

PERUBAHAN IKLIM GLOBAL: Penyebab dan dampaknya terhadap lingkungan dan kehidupan

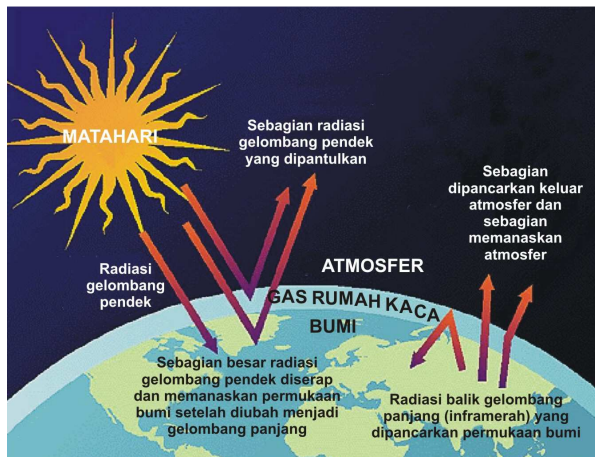
Kurniatun Hairiah

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 memanans (Gambar 1).



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

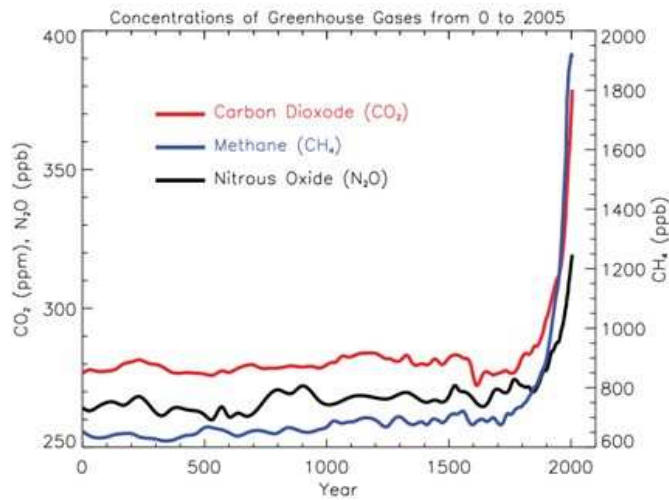
Dengan berubahnya suhu bumi yang dapat dirasakan oleh seluruh makhluk di bumi ini, maka kejadian tersebut dinamakan sebagai “pemanasan global”. Penjebak gelombang panas tersebut adalah lapisan gas yang berperan seperti dinding kaca atau ‘selimut tebal’, antara lain adalah uap air, gas asam arang atau 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 ekuivalen 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

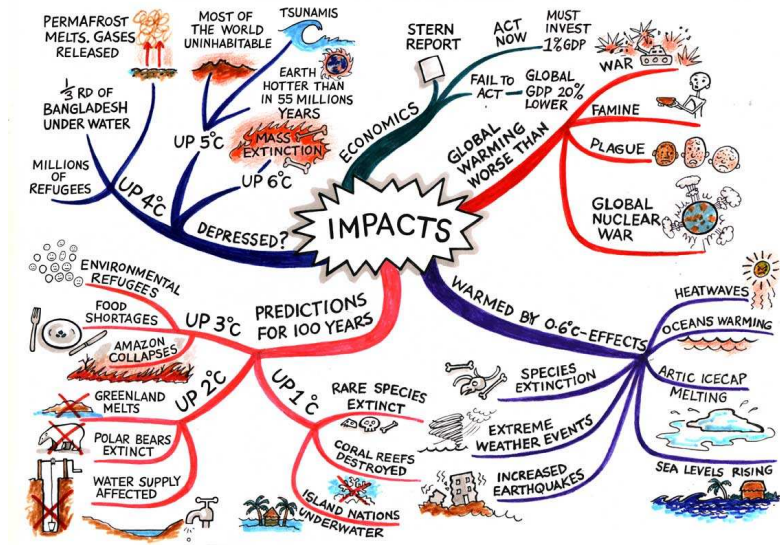
Setelah pembakaran hutan, biasanya lahan dialih-fungsikan menjadi perkebunan kelapa sawit, HTI atau tanaman semusim. Cara pengelolaan paska pembakaran (terutama berhubungan dengan pengeringan dan pengolahan tanah) sangat mempengaruhi besarnya emisi CO₂ berikutnya. Pembuatan saluran drainase sedalam 80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

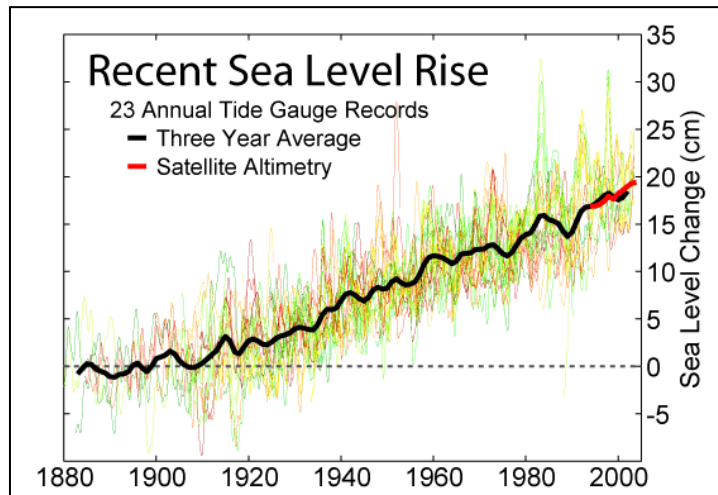
Perubahan yang lain adalah meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Perubahan-perubahan tersebut akan berpengaruh terhadap hasil pertanian, berkurangnya salju di puncak gunung, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis flora dan fauna. Akibat 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.
[\(\[http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global\]\(http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global\)\)](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

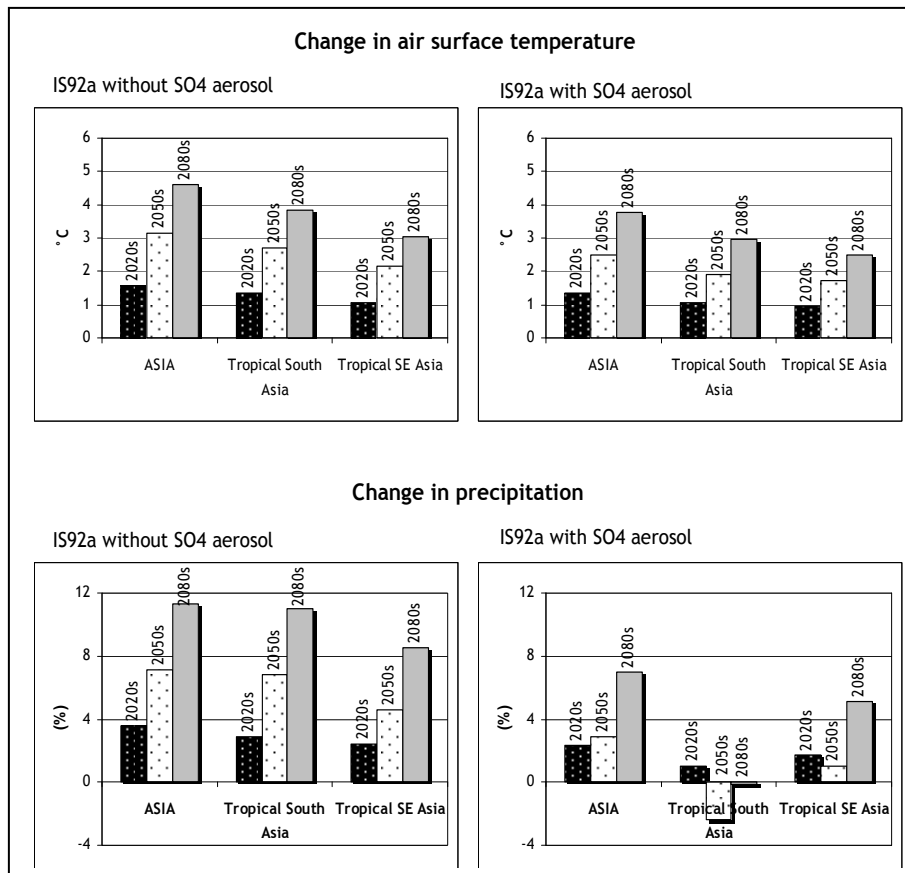
es akan mencair dan daratan akan mengecil, akan lebih sedikit es yang terapung di perairan Utara sehingga populasi flora dan fauna semakin terbatas. Pada daerah-daerah pegunungan subtropis, bagian yang ditutupi salju akan semakin sedikit serta akan lebih cepat mencair dan musim tanam akan lebih panjang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

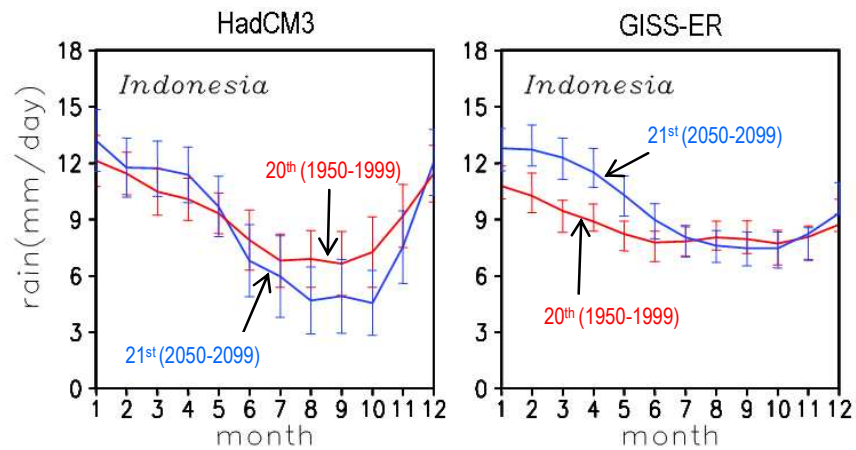
memberikan peringatan dini kepada masyarakat akan datangnya bencana, agar tingkat kerugian dan jumlah korban bisa diminimalkan.



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*

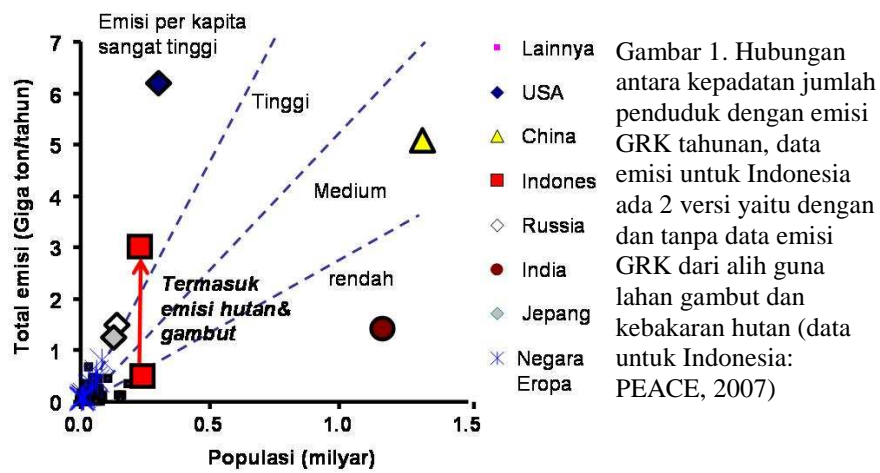
dituntut memiliki ketrampilan dalam menganalisis dan mensintesis permasalahan di lapangan, dan juga harus mampu menjembatani multipihak untuk bernegosiasi dalam menyelesaikan berbagai masalah lingkungan yang muncul karena terjadinya alih guna lahan yang begitu cepat.

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

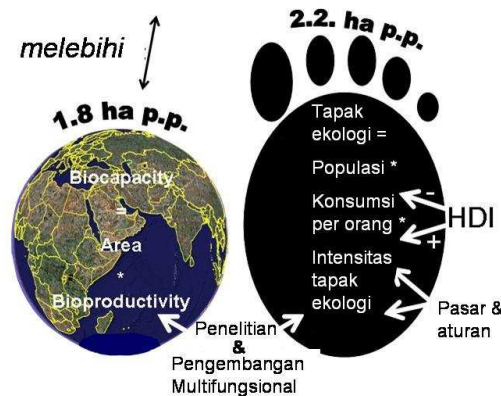
GRK asal tidak melebihi kapasitas atmosfer dan lautan untuk menyerapnya. Adanya peningkatan suhu bumi karena efek rumah kaca, secara cepat akan menyebabkan peningkatan CO₂ dan CH₄ pada zona boreal (zona dekat kutub utara) dan penurunan kapasitas serapan dari lautan dan atmosfer. Indonesia akan terkena 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 terjeput 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**

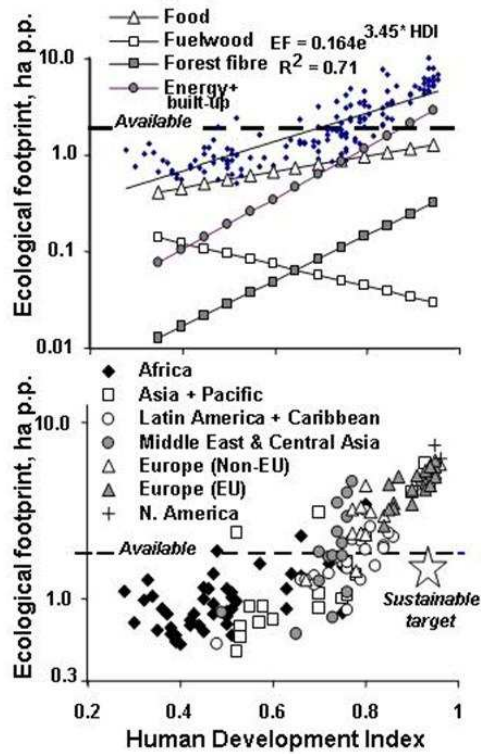
(HDI= *Human Development Index*, yang melibatkan pengukuran kesehatan, pendidikan dan pengeluarannya) dan tapak ekologi, atau luasan yang dibutuhkan untuk memproduksi kebutuhan pokok per orang (Gambar 3).

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.

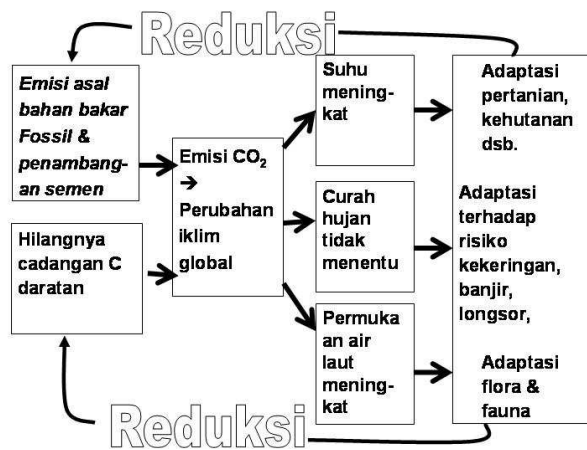
Pada tingkat global, pengaturan penggunaan sumber daya alam pada tingkat yang berkelanjutan harus mempertimbangkan 2 pemicu emisi GRK yaitu: (a) Penggunaan bahan bakar minyak yang secara langsung berhubungan dengan gaya hidup perkotaan dan (b) emisi yang berhubungan dengan adanya alih guna lahan dan 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

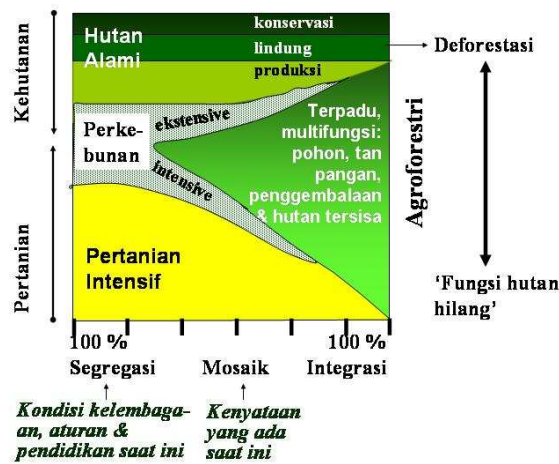
Pada Gambar 3a dapat dilihat adanya beberapa kecenderungan dan opsi yang mempengaruhi segi “penyediaan” dan ‘kebutuhan’: Dari segi kebutuhan (pangan, serat dan kayu bakar) akan terus meningkat dengan meningkatnya HDI, paling tidak bila di tingkat global ada pola penggantian bahan pangan nabati dengan 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

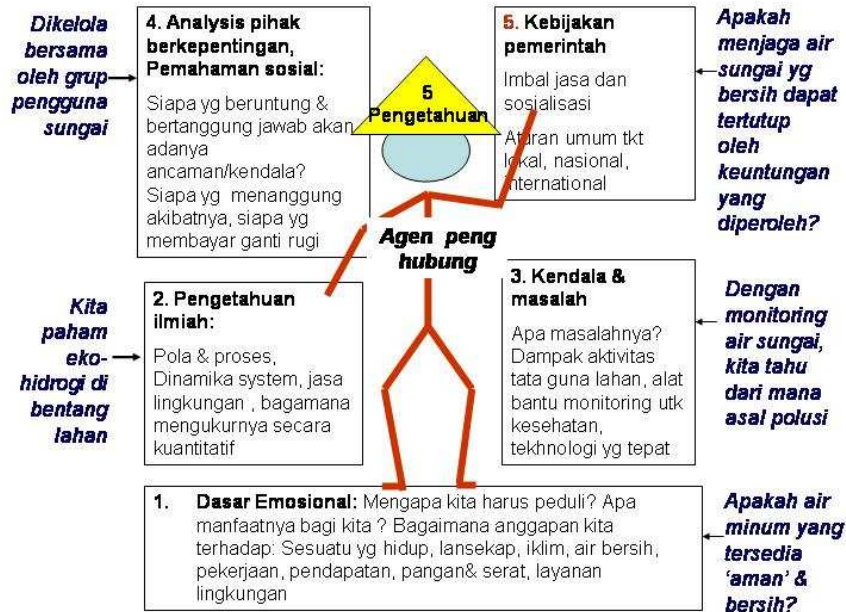
yang ada saat ini masih lebih bersifat "segregasi" dari pada "integrasi" (Gambar 5).



