pemanasan. Dalam seratus tahun terakhir ini curah hujan di seluruh dunia telah meningkat sebesar 1 %.

Intensitas curah hujan telah meningkat akhir-akhir ini bila dibandingkan dengan waktu 1950 -1999. Para ahli telah memperkirakan perubahan curah hujan yang akan terjadi di Asia Tenggara (Lal *et al.*, 2001 dalam Santoso dan Forner, 2006) bahwa presipitasi di Asia Tenggara akan meningkat 3.6% di tahun 2020-an dan 7.1% di tahun 2050, serta 11.3% di tahun 2080-an. Dengan menggunakan model simulasi (IS92a pakai dan tanpa aerosol) diperkirakan iklim di Asia Tenggara akan menjadi lebih panas dan lebih basah dari pada kondisi yang kita miliki saat ini (Gambar 5). Dengan berpeluang besar untuk terjadi banjir dan longsor di musim penghujan dan kekeringan di musim kemarau. Kajian dampak (impact study) perubahan musim terhadap frekuensi kejadian kondisi ekstrim per tahunnya mungkin lebih penting dari pada meningkatnya jumlah curah hujan yang terjadi. Pada Gambar 6 dapat dilihat hasil prediksi 2 model (HadCM3 dan GISS_ER) akan perubahan musim di Indonesia. Prediksi variabilitas iklim dan ramalan musim tersebut akan sangat bermanfaat di masa yang akan datang untuk

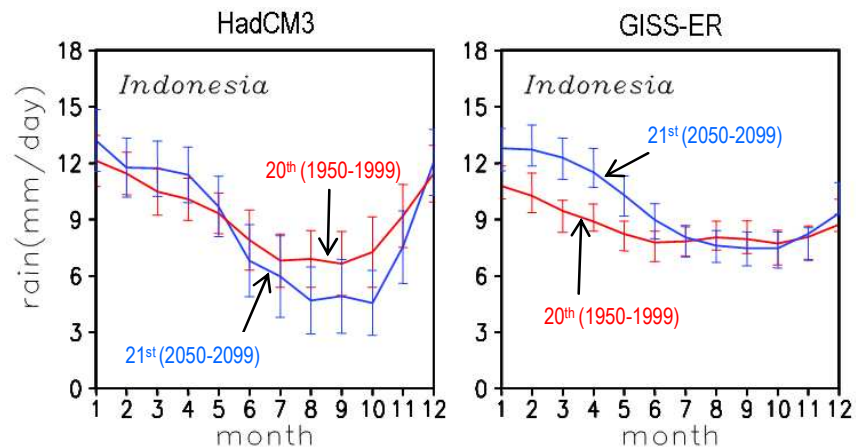
memberikan peringatan dini kepada masyarakat akan datangnya bencana, agar tingkat kerugian dan jumlah korban bisa diminimalkan.



Gambar 5. Peningkatan rata-rata tahunan suhu udara di Asia (gambar atas) dan rata-rata presipitasi tahunan sebagai akibat peningkatan konsentrasi CO₂ di udara (menurut skenario emisi IS92a) (Dikutip dari: Santoso dan Forner, 2006)

Masyarakat seluruh dunia akan terkena dampak perubahan iklim. Tetapi negara dan masyarakat miskinlah yang paling rawan terkena dampaknya. Negara kepulauan kecil dan negara berkembang yang merupakan penyumbang terkecil pada emisi GRK, justru akan mengalami dampak paling besar dan paling tidak siap menghadapi perubahan iklim.

Sebagai contoh, negara-negara pulau kecil di Pasifik hanya menyumbang 0.06% dari total emisi seluruh dunia, tetapi akan menjadi korban paling pertama akibat naiknya permukaan air laut. Demikian pula, masyarakat miskin di pesisir yang akan menjadi korban terlebih dahulu.



Gambar 6. Perbedaan hasil prediksi perubahan pola sebaran hujan menurut model HadCM3 dan GISS_ER, namun keduanya memprediksi akan terjadi kondisi ekstrim basah dimusim penghujan dan ekstrim kering di musim kemarau(Dikutip dari: Santoso dan Forner, 2006)

Indonesia, sebagai salah satu negara tropis akan paling menderita terkena dampak pemanasan global. Dampak pemanasan global di lapangan ditandai dengan munculnya bencana alam terutama berkaitan dengan adanya penurunan sumber daya alam (SDA) baik ditingkat plot, lansekap/nasional dan global, yang penanganannya memerlukan pemahaman yang mendalam. Penurunan SDA yang umum dihadapi di tingkat nasional umumnya berhubungan dengan (1) Air baik kuantitas maupun kualitasnya, (2) Biodiversitas fauna dan flora, (3) Keindahan lansekap, dan (4) Kualitas udara.

Dampak-dampak tersebut di atas memang sering dikatakan sebagai "diperkirakan", tetapi perubahan pola cuaca, intensitas hujan dan musim kering, serta peningkatan bencana sudah mulai kita rasakan sekarang, tidak perlu menunggu 2030 atau 2050. Kalau peningkatan suhu rata-rata bumi tidak dibatasi pada 2°C maka dampaknya akan sulit dikelola manusia maupun alam!

Guna meredam penderitaan masyarakat yang berkepanjangan di masa yang akan datang, maka kebijakan pengelolaan lahan baik kehutanan maupun pertanian harus bersifat **ADAPTASI** terhadap iklim baru yang sinergi dengan upaya **MITIGASI** terhadap perubahan iklim global. Kegiatan adaptasi adalah kegiatan yang dilakukan untuk menekan dampak perubahan iklim baik secara antisipatif maupun reaktif. Sedangkan kegiatan mitigasi dilakukan sebagai salah satu upaya menurunkan efek gas rumah kaca sehingga dapat memperlambat laju pemanasan global. Bahasan dalam buku ini difokuskan kepada upaya INAFE (The Indonesian Network for Agroforestry Education) dalam mempersiapkan generasi mendatang untuk dapat beradaptasi dengan kondisi iklim global yang telah berubah, melalui perbaikan perbaikan strategi pendidikan Agroforestri di Perguruan Tinggi seluruh Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. and M. van Noordwijk. 2007. CO₂ emissions depend on two letters. The Jakarta Post, November 15.
- IPCC, 2001. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Report of the working group II. Cambridge University Press, UK, p 967.
- Murdiyarto D, Van Noordwijk M, Wasrin UR, Tomich TP, and AN Gillison. 2002. Environmental benefits and sustainable land-use options in the Jambi transect, Sumatra, Indonesia. Journal of Vegetation Science 13: 429-438.
- Santoso H dan Forner C. 2007. Climate change projections for Indonesia. TroFCCA
- Tomich T P, Van Noordwijk M, Budidarsono S, Gillison A, Kusumanto T, Murdiyarto D, Stolle F and Fagi A M. 1995 Alternatives to slash-and-burn

in Indonesia. Summary Report and Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia Report Nummer 8. Bogor, Indonesia.

Watson RT, Noble IR, Bollin B, Ravindranath NH, Verado DJ and Dokken DJ. 2000. Land Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 377pp.

Web site

<http://www.wetlands.org>

<http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html>

<http://www.ghgonline.org/evidence.htm>

<http://www.ipcc.ch>

<http://www.columbia.edu/cu/cup>

**AGROFORESTRI SEBAGAI SOLUSI MITIGASI DAN ADAPTASI
PEMANASAN GLOBAL: Pengelolaan sumber daya alam yang
berkelanjutan dan fleksibel terhadap berbagai perubahan***

Meine van Noordwijk

World Agroforestry Centre, ICRAF-Southeast Asia
Bogor, Indonesia

ABSTRAK

Pemanasan global merupakan gejala dari adanya pengelolaan sumber daya alam (SDA) yang tidak berkelanjutan. Pemanasan global juga menyebabkan munculnya kekhawatiran dunia, karena dampaknya terhadap kehidupan dan kondisi bentang lahan dari semua Negara baik bagi negara penghasil (emisi) gas rumah kaca (GRK) maupun bukan. Indonesia merupakan salah satu negara emitor GRK terutama berasal dari pembakaran hutan dan pengeringan gambut, sehingga Indonesia menjadi salah satu bagian dari solusi pengurangan pemanasan global. Secara umum tapak ekologi (*ecological footprint*) dunia telah melebihi ruang yang tersedia, maka penggunaan ruang harus seefisien mungkin. Penggunaan ruang harus multifungsional yang dapat menghasilkan kebutuhan pokok dan sekaligus memberikan layanan lingkungan yang dibutuhkan masyarakat dan kehidupan lainnya. Agroforestri merupakan tawaran yang dapat memberikan solusi multifungsional, walaupun didalam sistemnya masih dijumpai pula hal-hal yang saling bertentangan (*trade-off*) dan kompromi internal. *Trade-off* dapat ditangani asalkan perolehan produksi dan layanan lingkungan memperoleh imbal jasa (*reward*) yang adil dan benar.

Dengan demikian saat ini lebih dibutuhkan pengelola SDA yang berpikiran lebih luas dan terintegrasi, sementara para lulusan kehutanan atau pertanian di Indonesia masih terlalu spesifik dengan spesialisanya masing-masing. Adaptasi terhadap pergeseran peluang dan tantangan yang muncul akibat adanya perubahan iklim menjadi lebih penting dari pada adaptasi terhadap pergeseran karena globalisasi pasar dan penyesuaian wewenang yang berimbang pada tingkat lokal, nasional dan internasional. Hal tersebut membutuhkan strategi pengelolaan yang berkelanjutan dan fleksibel terhadap segala bentuk perubahan (*sustainagility*) dari pada strategi pengelolaan yang berkelanjutan yang hanya mengadopsi rencana kegiatan yang telah ditetapkan sebelumnya tanpa ada peluang untuk diubah (*sustainability*). Generasi mendatang baik sebagai peneliti ataupun pimpinan

* *With thanks to Prof. Dr. Kurniatun Hairiah for assistance in the translation to Bahasa Indonesia for a publication of the Indonesian Network of Agroforestry Education in Solo, March 2008*

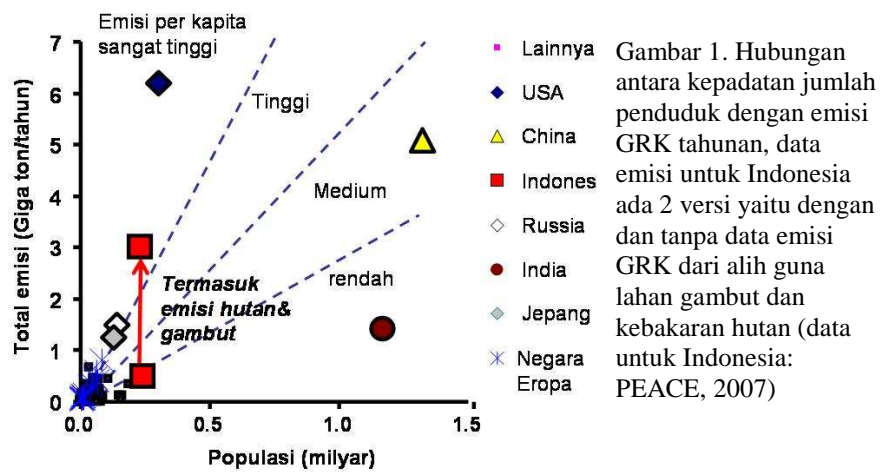
dituntut memiliki ketrampilan dalam menganalisis dan mensintesis permasalahan di lapangan, dan juga harus mampu menjembatani multipihak untuk bernegosiasi dalam menyelesaikan berbagai masalah lingkungan yang muncul karena terjadinya alih guna lahan yang begitu cepat.

1. Perubahan iklim sebagai gejala dari pembangunan yang tidak berkelanjutan

IPCC (2007) telah memberikan banyak bukti kuat secara ilmiah bahwa iklim global telah berubah pada tingkatan yang cukup besar sepanjang sejarah geologi. Perubahan tersebut terjadi karena adanya peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer, terutama tersusun dari gas-gas CO₂, CH₄ dan N₂O. Akhir-akhir ini terjadi peningkatan emisi gas CO₂ di atmosfer, yang dulunya tersimpan dalam berbagai bahan organik dan kalsium karbonat (CaCO₃), tetapi sekarang terlepas ke atmosfer melalui penggunaan bahan bakar fosil dan penambangan semen. Sekitar 20% dari total peningkatan GRK disebabkan oleh emisi CO₂ ke atmosfer lewat pembakaran. Dulunya karbon tersimpan dalam biomasa vegetasi hutan (pohon dan tumbuhan bawah) dan dalam tanah gambut selama ratusan atau bahkan ribuan tahun. Kesepakatan internasional yang dibangun sebagai upaya mereduksi emisi GRK sulit untuk diimplementasikan secara adil, karena terdapat perbedaan yang besar antar Negara dalam emisi GRK per kapitanya.

Dalam Kyoto protokol telah disepakati bahwa besarnya reduksi emisi GRK setiap Negara merupakan perbandingan antara besarnya emisi GRK saat ini dibandingkan dengan besarnya emisi GRK di tahun 1990, dengan demikian ada ketidakadilan dalam hak mengemisikan antar negara. Negara-negara industri besar sangat diuntungkan dengan kesepakatan tersebut karena pada tahun 1990 mereka telah mengemisikan GRK dalam jumlah besar, tetapi Negara-negara dengan emisi kecil tidak mendapatkan keuntungan. Setiap negara harus mempunyai hak sama untuk mengemisikan

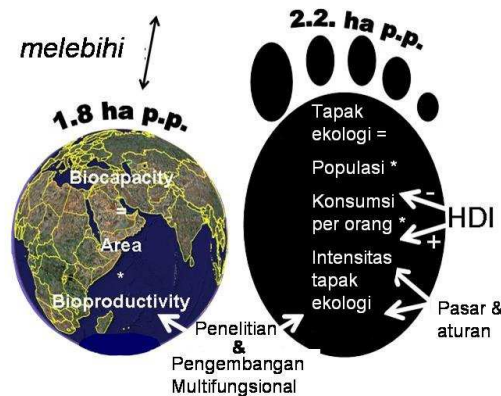
GRK asal tidak melebihi kapasitas atmosfer dan lautan untuk menyerapnya. Adanya peningkatan suhu bumi karena efek rumah kaca, secara cepat akan menyebabkan peningkatan CO₂ dan CH₄ pada zona boreal (zona dekat kutub utara) dan penurunan kapasitas serapan dari lautan dan atmosfer. Indonesia akan terkena dampak perubahan iklim, tetapi juga akan termasuk dalam salah satu daftar Negara yang bertanggung jawab terhadap pemanasan global. Berdasarkan perhitungan kasar terhadap besarnya GRK yang diemisikan dari kebakaran hutan gambut, Indonesia mengemisikan per kapitanya sekitar 30% lebih tinggi dari pada Negara-negara Eropa (Gambar 1), tetapi masih lebih rendah dari pada USA yang merupakan satu-satunya Negara Annex 1 yang belum menyetujui Kyoto protocol.



Gambar 1. Hubungan antara kepadatan jumlah penduduk dengan emisi GRK tahunan, data emisi untuk Indonesia ada 2 versi yaitu dengan dan tanpa data emisi GRK dari alih guna lahan gambut dan kebakaran hutan (data untuk Indonesia: PEACE, 2007)

Pemanasan global dapat diartikan sebagai ‘gejala kelebihan’ yaitu suatu gejala pembangunan yang tidak berkelanjutan, yang pelaksanaannya menggunakan energi melebihi ketersediaannya di alam. Planet bumi hanya memiliki 1.8 ha lahan untuk digunakan per orang, sedang pada tingkat global rata-rata penggunaannya sudah mencapai 2.2 ha (Gambar 2). Hal tersebut berarti telah terjadi ketidak-imbangan antara ‘penyediaan’ (besarnya luasan

x bioproduktivitas) dan ‘kebutuhan’ (jumlah populasi x konsumsi per orang x intensitas tapak ekologi per unit konsumsi)



Gambar 2. Konsep tapak ekologi yang membandingkan besarnya luasan yang dibutuhkan untuk mendapatkan produksi dan jasa lingkungan per kapita dengan jumlah luasan (ruang) yang ada di planet bumi, data tahun 2003 menunjukkan penggunaan luasan telah melebihi ruang yang ada di bumi

Sering kali dilaporkan bahwa masyarakat miskin sebagai golongan mayoritas di dunia, lebih terjepit oleh dampak yang ditimbulkan oleh masyarakat kaya yang merupakan golongan minoritas dunia. Namun demikian aspirasi dari kelompok ‘miskin’ untuk menyamakan haknya dengan kelompok ‘kaya’ dalam menggunakan ruang di bumi ini, sementara tingkat penggunaan ruang dan polusi GRK telah melebihi kemampuan bumi untuk menyerapnya. Masyarakat internasional telah sepakat, tanpa perkecualian, setuju untuk mencapai Sasaran Pembangunan Milenium atau *Millennium Development Goals* (www.un.org/millenniumgoals/) untuk menurunkan 50% tingkat kemiskinan di tahun 2015 sebagai langkah awal menuju pengentasan kemiskinan. Sementara sasaran ‘pembangunan yang berkelanjutan’ (MDG7) yang berhubungan dengan kesehatan dan pendidikan mempunyai target yang jelas untuk menentukan target dan indikator kuantitatif yang dapat dipakai sebagai ukuran. Hal tersebut dikarenakan belum adanya kriteria yang jelas. Kriteria yang bisa kita tawarkan adalah didasarkan pada hubungan nilai **Index Pertumbuhan Populasi Penduduk**

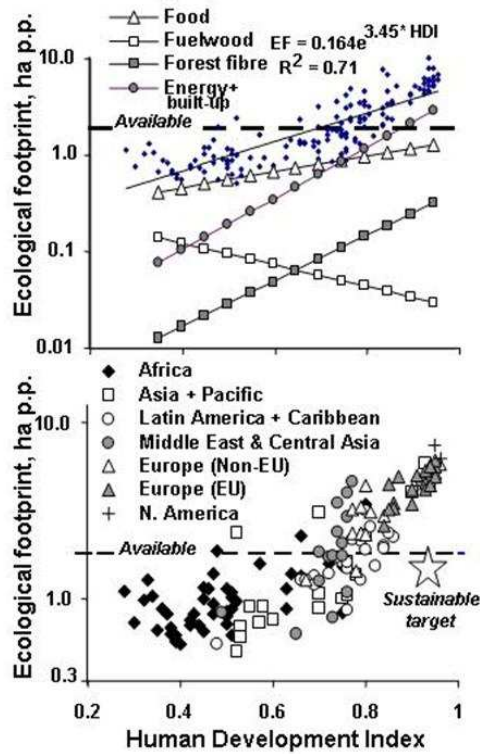
(HDI= *Human Development Index*, yang melibatkan pengukuran kesehatan, pendidikan dan pengeluarannya) dan tapak ekologi, atau luasan yang dibutuhkan untuk memproduksi kebutuhan pokok per orang (Gambar 3).

Bila kita tentukan bahwa target pembangunan yang berkelanjutan adalah didasarkan pada jumlah penggunaan sumber daya alam (dinyatakan per kapita tapak ekologi) lebih kecil dari pada daya dukung bumi (pada kondisi teknologi saat ini). Bila $HDI > 80$, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada “role models” yang dijumpai, paling tidak di tingkat nasional. Semua Negara industri menggunakan SDA yang berlebihan, sedang Negara berkembang belum bisa mencapai target HDI. Penghitungan nilai tapak ekologi dilakukan berdasarkan masukan data statistik nasional yang berhubungan dengan besarnya import, export, penggunaan ruang, dan mempertimbangkan pula perluasan di luar batas nasional; hal yang terakhir biasanya ditunjukkan oleh tingkat konsumsi Negara kaya. Peluang ekspor merupakan dasar perekonomian yang penting bagi beberapa Negara berkembang, tetapi perdagangan biasanya kurang menguntungkan Negara berkembang, karena munculnya efek samping berupa penurunan layanan lingkungan di tingkat lokal.

Hasil analisis terhadap beberapa komponen tapak ekologi (pangan, kayu bakar, serat, dan energi lainnya serta kayu bangunan) dalam hubungannya dengan HDI, menunjukkan bahwa umumnya peningkatan HDI diikuti oleh peningkatan komponen tapak ekologi kecuali pada kebutuhan kayu bakar yang menunjukkan hubungan negatif (Gambar 3A). Indonesia berada pada posisi HDI sekitar 70, dimana beberapa komponen tapak ekologi seperti serat pohon (antara lain untuk pulp kertas, parobotan), energi non-kayu (sebagai kompensasi penggunaan bahan bakar minyak) telah melebihi ketersediaan pangan sebagai komponen yang dominan. Selanjutnya total tapak ekologi global melebihi daya dukung bumi. Kondisi tapak

ekologi HDI untuk Indonesia saat ini berada pada tingkatan yang bisa diterima (bila perhitungan didasarkan pada produksi dalam negeri, bukan berdasar pada tapak ekologi untuk ekspor dengan emisi GRK yang sangat tinggi dari tanah-tanah gambut). Upaya peningkatan komponen produksi lainnya untuk pengentasan kemiskinan di pedesaan sebesar 20% harus diimbangi dengan penurunan produksi di daerah lainnya. Sementara itu perkembangan ekonomi berbasis ekspor komoditi bertapak ekologi tinggi harus dipertimbangkan kembali sebagai bagian dari strategi pembangunan yang berkelanjutan di Indonesia.

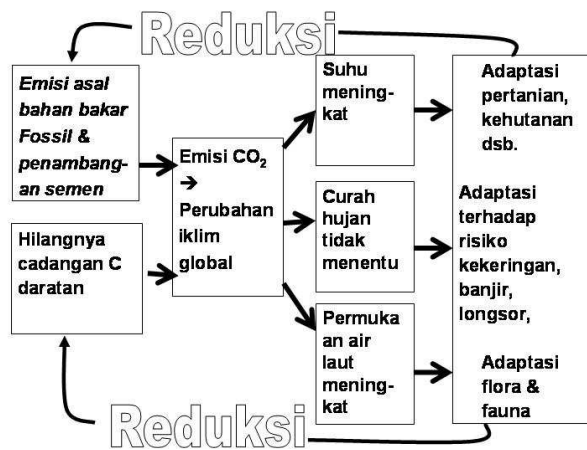
Pada tingkat global, pengaturan penggunaan sumber daya alam pada tingkat yang berkelanjutan harus mempertimbangkan 2 pemicu emisi GRK yaitu: (a) Penggunaan bahan bakar minyak yang secara langsung berhubungan dengan gaya hidup perkotaan dan (b) emisi yang berhubungan dengan adanya alih guna lahan dan konversi hutan (Gambar 4). Kedua pemicu tersebut saling berhubungan. Protokol Kyoto difokuskan kepada penurunan penggunaan bahan bakar fosil pada Negara-negara industri (Annex 1), namun upaya tersebut justru merugikan Negara-negara berkembang karena emisi justru akan meningkat. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan produksi bio-fuels oleh Negara berkembang untuk memenuhi kebutuhan Negara industri (Annex 1). Masalah tersebut lolos dari pertimbangan protokol Kyoto. Oleh karena itu 'tapak ekologi karbon' harus dimasukkan kedalam sistem perhitungan sebagai dasar untuk penyusunan aturan perdagangan di tingkat global.



(A)

(B)

Gambar 3. (A) Hubungan antara beberapa komponen dari total tapak ekologi dengan dengan HDI, dan (B) hubungan total tapak ekologi dengan HDI secara geografis berdasar grup benua (Sumber: Rees, 2002)



Gambar 4. Diagram alir penyebab emisi GRK dengan beberapa konsekuensinya terhadap iklim dan manusia serta ekosistem lingkungan, yang membutuhkan pengaturan aliran emisi GRK asal bahan bakar fosil/ industri (pengaturan gaya hidup) dan emisi asal lahan (pengaturan pola penggunaan lahan)

2. Multifungsi lahan untuk memenuhi kebutuhan akan produk dan layanan lingkungan

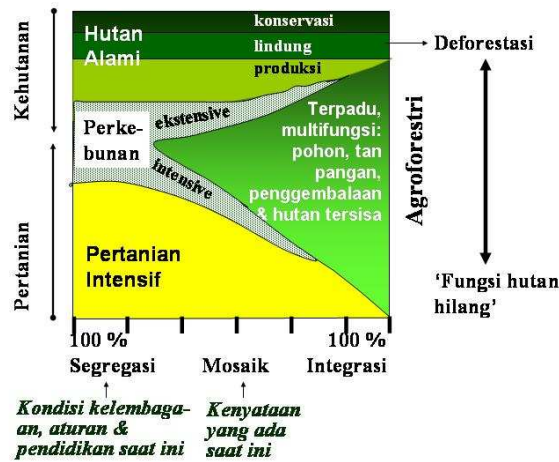
Pada Gambar 3a dapat dilihat adanya beberapa kecenderungan dan opsi yang mempengaruhi segi “penyediaan” dan ‘kebutuhan’: Dari segi kebutuhan (pangan, serat dan kayu bakar) akan terus meningkat dengan meningkatnya HDI, paling tidak bila di tingkat global ada pola penggantian bahan pangan nabati dengan protein hewani yang memiliki ‘tapak ekologi’ yang relatif lebih tinggi. Di masa yang akan datang mungkin tingkat pertumbuhan penduduk menurun, terutama bila target MDG (Millennium Development Goal) dalam meningkatkan taraf pendidikan wanita tercapai. Konsekuensi dari keberhasilan tersebut akan diikuti oleh penurunan jumlah kelahiran. Namun demikian peningkatan pemahaman bagi konsumen yang secara aktif memilih produk-produk bertapak ekologi rendah masih tetap dibutuhkan untuk menyediakan ruang yang cukup untuk perkembangan penduduk dan pengurangan tingkat kemiskinan. Untuk kondisi saat ini ‘penyediaan’ melalui peningkatan perluasan (*expansion*) sudah sulit untuk dilakukan karena jumlah ruang yang tersisa sangat terbatas, sehingga untuk pemenuhan kebutuhan penduduk hanya tergantung pada produk dan layanan lingkungan hutan (*goods and services*) per unit luasan.

Banyak perhitungan telah dilakukan terhadap situasi pangan dunia, umumnya lebih difokuskan kepada komponen produksi pangan sebagai bagian dari bio-produk. Biasanya disimpulkan ada bencana kelaparan, tetapi tidak menyinggung adanya keterbatasan absolut pada pertumbuhan potensial tanaman. Namun demikian ada desakan terhadap harga bahan pangan dunia yang harus memenuhi target penurunan penggunaan bahan bakar fosil pada sektor transportasi, melalui penggantian dengan penggunaan “biofuel” (von Braun *et al.*, 2007). Yang berarti penawaran elastis (*supply-site elasticity*) menjadi lebih rendah dari tingkatan yang diharapkan.

Banyak contoh telah dilaporkan bahwa produksi dalam sistem tumpangsari atau agroforestri 'melebihi' jumlah rata-rata produksi masing-masing tanaman sekitar 30% bahkan 50% dalam sistem monokultur (van Noordwijk *et al.*, 2004a). Namun analisis ekonomi terhadap kombinasi antara produksi dan jasa lingkungan hutan masih jarang sekali dilakukan (Constanza, 2000). Bila ditinjau dari banyaknya C yang tersimpan (*C stock*) di tingkat lahan, maka jumlahnya proporsional dengan produksi biomas yang 'lebih tinggi'. Sedang dari segi biodiversitas akan dijumpai 2 kondisi yaitu kondisi "lebih banyak" untuk organisma yang toleran terhadap intensifikasi lahan tingkat medium, dan kondisi "lebih rendah dari rata-rata" untuk organisma yang kurang tahan terhadap gangguan kegiatan manusia (Swift *et al.*, 2004). Pada tingkat DAS, Agroforestri berpeluang besar untuk menjaga fungsi DAS selain fungsinya dalam mempertahankan produksi tanaman bernilai ekonomi tinggi. Pohon-pohon yang ditanam pada posisi yang strategis pada bentang lahan dapat berperan sebagai regulator aliran air sungai dengan konsentrasi sedimen yang relatif rendah (Agus *et al.*, 2004; van Noordwijk *et al.* 2006, 2007a).

Namun demikian, fungsi "lebih" dari Agroforestri tersebut masih belum dikenal secara umum, karena adanya anggapan dari rimbawan yang diikuti oleh pengambil kebijakan bahwa konservasi terhadap layanan DAS hanya dapat diperoleh sepenuhnya dari hutan saja; tidak ada peluang sama sekali bagi pohon "di luar hutan". Menurut undang-undang pengembangan wilayah di Indonesia yang terbaru bahwa setiap propinsi ditargetkan memiliki tutupan lahan hutan minimal 30% dari total luasan yang ada pada semua kondisi topografi dan iklim. Implementasi kebijakan pemerintahan tersebut akan bertentangan dengan jalannya analisis yang rasional untuk pemenuhan kebutuhan lokal. Paradigma yang medominasi kebijakan umum

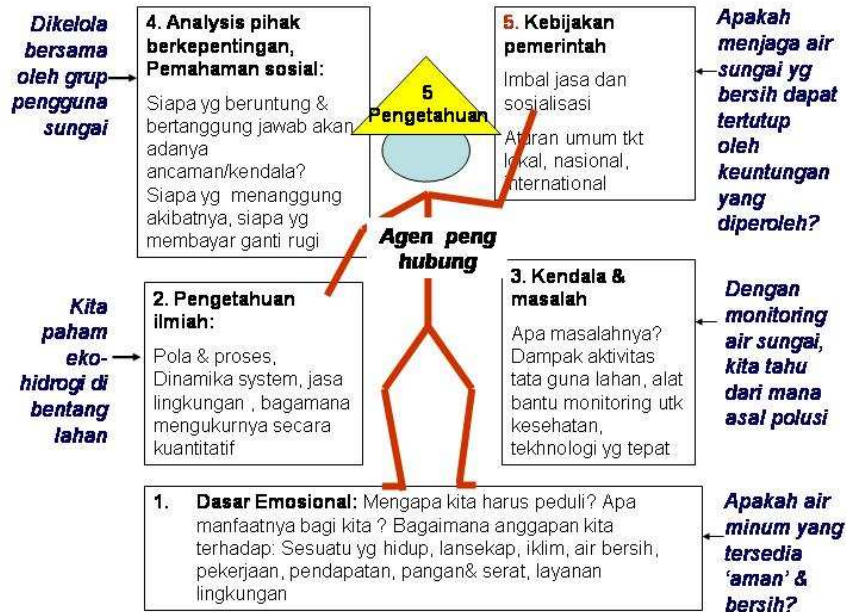
yang ada saat ini masih lebih bersifat "segregasi" dari pada "integrasi" (Gambar 5).



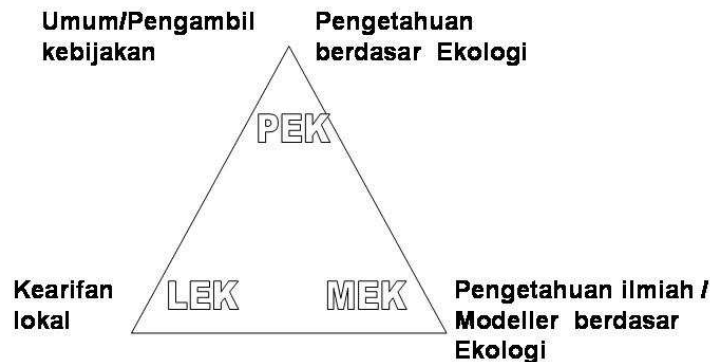
Gambar 5. Paradigma institusional umum yang masih berbasis pada segregasi (terpisah tegas) antara hutan dan pertanian. Tetapi kenyataannya pada bentang lahan, sistem terpadu lebih umum dijumpai, suatu sistem multifungsi perpaduan antara tanaman pangan, pepohonan, ternak dan belukar. Interaksi antara elemen-elemen tersebut sama pentingnya dengan kegunaan masing-masing elemen (tunggal).

3. Segregasi ilmu pengetahuan

Pengelolaan Sumber Daya Alam secara Terpadu (*Integrated Natural Resource Management*, INRM) tidak hanya membutuhkan pendekatan multifungsional pada skala bentang lahan (van Noordwijk *et al.*, 2001, 2004b), tetapi juga membutuhkan 'penghubung' antara berbagai cara pendekatan yang sebelumnya terpisah-pisah, pada saat mana ilmu pengetahuan dimasukkan ke dalam suatu kerangka yang kurang dipengaruhi posisi pihak yang berkepentingan, emosi dan interes politik. Telaahan yang mengungkapkan sejarah panjang perdebatan 'hutan dan air' menunjukkan bahwa segregasi pengetahuan (yang tegas terpisah satu sama lain) tersebut tidak sepenuhnya terjadi, dan ilmu pengetahuan yang berdiri sendiri masih jarang pula ditemukan. Namun demikian dibutuhkan pendekatan yang lebih jelas dalam pengelolaan pengetahuan yang dapat memahami adanya perbedaan-perbedaan, manfaat dari adanya diversitas, dan mencoba memperoleh keselarasan (Gambar 5 dan 6).



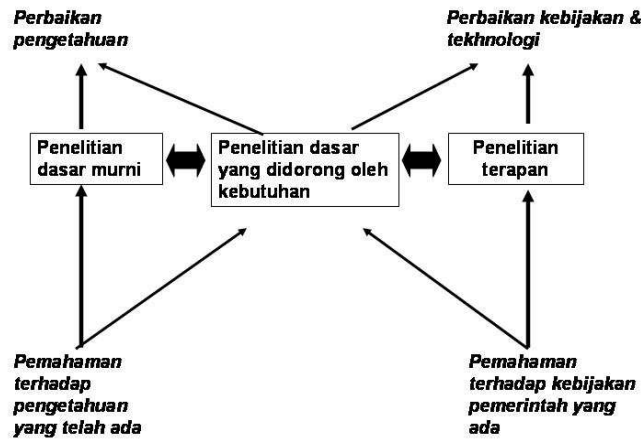
Gambar 6. Lima cara untuk mengetahui tentang air dan fungsi DAS yang semuanya dibutuhkan untuk memahami “INRM” pada tingkat bentang lahan dengan berbagai macam pihak yang berkepentingan



Gambar 7. Klasifikasi pengetahuan berbasis ekologi oleh tiga tokoh utama (petani, peneliti, pengambil kebijakan) yang berhubungan dengan keunikan dalam menemukan, mempertahankan keaslian dan memodifikasi pengetahuan.

Dengan diterimanya berbagai cara dalam mengetahui suatu permasalahan dan adanya pengetahuan yang beragam yang diangkat oleh berbagai pihak yang berkepentingan, maka peran pengetahuan berbeda-beda menurut kepentingannya dari pengetahuan murni (*pure science*) → pengetahuan terapan (*applied science*) → cara pelaksanaan (*application pathway*) yang selama ini masih mendominasi system penelitian pengelolaan SDA. Seperti yang telah dikemukakan oleh Clark (2007) dan Stokes (1997), bahwa penelitian aplikatif dilakukan untuk meningkatkan pemahaman kita akan prinsip-prinsip dasar dan penunjang untuk pelaksanaannya di lapangan. Sebagai contoh adalah ahli mikrobiologi Perancis Louis Pasteur yang menggunakan mikrobiologi kedokteran sebagai disiplin ilmu sebagai dasar untuk mengetahui penyebab berbagai penyakit dan memberikan saran untuk penyembuhannya.