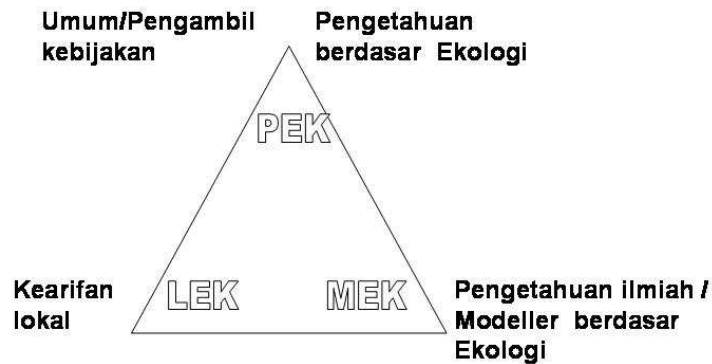
Gambar 5. Paradigma institusional umum yang masih berbasis pada segregasi (terpisah tegas) antara hutan dan pertanian. Tetapi kenyataannya pada bentang lahan, sistem terpadu lebih umum dijumpai, suatu sistem multifungsi perpaduan antara tanaman pangan, pepohonan, ternak dan belukar. Interaksi antara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



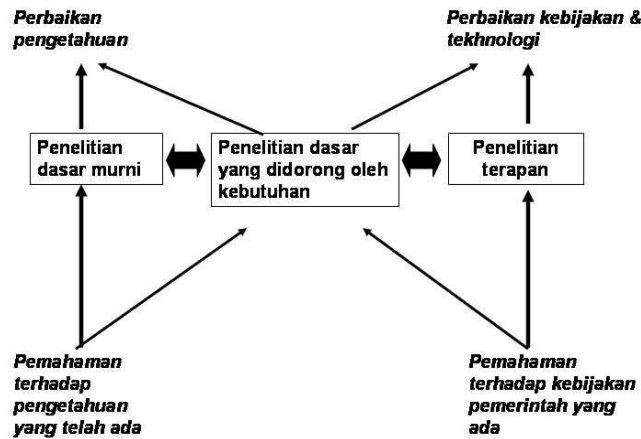
Gambar 6. Lima cara untuk mengetahui tentang air dan fungsi DAS yang semuanya dibutuhkan untuk memahami "INRM" pada tingkat bentang lahan dengan berbagai macam pihak yang berkepentingan



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 (outcome)
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 (Salience): 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*

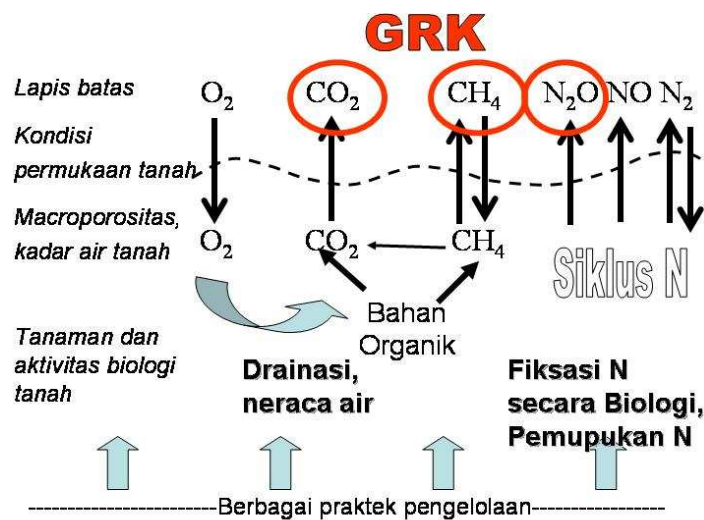
dan *buffering*. Namun demikian sampai kini perhatian utama dan alokasi dana masih difokuskan pada masalah yang terjadi di masa lalu, karena hal tersebut lebih bersifat aktual dan dapat dipertanggung jawabkan pelaporannya (*tangible*). Peran agroforestry dalam adaptasi terhadap perubahan iklim mungkin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

6. Reduksi emisi melalui agroforestri

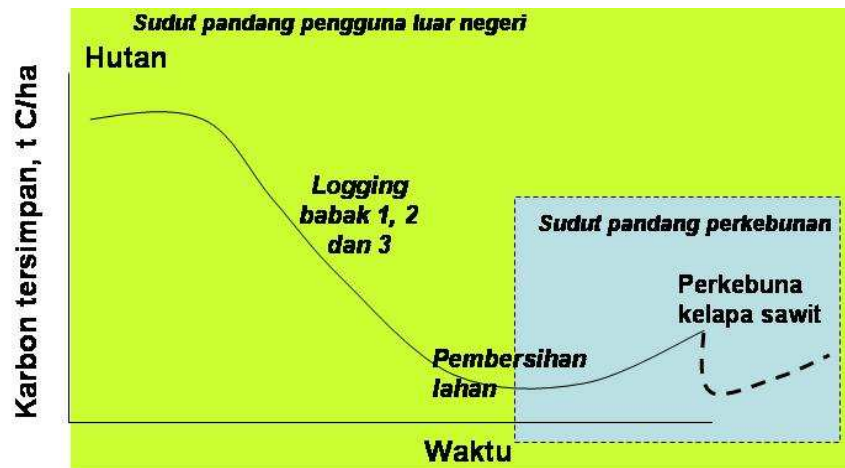
Agroforestri mencakup berbagai system penggunaan lahan (SPL) yang tingkat kekompleksannya berada diantara “hutan” dan “lahan pertanian terbuka”. Dampak agroforestri terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) ditentukan oleh besarnya biomasa pohon, ketebalan seresah yang menutup permukaan tanah, 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).

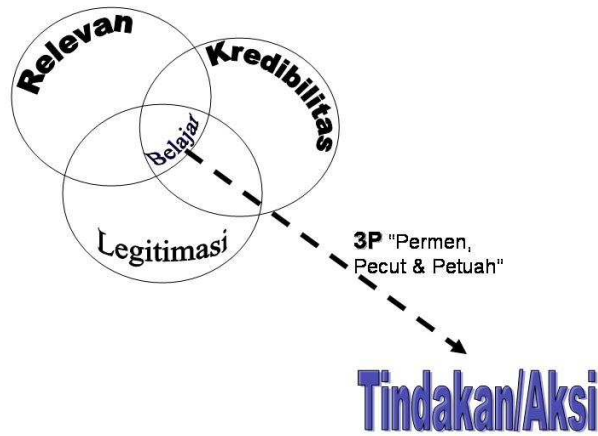
Tigapuluh tahun yang lalu, kata agroforestri mulai dikenal, pada saat mana ilmu pengetahuan dan pendidikan diarahkan untuk mendekati praktek-praktek di lapangan, memahami peluang dan kendala yang berkembang di masyarakat pedesaan dalam melakukan budidaya pohon yang berjuang keras dengan aturan-aturan 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

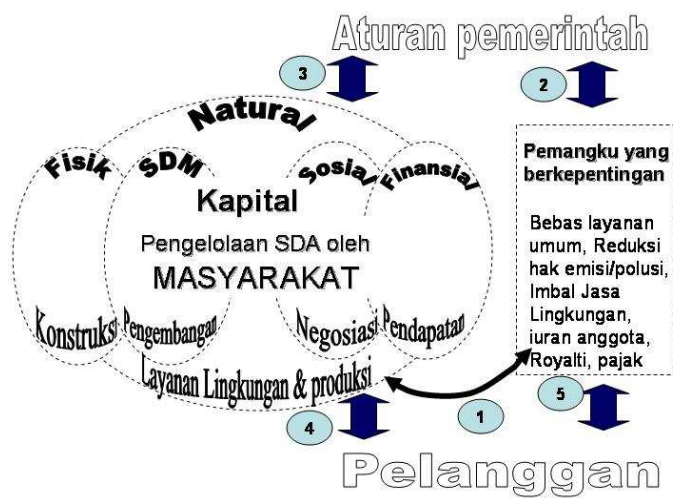
akademis dan program studi baru untuk mempersiapkan lulusan yang sesuai dengan jenis pekerjaan yang baru. Namun demikian, kenyataannya jalur baru tersebut akan berada di luar jalur sekolah kehutanan ataupun pertanian saat ini, yang jarang sekali mereka akan menghubungkan keduanya secara adil.

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”

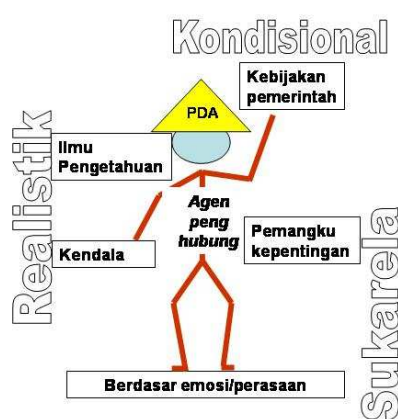


Gambar 14. Pada bentang lahan pedesaan dengan mosaik lahan hutan, agroforestri dan pertanian merupakan produser untuk layanan lingkungan dan produk-produk yang bisa dipasarkan, dengan jalan mengkombinasikan *capital stock* yang dihasilkan secara alami, fisik, rekayasa manusia, sosial dan finansial; Permintaan 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).

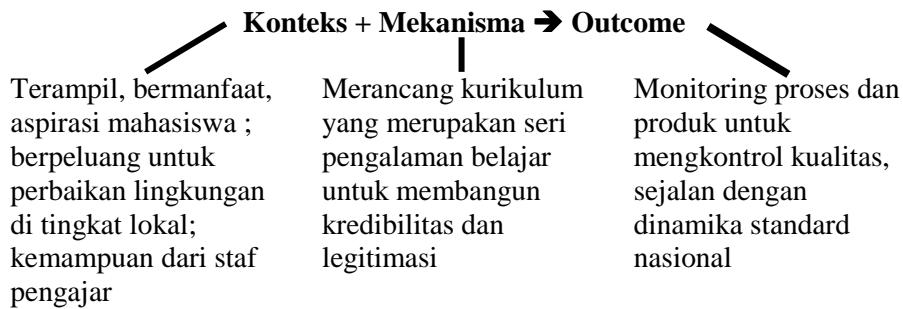
Analisis pada berbagai level dan berbagai sudut pandang pelaku harus dilakukan untuk menjembatani multi pengetahuan (LEK, MEK dan PEK) (Joshi *et al.*, 2004) untuk bernegosiasi dalam pengelolaan SDA di tingkat lokal yang realistis, sukarela dan kondisional yang membutuhkan perhatian pada berbagai tingkatan 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 kembalikan 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., Murdiyarto, 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

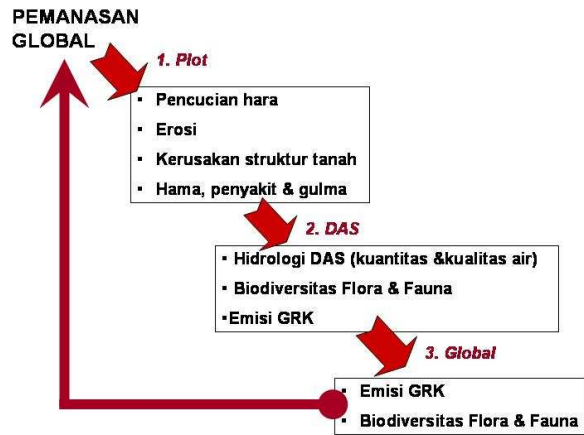
difokuskan kepada (1) dampak pemanasan global terhadap layanan lingkungan, (2) upaya pengelolaan lahan yang adaptif terhadap pemanasan global khususnya dalam mengurangi bencana longsor, dan sekaligus dapat mengurangi konsentrasi GRK, (3) Macam-macam pengetahuan/penelitian yang dibutuhkan di perguruan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

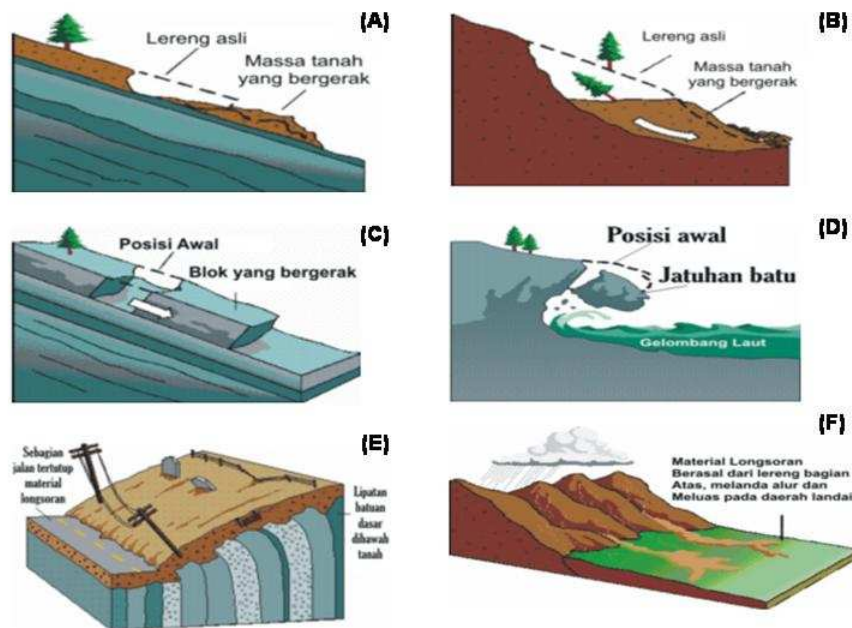
Selama musim penghujan terjadi peningkatan jumlah air infiltrasi yang menyebabkan tanah menjadi jenuh, sehingga pori tanah mudah hancur dan agregasi tanah sangat lemah maka kuat geser tanah menurun. Selain itu kondisi jenuh air justru meningkatkan beban tanah sehingga akan memicu terjadinya longsor dari 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:

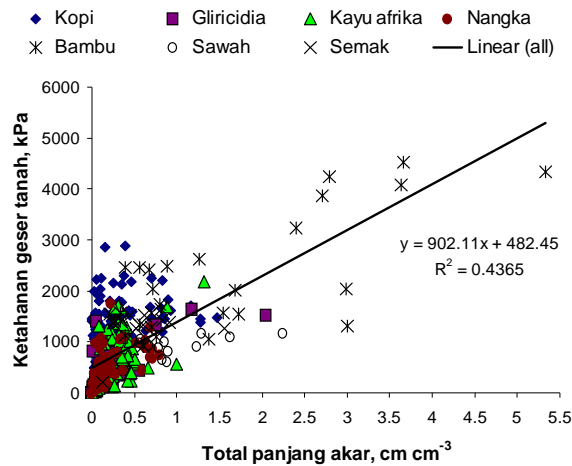
- Pada lahan-lahan agroforestri umumnya distribusi akar pohon hanya pada kedalaman tanah antara 1-4 m saja. Dengan demikian peran agroforestri dalam mengurangi resiko longsor hanya memungkinkan pada tipe longsor permukaan dan longsor dangkal saja. Namun untuk tujuan pengurangan terjadinya 'longsor dalam' (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).