Masih banyak lagi kata dan istilah yang dipakai dalam berbagai aspek untuk menghubungkan antara ilmu pengetahuan dan tindakan/aksi/pelaksanaan. Untuk itu dapat dibuat 3 bagian penting untuk menjawab 3 macam pertanyaan yaitu “*apa/dimana/kapan*”, “*bagaimana*” dan “*apa manfaatnya*” (Tabel 1).



Gambar 8. Skema hubungan berbagai macam penelitian dan pengembangan serta hubungannya dengan pengetahuan yang telah ada dan tindakan yang dilakukan

Tabel 1. Pertanyaan-pertanyaan utama dalam sistem pengetahuan lokal, pengetahuan murni dan pengetahuan pengembangan

	Apa/dimana/kapan	Bagaimana	Apa manfaatnya
Sistem pengetahuan lokal	Konteks (tempat, waktu, kondisi)	➔	Dampak (<i>Outcome</i>)
Pengetahuan murni		Mekanisma ➔ (prinsip umum)	Dampak
Penelitian yang didorong oleh kebutuhan	Konteks +	Mechanisma ➔	Dampak

4. Agenda agroforestri sebagai konsep pemersatu multifungsional bentang lahan

Alasan utama ketertarikan kita terhadap agroforestri, bukan karena praktik tersebut telah ada yang cocok bagi kebanyakan petani, atau karena penelitian lapangan yang telah dilakukan merupakan topik-topik menarik walaupun masih penuh dengan berbagai argumen. Pertanian tanpa pohon mungkin saja terjadi pada berbagai bentang lahan, terutama pada tempat-tempat yang landai, tanpa ada masalah erosi oleh angin; tetapi kondisi demikian terjadi pada skala kecil. Pada berbagai bentang lahan, selain

sebagai sumber komoditas utama yang dapat diperdagangkan, pohon berkontribusi banyak terhadap tercapainya pertanian sehat. Namun demikian penanaman pohon pada lahan pertanian dan petani sebagai pengelolanya, pada kenyataannya ditarik oleh 4 macam kekuatan ke berbagai arah: (I) Pengentasan kemiskinan dan berbagai sasaran Millennium Development yang mungkin cenderung menggunakan sumber daya hutan yang berlebihan atau bahkan menghilangkan keberadaan pohon menurut strategi pengelolaan jangka pendek, (II) Pertumbuhan ekonomi dan integrasi pasar global yang seringkali menyebabkan berkurangnya atau hilangnya keragaman lokal atau cenderung menuju ke sistem monokultur (menyediakan produk yang beragam bagi konsumen), (III) Kepedulian terhadap layanan lingkungan dan tapak ekologi yang memungkinkan petani sebagai bagian dari bentang lahan akan terabaikan oleh pengambil kebijakan, (IV) Sistem pemerintahan yang bervariasi dari sistem sentralisasi yang kuat hingga desentralisasi dengan kontrol pemerintahan lokal, menimbulkan adanya resiko penyalahgunaan wewenang di tingkat 'elite'. Keempat kondisi tersebut menentukan empat tema utama bagi penelitian dan pengembangan agroforestri:

- A. Pengurangan tingkat kemiskinan melalui perbaikan hubungan pasar dengan produksi pohon, perbaikan hubungan antara pertumbuhan ekonomi dan pemanfaatan pohon di tingkat lokal untuk pengentasan kemiskinan.
- B. Pasar untuk jasa lingkungan dan cara-cara lainnya untuk pemberian insentif ekonomi sebagai 'imbalan' yang lebih diharapkan relatif terhadap perbaikan produk, hal tersebut membutuhkan bentuk service per komoditi, dengan segala bentuk kemasannya (misalnya kredit reduksi emisi C) dimana hal tersebut sebagai subyek penyediaan/kebutuhan yang dapat dijadikan sebagai kontrol.

- C. Zonasi sistem penggunaan lahan, aturan-aturan untuk akses terhadap berbagai macam sumber daya hutan dan pemberian insentif untuk kegiatan-kegiatan gabungan untuk mempertahankan multifungsi hutan
- D. Kapasitas agroforester (atau rimbawan yang terpisah tegas dengan petani) dan kelembagaannya untuk menghubungkan berbagai sasaran Millennium Development pada berbagai tingkat pemerintahan



Gambar 9. Empat kekuatan yang menarik agroforestri ke berbagai arah yang berbeda, dan empat tema yang mengkombinasikan kedua arah kekuatan dan tradeoff-nya

Alur informasi pada masing-masing area dari keempat tema tersebut diarahkan oleh dimensi “kegunaan” atau *salience* (‘so what’), kredibilitas atau *credibility* (menjawab pertanyaan ‘how’) dan legitimasi atau *legitimacy* (berhubungan dengan konteks lokal) dan penyesuaian sistem-sistem yang

ada untuk penelitian dan pengembangan. Analisis tentang kelebihan dan kekurangan dari ketiga dimensi tersebut dapat meningkatkan efektifitas agroforestry (Tabel 2). Pada konteks bentang lahan terdapat perbedaan antara luasan 'hutan tersisa', daerah pinggiran hutan (biasanya berhubungan dengan hak penguasaan lahan) dan hutan yang terpisah-pisah/agroforestri/mosaik pertanian (Chomitz *et al.*, 2007). Pada bagian yang terkahir kita dapat melihatnya sebagai peningkatan tutupan hutan bila terjadi 'peralihan hutan' telah terjadi (Mather, 2007), seperti yang terjadi di China dan Vietnam.

Tabel 2. Karakteristik lebih lanjut dari informasi untuk pengembangan agroforestri (modifikasi lebih lanjut dari Tabel 1)

	Apa/dimana/kapan	Bagaimana	Apa manfaatnya
Penelitian dasar berbasis manfaat	Kontex +	Mekanisma →	Dampak (<i>outcome</i>)
Kriteria informasi baru	Legitimasi: Apakah informasi yang diperoleh muncul dari konteks kita, dari orang yang kita kenal dan bisa dipercaya	Kredibilitas: Apakah pengukurannya menggunakan metoda yang benar dan up-to date? Apakah sejalan (atau yakin bertentangan) dengan temuan umum dan didukung/disetujui oleh peneliti yang sudah dikenal reputasinya	Manfaat (<i>Salience</i>): Apa dampaknya terhadap manusia, planet dan keuntungan lainnya?
Tipe pengetahuan	Pengetahuan berbasis kearifan local (<i>Local ecological knowledge</i> , LEK)	Pengetahuan berbasis pengetahuan ekologi (<i>Modeller ecological knowledge</i> , MEK)	Kebijakan berbasis pengetahuan ekologi (<i>Policy/public ecological knowledge</i> , PEK)
Karakteristik lainnya	Diagnosis, Evaluasi partisipatif	Dasar pengetahuan yang kuat, uji pembuktian hypothesis	Applikasi, Fokus pada kebijakan

Kriteria untuk imbal jasa layanan lingkungan (<i>Rewards for environmental services, RES</i>)	Sukarela	Realistik	Kondisional (tidak tentu)
Paradigma perubahan iklim	Adaptasi (tanggap terhadap tanda-tanda perubahan di tingkat lokal, menggunakan jaringan kerja lokal)	Menjadi terampil (Kapasitas belajar meningkat, menginterpretasikan gejala dini, siap menghadapi perubahan teknologi)	Adopsi (rencana pengembangan wilayah yang disetujui pemerintah)
Contoh-contoh dari beberapa program pengembangan	Hak & SDA	Biotechnologi	Pengelolaan SDA secara terpadu (<i>Integrated Natural Resource Management</i>)

5. Adaptasi terencana atau “sustainagility”

Definisi tingkat tinggi untuk “pembangunan berkelanjutan” atau “sustainable development” adalah memenuhi kebutuhan saat ini, tanpa harus memikirkan kebutuhan di masa mendatang. Namun demikian, saat ini ‘berkelanjutan’ didefinisikan sebagai sub-sistem seperti halnya dengan pertanian, yaitu system budidaya tanaman atau penggunaan genotype tanaman spesifik atau ternak. Maka sustainable didefinisikan sebagai “ketangguhan” atau “persistensi” sistem yang ada saat ini, tidak ada evaluasi terhadap tawaran lain yang memungkinkan untuk perubahan di masa yang akan datang. Ketangguhan suatu sistem dapat diukur, tetapi untuk pengukuran suatu perubahan masih bersifat spekulatif. Konsep “sustainagility” adalah kemampuan suatu sistem dalam menunjang perubahan yang akan terjadi di masa mendatang. Jadi, “sustainagility” merupakan peningkatan dari ‘sustainability’ yang memasukkan dimensi dinamik untuk “beradaptasi” (Gambar 10; Verchot *et al.*, 2007).



Gambar 10. Sustainability, menunjang pengelolaan berbasis sumber daya alam yang luwes terhadap perubahan-perubahan di masa mendatang, beradaptasi dan melengkapi 'persistensi' dari kriteria berkelanjutan suatu system pada berbagai tingkatan dalam bentang lahan (Verchot *et al.*, 2007)

Dalam bahasan "adaptasi" terhadap perubahan iklim, ada dua situasi yang terjadi yaitu:

1. Menduga arah dan ukuran terjadinya perubahan dan mengatur apa bisa kita lakukan
2. Adanya ketidak-menentukan arah dan variabilitas perubahan yang lebih besar serta ketidak menentukan ukuran perubahan di tingkat lokal, maka kita harus tingkatkan daya sangga (*buffering*) dan daya lenting (*resilience*) kita terhadap ketidak menentukan tersebut.

Situasi pertama membutuhkan rencana teknis dan penanganan yang spesifik, sedangkan situasi yang kedua lebih menunjang adanya keragaman, *resilience*

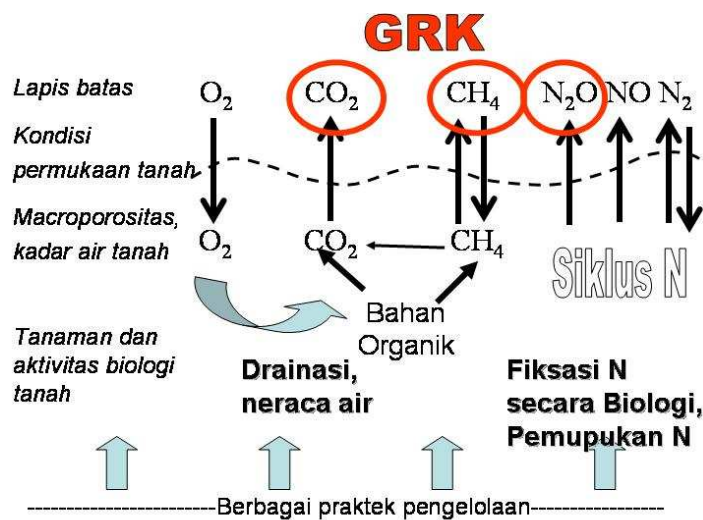
dan *buffering*. Namun demikian sampai kini perhatian utama dan alokasi dana masih difokuskan pada masalah yang terjadi di masa lalu, karena hal tersebut lebih bersifat aktual dan dapat dipertanggung jawabkan pelaporannya (*tangible*). Peran agroforestry dalam adaptasi terhadap perubahan iklim mungkin lebih pada mempertahankan atau meningkatkan keragaman dan daya sanga. Dengan melihat adanya peluang ketidakmenentuan pasar dan iklim, maka pendekatan ini lebih beralasan dan menguntungkan.

6. Reduksi emisi melalui agroforestri

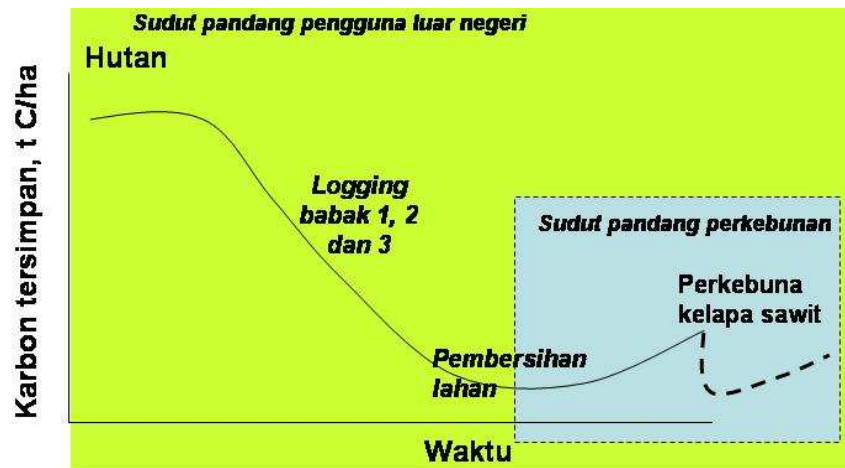
Agroforestri mencakup berbagai system penggunaan lahan (SPL) yang tingkat kekompleksannya berada diantara “hutan” dan “lahan pertanian terbuka”. Dampak agroforestri terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) ditentukan oleh besarnya biomasa pohon, ketebalan seresah yang menutup permukaan tanah, tingkat kepadatan tanah yang mempengaruhi pertukaran gas di udara dengan tingkat aerasi dalam tanah, dan neraca N dalam sistem (Kandji *et al.*, 2006; Verchot *et al.*, 2004). Emisi N₂O ke atmosfer terjadi karena adanya ketersediaan N dalam tanah yang berlebihan dan kondisi aerasi tanah agak terganggu. Hal tersebut dapat terjadi pada lahan-lahan yang komponen penyusunnya didominasi oleh legum pemfiksasi N dari udara, atau sistem-sistem pertanian lainnya dengan tingkat pemupukan N tinggi (Gambar 11).

Bila agroforestri menggantikan hutan maka efeknya terhadap emisi GRK negative, tetapi pengaruhnya masih lebih positif bila dibandingkan dengan lahan pertanian yang “lebih terbuka” atau pada padang penggembalaan. Bila agroforestry dimulai pada lahan-lahan terdegradasi maka akan diikuti oleh peningkatan serapan netto CO₂. Dengan demikian perspektif peningkatan atau penurunan emisi GRK tergantung pada kondisi

awal dimana agroforestry dimulai. Bila kita tinjau produksi sawit di Indonesia dari sudut pandang pihak luar, sangat jelas dari sejarahnya bahwa perkebunan kelapa sawit dimulai dengan deforestasi yang diikuti oleh peningkatan emisi. Bila ditinjau dari pihak perkebunan sawit, dikatakan bahwa perkebunan sawit dimulai dari lahan-lahan non-hutan yang telah terdegradasi. Dengan demikian pengukuran emisi netto tergantung pada kondisi awal, yang secara teknis jauh lebih mudah bila dibandingkan dengan isu politik yang kompleks. Beberapa persetujuan internasional, seperti Kyoto Protocol mencoba menyelesaikan masalah emisi tersebut dengan memasukkan sejarah penggunaan lahan sebagai referensi, dimana deforestasi yang terjadi sebelum tahun 1990 tidak dipertimbangkan lagi, tetapi yang dipertimbangkan adalah alih guna hutan yang terjadi baru-baru saja.



Gambar 11. Proses-proses pertukaran gas antara gas dalam tanah, vegetasi dan atmosfer yang mempengaruhi jumlah netto pelepasan GRK, sebagai respon lahan terhadap beberapa faktor pengelolaan seperti drainasi, pemadatan tanah dan pemupukan N.



Gambar 12. Perbedaan sudut pandang pihak yang bertanggung jawab terhadap emisi di masa lampau: Dari sudut pandang pihak perkebunan (misalnya kelapa sawit) penghitungan emisi dari perkebunan dimulai pada saat lahan sudah terdeforestasi, sedangkan dari sudut pandang pihak luar melihatnya pada sektor secara keseluruhan dengan membebaskan kehilangan hutan lewat 'deforestasi' kepada pengguna lahan saat ini.

7. Konsekuensi bagi pendidikan di Universitas

Peneliti-peneliti dan pembentuk kebijakan dari generasi mendatang akan dihadapkan pada kompleksitas yang tinggi dengan campuran masalah biofisik, sosio-ekonomi dan politis dalam penggunaan lahan. Apakah system pendidikan di perguruan tinggi saat ini telah dipersiapkan untuk menghadapi masalah-masalah tersebut?

Pada tingkat petani Agroforestri dengan mudah menjembatani dunia pertanian dan kehutanan: petani telah mempraktekkan sistem campuran pohon pada lahan pertanian selama ribuan tahun. Namun demikian pada tingkat pemerintahan, departemen kehutanan mempunyai perbedaan kebiasaan, mandat dan agenda dari departemen pertanian. Pohon secara artifisial terpisah antar 2 departemen, pohon seperti karet dan kopi adalah urusan departemen pertanian. Walaupun proses dan prinsip-prinsip ekologi

berlaku untuk semua kisaran tanaman mulai tanaman semusim hingga tahunan, dengan jenis tanaman tidak berkayu hingga berkayu. Namun secara tradisi ilmu kehutanan terpisah dari ilmu-ilmu pertanian. Dengan demikian guna memenuhi pasar kerja yang terpisah antara kehutanan dengan pertanian, maka pembelajaran mahasiswa di perguruan tinggi dipisahkan menjadi fakultas yang berbeda. Negara-negara Asia Tenggara dan universitas-universitasnya mengikuti tradisi lama yang memisahkan kedua program studi. Oleh karena itu, mahasiswa kehutanan dan pertanian telah kehilangan bagian terpenting dari bentang lahan dan kehidupan pedesaan, di satu sisi melihatnya sebagai "petani", dan di sisi lainnya sebagai "masyarakat pengguna hutan" atau "masyarakat hutan", atau bahkan mungkin mereka tidak melihatnya sama sekali (van Noordwijk *et al.*, 2007b,d; Kusters *et al.*, 2007; Michon *et al.*, 2007).

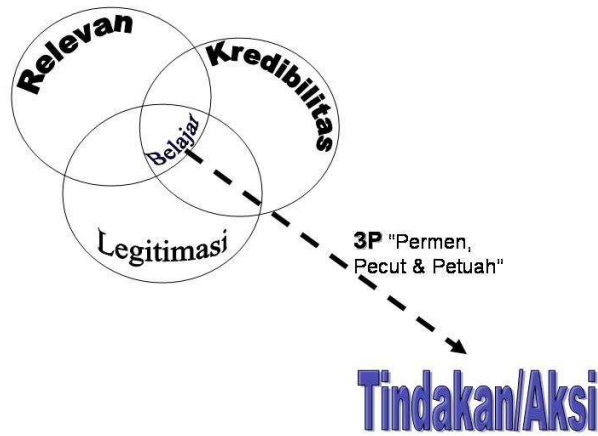
Tigapuluh tahun yang lalu, kata agroforestri mulai dikenal, pada saat mana ilmu pengetahuan dan pendidikan diarahkan untuk mendekati praktek-praktek di lapangan, memahami peluang dan kendala yang berkembang di masyarakat pedesaan dalam melakukan budidaya pohon yang berjuang keras dengan aturan-aturan dan birokrasi yang ada. Fokus Agroforestri adalah menjembatani dan memadukan ke dua fungsi yaitu produksi (ekonomi) dan layanan lingkungan yang .

Bersaing dengan fokus "keterpaduan" memunculkan agroforestri sebagai lembaga baru yang mempertahankan wilayah kajiannya, bahwa agroforestri adalah *ilmu pengetahuan* baru yang terpisah dan membutuhkan alur *pendidikan* yang terpisah, serta membutuhkan posisi dalam lembaga pemerintahan yang terpisah pula. Untuk mengawalinya SEANAFE (*the Southeast Asia Network for Agroforestry Education*) sebagai pelopor dari perjuangan tersebut melalui pewujudan jalur pendidikan baru untuk dapat diterima sebagai macam profesi baru, melalui penyusunan kurikulum

akademis dan program studi baru untuk mempersiapkan lulusan yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang baru. Namun demikian, kenyataannya jalur baru tersebut akan berada di luar jalur sekolah kehutanan ataupun pertanian saat ini, yang jarang sekali mereka akan menghubungkan keduanya secara adil.

Beberapa kompetensi dan skill lulusan dibutuhkan untuk menunjang berbagai aspek dan tahapan dalam negosiasi antara masyarakat hulu dan hilir (van Noordwijk *et al.*, 2001; Tomich *et al.*, 2007), antara para pemangku kepentingan dari luar dengan pihak lokal untuk menemukan kesepakatan dalam menyusun aturan dan imbal jasa pengelolaan bentang lahan yang selaras dengan multifungsi hutan yang dibutuhkan. Relevansi, kredibilitas dan legitimasi sangat dibutuhkan sebelum *informasi baru* yang diperoleh dimasukkan dalam *pengetahuan*, bahkan itupun belum tentu cukup untuk melakukan tindakan. Insentif untuk usaha yang menguntungkan harus dimunculkan dari kombinasi 3 tindakan “3P-(permen, pecut dan petuah)” yaitu janji pemberian insentif (*permen*) untuk pihak yang secara sukarela memberi keuntungan bagi pihak lain, *pecut* untuk penerapan aturan-aturan guna mencapai target minimum, dan *petuah* yang bisa membangkitkan kesadaran untuk mengatur diri sendiri dalam mengurangi dampak negatif pengelolaan yang kurang benar” (Gambar 13).

Untuk Fakultas Pertanian di seluruh Indonesia telah disepakati akhir-akhir ini hanya memiliki dua program studi (PS) formal yaitu “agribisnis” dan “agro-eco-technologi”. PS Agribisnis akan fokus pada para pihak diluar bentang lahan pertanian (*external*), sedang PS agro-eco-technologi akan lebih fokus kepada para pihak di dalam (*internal*) bentang lahan. Namun demikian, masih ada bagian transisi antara *internal* dan *external* yang membutuhkan keahlian khusus, karena masalah yang dihadapi di lapangan cukup kompleks (Gambar 14).



Gambar 13. Menghubungkan ilmu pengetahuan dengan tindakan/aksi membutuhkan insentif dalam bentuk hadiah, dukungan kebijakan dan rekognisi”

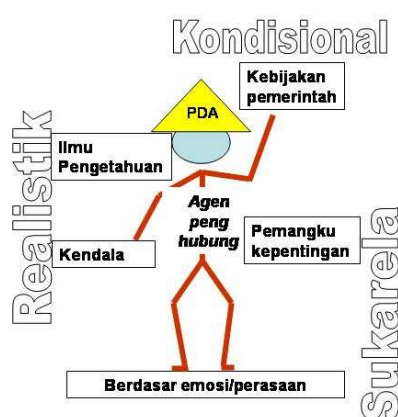


Gambar 14. Pada bentang lahan pedesaan dengan mosaik lahan hutan, agroforestri dan pertanian merupakan produser untuk layanan lingkungan dan produk-produk yang bisa dipasarkan, dengan jalan mengkombinasikan *capital stock* yang dihasilkan secara alami, fisik, rekayasa manusia, sosial dan finansial; Permintaan akan produk dan layanan lingkungan oleh ‘pengguna’ diatur oleh berbagai tipe “agribisnis” dan perantaranya; Macam-macam penggunaan lahan yang memberikan produk dan layanan lingkungan dipengaruhi oleh “para pemangku kepentingan eksternal” yang mungkin akan mencoba melanjutkan layanan yang pernah diperoleh di masa lalu secara gratis, berdasarkan aturan pemerintah yang ada.

Para alumni Pertanian, Kehutanan atau Agroforestry harus berfungsi sebagai “boundary agent” atau “penghubung” yang bisa menghubungkan lima macam pengetahuan, membantu para pemangku kepentingan dalam bernegosiasi dengan cara yang realistis, sukarela dan kondisional (berdasar pada *outcome*), persetujuan bisnis, apakah ditujukan kepada pasar konvensional (*agribisnis*) ataukah untuk mempertahankan atau meningkatkan layanan lingkungan (Swallow *et al.*, 2007; van Noordwijk *et al.*, 2007c).

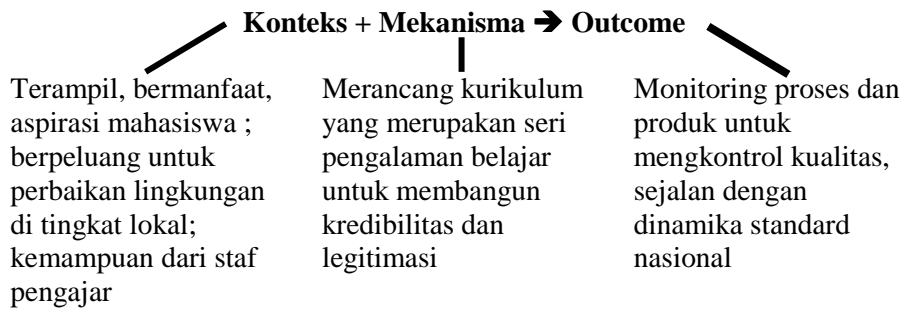
Analisis pada berbagai level dan berbagai sudut pandang pelaku harus dilakukan untuk menjembatani multi pengetahuan (LEK, MEK dan PEK) (Joshi *et al.*, 2004) untuk bernegosiasi dalam pengelolaan SDA di tingkat lokal yang realistis, sukarela dan kondisional yang membutuhkan perhatian pada berbagai tingkatan dan proses (van Noordwijk *et al.* 2001; 2007c) (Gambar 15). Beberapa alat bantu dalam pengukuran secara partisipatif terhadap aspek hidrologi, agobiodiversitas, cadangan karbon dan akses pasar, dan hak penguasaan lahan akhir-akhir ini telah tersedia untuk diuji.

Sesuai bidang: K ↔ K Realistik	Identifikasi pemangku kepentingan: A ↔ A, Sukarela, Membela yang miskin?
Negosiasi: (K ↔ K) ↔ (A ↔ A), untuk kesepakatan ilmu & kepentingan	Kondisional
Implementasi, monitoring dan belajar: Sepakat K ↔ Sepakat A (atau kembali ke (K ↔ K) ↔ (A ↔ A)) Transparansi	



Gambar 15. Kemampuan “agen penghubung” dalam menghubungkan 5 macam pengetahuan untuk mendapatkan kesepakatan yang realistis, sukarela dan kondisional melalui proses negosiasi. (K = pengetahuan, A = actor)

Dalam merancang ulang kurikulum untuk perguruan tinggi, alur sederhana Konteks + Mechanisma → outcome dapat dipakai sebagai berikut:



Bila hal tersebut dapat dilaksanakan dengan baik, Indonesia akan mempunyai kompetensi, professional dan memimpin dalam memecahkan masalah yang kompleks dimasa yang akan datang, dimana perhatian kita akan terbelah untuk memecahkan masalah globalisasi dengan perubahan iklim global yang merupakan penyebab terjadinya perubahan kehidupan di pedesaan maupun diperkotaan. Pembangunan berkelanjutan tidak dapat dihilangkan, tetapi beberapa kondisi yang merugikan dapat dengan mudah dihindari, dan keterampilan/kompetensi untuk bernegosiasi sangat dibutuhkan.

Box 1. Topik penting untuk diskusi lebih lanjut

Keragaman hayati terus meningkat bagi pengguna di kota, sedangkan keragaman hayati di tingkat global menurun dengan cepat

Bila kriteria untuk layanan lingkungan telah ditetapkan, agroforestri kompleks (seperti kebun lindung) mungkin dapat memenuhi kriteria yang ditetapkan, maka layanan lingkungan yang dimonopoli oleh hutan dapat melunak

Perubahan iklim menggambarkan perubahan kebutuhan akan produk dan layanan lingkungan serta kemampuan pohon untuk menghasilkannya: Adaptasi pohon dibutuhkan di tingkat lahan/bentang lahan, tetapi tetap saja perubahan pasar mungkin masih akan tetap mendominasi

Daftar Pustaka

- Agus, F., Farida and Van Noordwijk, M. (Eds). 2004. Hydrological Impacts of Forest, Agroforestry and Upland Cropping as a Basis for Rewarding Environmental Service Providers in Indonesia. Proceedings of a workshop in Padang/Singkarak, West Sumatra, Indonesia. 25-28 February 2004. ICRAF-SEA. Bogor, Indonesia.
- Chomitz, K.M. 2007. At loggerheads? Agricultural expansion, poverty reduction and environment in the tropical forests. World Bank Policy Research Report, the Worldbank. Washington (DC), USA.
- Clark, W. and Holliday, L. (Eds.). 2006. The Role of Program Management - Summary of a Workshop. Roundtable on Science and Technology for Sustainability. National Research Council. Washington (DC)
- Costanza, R. 2000. Social Goals and the Valuation of Ecosystem Services. *Ecosystems* 3. 4-10.
- IPCC. 2007. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds. Cambridge University Press. Cambridge, UK,
- Joshi, L., Schalenbourg, W., Johansson, L., Khasanah, N., Stefanus, E., Fagerström, M.H. and van Noordwijk, M. 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., Cadisch, G. and Ong, C.K. (Eds.) Belowground Interactions in Tropical Agroecosystems. CAB International. Wallingford (UK). pp. 349-364
- Kandji ST, Verchot LV, Mackensen J, Boye A, van Noordwijk M, Tomich TP, Ong CK, Albrecht A and Palm CA. 2006. Opportunities for linking climate change adaptation and mitigation through agroforestry systems. In: Garrity DP, Okono A, Grayson M and Parrott S, eds. World Agroforestry into the Future. Nairobi, Kenya. : World Agroforestry Centre - ICRAF. P. 113-121. <http://www.worldagroforestry.org/sea/Publications/searchpub.asp?publishid=1481>
- Kusters, K., de Foresta, H., Ekadinata, A. and van Noordwijk, M. 2007. Towards solutions for state vs. local community conflicts over forestland: the impact of formal recognition of user rights in Krui, Sumatra, Indonesia. *Human Ecology* 10.1007/s10745-006-9103-4
- Mather, A.S., 2007. Recent Asian forest transitions in relation to forest transition theory. *International Forestry Review* . 9: 491-502.
- Michon G, De Foresta H, Levang P and Verdeaux F. 2007. Domestic forests: a new paradigm for integrating local communities' forestry into tropical forest science.

Ecology and Society 12(2): 1. [online] URL:
<http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art1/>

PEACE. 2007. Indonesia and Climate Change: Current Status and Policies. Jakarta: The World Bank

Rees, W.E. 2002 An ecological economics perspective on sustainability and prospects for ending poverty. *Population and Environment* 24 (1), pp. 15-46 ;
Rees, W.E., 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment & Urbanization* 4: 121-130.

Stokes, D.E. 1997. Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation. Brookings Institution Press. Washington DC.

Swallow, B., Kallesoe, M., Iftikhar, U., van Noordwijk, M., Bracer, C., Scherr, S., Raju, K.V., Poats, S., Duraiappah, A., Ochieng, B., Mallee, H. and Rumley, R. 2007. Compensation and Rewards for Environmental Services in the Developing World: Framing Pan-Tropical Analysis and Comparison. Working Paper 32. Nairobi: World Agroforestry Centre.

Swift MJ, Izac AMN, van Noordwijk M. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes: Are we asking the right questions? *Agric Ecosyst Environ* 104:113-134.

Tomich, T.P., Timmer, D.W., Velarde, S.J., Alegre, J., Areskoug, V., Cash, D.W., Cattaneo, A., Cornelius, J., Ericksen, P., Joshi, L., Kasyoki, J., Legg, C., Locatelli, M., Murdiyoso, D., Palm, C., Porro, R., Perazzo, A.R., Salazar-Vega, A, van Noordwijk, M., Weise, S., and White, D. 2007. Integrative science in practice: process perspectives from ASB, the Partnership for the Tropical Forest Margins. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 9: 269-286.

van Noordwijk, M., T. P. Tomich, and B. Verbist. 2001. Negotiation support models for integrated natural resource management in tropical forest margins. *Conservation Ecology* 5(2): 21. [online] URL:
<http://www.consecol.org/vol5/iss2/art21>, 18 pp

van Noordwijk, M., Cadisch, G. and Ong, C.K. (Eds.). 2004a. Belowground Interactions in Tropical Agroecosystems. CAB International. Wallingford (UK), 580 pp.

van Noordwijk, M., Cadisch, G. and Ong, C.K. 2004b. Challenges for the next decade of research on below-ground interactions in tropical agroecosystems: client-driven solutions at landscape scale. In: van Noordwijk, M., Cadisch, G. and Ong, C.K. (Eds.) 2004 Belowground Interactions in Tropical Agroecosystems. CAB International. Wallingford (UK). pp. 365-379

van Noordwijk, M., Farida , P. Saipothong, F. Agus, K. Hairiah, D. Suprayogo and B. Verbist. 2006. Watershed functions in productive agricultural landscapes with trees. pp. 03-112. In D.P. Garrity, A. Okono, M. Grayson and S. Parrott (Eds.). World Agroforestry into the Future. Nairobi, Kenya. : World Agroforestry Centre ICRAF..

<http://www.worldagroforestry.org/sea/Publications/searchpub.asp?publishid=1482>

- van Noordwijk, M., Dewi, S., Swallow, B., Purnomo H. and Murdiyarso, D.M. 2007b. [Avoiding or reducing emissions at the tropical forest margins: urgent, cost-effective but not easy](#); 2. [Deforestation: will agroforests fall through the cracks?](#); 3. [Sustainable, efficient and fair: can REDD be all three?](#); 4. [Benefits, but not everybody will win](#). Policy briefs. World Agroforestry Centre, Bogor. <http://www.worldagroforestry.org/sea/Networks/RUPES/index.asp>
- van Noordwijk, M., Agus, F., Verbist, B., Hairiah, K. and Tomich, T.P. 2007a. Managing Watershed Services in Ecoagriculture Landscapes. In: Sara J. Scherr and Jeffrey A. McNeely (eds.). *Farming with Nature: The Science and Practice of Ecoagriculture*. Island Press. Washington DC. pp 191 - 212.
- van Noordwijk, M., Leimona, B., Emerton, L., Tomich, T.P., Velarde, S., Kallesoe, M., Sekher, M. and Swallow, B., 2007c. Criteria and indicators for ecosystem service reward and compensation mechanisms: realistic, voluntary, conditional and pro-poor. Working Paper 37. Nairobi: World Agroforestry Centre.
- van Noordwijk, M., Suyanto, S., Budidarsono, S., Sakuntaladewi, N., Roshetko, J.M., Tata, H.L., Galudra, G., Fay, C. 2007d Is Hutan Tanaman Rakyat a new paradigm in community based tree planting in Indonesia?. Bogor, Indonesia : World Agroforestry Centre ICRAF. 32p.
- Verchot, L.V., Mosier, A., Baggs, E.M. and Palm, C.A. 2004. Soil-Atmosphere gas exchange in tropical agriculture: contributions to climate change. In: van Noordwijk, M., Cadisch, G. and Ong, C.K. (Eds.) 2004 *Belowground Interactions in Tropical Agroecosystems*. CAB International. Wallingford (UK). pp. 209-225.
- Verchot, L.V., Van Noordwijk, M., Kandji, S., Tomich, T.P., Ong, C.K., Albrecht, A., Mackensen, J., Bantilan, C., Anupama, K.V. and Palm, C.A., 2007. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitig Adapt Strat Glob Change*. 12: 901-918.
- von Braun, J. 2007. The world food situation: new driving forces and required actions. IFPRI's Biannual Overview of the World Food Situation presented to the CGIAR Annual General Meeting, Beijing, December 4, 2007. <http://www.ifpri.org/pubs/agm07/jvb/jvbagm2007.pdf>

ADAPTASI DAN MITIGASI PEMANASAN GLOBAL: Bisakah Agroforestri mengurangi resiko longsor dan emisi gas rumah kaca?