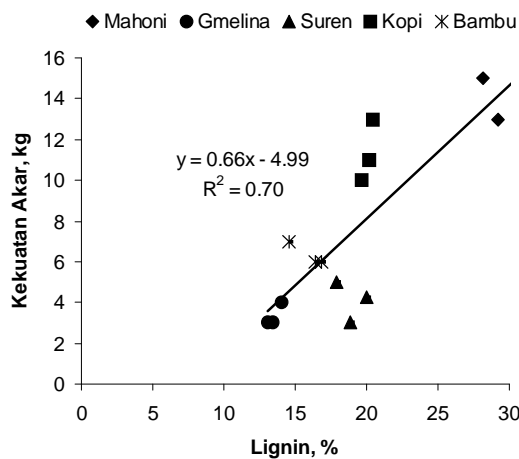
INDEX	IJA		
	rendah (<0.1)	sedang (0.1 – 1.0)	tinggi (>1.0)
ICA rendah <1.5			Durian Petai Bendo
ICA sedang 1.5 - 3.5	Mara Kaliandra Dadap Jambu air	Kayu manis Kemiri Kayu Pasang Jati Kayu Afrika Jati kertas Mahoni Jambu biji Rambutan Sukun Sirihan	
ICA tinggi >3.5	Gliricidia Suren Semantung	Parempeng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

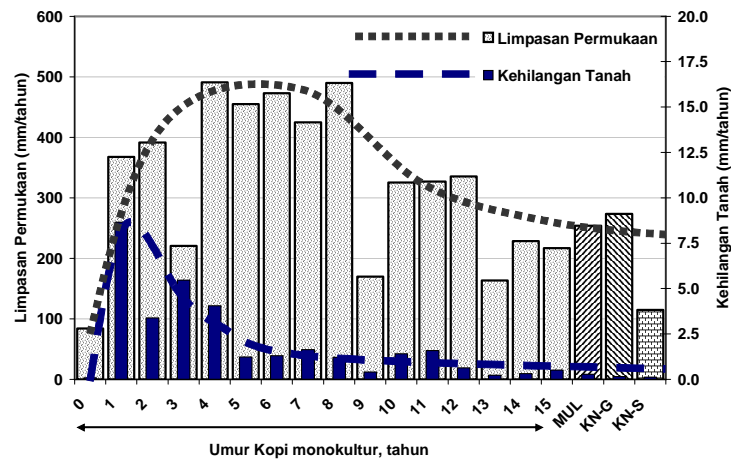
- Beragamnya jenis dan umur pohon penayang yang ditanam pada lahan agroforestri berbasis kopi dapat mengurangi resiko longsor. Akar pohon kopi sebenarnya berpotensi besar sebagai penguat tebing karena memiliki jangkar yang dalam, namun frekuensi pangkasan cabang harus dikurangi untuk memberi kesempatan 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*

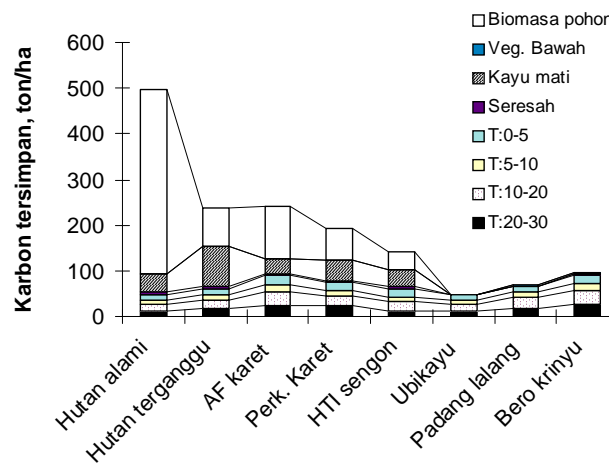
yang berukuran besar hilang. Kecilnya ukuran tubuh cacing tanah pada agroforestri kopi diduga menyebabkan rendahnya tingkat porositas tanah.

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

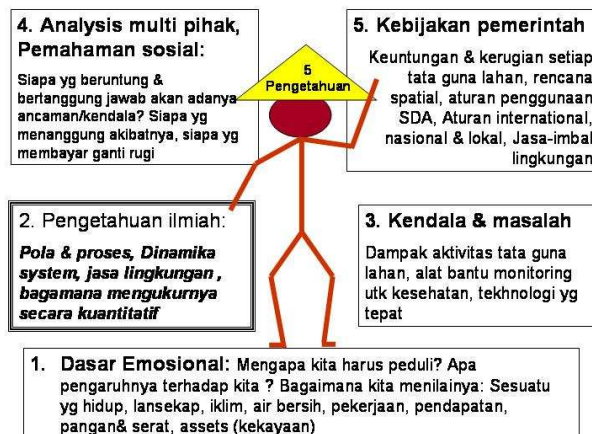
dapat melindungi pendapatan petani. Sistem agroforestri tersebut selaras dengan tujuan aforestasi/reforestasi (A/R) pada mekanisme pembangunan bersih (CDM) atau konsep mitigasi GRK lainnya yang masih akan dirundingkan di pertemuan internasional yang akan datang seperti ADSB (*Avoided Deforestation with 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, ataukah 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 usahatanai), *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.

AGROFORESTRY: PERUBAHAN SKENARIO PENGGUNAAN LAHAN HUTAN DAN KEBUTUHAN PENDIDIKANNYA

Moh. Sambas Sabarnurdin

ssabarnurdin@ugm.ac.id

ABSTRAK

Kicking out farmers of forest, sepertinya sudah tidak jamannya lagi. Apalagi untuk pengelola hutan di daerah padat penduduk seperti pulau Jawa ini. Agroforestry adalah satu jalan menuju *keeping farmers in the forest* karena memberikan peluang untuk itu. Peluang ini akan lebih besar lagi bila berjalan bersama dengan intensifikasi silvikulturnya. Sudah waktunya kita bekerja efisien pada areal yang lebih sempit dan menggunakan areal lainnya untuk keperluan kesejahteraan masyarakat, misalnya melalui pendekatan Pengelolaan Hutan bersama Masyarakat. Tumpangsari lama yang menempatkan petani pada level yang lebih rendah, tidak sesuai semangat agroforestry yang benar, dus tumpangsari konvensional bukan agroforestry walaupun secara fisik iya. Untuk pekerjaan pekerjaan beyond traditional forester job diperlukan *new breed of expertists*. Tujuan makalah ini, adalah untuk mengingatkan hal itu.

LATAR BELAKANG

Agroforestry, sebuah istilah yang sudah sering kita dengar dalam perbincangan pengelolaan hutan atau penggunaan lahan pada umumnya. Tujuan agroforestry adalah menggunakan kembali logika diversitas ekosistem alam ke dalam sistem pertanian monokultur untuk memperoleh hasil yang lebih stabil, tidak agresif kepada lingkungan tetapi tetap produktif.

Dalam seminar tentang "The Role of Agroforestry Education in the Revitalization of Agriculture, Fishery and Forestry Program", yang diselenggarakan di Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada tahun 2006, Menteri Pertanian menyatakan bahwa Indonesia memerlukan visi pertanian baru agar pengembangan pertanian tidak eksploitatif dan tidak merusak preservasi sumberdaya alam. Selanjutnya ditambahkan bahwa

agroforestry memberikan harapan baru pada pengelolaan lahan, dan petani harus didukung untuk bisa menggunakan sumberdaya alamnya secara lestari sepanjang waktu. Sementara Menteri Kehutanan mengidentifikasi agroforestry sebagai salah satu bentuk implementasi pendekatan kehutanan sosial dalam pengelolaan sumberdaya hutan lestari, dan mengungkapkan bahwa sampai tahun 2005 Departemen Kehutanan telah melatih sekitar 680 peserta yang terdiri dari pegawai pemerintah, petani, dan anggota organisasi non pemerintah dalam kursus agroforestry yang diselenggarakannya (Sabarnurdin dan Srihadiono, 2007). Peran penting agroforestry juga ditekankan dalam Deklarasi Kongres Agroforestry Dunia di Orlando, tahun 2004 yang menyatakan bahwa adopsi agroforestry dalam dekade kedepan akan sangat membantu pencapaian tujuan pembangunan milenium Perserikatan Bangsa Bangsa melalui peningkatan pendapatan rumah tangga, promosi persamaan gender, kesehatan dan kesejahteraan manusia, serta peningkatan kelestarian lingkungan.

REVIEW KONSEP AGROFORESTRY

Konsep agroforestry pertama kali dihadirkan oleh tim dari Canadian International Development Centre (CIDA) sewaktu mempresentasikan hasil penugasannya untuk mengidentifikasi prioritas penelitian kehutanan tropika (Veer, 1981). Dua tujuan agroforestry dinyatakan waktu itu, yaitu pertama, men-"domestikasikan" perladangan berpindah dan memaksimumkan produksi secara lestari; dan kedua, memanfaatkan tanpa merusak lingkungan, lahan terlantar atau lahan yang tidak tergolong sebagai arable land. Kedua tujuan itu ditempatkan di dalam kerangka pembangunan pedesaan yang lebih luas sebagaimana dinyatakan bahwa "Rural development is one of the most pressing issue of our time and agroforestry can help it by making the land more productive..... A new front can and

should be opened on the war against hunger, inadequate shelter and environmental degradation. This war can be fought with weapons that have been in the arsenal of rural people since immemorial and no radical change in their lifestyle will be required” (Bene, et al., 1977).

Premis atau dasar pemikiran agroforestry itu sebagian adalah alasan biologis dan sebagian lagi alasan sosial-ekonomi. Secara umum dimaksudkan bahwa agroforestry mengkombinasikan karakteristik protektif dan produktif hutan dengan sifat produktif pertanian, atau dalam istilah King (1979), ”It conserves and produces”.

Banyak definisi telah dibuat untuk melukiskan agroforestry antara lain tertera dalam edisi perdana *Agroforestry System Journal* yang mencatat sekitar 20 macam definisi (Anonim,1982), namun definisi yang telah disempurnakan melalui diskusi-diskusi dan dipakai di lingkungan ICRAF (Nair, 1993) adalah: ” Agroforestry is a collective name for land-use systems and technologies where woody perennials (trees, shrubs, palms, bamboo, etc.) are deliberately used on the same land-management units as agricultural crops and/or animals, in some form of spatial management or temporal sequence. In agroforestry systems there are both ecological and economical interactions between the different components.

Secara teoritis ada 3 macam atribut yang harus dimiliki oleh, dan karena itu dapat dipakai untuk menilai sistem agroforestry, yaitu Produktivitas, Sustainability dan Adoptabilitas. Produktivitas karena ia bertujuan memelihara atau meningkatkan produksi (komoditas) dan juga produktivitas tanah; Sustainability karena ia mengkonservasi potensi produksi sumberdayanya melalui pemanfaatan pohon; dan Adoptabilitas, karena ia akan mudah diterima oleh masyarakat petani karena pada hakekatnya praktek itu tidak asing bagi mereka, walaupun istilahnya mungkin baru mereka kenal.

Berbagai faktor dan perkembangan tahun 1970-an mendorong diterimanya agroforestry sebagai sistem pengelolaan lahan antara lain (Nair, 1993):

1. Timbulnya kembali perhatian ilmuwan pada sistem tanaman campur (intercropping)
2. Meningkatnya deforestasi dan degradasi lingkungan di daerah tropika
3. Peninjauan kembali kebijakan pembangunan Bank Dunia dan kebijakan kehutanan FAO, yang diragukan relevansinya terhadap masalah pengentasan kemiskinan

Menurut Mongi (1979) Sebagian besar lahan di daerah tropika tidak sesuai untuk usaha pertanian karena berbagai hal antara lain: terlalu kering, curam, tidak subur, atau secara rutin menjadi sasaran banjir tahunan. Hanya 11 % saja lahan di daerah tropika itu yang cukup datar dan baik untuk usaha tani (arable land). Untuk kondisi begini, sebenarnya hutan adalah bentuk penutupan lahan yang paling tepat, namun karena tekanan kebutuhan ekonomi penduduk, hutan terpaksa dikorbankan untuk memproduksi pangan atau produk tanaman niagawi yang cepat menghasilkan.

Untuk ini diperlukan suatu pola tanam yang berfungsi konservatif sekaligus produktif, baik untuk dipraktikkan pada lahan kritis di dalam maupun di luar hutan. Apabila di luar hutan terdapat banyak potensi untuk memasukkan komponen pohon ke dalam lahan yang selama ini secara tegas dipandang sebagai lahan usaha tani, maka sebaliknya lahan hutanpun dapat digunakan sebagai basis produksi pangan dan pakan ternak bagi penduduk pedesaan, meskipun hal ini akan memerlukan pendekatan manajemen yang khusus (FAO, 1978). Dengan pendekatan ini maka dikotomi antara pertanian dan kehutanan bisa dibuang jauh jauh. (King, 1979).

Oleh karena perhatian para peneliti terhadap pertanaman campur masih dirasakan kurang sekali dibanding dengan penelitian terhadap

pertanaman monokultur, maka untuk menstimulirnya, pada tahun 1978 didirikan International Council for Research in Agroforestry atau ICRAF (sekarang bernama World Agroforestry Center atau WAC) di Nairobi, Kenya. Kemudian tahun 1992 dibentuk ICRAF untuk ASEAN yang berkedudukan di Bogor (Indonesia), dan dalam rangkaian itu pula dibentuklah jaringan pendidikan agroforestry ASEAN yang dikenal dengan nama SEANAFE diluncurkan di UPLB, Los Banos (Phillipine) tahun 1999.

ICRAF mengidentifikasi beberapa tujuan global dimana ilmu dan praktek agroforestry dapat berperan. Tujuan itu adalah: 1) Membantu memberantas kelaparan, 2) Mengentaskan kemiskinan, 3) Meningkatkan kesehatan dan nutrisi, 4) Konservasi biodiversitas, 5) Memproteksi layanan dan jasa daerah aliran sungai (DAS) dan, 6) Membantu orang miskin pedesaan beradaptasi dengan perubahan iklim, serta membangun sumberdaya manusia dan kapasitas pendidikan dan penelitian yang berorientasi pembangunan.

PENGELOLAAN HUTAN DI DAERAH BERPENDUDUK PADAT

Sejarah panjang pengelolaan hutan Indonesia tidak bisa dilepaskan dari peran tumpangsari. Tumpangsari yang diadopsi dari pola tanam taungya (taung= bukit, atau upland, dan ya= tanaman) di Myanmar, adalah bentuk agroforestry paling awal yang dikenal rimbawan Indonesia. Tumpangsari yang merupakan cara efisien untuk membangun tanaman hutan telah menjadi penyokong utama keberhasilan pengelolaan hutan bagi pemiliknya tetapi tidak demikian bagi pesanggemnya. Dengan bagian lahan yang makin sempit seperti yang terjadi sekarang, tumpangsari ini tidak dapat lagi diandalkan dari sisi kesejahteraan (Wiersum, 1981).

Sistem pengelolaan hutan Indonesia yang diturunkan dari kebijakan penjajah (pemilik) masa itu perlu dipertimbangkan kembali karena sistem

yang ditiru tersebut tentu dibuat untuk kepentingan mereka sendiri. Studi sejarah menunjukkan bahwa pengelolaan hutan di Jawa telah secara sistematis menutup akses masyarakat terhadap sumberdaya hutan dan ini mengakibatkan masyarakat tradisional di dalam dan di sekitar hutan yang sebelumnya relatif mandiri, berangsur angsur menjadi sulit keluar dari perangkap kemiskinan dan keterbelakangan (Warto, 2007). Ideologi dan politik kehutanan yang dibuat pada jaman penjajahan itu ternyata, secara tidak disadari, masih lekat mewarnai sistem pengelolaan hutan masa kini seperti terbukti dari ungkapan Peluso, (1999), dalam buku *Rich Forests Poor People*. Selama masalah-masalah seperti itu belum terakomodasi dengan baik, maka pengelolaan hutan tidak akan optimal, dan konflik antara masyarakat dengan pihak kehutanan akan terus terjadi, akhirnya pengelola hutan akan dinilai tidak mampu mengelola hutannya (Adam dan Raharjo, 2007).

Pada tahun 1970-an pengelola hutan mengungkapkan masalah yang mereka hadapi di pulau Jawa, daerah padat penduduk sebagai berikut:

“ common problem facing forest managers in areas of dense population is how to protect the forest from destructive human activities. There are those who steal and destroy for financial gains, and against whom preventive and repressive measures will always have to be taken. There are others, however, obtaining fuel wood, grazing, building material, and even arable land whose very existence depend upon the forest. The problem is aggravated by the fact that foresters can often sympathize with the motive of the offender. A fine of being caught only make matters worse for the peasant and his family..... “(Atmosoedaryo dan Banyard, 1979) :

Ungkapan “The problem is aggravated by the fact that foresters can often sympathize with the motive of the offender” menunjukkan bahwa pengelola hutan telah lebih peka terhadap kemiskinan dan lebih bertanggung

jawab dalam mendukung program kebijakan pembangunan pedesaan secara umum, dan program Prosperity approach mulai digulirkan. Perubahan kepekaan sosial inipun tidak terlepas dari perkembangan pendapat di tingkat global tentang hubungan kehutanan dan kemiskinan yang bisa ditelusuri dari tema tema kongres kehutanan sedunia tahun 1960, dan mencapai puncaknya pada kongres kehutanan tahun 1978 di Jakarta yang bertemakan “Forest for People”.

DINAMIKA PROGRAM PENDEKATAN MASYARAKAT

Program-program dalam lingkup Prosperity Approach, terus bergerak (Kartasubrata, 1978; Atmosoedaryo and Barnyard, 1979; Hartadi, et al., 1996; Sadharjo and Rosalina, 2007), dan puncaknya adalah program PHBM (Pengelolaan Hutan bersama Masyarakat). Sungguhpun demikian, yang harus diakui bersama adalah ruh tumpangsari sebagai wujud aplikasi PHBM tidak mengalami perubahan besar. PHBM tidak hanya sekedar bagi hasil akan tetapi lebih dari itu adalah mendorong kelestarian perusahaan dan sekaligus kesejahteraan masyarakat sekitar hutan yang berkelanjutan. Kondisi ini kalau tidak segera disadari bersama maka akan mendorong percepatan peluang kegagalan PHBM itu sendiri.

Menarik untuk dicermati bahwa ”driving force” untuk melaksanakan prosperity approach itu adalah masalah keamanan hutan. Artinya pendekatan adalah pendekatan “defensif” menurut Prof. Soedarwono (Sabarnuridin, 1988). Hal ini tidak akan menyelesaikan masalah, karena sebenarnya, ketidak-amanan hutan itu adalah gejala dari masalah yang lebih besar dan prinsipil seperti yang dilukiskan oleh Peluso (1992) atau Warfo (2007) di atas. Dalam hal ini strategi pengelola hutan harus lebih ofensif; tindakan penyejahteraan masyarakat harus “built in” dalam program pengelolaannya.

Strategi ofensif antara lain dicontohkan oleh Simon (1989), yang secara kritis obyektif telah menawarkan strategi menuju pengelolaan hutan jati optimal (PHJO) dengan mempertimbangkan posisi intensitas interaksi unit manajemen hutan tertentu dengan masyarakat. Strategi ini telah dicobakan di KPH Madiun dan KPH Surakarta, dan lebih populer dikenal sebagai Manajemen Regime (MR).

Aksi strategis lain dikembangkan pula oleh tim Fakultas Kehutanan UGM dengan Perum Perhutani yaitu JAPRO (Jati Prospektif) mulai tahun 2005, yang berbasis pada penguatan aspek percepatan riap pertumbuhan jati melalui intervensi bahan tanaman bermutu dari pohon plus. Data pertumbuhan jati yang diperoleh dari plot plot percobaan jati yang ada di Ngawi, Cepu, Bojonegoro maupun Ciamis, menunjukkan bahwa pendekatan silvikultur intensif ini nampaknya benar benar prospektif. Naiem (2004) menghitung bahwa untuk mencukupi kebutuhan dana pengelolaan tahunan Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Ngawi seluas 30.000 Ha, sekitar Rp 17 M cukup diperoleh dari tebangan jati seluas 50 Ha per tahun. Dengan rotasi 25 tahun, maka areal inti (business core unit atau BCU) untuk KPH ini cukup 1.250 Ha.

Kedua strategi tersebut di atas sebenarnya dapat digunakan secara bersama sama oleh pemilik hutan karena pada hakekatnya BCU bisa dikembangkan pada areal MR I dari strategi PHJO. Sisi produktivitas kedua percobaan tersebut sebenarnya tidak diragukan, tetapi pengalaman menunjukkan bahwa adoptabilitas inovasi pengelola masih perlu ditingkatkan.

SILVIKULTUR DALAM PENGELOLAAN HUTAN

Bagian utama dari kegiatan pengelolaan hutan sebenarnya adalah kegiatan silvikultur yaitu melakukan manipulasi tegakan hutan dengan

mengatur struktur dan komposisi pohon dan vegetasi lainnya yang bernilai untuk mencapai tujuan pemanfaatan dalam rambu rambu kebijakan perusahaan yang ditetapkan oleh sang pemilik hutan itu, siapapun dia. Apabila diinginkan kontribusi yang lebih besar pada kesejahteraan masyarakat setempat, maka itu bisa menggunakan pendekatan kehutanan sosial. Dan kalau pendekatan ini yang dipakai, maka hampir bisa dipastikan pilihan resep adalah rejim silvikultur agroforestry. Rejim silvikultur agroforestry ini akan dimulai dengan pengaturan jarak tanam awal yang lebih lebar dan pemeliharaan pohon selanjutnya disesuaikan dengan kebutuhan cahaya dari jenis tanaman pertanian (*companion crops*) yang dipakai (Shepherd, 1986). Pelaksanaan perhutanan sosial menuntut persiapan yang lebih besar dari seorang rimbawan di samping bekal ilmu kehutanan tradisionalnya. Rimbawan akan lebih banyak bergaul dengan teknik atau cara penanaman, pemeliharaan, pemungutan hasil maupun perlakuan pasca panen yang berbeda dengan pekerjaan rutin sebelumnya.

Menurut Fortman (Sabarnurdin, 1999) paling tidak ada empat hal “asing” yang akan dihadapi rimbawan berkenaan dengan tugas barunya ini, yaitu “asing” pohonnya, “asing” pola penggunaan lahannya, “asing” tujuan penanamannya, dan “asing” pula cara pendekatan masyarakatnya. Ia akan banyak berhadapan dengan pohon serbaguna, tanaman pertanian maupun tanaman pakan ternak yang cara penanaman, pemeliharaan, perlakuan maupun cara pemanenannya jauh lebih kompleks dari pada pohon untuk tujuan produksi tunggal yang selama ini digelutinya. Dengan mengikuti kriteria agroforester yang diajukan oleh Maydel (Sabarnurdin, 1999), maka seorang rimbawan dituntut untuk memahami paling tidak 3 hal berikut, yaitu:

- 1) faham cara mengembalikan dan meningkatkan produktivitas lahan kritis, baik itu lahan pertanian ataupun lahan untuk penggembalaan ternak;
- 2) mampu menjual ide tentang cara melestarikan dan meningkatkan daya dukung lahan dengan mengatur komponen komponen pohon, perdu, tanaman pangan, tananam pakan ternak bahkan ternaknya sekaligus dan
- 3) mampu berkomunikasi dengan penduduk, memahami adat, aturan, aspirasi mereka dan berbicara dalam “bahasa”rakyat.
- 4) memahami struktur sosial desa dan menjadi penghubung desa dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi melalui kemampuannya merumuskan resep teknologi tepat berdasar pengamatan seksama atas kondisi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang berlaku setempat. Ini semua menunjukkan bahwa ke depan nanti akan kita memerlukan banyak *new breed of foresters*.

SELINTAS SEJARAH TUMPANGSARI

Adopsi taungya dalam bentuk tumpangsari, tidaklah melalui jalan mulus, tetapi melalui suatu perdebatan pro-kontra antar rimbawan. Hal itu terjadi sekitar 100 tahun yang lalu sebagai berikut (Sabarnurdin, 1988): Tuan Wehlburg dan tuan Thorenaar menolak tumpangsari karena alasan persaingan tanaman dan percepatan runoff, sedngkan tuan Lugt yang pro-tumpangsari berargumentasi bahwa:

- 1) selama tumpangsari, lahan tidak terbuka tetapi tertutup oleh tanaman pertanian, dan tanaman sela kemlandingan akan menutup tanah setelah tumpangsari selesai;
- 2) pemeliharaan tanaman petanian akan membantu menekan gulma; dan
- 3) pemberian mulsa yang dilakukan segera setelah pengolahan tanah akan menjaga struktur tanah.

Khusus tentang pendapat Tuan Thorenaar yang ingin membatasi durasi tumpangsari tidak lebih dari 6 bulan dan itupun hanya terbatas padi saja, Tuan Boer seorang pendukung tumpangsari lainnya menanggapi dengan menyatakan bahwa petani juga biasa menanam jagung dan jenis-jenis lainnya, dan bila masa tumpangsari diperpendek, maka risiko invasi gulma akan lebih besar, akibatnya biaya pengendaliannya tinggi. Pendapat Tuan Boer ini didukung pula oleh Coster dan Hardjowasono (1935) maupun Sabarnurdin (1988) yang menyimpulkan bahwa pertumbuhan jati dengan tumpangsari "hanya ketinggalan sedikit saja", tidak signifikan dibanding pertumbuhan jati yang ditanam murni. Yang menarik adalah akhir dari perdebatan mereka yang terjadi 100 tahun lalu itu adalah pernyataan tuan Lugt bahwa "kegagalan tanaman tumpangsari, apabila itu terjadi, seringkali bukan disebabkan oleh metode yang dipakai tetapi lebih karena cara pengerjaannya yang kurang benar". Lebih menarik lagi ungkapan seperti ini terulang kembali beberapa dekade kemudian ketika Hartadi, et al., (1996), menyatakan hal senada bahwa "apabila sistem tumpangsari maupun agroforestry mendapat citra buruk, kesalahannya bukan pada sistem, melainkan pada faktor manusianya yaitu masyarakat, khususnya pesanggem dan jajaran kehutanan sendiri ". Lalu kenapa? jawabannya tentu ada pada peningkatan kapasitas SDM nya.

PENDIDIKAN AGROFORESTRY DI PERGURUAN TINGGI

Di lingkungan pendidikan tinggi, pengelolaan sumber daya lahan diwakili oleh berbagai bidang ilmu, yang berorientasi sektoral. Telah lebih dari satu abad lalu pertanian telah dipecah menjadi beberapa cabang ilmu dan praktek melalui spesialisasi. Tahun 1963, Fakultas Pertanian UGM dimekarkan menjadi Fakultas Pertanian, Kehutanan, Teknologi Pertanian, Peternakan dan Kedokteran Hewan, kemudian kelima fakultas ini

dikenal sebagai agrokomples. Pada waktu itu kita telah mengikuti trend global, mengikuti pengaruh perkembangan revolusi hijau sejalan dengan kebijakan kolonial. Perkembangan kemajuan dalam ilmu agronomi menggiring pertanian ke sistem pertanaman monokultur intensif dan pemisahan produk secara jelas. Penggunaan bibit unggul, cepat tumbuh, rotasi pendek, manipulasi lingkungan tumbuh, pemanfaatan pupuk, dan pengendalian hama penyakit terpadu adalah karakteristik pokok monokultur intensif. Pendekatan seperti ini diikuti pula oleh bidang kehutanan, dan ini bukan tanpa risiko karena menurut Shiva (Suzuki, 1999), dunia modern yang membangun sifat budayanya atas dasar model industri, cenderung menilai hutan hanya dari nilai produk kayunya saja dan mengabaikan hutan sebagai penunjang kehidupan.

Dewasa ini pengaruh global juga kembali melanda, hanya saja angin perubahan global itu menuju arah sebaliknya yaitu perbaikan lingkungan hidup, yang juga menyangkut inisiatif pendidikan. Agenda 21 tahun 1992 tentang implemementasi pembangunan lestari menyatakannya sebagai: “major adjustments are needed in agricultural, environmental and macroeconomic policy, at both national and international levels, in develop as well as developing countries, to create the conditions for sustainable agriculture and rural development. The major objective of sustainable agriculture and rural development is to increase food production in a sustainable way and enhance food security. This will involve education initiatives, utilization of economic incentives and the development of appropriate and new technologies, thus ensuring stable supplies and nutritionally adequate food, access to those supplies by vulnerable groups, and production for markets; employment and income generation to alleviate poverty; and natural resource management and environmental protection.” (Agenda 21, 1992)

Dengan pendekatan kemakmuran rakyat (Social-Forestry), Departemen Kehutanan mulai bergeser ke arah memberikan jasa pelayanan sebagaimana yang selama ini dilakukan oleh saudara tuanya Departemen Pertanian. Sedangkan klien kedua departemen sektoral tersebut, petani, telah lama mempraktekkan usaha taninya secara terpadu. Mereka terbiasa berada dalam suatu kondisi yang mengharuskan mereka memenuhi kebutuhan hidupnya sepanjang tahun, dengan sekaligus menciptakan dukungan lingkungan yang sehat. Dalam mengelola lahannya petani telah mencerna hal hal yang bermanfaat yang diperolehnya dari rimbawan, ahli pertanian, ahli tanah, dan lain-lain, atau singkatnya, petani telah mempraktekkan apa yang kemudian kita kenal sebagai agroforestry (Sabarnurdin, 2007).

Dipandang dari segi filsafat ilmu maka petani senarnya telah berhasil mengintegrasikan bermacam-macam pengetahuan tentang bercocok tanam, baik itu tanaman pangan, tanaman hutan, tanaman buah-buahan, beternak ataupun juga memelihara ikan dan mempraktekkannya dalam usaha tanin. Pengetahuan (knowledge) yang mereka kembangkan membuahkan ketrampilan (skill) serta kemampuan (ability) dan pengalaman (experience) untuk mengatur, dan memilih komponen yang baik dan menguntungkan bagi mendukung kehidupan mereka sehari-hari dan masa depan. Singkatnya dengan pemahaman potensi sumberdaya lahan yang ia kuasai, petani akan mengelola lahan dengan mengusahakan kelestarian agronomik, biodiversitas, sambil sekaligus memberikan pelayanan lingkungan. Keadaan ini terlukis dalam definisi pertanian sebagai berikut: "pertanian itu adalah kesatuan yang terdapat antara petani dan lingkungan kemasyarakatannya, dan kesatuan ini timbul keluar dengan mempergunakan kegiatan manusia dengan tujuan untuk memperoleh hasil-hasil yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan atau binatang-binatang, serta terutama dititik beratkan kepada mempermadu dengan kesadaran, kemungkinan-kemungkinan yang diberikan oleh alam

untuk memperbanyak tumbuh-tumbuhan dan/atau binatang-binatang, dan didasarkan kepada kemungkinan-kemungkinan yang terdapat pada lingkungan geografis, seperti yang telah ada dan dipengaruhi oleh petani dan masyarakat dimana petani itu menjadi anggotanya” (Van Aarsten,1953).

PERTANIAN BUKAN SEBATAS LAHAN USAHA

Tentu saja definisi Van Aarsten itu tidak sesuai untuk pertanian yang bertujuan komersial, seperti halnya perusahaan perkebunan besar, ataupun perusahaan pertanian modal besar dengan plasma-plasmanya yang tersebar dilembar lereng gunung di pulau Jawa dan menanam jenis-jenis tanaman sayuran eropa seperti halnya kentang, kol, dll. Usaha tani seperti ini kadang-kadang ”terpaksa” dilakukan tanpa memperhatikan perlindungan lingkungan secara serius, misalnya untuk tanaman kentang yang memerlukan drainase yang baik, maka jalur-jalur tanaman bahkan dibuat tegak lurus garis contour, sehingga mempercepat erosi tanah. Pada dasarnya bentuk pemanfaatan lahan adalah ungkapan dari kebutuhan sesuai kekhususan masing-masing (spesialisasi). Pengkotak-kotakan pengetahuan membuat manajemen lahan yang koheren menjadi sukar karena apa yang diinginkan oleh satu sektor berlawanan dengan keinginan sektor lain. Oleh karena itu untuk melayani kebutuhan petani, diperlukan sumberdaya manusia yang berbekal pengetahuan interface bidang-bidang ilmu pertanian. Mereka harus dipersiapkan menjadi praktisi pengintegrasikan bukan spesialisasi.

Praktisi yang berwawasan keterpaduan bekerja dengan azas keluasan, kejelasan, dan kemanfaatan, sedangkan akademisi bertugas mendalami kekhususan spesialisasi masing-masing. Keduanya bisa saling melengkapi, praktisi memberi umpan balik tentang apa yang perlu ditelaah lebih dalam sedangkan spesialis menghadirkan temuannya untuk digunakan dalam praktek. Yang tidak benar adalah bila bidang ilmu atau institusi yang

dibangun di atas dasar spesialisasi tersebut kemudian membentuk dinding-dinding pemisah, dan gerakan lintas bidang dianggap sebuah pelanggaran wilayah (Temu, 2004). Dengan demikian, kemungkinan terjadinya hubungan alamiah antar bidang menjadi tertutup dan akibatnya terciptalah kesenjangan. Konsekuensinya, ilmu dan inovasi yang dikembangkan oleh masing-masing bidang akan menjadi kurang efektif untuk menangani masalah praktek yang memerlukan penanganan komprehensif.