Kurniatun Hairiah, Widiyanto dan Didik Suprayogo

Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah. Malang 65145.
Telp: 0341-564355, Email: K.hairiah@cgjar.org atau Safods.unibraw@telkom.net

ABSTRAK

Pertanian merupakan salah satu aktivitas manusia yang paling rentan terhadap perubahan iklim. Petani di daerah tropis paling beresiko tinggi karena SDL yang dimiliki rendah. Adanya perubahan iklim global diduga menyebabkan cuaca ekstrim akan lebih sering terjadi, sehingga bencana banjir dan longsor dapat terjadi sewaktu-waktu. Peringatan dini kepada masyarakat sangat diperlukan untuk mengurangi jumlah kerugian dan korban nyawa.

Pada daerah pegunungan berlereng terjal atau pada tebing-tebing sungai, resiko terjadinya longsor dangkal dapat dikurangi dengan meningkatkan keragaman jenis dan kerapatan pohon yang ditanam, seperti sistem agroforestri. Bagian pohon yang berperan penting dalam mengurangi resiko terjadinya longsor adalah akar, terjadi melalui 2 mekanisme: (1) Mencengkeram tanah di lapisan permukaan (0-5 cm) oleh akar pohon yang menyebar horisontal; (2) Menopang tegaknya batang, akar berkembang ke bawah sebagai “jangkar” menopang kuat batang pohon. Kedua fungsi tersebut harus ada disetiap lahan melalui pengelolaan keragaman pohon yang ditanam. Agroforestri juga berperan penting dalam mitigasi emisi gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer melalui perannya: (1) Menyerap CO₂ di atmosfer lewat fotosynthesis dan menimbunnya sebagai karbohidrat dalam biomasa untuk waktu yang panjang, (2) Mempertahankan kesuburan tanah melalui daunnya yang gugur ke tanah maksimum sekitar 9 ton/ha/th, sehingga memperbaiki pertumbuhan pohon dan tanaman lain yang tumbuh di atasnya. Hal tersebut penting untuk menunjang kelangsungan fotosynthesis, berarti meningkatkan penyerapan CO₂ di atmosfer. Isi dari makalah ini difokuskan pada 3 hal: (1) dampak pemanasan global terhadap layanan lingkungan, (2) upaya pengelolaan lahan yang adaptif terhadap pemanasan global khususnya dalam mengurangi bencana longsor, dan sekaligus dapat mengurangi GRK, (3) Macam-macam pengetahuan yang dibutuhkan di perguruan tinggi.

Kata kunci: Pemanasan global, agroforestri, cadangan karbon, longsor, erosi

PENDAHULUAN

Suhu udara bumi sejak 1861 telah meningkat 0.6°C terutama disebabkan oleh aktifitas manusia yang menambah emisi gas-gas rumah kaca ke atmosfer (IPCC, 2001). IPCC memprediksi pada tahun 2100 akan terjadi peningkatan suhu rata-rata global meningkat $1.4 - 5.8^{\circ}\text{C}$. Dilaporkan pula bahwa suhu bumi akan terus meningkat walaupun seandainya konsentrasi GRK di atmosfer tidak akan bertambah lagi di tahun 2100, karena konsentrasi gas rumah kaca (disingkat GRK terutama terdiri dari CO_2 , CH_4 dan N_2O) di atmosfer sudah cukup besar dan masa tinggalnya (*life time*) cukup lama, bahkan bisa sampai seratus tahun. Dilaporkan oleh BMG bahwa di Indonesia telah terjadi kenaikan suhu rata-rata tahunan antara $0.2 - 1.0^{\circ}\text{C}$, yang terjadi antara tahun 1970 hingga 2000 sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan rata-rata curah hujan bulanan sekitar 12-18% dari jumlah hujan sebelumnya. Namun demikian informasi terjadinya peningkatan frekuensi cuaca ekstrim per tahunnya jauh lebih penting dari pada hanya informasi peningkatan jumlah curah hujan tahunan (Santoso and Forner, 2006). Hal tersebut dikarenakan kondisi cuaca ekstrim menyebabkan terjadinya bencana banjir dan longsor yang terjadi sewaktu-waktu, sehingga peringatan dini kepada masyarakat sangat diperlukan untuk mengurangi jumlah kerugian dan korban nyawa.

Guna menangani masalah pemanasan global yang memang telah terjadi, maka arah penelitian pengelolaan sumberdaya lahan bergeser kepada upaya ADAPTASI terhadap perubahan iklim global yang sinergi dengan upaya MITIGASI GRK (Verchot *et al.*, 2006). Kegiatan adaptasi adalah kegiatan yang dilakukan untuk menekan dampak perubahan iklim baik secara antisipatif maupun reaktif. Sedangkan kegiatan mitigasi dilakukan sebagai salah satu upaya menurunkan efek gas rumah kaca sehingga dapat memperlambat laju pemanasan global. Bahasan pada makalah ini akan lebih

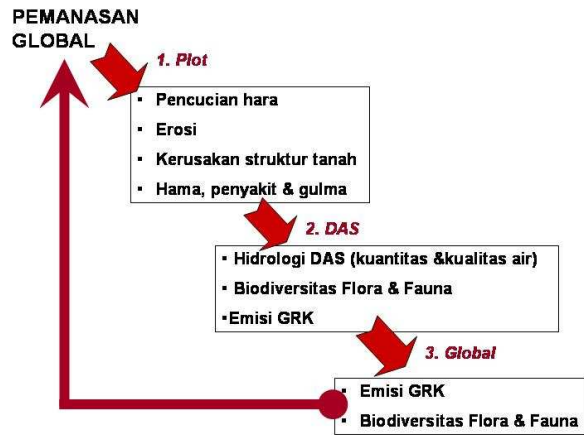
difokuskan kepada (1) dampak pemanasan global terhadap layanan lingkungan, (2) upaya pengelolaan lahan yang adaptif terhadap pemanasan global khususnya dalam mengurangi bencana longsor, dan sekaligus dapat mengurangi konsentrasi GRK, (3) Macam-macam pengetahuan/penelitian yang dibutuhkan di perguruan tinggi.

DAMPAK PEMANASAN GLOBAL TERHADAP LAYANAN LINGKUNGAN

Adanya perubahan iklim global akan berpengaruh terhadap beberapa fungsi ekosistem dan akhirnya akan mempengaruhi layanan lingkungan yang dibutuhkan oleh masyarakat berkenaan dengan: (a) kehidupan (penyediaan pangan, penyediaan air bersih), (b) budaya (spiritual, inspirasi dan pendidikan), (c) penunjang (pembentukan tanah, siklus hara), dan (d) regulasi (regulasi iklim, regulasi air, regulasi hama dan penyakit dsb). Pada umumnya masalah lingkungan yang kita hadapi di lapangan (Gambar 1) yang berkaitan dengan adanya kejadian cuaca ekstrim dibedakan menjadi 3 tingkatan:

- (a) Tingkat plot mencakup gangguan pada siklus hara karena tingginya tingkat pencucian, besarnya limpasan permukaan dan erosi, adanya kerusakan struktur tanah, dan serangan hama, penyakit dan gulma,
- (b) Tingkat bentang lahan (DAS) mencakup gangguan hidrologi DAS (jumlah dan kualitas air sungai), rendahnya biodiversitas flora dan fauna, tidak berimbangnya jumlah emisi CO₂ dengan serapan CO₂ di tingkat DAS
- (c) Tingkat global mencakup tidak berimbangnya jumlah emisi CO₂ dengan serapan CO₂ di tingkat global, rendahnya biodiversitas flora dan fauna.

Mengingat masalah yang terjadi berbeda-beda antar tingkatan, maka pemilihan solusinya harus dilakukan dengan seksama yang sesuai dengan masalah yang dihadapi.



Gambar 1. Skema identifikasi masalah lingkungan yang dihadapi di lapangan pada tingkat plot, DAS, dan global

AGROFORESTRI SEBAGAI TEKNIK TAWARAN PENGELOLAAN LAHAN YANG ADAPTIF TERHADAP PEMANASAN GLOBAL

Agroforestri secara sederhana berarti penanaman berbagai jenis pohon pada lahan pertanian yang berfungsi ganda sebagai sumber pendapatan petani dan perlindungan tanah dan air di sekitarnya. Komponen penyusun agroforestri terdiri dari berbagai macam pohon yang bervariasi umurnya sehingga memberikan penghasilan yang terus menerus. Secara fisik agroforestri mempunyai susunan kanopi tajuknya yang berjenjang (kompleks) dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam, sehingga agroforestri merupakan teknik yang ditawarkan untuk ADAPTASI terhadap pemanasan global melalui perannya dalam mengurangi longsor, mengurangi limpasan permukaan dan erosi, mengurangi kehilangan hara lewat pencucian dan mempertahankan biodiversitas flora dan fauna tanah.

1. Longsor

a. Macam-macam longsor dan penyebabnya

Pada daerah-daerah lereng terjal, bahaya longsor (gerakan tanah) sering terjadi. Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng termasuk diantaranya adalah batuan, bahan rombakan, tanah, yang bergerak dari lereng atas ke bawah. Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng atas lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya pendorong dipengaruhi oleh keterjalan lereng, intensitas hujan yang tinggi, beban serta berat jenis tanah, adanya lapisan kedap air, ketebalan solum tanah. Sedangkan gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan, ketahanan geser tanah dan kerapatan serta kekuatan akar tanaman (Sidle dan Dhakal, 2003)

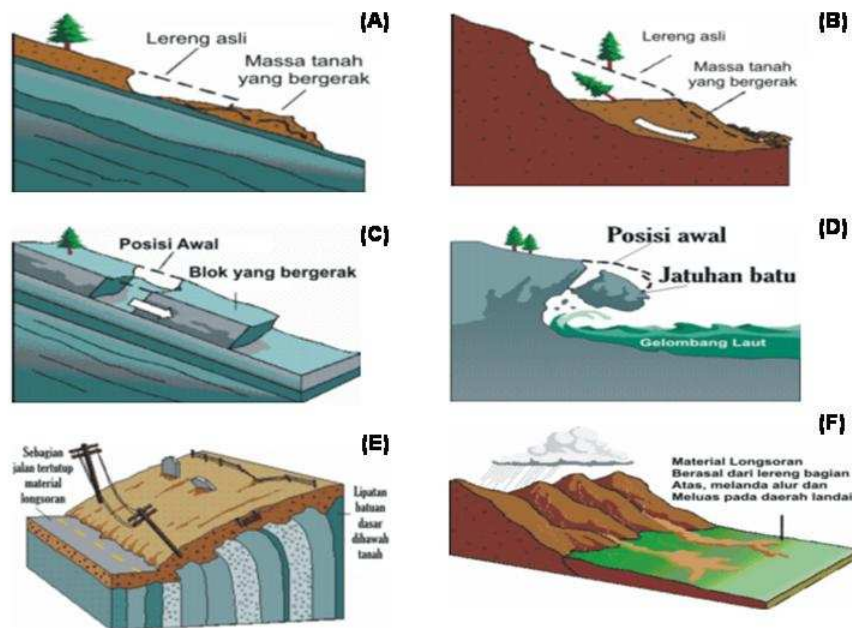
Selama musim penghujan terjadi peningkatan jumlah air infiltrasi yang menyebabkan tanah menjadi jenuh, sehingga pori tanah mudah hancur dan agregasi tanah sangat lemah maka kuat geser tanah menurun. Selain itu kondisi jenuh air justru meningkatkan beban tanah sehingga akan memicu terjadinya longsor dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah (Abe dan Ziemer, 1991), menghantam benda dan tumbuhan apa saja yang dilewatinya bahkan dapat mengubur seluruh desa dan penduduk yang hidup di atasnya.

Berdasarkan kedalaman maksimum material yang longsor, maka tanah longsor diklasifikasikan menjadi 4 macam yaitu longsor permukaan, dangkal, dalam dan sangat dalam (Tabel 1). Di lapangan ada 6 jenis tanah longsor yaitu: longsor translasional, longsor rotasional, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan (Gambar 2). Sedang berdasarkan geometri bidang gelincirnya, longsor dibedakan menjadi 2 jenis saja yaitu: (a) Longsor dengan bidang longsor lengkung atau longsor rotasional dan (b) Longsor dengan bidang

gelincir datar atau longsor translasional. Ke dua jenis longsor tersebut paling banyak terjadi di Indonesia. Sedangkan longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan.

Tabel 1. Klasifikasi kedalaman longsor (Broms, 1975 *dikutip* dari Hardiyatno, 2006)

Tipe longsor	Kedalaman, m
1. Permukaan (<i>surface slides</i>)	<1.5
2. Dangkal (<i>shallow slides</i>)	1.5 – 5.0
3. Dalam (<i>deep slides</i>)	5.0 – 20
4. Sangat dalam (<i>very deep slides</i>)	>20



Gambar 2. Macam-macam longsor yang terjadi di lapangan (A) Longsor translasi, (B) Longsor rotasi, (C) Pergerakan blok atau Longsor translasi blok batu, (D) Runtuhan batu yang umumnya terjadi di sepanjang pantai, (E) Rayapan tanah yang bergerak lambat, (F) Aliran bahan rombakan yang terjadi di bagian lembah (<http://merapi.vsi.esdm.go.id>).

b. Resiko longsor menurun bila ketahanan geser tanah tinggi: Peran akar pohon dalam mempertahankan ketahanan geser tanah

Resiko longsor pada tempat-tempat berlereng terjal atau pada tebing-tebing sungai dapat dikurangi dengan meningkatkan keragaman jenis dan kerapatan pohon yang ditanam. Akar adalah bagian pohon yang terpenting untuk mencegah terjadinya longsor (Abe dan Ziemer, 1991), melalui 2 mekanisme yaitu: (1) Mencengkeram tanah di lapisan permukaan (kedalaman 0-5 cm) oleh akar pohon yang menyebar horisontal; (2) Menopang tegaknya batang (sebagai jangkar) sehingga pohon tidak mudah tumbang oleh dorongan massa tanah yang berguling ke bawah (Gambar 3). Idealnya, ke dua fungsi tersebut harus ada dalam setiap lahan.



Gambar 3. Akar pohon mencengkeram kuat tebing sungai penting untuk mempertahankan stabilitas tebing dan mengurangi longsor (Foto oleh Kurniatun Hairiah)

Apakah akar pohon dalam sistem Agroforestri dapat mengurangi resiko longsor?

Potensi terjadinya longsor berhubungan dengan besarnya stabilitas lereng yang ditunjukkan oleh tingginya ketahanan geser tanah (*soil shear strength*) (Abe dan Ziemer, 1991). Besarnya ketahanan geser

tanah dipengaruhi oleh kondisi tanah (kelembaban, kandungan liat, porositas) dan karakteristik perakaran tanaman yang tumbuh di atasnya (Collison dan Pollen, 2005). Karakteristik akar pohon yang berpengaruh terhadap kekuatan geser tanah adalah sebaran, kerapatan, diameter, berat jenis, dan kekuatan akar (Hairiah *et al.*, 2006). Perbedaan kandungan serat akar yang ditunjukkan oleh konsentrasi lignin, selulosa dan polifenol menentukan kekuatan akar. Semakin tinggi kandungan ketiga substansi tersebut meningkatkan kekuatan akar pohon (Chen *et al.*, 1999). Hairiah *et al.* (2006) melaporkan beberapa hasil utama yang diperoleh dari hasil survey longsor di sepanjang sub-DAS Way Ringkih dan Way Petai, Sumberjaya (Lampung Barat) adalah sebagai berikut:

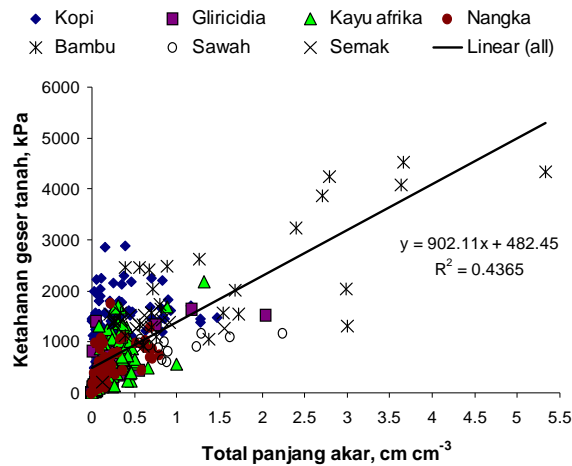
- Pada lahan-lahan agroforestri umumnya distribusi akar pohon hanya pada kedalaman tanah antara 1-4 m saja. Dengan demikian peran agroforestri dalam mengurangi resiko longsor hanya memungkinkan pada tipe longsor permukaan dan longsor dangkal saja. Namun untuk tujuan pengurangan terjadinya 'longsor dalam' (kedalaman 10-30 m), maka peran akar jangkar pohon tidak bisa diharapkan lagi. Pada kondisi demikian, pengaturan drainase dan penanaman pohon secara tumpangsari dengan tanaman yang tidak terlalu berat (perdu atau rerumputan), tetapi berperakaran intensif dan kuat di permukaan tanah akan lebih bermanfaat dalam mengurangi longsor.
- Seleksi pepohonan untuk penguat tebing secara cepat dapat dilakukan dengan pengukuran Indeks Cengkeram Akar ($ICA = \sum d_h^2 / dbh^2$) dan Indeks Jangkar Akar ($IJA = \sum d_v^2 / dbh^2$) yang merupakan perbandingan diameter akar horisonatal (d_h) atau diameter akar vertikal (d_v) dengan diameter batangnya (dbh). Semakin tinggi nilai IJA (>1.0) dan ICA (>3.0), maka pohon

tersebut berpotensi lebih besar untuk mempertahankan stabilitas tebing sungai (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai Indeks jangkar Akar (IJA) dan Indeks Cengkeraman Akar (ICA) berbagai jenis pepohonan dan pelompokannya berdasarkan potensinya dalam meningkatkan stabilitas tebing (Hairiah *et al.* 2006).