Dewasa ini di bidang pendidikan, telah makin subur timbulnya kecenderungan untuk bergeser dari orientasi sektoral ke orientasi keterpaduan. Basis pengetahuan yang luas diperlukan untuk mengelola bentang lahan yang dibebani dengan berbagai kepentingan yang tidak jarang saling konflik satu sama lain. Institusi pendidikan menanggapi dengan memperbanyak kolaborasi antar bidang ilmu, dan mencoba mengembangkan program-program baru dalam bentuk paket terpadu untuk menangani masalah pengelolaan sumberdaya lahan. Pendidikan yang diperlukan adalah "pendidikan untuk pengembangan kapabilitas". Pendidikan ini dirancang bukan saja meliputi pembekalan pengetahuan dan kapasitas untuk melakukan analisis, tetapi juga mengembangkan keahlian kreatif yang bermanfaat, kompeten, dan yang penting, memiliki kemampuan kerja (kapabilitas). Agar lulusan lebih kompetitif, mereka harus dipersiapkan untuk memiliki pemahaman mendalam tentang pengelolaan pertanian, kehutanan, perikanan, dan peternakan. Disamping itu mereka harus memiliki kemampuan dalam penelitian, penyuluhan; perencanaan penggunaan lahan; dan kewirausahaan. Menurut Maydell (1987) dalam Sabarnurdin (1999), sosok itu adalah seorang spesialis pohon yang memiliki wawasan pembangunan desa, faham cara menangani lahan non-produktif dan kritis secara hidro-orologis, sosial dan ekonomi. Sebagai tambahan, ia juga harus mampu berkomunikasi dan bekerjasama dengan rakyat, mengerti hukum

mereka, berbicara dalam bahasa mereka, sekaligus menjadi penyambung lidah dan mampu memfasilitasi inovasi teknologi penggunaan lahan yang dibutuhkan oleh mereka. Rudebjer (1999) dalam Rudebjer et al., (2004) dan Nsita et al., (2004) menekankan bahwa sumberdaya manusia itu harus memiliki kapasitas berfikir secara sistem, berorientasi bisnis dan menempatkan manusia sebagai pusat setiap tindakan untuk mencapai tujuan produktif dan konservatif, serta memiliki orientasi kerja untuk pembangunan daerah pedesaan.

Berkembangnya pendekatan multidisiplin dalam mengelola bentang lahan (landscape) ini menunjukkan diperlukannya sebuah sistem pendidikan terpadu berbasis lahan yang berwawasan pembangunan pedesaan. Pendidikan agroforestry yang dirancang untuk bergerak pada interface antar bidang ilmu, berorientasi sistem dan berpendekatan holistik, adalah salah satu jawabannya. Diharapkan lulusan pendidikan ini akan mampu mengenali, dan berinteraksi dengan sumber utama penyebab perubahan bentang lahan, berfikir global tentang isu kerusakan lingkungan, degradasi hutan, perubahan iklim dan perdagangan karbon. Ia pun harus faham cara menambahkan komponen pohon ke dalam lahan usaha tani atau sebaliknya tanaman pertanian ke dalam hutan, sekaligus memahami peran faktor manusia dan persepsinya dalam penggunaan lahan dengan pendekatan konservasi.

Di lingkungan ASEAN pada tahun 1998, telah dilakukan asesmen tentang kebutuhan pendidikan agroforestry yang meliputi 26 universitas di Indonesia (Rudebjer et al., 2004). Fakultas atau Jurusan Kehutanan dari keduapuluh enam universitas tersebut menawarkan mata kuliah agroforestry dalam program-studi S1nya baik sebagai mata kuliah wajib atau mata kuliah pilihan. Namun demikian, sampai sekarang (Widianto, 1999 dalam Rudebjer et al., 2004) program studi agroforestry belum tercantum dalam daftar

program studi Departemen Pendidikan Nasional. Menurut catatan yang ada, Fakultas Kehutanan Universitas Lambung mangkurat (UNLAM) pernah membuka program studi agroforestry tetapi kemudian harus ditutup kembali. Di Fakultas Kehutanan UGM mata kuliah agroforestry mulai diperkenalkan pada tahun 1980-an bersamaan dengan kerjasama NUFFIC/FONC, bersama sama dengan mata kuliah Social Forestry dan Forest Policy. Di Thailand, hasil survey menunjukkan bahwa lima dari sebelas universitas responden menawarkan agroforestry pada tingkat S1, baik sebagai major, ataupun minor; sedangkan dua universitas lainnya menawarkan program S2 agroforestry, dan lebih banyak ditawarkan oleh program-program studi pertanian. Namun demikian, sebagaimana di Indonesia, Thailandpun tidak memiliki program studi khusus agroforestry untuk tingkat S1.

Menurut Villancio, et al., (2004), di Filipina, pendidikan agroforestry sudah lebih maju dibanding negara ASEAN lainnya, program studi agroforestry S1 ditawarkan pertama kali tahun 1976 oleh Don Mariano Marcos Memorial State University (DMMMSU), bahkan di UP Los Banos telah memiliki Insitute Agroforestry yang menjadi motor penggerak kegiatan pendidikan agroforestry. Survey terakhir menunjukkan bahwa sejumlah 31 universitas menawarkan berbagai variasi program studi agroforestry (Del Castillo, et al., 2001). Beberapa tahun belakangan ini Jaringan pendidikan agroforestry telah dicoba diinisiasi di Asia Tenggara (SEANAFE), dan di Afrika (ANAFE), atas kerjasama Swedia (SIDA) dengan World Agroforestry Center (WAC). Pengalaman dari Filipina menunjukkan bahwa jejaring kerja (network) terbukti dapat mempercepat institusionalisasi pendidikan agroforestry . Keberhasilan usaha ini bukan hasil kerja para akademisi saja tapi lebih banyak merupakan hasil kerja badan badan pemerintah (Vilacio et al, 2003)

Studi lanjutan tentang kebutuhan dan penempatan lulusan agroforestry di Filipina (Del Castillo, 2001) mengungkapkan keinginan responden pemakai tenaga kerja agar agroforester itu memiliki kompetensi sbb:

1. Kompetensi khas agroforestry yaitu kemampuan untuk
 - a. Mengintegrasikan komponen-komponen agroforestry
 - b. Membuat rencana, mengimplementasikan, dan melakukan monitoring serta evaluasi proyek agroforestry
 - c. Melakukan penelitian dan mengembangkan teknologi agroforestry
 - d. Melakukan sistem modeling dan
 - e. Mengintegrasikan teknologi penunjang dan proyek penghasil pendapatan.
2. Kompetensi lain yang relevan, antara lain ketrampilan dalam
 - a. Menyiapkan rencana penggunaan lahan/ rencana pengelolaan sumberdaya masyarakat
 - b. Mengintegrasikan kegiatan konservasi tanah dan air
 - c. Mengidentifikasi atau mendiagnosa masalah
 - d. Mengorganisir masyarakat
 - e. Melakukan fasilitasi pelayanan penyuluhan dan pelatihan, dan
 - f. Membangunan jejaring kerjasama (network)

Adalah suatu kenyataan bahwa di era otonomi daerah ini, pemerintah daerah bebas membentruk instansi, termasuk instansi pengelola sumberdaya lahan. Ini nampak dari nama-nama instansi itu yang tidak seragam. Di satu daerah kita menjumpai Dinas Kehutanan, ditempat lain kehutanan menjadi bagian Dinas Pertanian atau Dinas Pertanian dan Perkebunan, atau dibawah Dinas Kehutanan dan Lingkungan hidup, dan lain

lain. Yang menarik adalah kecenderungan yang tidak sesuai antara bidang keahlian pejabat kepala dinas dengan mandat dinas sendiri. Kecenderungan ini sebenarnya positif karena merupakan tambahan bukti bahwa *new breed of expertists*, yang dilengkapi dengan pengetahuan atau keahlian antar bidang semacam agroforestry memang diperlukan. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa, walaupun telah terjadi “integrasi fisik” yang baik, tetapi masih banyak pekerjaan yang berhubungan dengan agroforestry ditangani “secara sambilan” oleh tenaga-tenaga berpendidikan pertanian atau kehutanan, atau bahkan lainnya yang sebelumnya tidak pernah terekspose pada agroforestry. (Widyanto, 1999 Rudebjer et al., 2004).

Pengajaran di lingkungan agrokomples harus lebih efektif bagi pembangunan pedesaan. Universitas perlu mengembangkan sumberdaya manusia berkualitas dengan pendekatan holistik dalam mengelola sumberdaya lahan untuk menyeimbangkan tujuan pembangunan dan stabilitas lingkungan. Pertanyaannya kemudian adalah: “belum saatnyakah kita memiliki sebuah program studi agroforestry?”. Pertanyaan ini telah memicu diskusi hangat dan panjang dari para anggota jaringan INAFE. Terungkap dari diskusi-diskusi itu bahwa setiap universitas sesuai status dan sistem pendidikannya memiliki strategi masing masing berkenaan dengan penyelenggaraan program pendidikan agroforestry di tingkat S1, namun semua sepakat bahwa, program studi agroforestry diadakan secara antar bidang pada level pasca sarjana walaupun tidak tertutup kemungkinan untuk level-level di bawahnya, sampai tingkat pendidikan menengah atas. Yang pasti, semua peserta diskusi menyadari bahwa pendidikan tinggi pertanian dan pengelolaan sumberdaya lahan yang efektif adalah yang dapat memberi kontribusi besar bagi pembangunan pedesaan. Rekomendasi seminar tahun 2006 itu (Sabarnurdin and Srihadiono, 2007) antara lain menyebutkan bahwa

1. *The current agricultural development program is still sector-base, uncoordinated and unintegrated neither institutional, programs nor in budget view points.*
2. *Agroforestry education should be prepared to produce human resources that capable as aland use manager with holistic way of thinking. Agroforestry should be institutionalized with integrated curricula including agriculture, forestry, fisheries and others.*

Di UGM pada tahun 2002, telah didiskusikan kemungkinan pembentukan program S-2 agroforestry oleh sebuah tim yang dibentuk dan didukung oleh “paguyuban” dekan agrokomples, tetapi karena sesuatu hal itu belum terwujud. Akhirnya, yang terpenting adalah diperlukan political will dari semua penentu kebijakan yang terkait. Pendidikan memproduksi sumberdaya manusia berpendidikan spesifik ini, dan departemen terkait, dan juga pemerintah daerah membiuka slot untuk mereka. Apakah kita akan menunggu kondisi hutan kita seperti Phillipina, baru akan mendorong program pebndidikan seperti ini?

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S.J. dan I.F. Raharjo. 2007. Dialog Hutan Jawa. Penerbit Pustaka Pelajar. Yogyakarta. 200 pp.
- Anonim. 1982. Editorial. Journal of Agroforestry System. Vol. 1. Cultures.
- Atmosoedaryo, S. dan S.G. Banyard. 1979. The Prosperity Approach To Forestcommunity Development In Japan. Comm. For. Rev. 57 (2) : 89-96.
- Awang, S.A. dan B. Adji. 1999. Perubahan Arah Dan Alternatif Pengelolaan Sumberdaya Hutan Perhutani di Jawa. Fakultas Kehutanan UGM-Perhutani.
- Bene, J.G., H.W. Beall dan A. Cote. 1977. Trees, Food and People. IDRC. Ottawa, Canada.
- Contant, R.B. 1979. Training and Education in Agroforestry. Dalam T. Chandler dan D. Spurgeon (Eds). Proceeding of an International Conference in Agroforestry. ICRAF. Nairobi, Kenya p 220-229.

- Coster C.H. dan M.S. Hardjowasono. 1935. Veldgewassen In Djati Een Orienteeren Onderzoek Naar Den Involed Van Vreschillende Val Dgewassen op De Onfwikelling Vam Dem Djati (*Tectona grandis*) The Influence of Agricultural Crops In Taungya Plantation On Growth of Teak. *Tectona* 28. 1935: 464-483.
- Del Castillo, R.A., R.V. Dalmacio, S.M. Mariano, Rowena, D. Kabahug dan L.D. Landicho. 2001. Setting the Directions of Education Programs and Human Resources in Agroforestry. Institute of Agroforestry and the Southeast Asian Network for Agroforestry Education, College. Laguna, Philippines.
- Fattah D.A. 1986. Pengentasan Kemiskinan dan Pengelolaan Hutan Lestari. *Duta Rimba Juli-Agustus/ 193-194/XX/1996*.
- F.A.O. 1978. Forestry for local community development. F.A.O. Forestry paper no. 7, F.A.O, Rome, 1978.
- Hartadi, Y. Suyanto, L. Butar-butur, S. Atmosoedaryo, J. KartaSubrata, M. Bratamihardja, J. Sudiono, R. Madikanto, S. Sasraprawira, S. Nadiar, A. Sukmara, Z. Tampubolon. 1996. Peran serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Hutan di Pulau Jawa. Perum Perhutani. Jakarta. 142 pp.
- Kartasubrata, Y. 1978. Tumpang Sari method for establishment of teak plantation in Java. Dalam *Proceeding of a Symposium on Tropical Agricultural Technologies*, Tsukuba. Japan Tropical Agricultural. Series 12: 141-152.
- King, K.F.S. 1979. Concept of Agroforestry. Dalam T. Chandler dan D. Spurgeon (ed.) *Proceeding of an International Conference in Agroforestry*. ICRAF. Nairobi, Kenya. p.1-14.
- Mongi, H.O. 1979. Agroforestry Extension: Needs and Strategy. Dalam T. Chandler dan D. Spurgeon (ed.) *Proceeding of an International Conference in Agroforestry*. ICRAF. Nairobi, Kenya.
- Nai'em, M. 2004. Keragaman Genetik, Pemuliaan Pohon dan Peningkatan Produktivitas Hutan di Indonesia. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Kehutanan. Universitas Gadajah Mada. Yogyakarta.
- Nair, P.K. Ramachandran. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. ICRAF and Kluwer Academic Publisher. 499 pp.
- Nsita, Steve Amooti, Louis S.M. Balikuddembe, S. Gwali, G. Sebahutu dan A.Temu. 2001. Curriculum for the diploma course in Agroforestry. Nyabyeya Forestry College. Uganda. 75 pp.
- Peluso, N. L. 1992. *Rich Forests, Poor People: Resource Control and Resistance In Java*. University of California Press, Berkeley-Los Angeles- London.
- Rudebjer, P.G., M.S. Sabarnurdin dan M. Jamroenprucksas. 2004. Integrating natural resource education through national networks: experiences from Thailand and Indonesia. Dalam A.B. Temu, S. Chakeredza, K. Mogotsi, D. Munthali dan R. Mulinge.(eds). *Rebuilding Africa's capacity for agricultural development: the*

- role of tertiary education. Reviewed papers presented at ANAFE Symposium on Tertiary Agricultural Education, April 2003. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Sabanuridin, M.S and U.I. Srihadiono. 2007. The Role of Agroforestry Education in the Revitalization of Agriculture, Fishery and Forestry Program. Proceeding of the international Seminar. Gadjah Mada University, SEANAFE, Department of Forestry, dan Perhutani. 167 pp.
- Sabarnuridin, M.S. 1988. Effects of Agroforestry practice on growth of teak, crop production and soil fertility. Michigan State University. Dissertation. Unpublished.
- Sabarnuridin, M.S. 1999. Pengembangan agroforestry sebagai upaya mengisi program Perhutanan Sosial. Pidato ilmiah dalam Rangka Dies Natalis XX dan Wisuda Sarjana XXI Universitas Merdeka Madiun. Madiun. 17 pp.
- Sabarnuridin, M.S. 2007. Some Consideration for Agroforestry Human Resource Development. 2007. In M.S. Sabanuridin and U.I. Srihadiono (eds). The Role of Agroforestry Education in the Revitalization of Agriculture, Fishery and Forestry Program, proceeding of the international Seminar. Gadjah Mada University, SEANAFE, Department of Forestry, danPerhutani. 167 pp.
- Sadhardjo, SM dan Upik Rosalina. 2007. Lesson Learnt of Perum Perhutani Agroforestry Practices. In M.S. Sabanuridin and U.I. Srihadiono (eds). The Role of Agroforestry Education in the Revitalization of Agriculture, Fishery and Forestry Program, proceeding of the international Seminar. Gadjah Mada University, SEANAFE, Department of Forestry, danPerhutani. 167 pp.
- Shepherd, K. R. 1986. Plantation Silviculture. Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht.
- Simon, H. 1989. The Analysis of Management Strategy on Teak to anticipate The Increasing People's Needs. Case Study in Forest District Madiun. Gadjah Mada University 1989. Dissertation. Unpublished.
- Suzuki, D. 1999. The Sacred Balance: Rediscovering our place in nature. ALLEN &UNWIN. Australia.
- Temu, A.B. 2004. Toward better integration of land use disciplines in education programmes. Dalam A.B. Temu, S. Chakeredza, K. Mogotsi, D. Munthali dan R.Mulinge (Eds). Rebuilding Africa's capacity for agricultural development: the role of tertiary education. Reviewed papers presented at ANAFE Symposium on Tertiary Agricultural Education, April 2003. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Van Aartsen, J.P. 1953. Pengertian Pertanian dan pembagian objek objeknja, dalam Almanak Pertanian 1953. Badan Usaha Penerbit Almanak Pertanian. Djakarta.
- Warto. 2007. Perubahan Masyarakat Desa hutan di Karesidenan Rembang 1865-1940. Desertasi. Universitas Gadjah Mada, tidak diterbitkan. 472 pp.