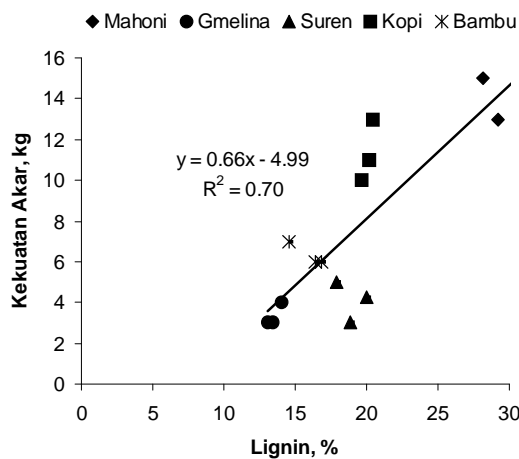
INDEX	IJA		
	rendah (<0.1)	sedang (0.1 – 1.0)	tinggi (>1.0)
ICA rendah <1.5			Durian Petai Bendo
ICA sedang 1.5 - 3.5	Mara Kaliandra Dadap Jambu air	Kayu manis Kemiri Kayu Pasang Jati Kayu Afrika Jati kertas Mahoni Jambu biji Rambutan Sukun Sirihan	
ICA tinggi >3.5	Gliricidia Suren Semantung	Parempeng Anggrung Nangka	Kopi var. robinson Kopi var. robusta Kopi var. robusta (tanpa pemangkasan)

- Meningkatnya kerapatan akar tanaman di permukaan tanah (0-5 cm) penting untuk menurunkan kandungan air tanah dan meningkatkan daya cengkeram akar sehingga dapat meningkatkan ketahanan geser tanah (Gambar 4) sehingga menurunkan resiko terjadinya longsor.



Gambar 4. Hubungan total panjang akar berbagai jenis pepohonan dengan ketahanan geser tanah pada kedalaman tanah 0-5 cm

- Meningkatnya kandungan lignin (>20 %) dalam akar dapat meningkatkan kekuatan akar pohon sekitar 40 % (8 kg menjadi 12 kg) (Gambar 5), karena akar semakin berkayu dan lambat lapuk. Namun demikian banyaknya penebangan pohon di tempat-tempat curam akan mengurangi kekuatan akar dari waktu ke waktu karena secara bertahap akar akan melapuk. Biasanya terjadi pada 2 – 3 tahun setelah penebangan.



Gambar 5. Hubungan konsentrasi lignin dengan kekuatan akar berdiameter 2 mm (Sumber data: Nurhada, 2006)

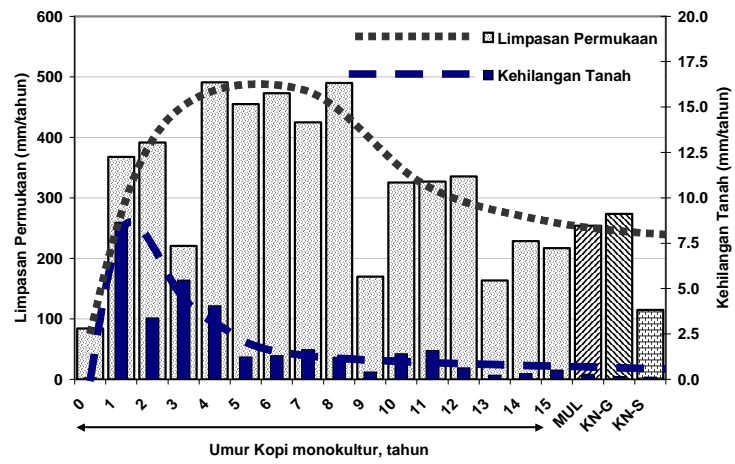
- Beragamnya jenis dan umur pohon penayang yang ditanam pada lahan agroforestri berbasis kopi dapat mengurangi resiko longsor. Akar pohon kopi sebenarnya berpotensi besar sebagai penguat tebing karena memiliki jangkar yang dalam, namun frekuensi pangkasan cabang harus dikurangi untuk memberi kesempatan batang untuk tumbuh lebih besar.
- Peningkatan keragaman jenis pohon penayang yang berperakaran dalam dan kuat dalam sistem agroforestri (seperti durian, petai dan sukun pohon) dapat mengurangi resiko longsor.
- Distribusi akar pohon mahoni tidak terlalu dalam tetapi cukup kuat, sehingga cocok untuk mencengkeram tanah agar tidak hanyut oleh limpasan permukaan.
- Pohon bambu yang umumnya ditanam di sepanjang tebing sungai cukup kuat dan rapat untuk mencengkeram tanah dari kikisan air sungai (terutama jenis bambu petung), namun perakarannya hanya berkembang pada kedalaman sekitar 1 m saja.
- Guna meningkatkan kerapatan jaringan akar di berbagai lapisan tanah, dan mengurangi beban berat yang dapat memicu terjadinya longsor pada daerah berlereng maka peningkatan keragaman jenis dan umur pohon perlu dipertahankan.

2. Limpasan permukaan dan erosi

Layanan lingkungan agroforestri yang lain adalah mempertahankan kualitas air sungai melalui pengurangan limpasan permukaan dan erosi. Widiyanto *et al.* (2007) melaporkan hasil pengukuran limpasan permukaan dan erosi (Gambar 6) yang dilakukan di daerah bergunung Sumberjaya (Lampung Barat) pada lahan hutan alami, dibandingkan dengan pada sistem kopi monokultur pada berbagai

waktu setelah penebangan vegetasi hutan. Hasilnya adalah sebagai berikut:

- Pada kondisi di Sumberjaya, tingkat limpasan permukaan dan erosi pada sistem agroforestri sederhana maupun multistrata (kopi umur >10 tahun) masih 3 kali lebih tinggi dari pada yang dijumpai di hutan, dengan curah hujan rata-rata 1589 mm. Namun dengan sistem kopi monokultur dengan umur kopi yang sama, tingkat limpasan permukaan dan erosinya sekitar 4-5 kali lebih tinggi dari pada yang dijumpai di hutan.



Gambar 6. Limpasan permukaan dan erosi pada hutan alami dibandingkan dengan kondisi pada sistem kopi monokultur berbagai umur, dan agroforestri berbasis kopi. MUL= kopi multistrata dengan penanang aneka pohon buah-buahan, legume dan kayu-kayuan, KN-G= kopi naungan Gliricidia, KN-S= kopi naungan sengon. Ketiga macam agroforestri kopi berumur 10 tahun (Sumber data, Widiyanto *et al.*, 2007).

- Saat kritis terjadinya erosi maksimum adalah pada waktu 3-4 tahun setelah konversi hutan, dimana permukaan tanah masih terbuka tetapi

kondisi fisik tanah telah rusak (padat). Untuk itu penutupan permukaan tanah harus dimulai pada saat pohon masih muda. Pada saat 3 tahun setelah penebangan vegetasi hutan, erosi yang terjadi sekitar 10 kali lipat dibanding dengan erosi yang diukur di hutan (8.5 mm/tahun dibanding 0.92 mm/tahun di hutan).

- Tingginya limpasan permukaan dan erosi pada tahun ke 3 dan ke 4 setelah konversi hutan dikarenakan tanah menjadi lebih padat akibat berkurangnya jumlah pori makro tanah. Kunci untuk mengurangi kepadatan tanah adalah dengan mempertahankan ketebalan seresah di permukaan tanah hingga 2 ton/ha (Hairiah *et al.*, 2006). Kondisi tersebut sangat penting untuk menjaga kekasaran permukaan, menjaga kelembaban tanah dan menyediakan pakan bagi cacing penggali tanah. Selama aktivitasnya cacing tanah meninggalkan liang, dapat menambah jumlah pori makro di lapisan bawah yang terutama terbentuk oleh adanya aktivitas akar pepohonan (Dewi, 2007). Peningkatan ukuran tubuh cacing tanah diikuti oleh peningkatan jumlah pori makro dan infiltrasi tanah.

3. Mempertahankan biodiversitas tanah

Mempertahankan diversitas pohon yang ditanam dalam sistem agroforestri penting untuk mempertahankan diversitas biota fungsional. Dewi *et al.* (2007) melaporkan hasil survey diversitas dan kerapatan populasi cacing tanah di agroforestri berbasis kopi lebih banyak dari pada yang dijumpai di hutan, tetapi ukuran biomasanya lebih kecil dari pada yang dijumpai di hutan. Biodiversitas cacing di lahan agroforestri kopi meningkat karena adanya beberapa spesies eksotis seperti *Pontoscolex corethrurus* yang mungkin masuk terbawa selama kegiatan, misalnya melalui bibit, pemupukan organik dan sebagainya. Namun beberapa spesies native hutan Sumberjaya seperti *Metaphire javanica*

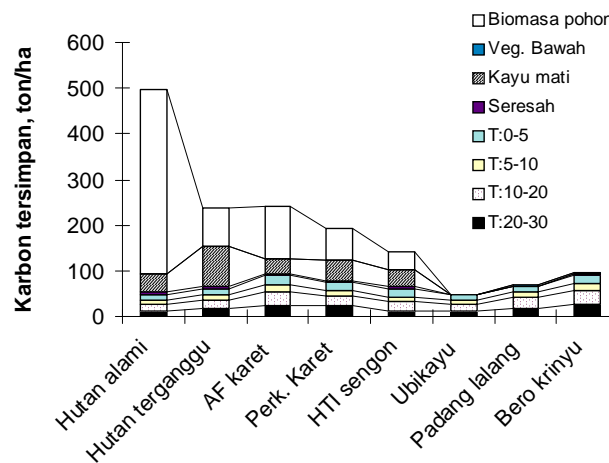
yang berukuran besar hilang. Kecilnya ukuran tubuh cacing tanah pada agroforestri kopi diduga menyebabkan rendahnya tingkat porositas tanah.

4. Kontribusi Agroforestri dalam Mitigasi Gas Rumah Kaca

Agroforestri merupakan salah satu sistem penggunaan lahan terdiri dari campuran pepohonan, semak dengan atau tanpa tanaman semusim dan ternak dalam satu bidang lahan yang sama. Agroforestri memberikan tawaran yang cukup menjanjikan untuk mitigasi akumulasi GRK di atmosfer (IPCC, 2000). Gas CO₂ sebagai salah satu penyusun GRK terbesar di udara diserap pohon dan tumbuhan bawah untuk fotosintesis, dan ditimbunnya sebagai C-organik dalam tubuh tanaman (biomasa) dan tanah untuk waktu yang lama, mencapai 30-50 tahun. Selama tidak ada pembakaran di lahan, emisi CO₂ ke atmosfer dapat ditekan. Jumlah C yang tersimpan di lahan secara teknis disebut “cadangan C” atau “penyimpanan C”.

Jumlah C yang tersimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomasa) pada suatu lahan adalah menggambarkan banyaknya CO₂ di atmosfer yang diserap oleh tanaman (*C-sequestration*). Sedangkan jumlah C yang masih tersimpan dalam bagian tumbuhan yang telah mati (nekromasa) secara tidak langsung menggambarkan C yang disimpan dalam sistem untuk beberapa waktu lamanya, artinya CO₂ tidak dilepaskan ke udara lewat pembakaran. Beberapa hasil pengukuran C tersimpan pada berbagai sistem penggunaan lahan (SPL) oleh tim peneliti Alternatives to Slash and Burn (ASB phase 1 dan 2) di Jambi (Tomich *et al.*, 1998), adalah sebagai berikut:

- Hutan alami menyimpan C tertinggi sekitar 497 ton ha⁻¹ dibandingkan sistem penggunaan lahan (SPL) lainnya. Lahan ubikayu monokultur menyimpan C terendah (sekitar 49 ton ha⁻¹).
- Gangguan hutan alami menyebabkan hutan kehilangan C sekitar 250 ton ha⁻¹, dimana kehilangan C terbesar terjadi karena hilangnya pohon, sedang kehilangan C yang tersimpan dalam tanah relatif kecil (Gambar 7).
- Bila hutan sekunder terus dikonversi ke sistem ubikayu monokultur, maka kehilangan C di atas permukaan tanah bertambah menjadi 300-350 ton C ha⁻¹.
- Tingkat kehilangan C dapat diperkecil bila hutan dikonversi menjadi sistem agroforestri berbasis karet. Karbon tersimpan di bagian atas tanah sekitar 290 ton C ha⁻¹, dan bila dikonversi menjadi HTI sengon maka C yang tersimpan sekitar 370 ton C ha⁻¹.



Gambar 7. Penyimpanan C pada berbagai system penggunaan lahan di Jambi (Tomich *et al.*, 1998)

- Penyimpanan C rata-rata per siklus tanam bervariasi tergantung umur tanaman (Tabel 3). Semakin banyak dan semakin lama C tersimpan dalam biomasa pohon semakin baik.

Tabel 3. Cadangan C per siklus tanam dari berbagai sistem penggunaan lahan (Tomich *et. al.*, 1998).

Sistem Penggunaan Lahan	Umur maximum, tahun	Jumlah C tersimpan per siklus tanam, ton ha ⁻¹
Hutan Alami	120	254
Hutan sekunder	60	176
Agroforestri karet	40	116
Perkebunan karet (monokultur)	25	97
Perkebunan kelapa sawit	20	91
Rotasi padi-bera rerumputan	7	74
Rotasi ubikayu-alang-alang	3	36

- Lahan hutan yang telah terganggu, lahan agroforestri multistrata (bermacam jenis pohon) dan agroforestri sederhana (tumpangsari pohon dan tanaman pangan) menimbun C dalam biomasa rata-rata sekitar 2.5 ton ha⁻¹ th⁻¹. Sedang penimbunan C dalam lahan pertanian semusim ubikayu-rumput-rumputan dapat diabaikan, karena kebanyakan C hilang oleh adanya pembakaran.
- Besarnya penyimpanan C dalam suatu lahan dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanahnya. Penyisipan pohon leguminose dalam sistem agroforestri, akan memperbaiki kesuburan tanah sehingga pertumbuhan pohon di atasnya menjadi lebih baik dan meningkatkan jumlah C tersimpan dalam biomasa.

Jadi, kontribusi agroforestri terhadap upaya mitigasi GRK di udara cukup besar melalui banyaknya C tersimpan dalam sistem tersebut. Besarnya C yang tersimpan pada sistem agroforestri tidak bisa menyerupai hutan alami, tetapi masih jauh lebih baik dari pada sistem pertanian monokultur. Hal yang terpenting adalah agroforestri dapat memperkecil ancaman terjadinya alih-guna lahan di masa yang akan datang, karena dengan pengelolaan yang benar dan pemilihan jenis pohon serta didukung dengan kebijakan pasar yang tepat, agroforestri

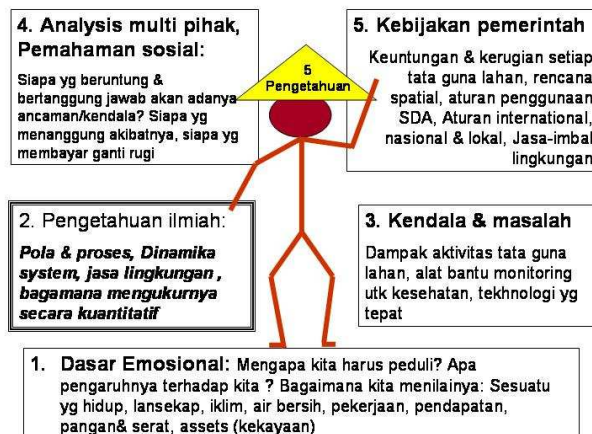
dapat melindungi pendapatan petani. Sistem agroforestri tersebut selaras dengan tujuan aforestasi/reforestasi (A/R) pada mekanisme pembangunan bersih (CDM) atau konsep mitigasi GRK lainnya yang masih akan dirundingkan di pertemuan internasional yang akan datang seperti ADSB (*Avoided Deforestation with Sustainable Benefits*) dan REDD (*Reduced Emissions from Deforestation and Degradation*).

APA YANG BISA KITA LAKUKAN?

Perubahan iklim global akan berdampak merugikan terhadap beberapa sektor pertanian, baik ditinjau dari sektor ekonomi, sosial dan lingkungan (ekologi) dan kesehatan, sehingga kompleksitas masalah di lapangan semakin meningkat. Agroforestri berpeluang besar untuk mitigasi GRK dan membantu masyarakat dalam beradaptasi pada kondisi baru yang timbul sebagai dampak dari adanya pemanasan global. Dalam kaitannya dengan upaya pengembangan strategi adaptasi dalam sektor pertanian, peneliti dan pengambil kebijakan harus mempertimbangkan adanya interaksi dari berbagai hambatan yang cukup kompleks. Penanganannya di lapangan membutuhkan pengetahuan dasar yang cukup luas, maka perguruan tinggi melalui jaringan kerja INAFE harus bekerjasama penelitian dengan multi pihak (LSM, pemerintah, lembaga penelitian nasional dan internasional) baik di tingkat desa, nasional dan global (Gambar 8). Produk kegiatan berupa perbaikan pengetahuan yang relevan dengan isu yang dibutuhkan oleh masyarakat dan pemerintahan sehingga diharapkan dapat memperbaiki kebijakan yang telah ada. Dengan demikian INAFE dapat menjadi agen penghubung dalam negosiasi antara masyarakat lokal dengan pemerintah (*Knowledge system for linking research with action*). Untuk itu beberapa langkah kegiatan yang diperlukan antara lain adalah:

- a. Melakukan penelitian yang relevan dengan isu terkini agar bermanfaat (*Salience*) dan menggunakan metoda standard yang akurat (*Credibility*)
- b. Melakukan kerjasama penelitian dengan lembaga penelitian lain yang terpercaya dalam pengelolaan sumber daya alam (*Legitimacy*)
- c. Perbaiki sistem pembelajaran dengan melatih mahasiswa untuk mampu mendiagnosis masalah yang terjadi di lapangan, mencari solusinya dengan segala untung dan ruginya.

Pada pelaksanaan kegiatan tersebut di atas, Van Noordwijk (2008) mengajukan 3 pertanyaan umum yang dapat dipakai untuk mengarahkan kegiatan pendidikan dan penelitian di Indonesia adalah “*where/when/what*”, “*how*” dan “*so what*”. Dengan demikian lulusan perguruan tinggi diharapkan dapat menjadi agen penghubung atau “*boundary agent*” yang mampu menghubungkan 5 macam pengetahuan (Gambar 8) yang berkenaan dengan (1) Pengetahuan berdasar emosional, (2) Pengetahuan ilmiah, (3) Diagnosis kendala dan masalah yang ada, (4) Analisis multi pihak, dan (5) Pengetahuan yang berhubungan dengan kebijakan pemerintah.



Gambar 8. Lima macam pengetahuan yang dibutuhkan, dimana perguruan tinggi dapat berperan pada tipe pemahaman dan pengembangan pengetahuan ilmiah (Van Noordwijk dan Swift, 1999)

Guna menunjang keberhasilan pendidikan dan penelitian di bidang agroforestri tersebut diatas, dukungan masyarakat, pemerintah, LSM dan pihak internasional sangat dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abe, K. and R. R. Ziemer. 1991. Effect of Tree Roots on Shallow-Seated Land Slides. USDA forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GT 130: 11-20.
- Chen H, Harmon M E dan Griffiths R P, 1999. Decomposition and Nitrogen Release from Decomposing Woody Roots in Coniferous Forests of The Pasific Northwest: A Chronosequence Approach. *Can. J. For. Res.* 31: 246-260.
- Collison A dan Pollen N, 2005. The Effects of Riparian Buffer Strips on Streambank Stability: Root Reinforcement, Soil Strength and Growth Rates. In: Zobel R W dan Wright S F (eds.) Roots and soil management: Interaction between rootas and the soil. *Am. Soc. Agr.* 48:15-56.
- Dewi, S. W. 2007. Dampak Alih Guna Lahan Hutan menjadi Lahan Pertanian: Perubahan Diversitas Cacing Tanah dan Fungsinya dalam Mempertahankan Pori Makro Tanah. Disertasi S3. Universitas Brawijaya.
- Hairiah, K., H. Sulistyani, D.Suprayogo, Widiyanto, P. Purnomosidhi, R.H.Widodo, and M. Van Noordwijk. 2006. Litter Layer Residence Time in Forest and Coffee Agroforestry Systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management* 224: 45-57.
- Hairiah, K., Widiyanto, D.Suprayogo dan S. Kurniawan. 2007. Peran Akar Pohon dalam Mengurangi Gerakan Tanah. Prosiding Seminar sehari: "Penanganan Bencana Sumber Daya Pertanian", 1 Februari 2007. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.
- Hardiyatno, H.C. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gajah Mada Univ. Press. Yogyakarta. p 450.
- IPCC. 2001. Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Report of the working group II. Cambridge University Press. UK. p 967.
- IPCC. 2000. Land Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge. UK. 377pp.
- Nurhada, M. 2006. Studi Kepadatan dan Kualitas Bahan Organik Perakaran Pohon Hubungannya dengan Kekuatan Geser Tanah (Shear Strength) di Tebing Sungai Bango Malang. Skripsi mahasiswa S1 Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Unibraw, Malang.
- Santoso, H. dan C. Forner. 2007. Climate change projections for Indonesia. TroFCCA, CIFOR. Bogor.

- Sidele, R.C. and A.S. Dhakal. 2003. "Recent Advances in The Spatial and Temporal Modeling of Shallow Land Slides". In: "Proceedings of the 2003 MODSIM Conference". Townsville, Australia. Ed. Post, D. pp 602-607.
- Tomich, T.P., M. Van Noordwijk, S Budidarsono, A. Gillison, T. Kusumanto, D. Mudiyarso, F. Stolle and A.M. Fagi. 1998. Alternatives to Slash-and-Burn in Indonesia. Summary Report & Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia and ICRAF-S.E. Asia
- Van Noordwijk M and Swift M J. 1999. Belowground Biodiversity and Sustainability of Complex Agroecosystems. In: A Gafur, FX Susilo, M Utomo and M van Noordwijk (eds.). "Proceedings of a Workshop on Management of Agrobiodiversity in Indonesia for Sustainable Land Use and Global Environmental Benefits". UNILA/PUSLIBANGTAN, Bogor. 19-20 August 1999. ISBN 979-8287-25-8. p 8- 28.
- Verchot, L. V., M. van Noordwijk, S. Kandji, T.P. Tomich, C. Ong, A. Albrecht, J. Mackensen, C. Bantilan, K. V. Anupama, C. Palm. 2007. Climate Change: Linking Adaptation and Mitigation Through Agroforestry. *Mitig Adapt Strat Glob Change*. DOI 10.1007/s1 1027-007-9105-6. Springer Sci.
- Widianto, D. Suprayogo, I.D. Lestari. 2007. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian : Apakah Fungsi Hidrologis Hutan dapat Digantikan Sistem Kopi Monokultur?. Prosiding Seminar sehari: "Penanganan Bencana Sumber Daya Pertanian", 1 Februari 2007. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

WEB SITE

Pengenalan gerakan tanah (<http://merapi.vsi.esdm.go.id>) dikutip pada tanggal 25 Januari 2008.

PENERAPAN AGROFORESTRI DARI SUDUT PANDANG PERTIMBANGAN EKONOMI DAN SOSIAL*

Ma'mun Sarma

Jurusan Ilmu-Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian (1982-2004) dan
Departemen Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Manajemen (2005- sekarang)
Institut Pertanian Bogor, Bogor.
Ketua Jaringan Pendidikan Agroforestri Indonesia (2003-2006)

ABSTRACT

This paper generally discusses the implementation of agroforestry from the view of economics and social considerations. Specifically, this paper discusses the definition, the objective and types of agroforestry, the reasons of including the economics and social considerations in the implementation of agroforestry, and short illustration the economics and social in the implementation of agroforestry. The definition of agroforestry can be seen based the variety of disciplines. The analysis of economics and social in agroforestry is still limited due to some reasons. Although the analysis of economics and social in agroforestry is slightly different from the disciplines of agricultural economics and natural resources, the different is mainly on the theoretical implementation. Thus, the analysis of economics and social in agroforestry does not new discipline, but it requires the innovative implementation of economics theory. The implementation of agroforestry from the view of economics and social considerations is still limited. Therefore, it still open for the pioneer to develop methodology, especially the methodology relates to the problems of economics and social of agroforestry.

Keywords: *Agroforestry, analysis of economics, analysis of social and ecological interactions.*

* Makalah ini sudah disampaikan dalam versi *powerpoint* pada *THE WORKSHOP OF STRENGTHENING INDONESIAN NETWORK FOR AGROFORESTRY EDUCATION IN THE EASTERN PART OF INDONESIA* University of Mataram, Mataram, West Nusa Tenggara, September 7-10, 2004

ABSTRAK

Makalah ini pada garis besarnya membahas pertimbangan ekonomi dan sosial dalam penerapan agroforestri. Secara spesifik, makalah ini menguraikan pengertian, tujuan dan klasifikasi agroforestri, alasan pentingnya pertimbangan ekonomi dan sosial dalam penerapan agroforestri dan memberikan ulasan singkat analisis ekonomi dan sosial dalam agroforestri. Pengertian agroforestri dapat dilihat dari berbagai sudut pandang. Analisis ekonomi dan sosial masih banyak belum dijadikan pertimbangan, karena berbagai alasan. Meskipun analisis ekonomi dan sosial agroforestri berbeda dari disiplin ekonomi pertanian dan sumberdaya, namun perbedaannya pada masalah penerapan teoritis. Dengan demikian analisis ekonomi dan sosial agroforestri tidak memerlukan ilmu baru, tetapi lebih kepada penerapan inovatif pada ilmu ekonomi. Penerapan agroforestri dari sudut pandang ekonomi dan sosial masih belum banyak dilakukan dan masih terbuka peluang besar untuk menjadi pioner dalam pembangunan metodologi, terutama untuk metodologi yang berhubungan dengan masalah ekonomi dan sosial.

Kata kunci: Agroforestri, analisis ekonomi, analisis sosial, dan interaksi ekologi.

PENDAHULUAN

Praktek agroforestri (yang sebelumnya dalam Bahasa Indonesia disebut Wanatani), banyak dijumpai di Indonesia. Akan tetapi, sebagai cabang ilmu agroforestri masih relatif baru, dimulai pada tahun 1970-an yang dirintis oleh Tim Kanada. Pada tahun 1978 didirikan *International Council for Research in Agroforestry* (ICRAF) yang berpusat di Nairobi, Kenya. Namun kemudian pada tahun 1991 nama tersebut dirubah menjadi *International Centre for Research in Agroforestry* dengan akronim masih ICRAF. Kemudian pada tahun 2002, nama tersebut berubah kembali menjadi *World Agroforestry Centre: Transforming Lives and Landscapes*.

Praktek agroforestri banyak diterapkan di Indonesia dan daerah lainnya di Asia Tenggara dan Afrika, karena praktek agroforestri memberikan manfaat-manfaat utama sebagai berikut:

- Hutan belum cukup dimanfaatkan sepenuhnya: Di beberapa daerah yang relative hutannya masih luas namun belum dimanfaatkan sepenuhnya, atau masih adanya hutan yang belum ditanam kembali (misalnya akibat penebangan), maka banyak tanah hutan tersebut ditanami dengan teknik agroforestri.
- Hutan hanya untuk produksi kayu: Pada hutan produksi, yang tentu saja tujuan utamanya adalah untuk pemanenan kayu, banyak dimanfaatkan dengan tanaman non-kayu, seperti tanaman musiman (pangan) ataupun tanaman perkebunan. Tanaman non-kayu ini ada yang ditanam sambil menunggu tanaman kayunya besar, bahkan ada yang menanam tanaman non-kayu secara bersasa-sama hingga akhirnya tanaman kayu besar dan dipanen.
- Produksi kayu bersamaan dengan komoditi pertanian, dan atau hewan serta rehabilitasi lahan-lahan kritis: Pada tipe pengusahaan hutan seperti ini, di mana bukan hanya produksi kayu saja, namun juga produksi non-kayu, maka praktek agroforestri mutlak diterapkan pada tipe pengusahaan seperti ini.

Saat ini banyak praktek agroforestri dikembangkan baik oleh perorangan, organisasi swasta maupun pemerintah. Mengingat kompleksitas agroforestri, bahan referensi mengenai aspek agronomis dan silvikultur telah relatif banyak dilakukan. Namun, referensi yang berkaitan dengan aspek ekonomi dan sosial masih relatif sedikit. Aspek ekonomi dan sosial ini memberikan penting dalam kesuksesan penerapan agroforestri. Hal ini disebabkan, meskipun secara teknis agronomis dan silvikultur memberikan hasil menjanjikan, apabila secara ekonomis tidak menguntungkan, maka praktek agroforestri mungkin tidak dilaksanakan. Selanjutnya, meskipun pertimbangan ekonomi sudah dilibatkan, kalau aspek

sosial dilupakan, maka keberhasilan penerapan agroforestri mungkin tidak akan tercapai atau keberlanjutan penerapan agroforestri juga mungkin tidak terwujud.

Tujuan penulisan makalah ini pada garis besarnya adalah untuk memberikan pertimbangan ekonomi dan sosial dalam penerapan agroforestri. Adapun tujuan khusus penulisan makalah ini adalah untuk membahas:

- Pengertian, tujuan dan klasifikasi agroforestri.
- Alasan pentingnya pertimbangan ekonomi dan sosial dalam penerapan agroforestri
- Memberikan ulasan singkat analisis ekonomi dan sosial dalam agroforestri

PENGETIAN, TUJUAN DAN KLASIFIKASI AGROFORESTRI

Pengertian agroforestri dapat didekati dari berbagai bidang ilmu, seperti ekologi, agronomi, kehutanan, botani, geografi, lanskap, maupun ekonomi dan sosial. Agroforestri dapat dipandang sebagai suatu cara dalam penggunaan lahan secara optimal. Hal ini kemudian dapat dijadikan dasar pengertian bahwa agroforestri adalah optimasi penggunaan lahan dengan menanam tanaman campuran yaitu tanaman kayu (kehutanan) dan tanaman non-kayu (pertanian), serta hewan pada suatu bidang lahan. Dengan demikian, pada dasarnya agroforestri diterapkan karena adanya suatu keadaan yang mengakibatkan penggunaan lahan secara optimal.

Adapun tujuan penerapan agroforestri antara lain adalah sebagai berikut:

- Penghutan kembali.
- Penyediaan sumber makanan dan pakan ternak.
- Penyediaan kayu bangunan dan kayu bakar.

- Pencegahan migrasi penduduk ke kota.
- Berkontribusi dalam fiksasi CO₂.

Agroforestri dapat diterapkan pada berbagai tipe ekologi. Sebagai contoh, di daerah hutan, di lahan kritis, di daerah hutan di tepi pantai dan daerah lainnya. Selain itu, agroforestri juga dapat diterapkan dengan pertimbangan lainnya, seperti struktur, fungsi dan sosial-ekonomi. Hal ini mengakibatkan klasifikasi agroforestri dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Dasar struktural: agrisilvikultur (campuran antara tanaman kehutanan dengan tanaman pertanian), silvopastur (campuran antara tanaman kehutanan dan peternakan), silvofishery (campuran antara tanaman kehutanan dan perikanan), dan kombinasi dari ketiganya, seperti agrisilvopastur dan agrisilvofishery.
- Dasar fungsional: fungsi utama atau peranan dari sistem (menunjukkan tanaman mana yang menjadikan fungsi utama dalam agroforestri tersebut).
- Dasar sosial-ekonomi: tingkat masukan atau intensitas dan skala pengelolaan (menunjukkan perhitungan untuk masukan dan keluaran dari sistem agroforestri serta intensitas penggunaan lahan serta skala pengusaannya).
- Dasar ekologi: kondisi lingkungan dan kecocokan ekologi (dalam kenyataannya, bila dua jenis tanaman atau lebih ditanam pada sebidang lahan dalam waktu yang bersamaan, akan menimbulkan interaksi dari kedua tanaman tersebut, di mana interaksinya dapat netral, positif dan bahkan ada yang negatif).

Berdasarkan uraian di atas, agroforestri dapat juga dipandang sebagai nama bagi sistem-sistem dan teknologi penggunaan lahan di mana tegakan pohon berumur panjang (termasuk semak, palem, bambu, kayu, dan

lain lain) dan tanaman pangan dan atau pakan ternak berumur pendek yang diusahakan pada petak lahan yang sama dalam suatu pengaturan ruang dan waktu. Hal terpenting dalam sistem-sistem agroforestri adalah terjadinya interaksi ekologi dan ekonomi antar unsur-unsurnya.

Contoh Sistem agroforestri sederhana (Arifin, 2004) adalah sebagai berikut:

- Perpaduan konvensional yang terdiri atas sejumlah kecil unsur (skema agroforestry klasik).
- Unsur pohon dengan peran ekonomi penting (kelapa, karet, cengkeh, jati)
- Unsur pohon dengan peran ekologi (dadap dan petai cina)
- Unsur tanaman semusim (padi, jagung, sayur-mayur, empon-empon, rerumputan)
- Tanaman lain dengan nilai ekonomi (pisang, kopi, coklat, dll).

ALASAN PENTINGNYA PERTIMBANGAN EKONOMI DAN SOSIAL DALAM PENERAPAN AGROFORESTRI

Sebagaimana telah disebutkan dalam bab sebelumnya, mengingat agroforestri adalah pemanfaatan lahan secara optimal dengan menanam berbagai macam tanaman (kayu dan non-kayu), maka akan dijumpai interaksi ekologi. Interaksi ekologi tentu saja akan mengakibatkan keputusan dalam pemilihan jenis tanaman.

Pada dasarnya ada tiga kemungkinan interaksi ekologi antara tanaman, yaitu netral, positif, dan negatif. Istilah lainnya untuk interaksi ekologi adalah non-kompetitif (netral), komplementer (positif) dan negatif (kompetitif).