- Veer, C.P. 1981. Agroforestry as intervention in Farming Systems. Dalam K.F. Wiersum (ed.). Viewpoints on Agroforestry. Agricultural University Wageningen, the Netherlands.p. 1-21.
- Wiersum, K.F., 1981. Outline of the Agroforestry concept. Dalam K.F. Wiersum (ed.) Viewpoints on Agroforestry. Agricultural University Wageningen. Netherlands. p.1-21.
- Villancio, V.T., R.V. Dalmacio, R.D. Cabahug, L.D. Landicho, dan A.T. Papag. 2004. Experiences in agroforestry education and networking in the Philippines. Dalam A.B. Temu, S. Chakeredza, K. Mogotsi, D. Munthali dan R.Mulinge (Eds). Rebuilding Africa's capacity for agricultural development: the role of tertiary education. Reviewed papers presented at ANAFE Symposium on Tertiary Agricultural Education, April 2003. ICRAF, Nairobi, Kenya.

AGROFORESTRY SEBAGAI Usulan Kebijakan Yang Tepat Untuk Meningkatkan Ketersediaan Air, Meningkatkan Ketahanan Pangan Serta Memperbaiki Iklim Mengurangi Kemiskinan

Suhardi

Fak Kehutanan UGM

Anggota Pokja Ahli Dewan Ketahanan Pangan Pusat

ABSTRAK

Model Agroforestry memungkinkan kombinasi yang ideal antara pohon yang tinggi tajuknya serta dalam perakarannya dan diikuti tanaman lain seperti pangan, sayur-sayuran, buah-buahan. Adanya tajuk tinggi akan mengurangi ekspose ke matahari dan angin sehingga penguapan menjadi lebih kecil.

Peningkatan ketahanan pangan dengan menghindari kemungkinan krisis pangan adalah dengan menanam atau memelihara pangan di bawah tegakan sehingga terjadi hasil yang berlipat dari komponen hasil tidak hanya horizontal tetapi juga vertical.

Kemiskinan yang terjadi adalah karena pemahaman terhadap pangan air ternak sumber protein dan vitamin di dalam hutan atau pola agroforestry terabaikan. Kemiskinan mestinya di ukur dari kekurangan ketersediaan air, pangan, vitamin, bencana, sosial, pendidikan dan bukan hanya uang.

Iklim mikro yang terbentuk dengan pola agroforestry akan membuat lingkungan yang lebih sehat dari kandungan oksigen dan air yang lebih baik kualitas dan kuantitasnya.

PENDAHULUAN

Pengelolaan lahan di Indonesia perlu di perbaiki . Kebijakan yang dianggap menguntungkan beberapa waktu yang lalu perlu dievaluasi. Kekurangan pangan atau impor pangan yang berlebihan , bencana alam yang terjadi terus menerus juga perlu dievaluasi apakah ini karena kesalahan ketidak tepatan atau kekurangan kebijakan kita di masa lampau .

Di bidang kebijakan pangan misalnya kita melihat misalnya bahwa 1, 5 juta ha sago pertahun tersia-siakan pemanfaatannya. Kebijakan impor beras atau bibit beras dari luar negeri, impor berbagai kebutuhan dasar dari luar negeri adalah contoh nyata bahwa keputusan tersebut belum

mempertimbangkan dan belum memahami kekayaan dasar negeri ini justru pada kekuatan pangan local yang beragam dan kemampuan melihat akan pelestarian lingkungan untuk menjaga kestabilan seluruh kehidupan. Masalah pangan harus menjadi prioritas kebijakan pemerintah dengan tidak mendua yaitu mencari kemudahannya pemecahan jangka pendek dengan impor ditengah tanah yang sangat produktif dan di tengah wilayah yang mempunyai biodiversity yang sangat tinggi untuk dapat memenuhi kebutuhannya sendiri dan siap untuk membantu Negara-negara lain di dunia.

Mengutamakan kebijakan pangan juga harus nampak bahwa kebijakan subsidi, penelitian dan kebijakan kemudahan harus di utamakan di bidang pertanian kehutanan dengan menampakkan atau memutuskan bahwa beaya APBN untuk pertanian harus seimbang bahkan lebih besar dari subsidi BBM yang lebih banyak di nikmati oleh industri atau services saja. Kebijakan terhadap pembangunan ekonomi dan industri atau tehnologi harus prioritas berikutnya kalau pertanian dan kehutanan dan pelestarian lingkungan ini memang sudah sangat baik berjalan dan langgeng berjalan untuk menjaga pembangunan ekonomi dan industri yang semuanya tidak sangat tergantung kepada luar negeri.

Apabila kita dapat ambil contoh maka kebijakan yang menjurus kekeliruan adalah urbanisasi sebagai akibat prioritas pembangunan hanya diperkotaan maka timbul kejadian kerusakan yang menimpa beberapa bangsa dunia ini. Mestinya peristiwa peristiwa tersebut dapat menyadarkan kepada kita bahwa masalah pangan adalah sumber utama kedamaian atau kerusakan. 800 orang meninggal di Kenya harus dijadikan gambaran yang nyata karena kerusakan itu lebih disebabkan karena keterbatasan akan air dan pangan ataupun papan. Penduduk yang semakin tidak terkendali jumlahnya sementara tidak ada upaya yang benar dan cukup untuk

mengembalikan peran bumi air dan matahari dan keragaman sebagai usaha untuk membuat kecukupan pangan papan air dll.

Banyak pendapat mengatakan suku Baduy adalah suku yang ketinggalan tetapi ternyata justru suku ini secara teratur dapat menyeter sejumlah hasil pangan dan tidak tergantung kepada orang lain apalagi luar negeri untuk mencukupi kebutuhan dasar hidupnya padahal sebagian orang menganggap mereka kelompok masyarakat tertinggal tetapi bukti menunjukkan mereka orang yang sangat konsern dengan pelestarian lingkungan dan produksi pangan dan pelestarian sumber air.

PENGOLAHAN GAMBUT YANG MENDEKATI MODEL AGROFORESTRY DALAM RANGKA MENGURANGI PEMANASAN BUMI

Dunia pada umumnya dan Indonesia pada khususnya mengalami perubahan besar lingkungan hidupnya yakni bahwa bumi telah menjadi semakin tinggi suhunya, es mulai mencair dan kemungkinan besar pulau-pulau di Indonesia akan mulai tenggelam, gambut dibakar dan dikeringkan dan akan terjadi air laut masuk ke darat dan menenggalamkan wilayah yang tadinya di dominasi gambut. Diperlukan 25,000 tahun untuk memulihkan ecosystem gambut tersebut. Emisi karena perubahan penggunaan /pembukaan gambut dan kebakaran hutan merupakan penyumbang emisi yang sangat besar. Pembakaran fosil yang semakin besar diduga juga berkontribusi terhadap pemanasan global ini.

Aktifitas manusia di bidang industri yang menebang hutan dan membakar hutan seisinya akan mengakibatkan miliaran ton partikel, gas karbon dioksida, klorofluorokarbon, asam nitrat,metan yang secara bersama-sama menipiskan dan melubangi lapisan atmosfer pelindung bumi sehingga

sengatan matahari langsung terasa di permukaan bumi kemudian panas matahari itupun beredar di angkasa berputar di permukaan bumi yang disebut efek rumah kaca.

Hutan alam dengan ketinggian yang lebih dari rata-rata hutan buatan sebenarnya sangat efektif untuk mengurangi bencana panas dan badai namun hutan-hutan alam itu semakin lenyap dan telah mulai digantikan dengan tanaman monokultur yang luas dan pendek umurnya.

Indonesia sebenarnya adalah negeri di Asia yang paling banyak mempunyai hutan alam tropis dengan wilayah bergambut terbesar. Gambut berasal dari bahan organik yang membusuk dan terdekomposisi dalam berbagai tingkat. Gambut mengandung lebih dari 65 % bahan organik dengan kedalaman dapat mencapai 15 m atau bahkan dapat 20 m. Kedalaman itu bahkan sampai di bawah permukaan laut. Karena itu apabila terbakar selain memusnahkan semua biodiversitas yang merupakan sumber kehidupan manusia dan seluruh makhluk hidup dan tata air maka akan dapat menenggelamkan pulau karena air laut akan dapat masuk ke daratan karena daratan telah menjadi lebih rendah dari laut karena terbakarnya gambut. Dengan mempertahankan wilayah gambut walau dimanfaatkan tetapi dengan model agroforestry yakni semaksimal mungkin mempertahankan jenis-jenis lokal.

Kemampuan ekosistem gambut yang menyimpan air dan mengeluarkannya perlahan-lahan akan membuat hidupnya pertanian di daerah hilir, transportasi murah, minim bahan bakar; sumber pangan ikan, udang, mengurangi bencana banjir dan mencegah kekeringan di musim kemarau. Bentuk seperti spons gambut mampu menyerap dan menyimpan air dalam jumlah besar dan kemudian secara terus menerus dilepas perlahan-lahan.

Model agroforestry yang di kembangkan mestinya memperhatikan species-species local yakni bahwa di atas gambut sebenarnya akan mampu menjadi tempat tumbuhnya tanaman 28 jenis meranti (*Shorea spp*) dan 4 jenis balau (3 jenis *Shorea* dan 1 jenis *parashorea*) yang mampu melindungi semua biodiversity; seperti untuk Riau misalnya akan merupakan habitat bagi :

Shorea macroptera, Shorea leprosula, S.teysmaniana,S palembanica ,S.hemstleyana, S.scrabida,S.conica,S.platycarpa,S.uliginosa,S.hypochra, S.javanica; S. lamellate, S sumatrana,S.macrantha, S.lepidota dll (Gusti dkk, 1977) yang merupakan sumber plasma nutfah dan pelindung bagi kehidupan semua makhluk hidup.

Untuk Kalimantan Barat misalnya sebagian besar merupakan habitat bagi pusatnya biodiversity seperti : *Shorea balangeran, S. gibbosa Brandis, S.teysmanniana Dyer ex Brandis, S.palembanica, S.platycarpa, S oliginosa, S.quadrinaervis, S.ovata,S.mecistopterya, S.virescens Parijs, S.seminis, S.stenoptera, S.pachyphylla, S.splendida dll* (Gusti dkk,1977) banyak yang unik.

Karena itu penggantian lahan gambut atau hutan alam untuk HTI yang monokultur dan tidak mendekati model campur seperti agroforestry tentu saja sangat merugikan ecosystem, kekayaan jenis yang unik dan sekaligus sangat merugikan bagi kelangsungan kemampuan menata air dengan pergantian pohon-pohon cepat tumbuh yang dalam waktu singkat ditebang. Nilai ekonomi dan ecosystem HTI yang sangat tidak sebanding dengan nilai ekonomi dan ecosystem dari gambut perlu di cermati dan sebagai pembanding pengambil keputusan yang dampaknya sangat besar terhadap kelangsungan ketangguhan kemandirian bangsa karena berhubungan dengan potensi pangan, air,papan,kesehatan, keamanan,sumber ilmu pengetahuan dll baik yang terhitung maupun yang tidak terhitung.

Gambut jelas juga menghasilkan sumber pangan seperti sago, dan berbagai buah-buahan seperti durian berbagai jenis yang merupakan harta yang tidak ternilai bagi kelangsungan hidup berbagai macam binatang dan juga manusia. Tanaman-tanaman di atas gambut mampu menghasilkan pusat madu seperti pohon kempas yang merupakan sumber obat dan kesehatan.

Pengelolaan lahan gambut untuk keperluan HTI, persawahan, perkebunan dengan cara pembuatan saluran dengan mengeringkan tidak sengaja maupun sengaja kemudian diikuti pembakaran yang kemudian terjadi bencana kebakaran hutan yang dampaknya sangat besar misalnya polusi asap 60% termasuk emisi karbon dlm setahun kebakaran berasal dari hutan gambut yang sebenarnya lahan gambut hanya menutupi hanya sekitar 10 – 14 %. Kebakaran gambut tahun 1997/1998 jumlahnya 13-40% dari emisi tahunan yang disebabkan oleh pembakaran fosil diseluruh dunia (Peter dan Nina 2002).

Gambut yang dikeringkan akan melepas 50-100 ton/tahun/ha emisi CO₂ dan di Asia Tenggara diperkirakan ada 7 juta ha tanah gambut kekeringan (Van den Eelart, 2006).

Kebakaran hutan gambut 1997/1998 mengakibatkan kerugian negara sekitar 800 juta \$ US (Peter dan Nina 2002) dan kebakaran semacam ini terbukti menggoncangkan Negara dan Pemerintahan karena dampaknya sangat besar yakni gangguann terhadap transportasi, perawatan kesehatan dan berkurangnya produktifitas lahan yang sangat besar dan terhentinya hampir seluruh roda kehidupan.

Penyimpanan karbon di bumi juga sangat besar diperankan oleh hutan gambut. Gambut di tropis juga mampu menyimpan karbon 3- 6 kali lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan menyimpan karbon di lahan-lahan gambut di daerah sedang. Daerah ini juga kaya akan keaneka ragaman

jenis hayati dengan banyak jenis yang unik dan hanya di jumpai di daerah gambut ini. Lahan gambut di bumi yang hanya 3 % ini mengandung 20-35 % dari semua karbon yang tersimpan dipermukaan bumi.

Apabila gambut di biarkan secara alami maka tidak akan mudah terbakar. Pemanfaatannya dengan demikian tetap mempertahankan model agroforestry.

Tetapi kebakaran hutan gambut sangat sulit dipadamkan dan akan memakan biaya yang sangat mahal dan akan menyebabkan kerusakan ekosystem yang sangat panjang dampaknya.

Pengalaman PPLG (Proyek Pengembangan Lahan Gambut) satu juta ha KEPPRES NOMOR 82/1995 dengan penyempurnaan melalui KEPPRES 74/1998 merupakan gambaran yang nyata dari kegagalan pengelolaan gambut sehingga atas instruksi Presiden RI Menteri Pertanian pada bulan April 1998 membentuk Tim Kaji Ulang PPLG. Pendapat Tim Kaji Ulang (Tejoyuwono, 2006) antara lain:

1. Kaji ulang dengan membenahan tata air dan konservasi lahan yang mendasar untuk menuntaskan reklamasi lahan yang mutlak diperlukan.
2. Daerah kerja PPLG perlu direhabilitasi dengan vegetasi hutan alami.
3. Saluran Primer Utama yang sudah terlanjur di buat perlu ditimbun kembali dan menghentikan aktifitasnya di lahan 1,41 juta ha.
4. Pada daerah yang sudah hidup puluhan tahun berpenduduk rapat yang terkena dampak dari pembuatan Saluran Primer Utama (SPU) yang terkena dampak merugikan dari pembuatan SPU perlu diselamatkan dan direhabilitasi.

Disebutkan reputasi PPLG telah terlanjur buruk (Tejoyuwono, 2006) dengan demikian maka dapat di sarankan bahwa pengelolaan lahan gambut sekarang ini sudah sampai tingkat yang sangat mengawatirkan dan

perlu di hentikan dan itu sudah ada peringatan dengan Instruksi Presiden April 1998.

Kegagalan proyek tersebut dapat dijadikan acuan untuk sangat hati-hati di masa kini dan mendatang untuk tidak lagi gegabah mengelola hutan gambut kecuali dikembalikan ke kondisi alamnya atau dikelola dengan model agroforestry.

Penebangan hutan dan pembakaran atau terbakarnya hutan tropis menghasilkan 20 % global emisi karbon yang kira-kira hampir sama dengan emisi yang di produksi dari USA dan China (daily telegraph 23 October 2007). Mencegah hancurnya hutan dan membayar kredit carbon ke Negara-negara yang melindungi hutannya adalah hal yang sangat bermanfaat.

Sedangkan menurut Claudius Mott dan Florian Stegert (2007) mengatakan bahwa Indonesia menjadi negara yang memproduksi CO₂ terbesar di dunia. Penelitian di lakukan di Sumatra dan Kalimantan. Jadi Indonesia berperan besar terhadap pemanasan bumi kita ini. Karena itu perlu tindakan konkrit dari Indonesia dan dunia untuk mencegah semakin panasnya bumi dan semakin berkurangnya sumber-sumber air kita.

MENGAPA HUTAN TROPIS SEBAIKNYA MORATORIUM? USULAN TENGAHNYA ADALAH MODEL AGROFORESTRY

Indonesia adalah merupakan Negara yang termasuk 3 besar megadiversity dunia karena walau luasnya hanya 1.3 % luas dunia tetapi memiliki 17 % species yang ada di dunia ini. Apabila keragaman laut juga dimasukkan maka Indonesia adalah negeri dengan kekayaan species terbesar di dunia. Ada 47 type ecosystem di Indonesia ini dan terbagi menjadi 7 biogeographic berdasarkan kelompok kepulauannya (Anonymus, 1992, Setiyati, 2001).