Pada interaksi ekologi netral, artinya antar tanaman tidak memberikan pengaruh terhadap hasil panen (secara kuantitas penanaman

campuran tidak memberikan pengaruh terhadap hasil panen bagi tanaman kayu dan non-kayu). Contoh interaksi ekologi netral adalah jati tua dengan garut atau ganyong. Pada interaksi ekologi positif, artinya praktek agroforestri memberikan peningkatan hasil terhadap hasil panen (secara kuantitas penanaman campuran memberikan peningkatan hasil panen bagi tanaman kayu dan non-kayu). Contoh interaksi ekologi positif adalah sengon dengan nenas. Terakhir adalah Interaksi ekologi negatif di mana praktek agroforestri memberikan pengurangan hasil panen dari salah satu tanaman atau keduanya (secara kuantitas penanaman campuran memberikan pengurangan hasil panen bagi tanaman kayu atau non-kayu bahkan dapat juga memberikan pengurangan hasil panen bagi tanaman kayu dan non-kayu). Contoh interaksi ekologi negatif adalah jati dengan singkong.

Setelah diketahui interaksi ekologi antar tanaman tersebut, maka jika berdasarkan pertimbangan ekonomi, interaksi ekologi yang dapat dipertimbangkan untuk diterapkan adalah interaksi yang “Netral” dan “Positif” (“Non-Kompetitif” dan “Komplementer”). Sedangkan pertimbangan selanjutnya adalah pertimbangan sosial. Pertimbangan sosial ini perlu diperhatikan untuk kesinambungan praktek agroforestri itu sendiri. Pertimbangan sosial utamanya adalah apakah praktek agroforestri dapat diterapkan dan diterima oleh masyarakat. Dalam hal ini dapat dikemukakan bahwa pertimbangan sosial adalah tingkat adoptability. Pertimbangan sosial lainnya adalah keputusan yang dipilih oleh suatu rumah tangga, yang mungkin tidak semata-mata karena pertimbangan ekonomi, namun juga kepentingan rumah tangga.

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa, setelah pertimbangan ekologis, maka selanjutnya dilakukan pula pertimbangan ekonomi dan sosial. Hal ini tentunya untuk menghindari, secara ekologis

menunjukkan “Netral” atau “Positif” atau *feasible*, namun secara ekonomi dan sosial masih *impossible*.

Analisa ekonomi dan sosial dari suatu sistem agroforestri masih belum banyak dilakukan karena hal-hal sebagai berikut:

- Sering mengalami kesulitan karena didapatkan dua atau lebih produksi tanaman yang berbeda pada satu satuan lahan.
- Kesulitan juga dialami karena adanya perbedaan dalam waktu panen.
- Interpretasi hasil dicoba dengan menggabungkan produksi dalam bentuk uang, kalori atau NKL (Nilai Kesetaraan Lahan).
- Sistem tumpangsari terdiri dari dua variabel atau lebih, yaitu produksi tanaman pertama dan produksi tanaman berikutnya yang saling berhubungan, maka dianjurkan evaluasi dan interpretasi hasilnya untuk menggunakan lebih dari satu macam Analisa.

ANALISIS EKONOMI DAN SOSIAL DALAM AGROFORESTRI

Berkaitan dengan pertimbangan ekonomi dan sosial, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan ketika akan menerapkan agroforestri (Scherr 1995):

- Biaya dan manfaat yang akan diterima.
- Bagaimana agroforestri dapat memenuhi kepentingan rumah tangga dan menguntungkan dibandingkan dengan alternatif yang telah ada.
- Jenis insentif, sebagai contoh mengurangi biaya atau meningkatnya manfaat.

Pada pertimbangan pertama, biaya dan manfaat adalah merupakan pertimbangan ekonomi. Pada pertimbangan ini tentu saja apabila manfaat lebih besar daripada biaya, maka penerapan agroforestri adalah menguntungkan. Dalam hal ini tentu saja jika agroforestri melibatkan luasan

yang relatif besar, maka pemasaran komoditas hasil agroforestri perlu diperhatikan. Mengingat seringkali pertimbangan pasar diabaikan, karena hanya melihat pada pengecekan secara kasar masih adanya pasar untuk komoditas tertentu, namun kalau jumlah yang dipasarkan relatif besar, maka akan terjadi kelebihan penawaran dan mengakibatkan harga akan turun.

Pada pertimbangan kedua, di mana agroforestri seyogyanya dapat memenuhi kepentingan rumah tangga dan menguntungkan dibandingkan dengan alternatif yang telah ada. Dalam hal ini, mengandung pengertian, bahwa penerapan agroforestri selain menguntungkan juga juga dapat memenuhi kepentingan rumah tangga (sebagai unit pengambil keputusan). Pertimbangan yang diterapkan di sini bukan hanya pertimbangan ekonomi, namun juga pertimbangan sosial, yaitu kepentingan rumah tangga. Implikasi dari penerapan pertimbangan ini, mungkin rumah tangga tidak akan memilih praktek agroforestri yang paling menguntungkan (secara ekonomi), apabila tidak dapat memenuhi kepentingan keluarga.

Pertimbangan terakhir adalah pemilihan jenis insentif dalam penerapan agroforestri. Ada dua insentif yang mungkin timbul, mengurangi biaya atau meningkatkan manfaat. Jika rumah tangga (sebagai unit pengambil keputusan) memiliki kemampuan finansial yang rendah, maka tentu saja akan lebih memilih penerapan agroforestri yang mengurangi biaya.

Selain tiga pertimbangan sosial ekonomi seperti yang telah diuraikan di atas, analisa ekonomi agroforestri lebih rumit dibandingkan dengan analisa ekonomi pertanian. Kerumitan analisa ekonomi agroforestri terjadi karena beberapa hal seperti: variabilitas temporal dan spatial, faktor skala, penggandaan produk dan jasa, keterlibatan aspek ekonomi dan sosial, metode karakteristikasi dan diagnosis, dan beragamnya lembaga yang terlibat (Sanchez, 1995). Sehubungan dengan hal ini, Scherr (1995)

menyatakan analisa ekonomi agroforestri memberikan peluang penemuan metodologi, termasuk evolusi ekonomi agroforestri, kerumitan dalam pengumpulan data input dan output, dan kerumitan dalam memberikan nilai dan analisa.

Meskipun ekonomi agroforestri berbeda dari disiplin ekonomi pertanian dan sumberdaya, namun perbedaannya pada masalah penerapan teoritis yang sudah biasa diterapkan (Scherr 1992). Kerumitan agroforestri tidak memerlukan ilmu baru, tetapi lebih kepada penerapan inovatif pada ilmu ekonomi. Untuk penyempurnaan analisa agroforestri, ada 4 (empat) bidang yang perlu dipertimbangkan:

- Pemahaman atas pengembangan agroforestri.
- Pengumpulan data di lapang dalam ekonomi agroforestri.
- Pemilihan metode yang sesuai dan kriteria penilaian.
- Penilaian petani atas pengambilan keputusan.

Dari keempat bidang tersebut, akan diuraikan dalam pembahasan ini hal-hal yang perlu mendapatkan perhatian dalam menganalisis agroforestri untuk keperluan analisis ekonomi dan sosial. Faktor pertama adalah pemahaman atas pengembangan agroforestri. Faktor ini dapat dilihat atas dua hal pokok, pemahaman atas praktek agroforestri dan pemahaman dari sudut pandang disiplin ilmu. Pemahaman atas pengembangan agroforestri dari sudut pandang praktek, adalah adanya dikotomi, apakah menanam tanaman non-kayu (pertanian) di lahan hutan, atautkah sebaliknya, menanam tanaman kayu di lahan pertanian. Kedua hal tersebut dapat terjadi di lapangan. Implikasi dari dikotomi ini akan menghasilkan pembahasan yang berbeda. Misalnya, tanaman non-kayu ditanam di lahan hutan, maka hasil utama dari praktek agroforestri ini adalah kayu, sedangkan sebaliknya, bila tanaman kayu ditanam di lahan pertanian, maka hasil utama dari praktek agroforestri ini adalah tanaman non-kayu (pertanian). Begitu juga disiplin yang berbeda

akan melihat pada sudut pandang yang berbeda pula. Misalnya, bagi disiplin ekologi, maka interaksi adalah merupakan kajian utamanya, sementara dari sudut pandang ekonomi, akan lebih tertarik pada pemasaran hasil dan tingkat profitabilitas atas praktek agroforestri. Dengan demikian, dalam menganalisis agroforestri hendaknya diperhatikan aspek komoditas utama (tanaman kayu atau non-kayu) dan aspek dalam pemasaran dan profitabilitas.

Faktor kedua yang perlu diperhatikan dalam analisis ekonomi agroforestri adalah pengumpulan data di lapang. Mengingat data yang dikumpulkan dalam analisis ekonomi dan sosial agroforestri adalah bukan hanya data “on the spot” (*cross section*) atau yang terjadi pada suatu waktu tertentu, namun kadang-kadang dalam jangka panjang (*longitudinal*), kadang-kadang memerlukan cara tersendiri untuk mendapatkan data dan informasi yang akurat. Juga dalam analisis ekonomi harus benar-benar dibedakan antara biaya tunai untuk melaksanakan agroforestri dan biaya diperhitungkan. Biaya tunai misalnya untuk pembelian bibit dan sarana produksi lainnya, sedangkan biaya diperhitungkan misalnya tenaga kerja dari dalam keluarga, sarana produksi yang dimiliki dari hasil panen sebelumnya, dan sebagainya. Dengan demikian, analisis ekonomi seringkali dibedakan atas biaya tunai dan biaya diperhitungkan.

Faktor ketiga adalah pemilihan metode yang sesuai dan kriteria penilaian. Analisis sosial dan ekonomi telah berkembang seiring dengan perkembangan ilmu ekonomi dan sosial itu sendiri dan juga ditemukannya alat bantu komputer yang menghasilkan berbagai *software* yang mudah digunakan (*user friendly*). Pemilihan metode harus disesuaikan dengan tujuan analisis itu sendiri. Beberapa metode yang banyak digunakan adalah *farm budgeting* (analisis usahatani), *cost-benefit analysis* (analisis Biaya-Manfaat), *economic concepts/methodology* (konsep ekonomi/metodologi),

optimization model (model optimasi), *agroforestry sector analysis* (analisis sektor agroforestri), dan *regression analysis* (analisis regresi). Sekali lagi, pemilihan atas metode-metode tersebut perlu mempertimbangkan hal-hal seperti, tujuan analisis, data yang tersedia.

Faktor keempat, atau terakhir dalam menganalisis agoroestri untuk keperluan analisis ekonomi dan sosial adalah penilaian petani atas pengambilan keputusan. Petani dalam hal ini berperan sebagai pengguna analisis yang telah dilaksanakan. Faktor pengguna perlu dipertimbangkan, karena seperti petani mungkin memerlukan analisis yang sederhana saja dibandingkan dengan lembaga penelitian atau mungkin lembaga keuangan. Hal ini tidak mudah, di mana peneliti atau konsultasi harus memilih metode analisis yang kemudian hasil analisis tersebut dapat difahami dan tentu saja dapat diimplementasikan oleh petani. Mengingat saat ini agroforestri banyak diterapkan oleh petani, daripada oleh suatu badan usaha. Dengan mempertimbangkan keempat faktor tersebut, analisis yang telah dilakukan akan memberikan peluang yang besar agar analisis tersebut bermanfaat dan tentunya juga diimplementasikan oleh petani.

Sejalan dengan pernyataan tersebut, jenis analisa ekonomi agroforestri yang ditemukan sama dengan analisa ekonomi yang diterapkan pada disiplin lainnya. Swinkels and Scherr (1991) telah mengkompilasi publikasi dokumen yang berisi analisa ekonomi pada teknologi agroforestri dari perpustakaan ICRAF (International Centre for Research in Agroforestry), individu, dan organisasi profesional di bidang kehutanan. Dari sejumlah 230 dokumen (hampir seluruhnya berbahasa Inggris, hanya 3 dalam bahasa Perancis dan 6 dalam bahasa Spanyol) menunjukkan jenis analisa ekonomi yang telah dipergunakan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Jenis Analisis Ekonomi yang Telah Dipergunakan atas Sejumlah 230 Dokumen Penelitian

No.	Jenis Analisis Ekonomi	Persentase
1.	Cost-benefit analysis (Analisis Biaya-Manfaat)	54
2.	Economic concepts/methodology (Konsep ekonomi/metodologi)	30
3.	Farm budgeting (Analisis usahatanai)	20
4.	Agroforestry sector analysis (Analisis sektor agroforestri)	18
5.	Optimization model (Model optimasi)	13
6.	Computer programs (Pemrograman komputer)	4
7.	Regression analysis (Analisis regresi)	1

Sumber: Swinkels and Scherr (1991) (diolah)

Satu dokumen dapat mempergunakan lebih dari satu analisis ekonomi. Tampak bahwa metode yang banyak dipilih *cost-benefit analysis* (analisis Biaya-Manfaat) menduduki peringkat pertama dan diikuti oleh *economic concepts/methodology* (konsep ekonomi/metodologi), *farm budgeting* (analisis usahatanai), *agroforestry sector analysis* (analisis sektor agroforestri), dan *optimization model* (model optimasi). Sedangkan metode *computer programs* (Pemrograman komputer) dan *regression analysis* (analisis regresi) masih sangat sedikit dipergunakan dalam menganalisis ekonomi agroforestri.

Meskipun *cost-benefit analysis* (analisis Biaya-Manfaat) lebih dikenal sebagai analisis yang berfokus pada analisis ekonomi, namun sebenarnya dikenal istilah analisis tersebut dengan analisis finansial dan analisis ekonomi. Pada analisis finansial, seluruh biaya diperhitungkan berdasarkan harga pasar atau yang harga transaksi. Pada analisis ekonomi, biaya diperhitungkan bukan dengan harga pasar atau yang harga transaksi, namun memperhitungkan aspek eksternalitas yang umumnya menyangkut masalah sosial. Sebagai contoh, nilai tenaga kerja pada analisis finansial adalah harga pasar, namun dalam analisis ekonomi adalah biaya oportunitas (*opportunity cost*). Pada sektor pertanian di negara berkembang, biaya

oportunitas untuk tenaga kerja hampir nol besarnya, karena asumsinya sebelum bekerja di sektor pertanian, tenaga kerja tersebut tidak bekerja. Sedangkan pada sektor industri adalah sebaliknya, di mana biaya oportunitas untuk tenaga kerja dapat lebih besar daripada harga pasar atau harga transaksi, karena asumsinya sebelum bekerja di sektor pertanian, tenaga kerja tersebut sudah bekerja.

Sebagai tambahan, Hoekstra (1990) menyatakan bahwa analisa ekonomi yang paling banyak dipergunakan dalam studi agroforestri pada tingkat publik dan private adalah:

- Analisis input tenaga kerja (untuk menentukan aliran tenaga kerja yang dibutuhkan untuk permulaan dan pemeliharaan sistem agroforestri).
- Analisis jenis input (untuk menghitung arus jenis input yang dibutuhkan untuk permulaan dan pemeliharaan sistem agroforestri).
- Analisis arus kas (untuk menentukan arus kas biaya dan penerimaan yang ditimbulkan untuk permulaan dan pemeliharaan sistem agroforestri).
- Analisis biaya/manfaat diskounted (untuk menentukan tingkat keuntungan sistem agroforestri).
- Analisis sensitivitas (untuk menentukan akibat adanya perubahan asumsi atau keadaan, seperti kelangkaan sumberdaya dan keadaan keuangan yang berpengaruh pada tingkat keuntungan sistem agroforestri).

PENUTUP

Dalam penerapan agroforestri, pertimbangan yang perlu diperhatikan bukan hanya aspek ekologis (agronomis dan silvikultus), namun juga perlu memperhatikan pertimbangan ekonomi dan sosial.

Pertimbangan ekonomi tampak sudah lebih banyak dilakukan daripada pertimbangan sosial.

Analisis ekonomi dan sosial agroforestri berbeda dari disiplin ekonomi pertanian dan sumberdaya, namun perbedaannya pada masalah penerapan teoritis. Dengan demikian analisis ekonomi dan sosial agroforestri tidak memerlukan ilmu baru, tetapi lebih kepada penerapan inovatif pada ilmu ekonomi.

Penerapan agroforestri dari sudut pandang ekonomi dan sosial masih belum banyak dilakukan dan masih terbuka peluang besar untuk menjadi pioner dalam pembangunan metodologi, terutama untuk metodologi yang berhubungan dengan masalah ekonomi dan sosial. Hal ini dapat dilaksanakan mengingat analisis sosial dan ekonomi telah berkembang seiring dengan perkembangan ilmu ekonomi dan sosial itu sendiri dan juga ditemukannya alat bantu komputer yang menghasilkan berbagai *software* yang mudah digunakan (*user friendly*).

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, H.S. 2002. Multiple Cropping Analysis. TOT on Entrepreneurship on Agroforestry Education. Bogor, 19-24 November 2002.
- Hoekstra, D.A. 1987. Economics of Agroforestry. *Agroforestry System*, 5:293-300.
- Sanchez, P.A. 1995. Science in Agroforestry. *Agroforestry System*, 30:5-55.
- Scherr, S.J. 1992. "Financial and Economic Analyses of Agroforestry Systems: An Overview of The Case Study". In: Sullivan GM, Huke SM, Fox JM, editors. Financial and economic analyses of agroforestry systems. Nitrogen Fixing Tree Association, Paia, HI. p 1-12.
- Scherr, S.J. 1995. "Economic Analysis of Agroforestry Systems: The Farmers' Perspective". In: Current D, Lutz E, Scherr SJ, editors. Costs, benefits, and farmer of adoption of agroforestry. The World Bank, Washington, D.C. p 28-44.
- Swinkels, R.A., Scherr, S.J. (Compilers). 1991. Economic Analysis of Agroforestry Technologies: An Annotated Bibliography. ICRAGROFORESTRI. Nairobi, Kenya. 215 pp.

Wijayanto, N. 2002. Agroforestry. TOT on Entrepreneurship on Agroforestry Education. Bogor, 19-24 November 2002.