Setiap tahun diperkirakan 2,8 juta ha hutan kita rusak dan sekarang ini mencapai 59 juta ha hutan telah menjadi rusak. Padahal setiap satu

species hilang akan di ikuti oleh hilangnya 10-30 jenis species lain yang ikut hilang. Kerusakan itu mengakibatkan kerugian Negara rata rata 30 s/d 45 triliun pertahun (Kompas 9 januari 2007). Kehilangan jenis merupakan kehilangan yang tidak atau belum dapat dihitung (*intangible value*).

Rifai (1993) mengatakan bahwa diperkirakan ada sekitar 28,000 jenis tanaman diseluruh Indonesia dan baru ada 6,000 jenis yang telah dimanfaatkan antara lain:

1. Untuk ornament kira-kira 1100 jenis
2. Untuk tanaman obat sekitar 940 jenis
3. Buah-buahan sekitar 400 jenis
4. Sayur-sayuran sekitar 340 jenis
5. Tannin sekitar 228 jenis
6. Kayu sekitar 267 jenis
7. Spices sekitar 54 jenis
8. dll

Dengan tanpa terkendalinya illegal logging yang menghancurkan hutan seluas 2,8 juta ha/tahun maka akan banyak sumber kehidupan yang belum sempat dimanfaatkan akan hilang bersama dengan hilangnya pohon-pohon yang ditebang dengan tidak mengindahkan kelestarian jenis.

Sumber pangan misalnya sago diperhitungkan kira-kira 6 juta ton hilang pertahun dan tidak termanfaatkan dari hutan alam kita sedangkan kita mengimpor gandum 4,5 juta ton pertahun (Kompas 26 Juli 2007) dengan menghabiskan devisa paling tidak 18 triliun dengan kecenderungan meningkat dan apabila kenaikan ini tidak terkendali dan semua mengkonsumsi penuh 3 bungkus mie instant perhari maka devisa hilang sebanyak 258 triliun pertahun dan kondisi hutan kita sudah sangat di abaikan dan di anggap tidak menghasilkan pangan.

Maka menjaga jenis tersebut sebelum punah adalah tugas Negara tugas Bangsa untuk melestarikan sumber kehidupan bangsa dan dunia.

Pembalakan yang dilakukan oleh HPH terutama pada penyaradan yang tidak terkendali pada umumnya membuat kerusakan pada permudaan alam dan mikorisa yang mempunyai peran penting terhadap kelangsungan hidup dari permudaan alam tersebut (Gardingen et al, 1998)

Agroforestry dan pencegahan kearah monokultur akan mampu menjaga Sumber Pangan, sumber air, sumber papan dan keperluan industri, memelihara budaya bangsa, sumber ilmu pengetahuan & biodiversity, pencegahan panas bumi, keamanan hidup, ecoutorism.

Sumber Pangan

Salah satu contoh komoditas pangan yang telah tersedia sebagai disebutkan di depan adalah sago. Sago yang di hasilkan di dalam hutan tropis belum sempat diolah dan diperkirakan dapat menghasilkan 6 juta ton pertahun (Kompas 26 juli 2007). Pangan lain yang dapat disebutkan adalah aren, umbi-umbian, sukun, durian dll tersedia pada hampir semua hutan tropis kita dan akan mampu mencukupi kebutuhan pangan seluruh Indonesia. Model pertanian terpadu atau agrofotrestrestry adalah pendekatan model yang sangat dekat dengan pola ketersediaan pangan dan kebijakan yang mengarah kepengawetan dan pelestarian dengan inovasi yang tetap berpedoman kepada pelestarian adalah hal yang sangat penting untuk menjaga ketahanan pangan ini.

Sumber Air

Hutan tropis dengan ketinggian dan kedalaman akarnya mampu menyimpan air dalam jumlah yang sangat memadai sehingga mampu mengurangi keterbatasan ketersediaan air. Hilangnya mata air di Tarutung

dari 700 tinggal 300; dan Wonosobo dari 200 tinggal 100 mata air; di Pacitan dari 900 menjadi 450 dan menurunnya debit air itu merupakan malapetaka yang harus segera di carikan pemecahannya dan penanaman hutan sesuai dengan habitat dan kesesuaian dengan jenis asli tanaman pada habitatnya akan membentuk ekosystem yang sangat menunjang dan memulihkan ketersediaan air yang akan di manfaatkan untuk sumber kehidupan , industri, peternakan dll.

Sumber Papan dan Keperluan Industri

Sumber papan merupakan hal yang pokok dengan areal yang tanah kosongnya luas yakni 59 juta ha maka gerakan mensuplay kayu untuk papan dan industri harus dimulai dari tanah kosong tersebut dan moratorium hutan yang tersisa untuk penyedia bibitnya dan bukan membuka hutan alam yang semakin terbatas dan pada akhirnya kita tidak mempunyai bibit unggulan karena sangat sulit mencegah legal dan ilegal logging dan sementara ini sangat sulit memberi hukuman kepada pelaku illegal logging dan hampir semuanya bebas murni . Tetapi apabila moratorium dilakukan maka semua penebangan jelas mendapatkan hukuman tidak perlu mengecek sah dan tidaknya karena semua penebangan tidak sah.

Memelihara Budaya Bangsa

Dengan dikendalikan penebangan maka akan muncul kembali budaya bangsa dari masyarakat adat yang masih dapat memanfaatkan kayu bulian, tembesu, kayu hitam dan jenis-jenis kayu yang lain yang amat sangat berharga sebagai identitas dan kebanggaan bangsa dan masyarakat tertentu.

Masalah Pemeliharaan Sumber Ilmu Pengetahuan dan Biodiversity

Sebagai contoh pulau Sumatra sebagai pulau di awal tahun 1900 mempunyai areal hutan alam seluas 16 juta ha dan sekarang hutan dataran

rendahnya sekarang tinggal 650,000 ha. Ribuan sumber ilmu pengetahuan telah hilang karena semua telah berubah menjadi acasia dan kelapa sawit yang nampak gundul dan meranggas. Kesejukan telah hilang dan panas di mana-mana. Sumatra merupakan rumah bagi 626 jenis burung, dan 20 jenis adalah endemis Sumatra. Hutan ini juga rumah harimau (*Panthera tigris sumtraensis*); gajah Sumatra (*Elephas maximus sumatraensis*), badak sumatra (*Dicerorhinus sumatra ensis*), tapir (*Tapirus indicus*) dan beruang madu (*Helarctos malyanus*). Populasi harimau liar diperkirakan tinggal 400-500 ekor saja.(Kompas 27 sept 2007). IUCN memasukkan dalam kategori critically endangered.

Pemanasan bumi terjadi dengan hilangnya fungsi efektif penyerapan karbon dan fungsi penyerapan dan penyimpanan air yang besar dan pembakaran untuk penyiapan lahan akan semakin memanaskan bumi dan menghancurkan semua biodiversity dan penyerap karbon. Pemanasan ini memang mudah di rasakan di Malaysia dan Singapura dll. Maka restorasi ekosistem memang menjadi sangat mendesak untuk mencukupi memelihara kelangsungan kehidupan makhluk hidup termasuk manusia. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor SK 159/Menhut-II/2004 restorasi mengembalikan unsur biotik serta unsur abiotik pada kawasan hutan produksi agar tercapai keseimbangan hayati melalui penanaman, pengayaan, permudaan alam serta pengamanan ekosistem (kompas 27 sept 2007).

Implikasi dari Peraturan Menteri ini semestinya di kembangkan dengan baik dan moratorium dan pengembangan model agroforestry akan memperkuat kelestarian penyediaan bibit-bibit asli dari habitat asli dan ecosystem akan pulih sekaligus mengurangi pemanasan bumi dan ketersediaan air.

Masalah Keamanan

Bencana tanah longsor, banjir, tsunami, gempa bumi; kebakaran hutan semuanya dikurangi apabila restorasi ekosistem dapat dimulai dan di pelihara. Agroforestry yang luas seperti pengaturan landscape agroforestry, atau model-model agroforesrty yang telah diketahui sekarang ini akan dapat membantu penduduk dari bencana-bencana yang mungkin datang dan menyebabkan malapetaka berkepanjangan.

Model Agroforesrty juga mampu membuat model yang mampu menawarkan bentuk *ecotourism*

Agroforestry sebenarnya dapat didesign langsung untuk membuat areal tertentu mampu menjadi lebih indah dan menghasilkan berbagai produk yang layak jual untuk ekotourism misalnya wisata memetik durian, menganbil rambutan advokad, sayur-sayuran, memetik buah apel, memetik buah salak dengan trak-trak agrofoestry. Juga dapat disambungkan dengan pengembangan ternak sekaligus produk susu, susu dalam kemasan, susu olahan menjadi makanan permen dll. Daging juga dapat ditawarkan dalam pengelolaan dengan model agroforestry.

Masalah ekotourism, masalah pendapatan , pengentasan kemiskinan dll jelas dapat di ikuti dan di dilaksanakan dengan baik apabila moratorium pelestarian biodiversity, mengembangkan model agroforestry merupakan pertimbangan yang matang dan segera dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymus. 1992. Indonesia Country Study on Biological Diversity. UNEP. The Republic of Indonesia and the Kingdom of Norway, Ministry of State for population and Environment.
- Claudius Mott dan Florian Stegert 2007. CSE Forest Monitoring-Development of an Operational Service for tropical Forests in SE Asia in International Symposium and workshop on tropical peatland,

Carbon-Climate-Human Interaction-Carbon Pools, Fire, Mitigation, restoration and Wise use. Yogyakarta Indonesia. August 27-31 2007.

- Gardinger, PR., Clearwater, MJ., Nifinluri T., Effendi R., Rusmanto W, Noor M., Mason PA., Ingleby K. dan Munro RC. 1998. Dampak Pembalakan terhadap regenerasi hutan dipterokarpa dataran rendah di Indonesia. (Impacts of logging in the regeneration of lowland dipterocarp forest in Indonesia). *Commonwealth Forestry Review* 77(2):71-82, 156, 158-159.
- Gusti I M Tantra , Uhaedi Sutisna dan Utja. 1977. Laporan Hasil penelitian jenis-jenis Meranti Rawa (*Shorea* spp) di Riau dan Kalimantan Barat. Laporan No 259. Deptan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Lembaga Penelitian Hutan.
- KEPRES Nomor 32 Tahun 1990 tgl 25 Juli 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung.
- Kompas 9 Januari 2007. Lingkungan 59 Juta Hektar Hutan Indonesia Hilang.
- Kompas Kamis 26 Juli 2007. Jutaan Ton Sagu Terbuang Setiap Tahun.
- Peter Moore dan Nina Haase. 2002. Burning Issues Project Firefight South east Asia.
- Rifai. 1993. Plasma Nutfah. Erosi Genetika dan Usaha Pelestarian Tumbuhan Obat Indonesia. *Bio Indonesia* 9: 15-28.
- Setiyati D Sastrapradja. 2001. The role of in Situ Conservation in Sustainable Utilization of Timber Species in In Situ and Ex Situ Conservation of Commercial Tropical Trees. Edited by Thielges, S D Sastrapaja and Anto Rimbawanto. GMU and ITTO.
- Suhardi. 1999. Mycorrhiza for forest conservation and Food Production. Proceeding. Inter. Workshop BIOREFOR Nepal 1999 pp: 115-118.
- . 1999. Forest Conservation and Food Production in Impacts Fire and Human Activities on Forest Ecosystems in the Tropic. Proc. Inter. Symp. Asean Trop. For. Managemen pp: 465-470.
- Tejoyuwono Notohadiprawiro. 2006, Proyek Pengembangan "Lahan Gambut sejuta Hektar: Keinginan dan Kenyataan". Repro Ilmu Tanah. UGM.
- Van den Elart. 2006. Ombrogenous Peat Swamps and Recommended Uses in Tropical Areas. Eas.

Reklamasi Lahan dengan Sistem Agroforestri (*Land Reclamation Agroforestry System, LARAS*)

Riyanto Soedjalmo

Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda
Telp : 0541 748 561, Fax : 0541 748 697, HP : 0816 309 136,
Email : riyanto@faperta.unmul.ac.id

ABSTRAK

Hampir semua perusahaan penambangan batubara di Kalimantan Timur menggunakan metode *opencast* atau *strip mining*. Kegiatan tersebut menghasilkan sejumlah besar *overburden* dan/atau *interburden* untuk mendapatkan deposit batubara. Dalam *strip mining overburden* sering dibuang dan diterlantarkan dan bercampur dengan berbagai macam batuan hasil galian. *Top soil* yang memiliki ketebalan rendah tercampur dengan *sub soil* dipisahkan dan disimpan digunakan dalam program reklamasi. Setelah penambangan selesai, biasanya *overburden* direkontur diikuti dengan pembuatan drainase, kemudian meletakkan kembali top soil + sub soil ke permukaan. Lahan kemudian diusahakan kembali ke tata-guna lahan awal atau bentuk lain sesuai kesepakatan. Salah satu alternative bersifat strategik untuk perbaikan lahan tersebut adalah dengan pendekatan sistem agroforestri. Kegiatan ini meliputi dua tahap yaitu tahap pembentukan bentang lahan dan tahap pembentukan sistem agroforestri. Pembentukan bentang lahan adalah dengan mengubur *overburden* lebih dulu (dengan metode tertentu) untuk mencegah pelapukan material pembentuk asam/pyrit (*Acid Forming Material/AFM*). Sedangkan pembentukan sistem agriforestri setelah pembentukan landform selesai yang segera diikuti dengan penebaran benih rerumputan dan legume. Rerumputan dan legume sebagai daya tarik berbagai jenis serangga, kupu-kupu, belalang, burung, sebagai awal suksesi ekosistem. Dalam perjalanan waktu rerumputan dan legume memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Bersamaan dengan pertumbuhan rerumputan dan legume, dapat ditanam berbagai jenis pepohonan hutan atau pepohonan buah-buahan sesuai dengan tataguna lahan yang telah disepakati. Berbagai model agroforestri dapat diterapkan pada lahan reklamasi, antara lain yaitu: (a) *Agrisilvopastoral system*, (b) Sistem Silvo pastoral, (c) Sistem Apiculture, (d) Seri culture, dan (e) sistem Silvofishery.

Kata kunci: Penambangan Batubara-Reklamasi Lahan-Sistem Agroforestri

Beberapa tahun yang lewat, orang telah mulai sadar bahwa sumberdaya alam itu terbatas., khususnya lahan, dimana kehidupan manusia

sangat tergantung. Banyak peraturan telah dibuat untuk mencegah kerusakan lahan, termasuk dalam hal kegiatan pertambangan.

Pada saat ini ratusan perusahaan yang bergerak dibidang penambangan batubara berada di provinsi Kalimantan Timur, dan hampir semuanya menggunakan metode *opencast* atau *strip mining* dalam operasionalnya. Dalam kegiatan tersebut dihasilkan sejumlah besar *overburden* (material tanah diatas lapisan deposit batubara tunggal) dan/atau *interburden* (material yang terletak antara dua lapisan deposit batubara) untuk mendapatkan deposit batubara. Perbandingan (ratio) untuk memperoleh batubara terhadap material tanah yang dipindahkan (*overburden*) antara 1: 10 sampai 1: 20 dan kadang-kadang 1:30 tergantung dari kualitas energi yang terkandung dalam batubara.



Gambar 1. Lahan rusak dan ditinggalkan oleh perusahaan tambang batubara (kiri), dan setelah direklamasi serta ditanami Kelapa sawit dan berhasil (kanan)

Dalam aktivitas strip mining tersebut *overburden* sering dibuang dan ditinggalkan (*derelict land*) dan bercampur dengan berbagai macam batuan hasil galian. Sedangkan top soil (tanah pucuk) yang ketebalannya hanya tipis tercampur dengan sub soil dipisahkan dan disimpan untuk nantinya digunakan dalam program reklamasi..Sifat kimia dari *overburden* umumnya sangatlah jelek, hal ini dikarenakan adanya kandungan pyrite (FeS), miskin hara, adanya senyawa toksik, dan tidak mengandung bahan

organik. Adanya pyrite menyebabkan timbulnya air drainase sangat asam, kandungan besi tinggi, dan juga sulphat dan berbagai logam seperti Mangan dan Aluminium. Overburden berbatu, kadang kurang mengandung pasir dan clay.

Pada dasarnya kegiatan strip mining tersebut mengikuti urutan kegiatan penambangan yang tertata dengan baik dalam hal pengambilan dan peletakkan overburden. Setelah penambangan selesai, biasanya overburden akan direkontur dan diikuti dengan pembuatan drainase, kemudian meletakkan kembali top soil + sub soil kepermukaannya. Lahan kemudian diusahakan kembali ke tata-guna lahan awalnya atau bentuk lain tata-guna lahan yang disepakati. Apapun tata-guna lahan yang telah disepakati pada akhir dari reklamasi haruslah cocok dengan lingkungan sekitar-nya. Namun banyak perusahaan pertambangan batubara yang gagal dalam hal memenuhi peraturan reklamasi yang harus diikuti (tercantum dalam AMDAL,RKL dan RPL).

Problem tersebut haruslah dapat diatasi, bilamana lahan yang terlantarkan tersebut diubah menjadi lahan yang berguna. Suatu alternative yang sifatnya strategik untuk perbaikan lahan tersebut adalah dengan pendekatan Sistem Agroforestri (blending pengetahuan praktis pertanian dan kehutanan), yang mampu memperbaiki lingkungan (konservasi tanah dan air, perbaikan iklim mikro, penyerapan karbon dioksida dalam program pengurangan pemanasan global), perbaikan sosial-ekonomi masyarakat (membantu meringankan kondisi sosial-ekonomi masyarakat miskin, dan pengangguran, dengan menyediakan peluang kerja, sumber bahan pangan, bahan bakar, pakan ternak, material bangunan rumah dan kerajinan tangan, dsb). Sistem ini berarti juga menghijaukan industri penambangan batubara (green mining)

TAHAPAN PEMBENTUKAN BENTANG LAHAN

Untuk mencegah pelapukan material (overburden) pembentuk asam/pyrit (*Acid Forming Material/AFM*) (hasil analisis laboratorium), maka overburden demikian harus dikubur. Caranya adalah overburden AFM tersebut dihamparkan ke bekas tambang atau lembah yang telah dipilih, setelah ketebalan tertentu barulah ditutup atau dihamparkan di atasnya dengan overburden yang tak mengandung material pembentuk asam (*Non Acid Forming Material/NAFM*) (hasil analisis laboratorium). Pelapisan dengan overburden NAFM selalu diikuti dengan pemadatan dengan menggunakan dozer, hal ini dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan udara ke dalam lapisan over-burden AFM dibawahnya. Ketebalan lapisan overburden NAFM tersebut sesuai dengan rencana landform yang akan dibentuk, dan biasanya membuat kontur dengan kemiringan 14^o. Kemudian dihamparkan top soil+sub soil dengan ketebalan sesuai dengan rencana akhir land-use. Untuk tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi ketebalan top+sub soil dapat mencapai 100 cm. Selanjutnya dilakukan pembuatan drainase dan dilakukan ripping untuk masuknya air hujan kedalam tanah (top + sub soil) tersebut.

TAHAPAN PEMBENTUKAN SISTEM AGROFORESTRI

Setelah pembentukan landform selesai, segera diikuti dengan penebaran benih rerumputan dan legume. Tujuan daripada penanaman rerumputan dan legume ini adalah untuk dapat segera menutup permukaan lahan reklamasi agar terhindar dari bahaya erosi, dan untuk melemahkan (*softening*) iklim mikro, khususnya suhu udara di tanah dan di atas tanah. Dengan adanya rerumputan dan legume tersebut sebagai daya tarik berbagai jenis serangga, kupu-kupu, belalang, burung, sebagai awal dari kembalinya proses ekosistem.

Dalam perjalanan waktu, rerumputan dan legume mem-perbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah dengan cara menambah bahan organik, kesuburan tanah dan kehidupan biota tanah. Selama pertumbuhan rerumputan dan legume, dapat ditanam berbagai jenis pepohonan hutan atau pe-pohonan buah-buahan sesuai dengan land-use yang telah disepakati. Ada berbagai model Agroforestri yang dapat diterapkan pada lahan reklamasi, diantaranya yaitu: (a) Agrisilvopastoral system , digunakan tanaman kelapa sawit, rerumputan dan legume diantara tanaman kelapa sawit, dan pohon *Albitzia* sebagai tanaman pagar; (b) Sistem Silvo pastoral, dimanapepohonan hutan dengan rerunputan untuk gembalaan; (c) Sistem Apiculture. Tanaman hutan jenis *Calliandra* sp dan *Glirisidia* banyak digunakan dalam reklamasi lahan pasca tambang batubara, dan kedua tanaman tersebut meng-hasilkan bunga yang mengandung nectar. Untuk itu dapat dilakukan kombinasi budidaya lebah yang menghasilkan madu yang memiliki nilai ekonomi tinggi; (d) Seri culture. Berbagai jenis tanaman berkayu, seperti Mulbery (murbei), sering dipakai untuk reklamasi lahan pasca tambang batubara, sedangkan tanaman ini daunnya dapat digunakan sebagai pakan ulat sutera. Sebab itu budidaya ulat sutera dapat dikembangkan dalam sistem ini dan kepompongnya menghasilkan serat/benang sutera alam, yang memiliki peran dalam industri rumah tangga, baik dalam pemeliharaan ulat sutera maupun hasil benang sutera, seperti dalam pembuatan sarung Mandar, sarung Samarinda, dsb.



Gambar 2. Sistem Agrisilvopastoral (kelapa sawit, rumput Signal, dan pohon Albizia) di areal lahan reklamasi bekas tambang batubara



Gambar 3. Seekor sapi merumput (kiri) dan pertanaman kelapa sawit di lahan reklamasi bekas tambang (kanan)

Biasanya dalam kegiatan penambangan batubara akan terbentuk landform bukit pada awal penambangan dan lubang terbuka pada akhir penambangan. Untuk melakukan praktek Agroforestri di lahan dengan landform bukit dilakukan sebagaimana dijelaskan diatas, sedangkan untuk landform lubang terbuka dapat dilakukan (e) sistem Silvofishery, dimana lubang tambang yang terbuka tersebut akan terisi penuh dengan air hujan

dan dapat dimanfaatkan untuk tujuan sebagai sumber air bersih ataupun juga untuk budidaya perikanan, setelah kondisi air dalam lubang tersebut telah melewati masa proses ekosistem yang biasanya menelan waktu antara 3 tahun.



Gambar 4. Pandangan indah lubang bekas tambang batu-bara yang telah terisi penuh air hujan dengan pinggir lubang ditanami pepohonan hutan

Pinggiran sekeliling lubang bekas tambang batubara tersebut dapat ditanami dengan berbagai jenis tanaman berkayu , seperti *Calliandra* dan *Glirisidia*, ataupun pepohonan hutan lainnya. Jenis ikan yang dapat dikonsumsi adalah Tilapia dan Tilapia Gift yang memiliki nilai gizi baik. Bilamana sumber air dan ikan tersebut akan digunakan sebagai sumber air bersih dan ikannya untuk dikonsumsi, maka kualitas air harus mengikuti dulu syarat yang ditetapkan oleh pemerintah.

PERAN AGROFORESTRIDALAM ANTISIPASIDAMPAK PEMANASAN GLOBAL DIDAS

Suntoro Wongso Atmojo*

Universitas Sebelas Maret, Fakultas Pertanian, Jurusan Ilmu Tanah. Jl. Ir. Sutami
36A, Surakarta. Telp: 0271-637457, Email: suntoro_uns@yahoo.co.id

ABSTRAK

Perubahan iklim mengancam seluruh manusia, namun kelompok penduduk termiskinlah yang paling menderita, termasuk petani yang terkena dampaknya berupa puso (gagal panen) karena penyimpangan musim, kekeringan berkepanjangan dan banjir. Perubahan iklim global menyebabkan semakin tidak seimbangnya jumlah air di musim kemarau dan musim hujan kawasan DAS, sehingga dampak yang dirasakan petani adalah kekurangan air di musim kemarau, dan banjir, erosi, serta longsor di musim hujan. Pengaturan tataguna tanah di DAS dengan menetapkan luasan hutan minimum 30% dari luas DAS merupakan satu langkah tepat dalam konservasi tanah dan air, terutama dalam antisipasi dampak perubahan iklim. Dalam pembangunan hutan di kawasan DAS, kondisi sosial ekonomi masyarakat sekitar hutan merupakan faktor yang sangat penting untuk dipertimbangkan. Pola agroforestri merupakan pilihan yang tepat untuk dikembangkan dalam pengelolaan DAS dengan pertimbangan: (1) tutupan tajuk yang rapat mampu menutup permukaan tanah dengan baik, sehingga efektif menekan aliran permukaan, erosi, longsor dan banjir, serta mampu meningkatkan infiltrasi dan cadangan air tanah, (2) variasi tanaman membentuk jaringan perakaran yang kuat, baik pada lapisan tanah atas maupun bawah, akan meningkatkan stabilitas tebing, sehingga mengurangi kerentanan terhadap longsor, (3) terkait rehabilitasi lahan, mampu meningkatkan kesuburan fisika (perbaikan struktur tanah dan kandungan air), kesuburan kimia (peningkatan kadar bahan organik dan ketersediaan hara) dan biologi tanah (meningkatkan aktivitas dan diversitas), morfologi tanah (pembentukan solum), (4) secara ekonomi meningkatkan pendapatan petani dan menekan resiko kegagalan panen, dan (5) mempunyai peran penting dalam upaya rehabilitasi lahan kritis. Konservasi daerah tebing rawan longsor dapat dilakukan melalui penghijauan dengan pola tanam, variasi tanaman yang sistem perakarannya dalam dan diselingi dengan tanaman yang lebih pendek dan ringan, permukaan tanah ditanami rumput, dan disertai perbaikan drainase sehingga stabilitas lereng tetap terjaga.

Kata Bijak : Hutan Mendahului Manusia, Manusia Mendahului Gurun.

* Dekan Fakultas Pertanian Univ. Sebelas Maret, Surakarta dan Sekjen Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang kegiatan ekonomi masyarakatnya bersandar pada sumber daya alam sangatlah rentan terhadap perubahan iklim. Sektor pertanian dan kehutanan merupakan contoh sektor yang kritis terkena dampak (WWF, 2006). Dampak perubahan iklim global telah dirasakan oleh petani. Kegagalan tanam dan panen sering disebabkan karena pengaruh ketidak tepatan musim, kekeringan atau pun banjir. Petani dalam usaha taninya sangat tergantung oleh musim, sehingga adanya penyimpangan musim akan berpengaruh terhadap hasil usahanya. Pranoto mongso yang sudah mapan dan digunakan sebagai pedoman petani di Jawa Tengah sejak dahulu perlu adanya koreksi.

Sebenarnya perubahan iklim secara global lebih banyak disebabkan oleh kegiatan manusia disamping kejadian alam (Kurniatun, 2007b). Sistem atmosfer dan aktivitas manusia saling berinteraksi dan saling mempengaruhi. Kegiatan manusia sangat berpengaruh terhadap kualitas sistem atmosfer, sehingga dapat mengubah komposisi dan kualitas udara. Atmosfer merupakan lapisan dari berbagai macam gas yang menyelimuti bumi yang mengendalikan iklim, sehingga perubahan komposisi gas akan berpengaruh terhadap iklim.

Kegiatan manusia akan menyebabkan peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer dalam bentuk karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrous oksida (N_2O). Kegiatan tersebut seperti kegiatan industri, pembakaran bahan bakar fosil, penebangan dan kebakaran hutan, serta kebakaran gambut. Kejadian alam seperti letusan gunung berapi turut menyumbang peningkatan GRK. Gas-gas inilah yang selanjutnya menentukan peningkatan suhu udara karena sifatnya yang seperti kaca, yaitu dapat meneruskan radiasi gelombang-pendek yang tidak bersifat panas, tetapi menahan radiasi gelombang-panjang yang bersifat panas. Energi panas

tersebut tidak dapat menembus kembali ke luar angkasa dan akan terpancar kembali ke permukaan bumi (troposfer), sehingga akan memanaskan bumi dan akan melebihi kondisi normal, inilah yang dinamakan efek rumah kaca. Akibatnya atmosfer bumi makin memanas dengan laju yang sebanding dengan laju perubahan konsentrasi GRK (Hairiah, 2007a). Kondisi ini terjadi di seluruh belahan dunia sehingga terjadilah pemanasan global. Suhu merupakan salah satu parameter iklim yang sangat berpengaruh sehingga menyebabkan perubahan iklim secara global, khususnya perubahan suhu udara dan curah hujan.

Dampak perubahan iklim juga telah dirasakan di berbagai belahan bumi. Peningkatan suhu global antara $0,3^{\circ}\text{C}$ – $0,6^{\circ}\text{C}$ bila dibandingkan dengan suhu bumi di tahun 1860 (Kurniatun, 2007a) telah menyebabkan pencairan es di kutub sehingga permukaan air laut meningkat, dan memberikan ancaman bagi kehidupan, terutama bagi ekosistem pesisir yang beresiko mengalami banjir dan erosi. Indonesia sebagai negara kepulauan cukup rentan terhadap kenaikan muka-laut, terutama bagi pulau-pulau yang berpantai landai sehingga permukaan daratan akan menyempit. Hanya dengan kenaikan 1 m di beberapa daerah pesisir sudah sangat besar dampaknya terhadap sosial-ekonomi pertanian pantai. Dampak lain diprediksikan 1,8 miliar manusia akan menghadapi kesulitan air menjelang 2080.

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KEGIATAN PERTANIAN

Dampak perubahan iklim terhadap kegiatan pertanian antara lain: 1) tidak menentukannya pola musim sehingga sulit mengatur pola tanam, 2) berkurangnya ketersediaan dan cadangan air pada lahan pertanian di musim kemarau, 3) terjadinya banjir di daerah hilir, dan 4) berkurangnya keanekaragaman hayati dan produktivitas tanaman, serta perubahan hama

dan penyakit tanaman. Keadaan ini akan mengancam keberhasilan usaha tani dan ketersediaan pangan, bahkan diprediksi sekitar 600 juta manusia di dunia ini akan menghadapi kekurangan gizi.

Dalam kurun waktu tiga dasawarsa terakhir, iklim di Indonesia mengalami perubahan yang cukup dinamis. Salah satu kondisi yang bisa dirasakan adalah semakin naiknya suhu dan kian beragamnya pola iklim saat ini. Suhu yang makin tinggi berpengaruh pada terus meningkatnya evaporasi dan evapotranspirasi yang berujung pada kian menipisnya ketersediaan air, sehingga menimbulkan kekeringan berkepanjangan. Pola dan distribusi curah hujan terjadi dengan kecenderungan bahwa daerah kering akan menjadi makin kering dan daerah basah menjadi makin basah. Konsekuensinya kelestarian sumberdaya air akan terganggu. Perubahan iklim juga ditunjukkan oleh semakin tidak seimbangnya jumlah air di musim kemarau dan musim hujan, sehingga masyarakat mengalami kekurangan air di musim kemarau dan banjir di musim hujan. Kedua kondisi ini akan menyebabkan terjadinya puso atau kegagalan panen bagi petani.

Di Indonesia dikenal 3 macam pola distribusi hujan, yaitu pola monsun (*monsoonal*), ekuatorial dan lokal. Pertama, daerah yang sangat dipengaruhi oleh monsun memiliki pola hujan dengan satu puncak (*unimodal*). Ciri dari pola ini adalah adanya musim hujan dan kemarau yang tajam, dan masing-masing berlangsung selama kurang lebih 6 bulan, yaitu Oktober - Maret sebagai musim hujan dan April - September sebagai musim kemarau. Jawa memiliki pola monsun. Kedua, daerah yang dekat dengan ekuator dipengaruhi oleh sistem ekuator dengan pola hujan yang memiliki dua puncak (*bimodal*), yaitu pada bulan Maret dan Oktober saat matahari berada di dekat ekuator. Ketiga, daerah dengan pola hujan lokal, dicirikan oleh bentuk pola hujan unimodal dengan puncak yang terbalik dibandingkan dengan pola hujan monsun yang disebutkan di atas.

Petani di Jawa Tengah sejak dulu telah mempunyai pedoman pranoto mongso yang memuat aturan-aturan musim dalam satu tahun, yang digunakan sebagai dasar dalam permulaan tanam. Dalam pranoto mongso dikenal ada empat musim: 1) musim labuhan, musim saat permulaan hujan, yang dimulai akhir bulan September atau Oktober, saat ini petani mulai menanam polowijo; 2) musim rendengan (mulai Oktober-Nopember), hujan mulai banyak dan padi mulai ditanam ataupun disebar di sawah; 3) musim marengan (mulai Maret), hujan mulai berkurang, polowijo musim labuhan sudah selesai dan di tegalan akan ditanami lagi; 4) musim kemarau (mulai April-Mei), saat ini padi rendengan di sawah sudah dipanen, dan sawah akan ditanami polowijo atau padi lagi jika ada air atau padi gadu. Namun tampaknya pranoto mongso tersebut perlu dikoreksi, mengingat adanya perubahan iklim secara global.

Akhir-akhir ini awal musim hujan jarang dapat diprediksi secara tepat, kemarau terlalu panjang, distribusi dan curah hujan juga tidak menentu. Sementara usaha tani sangat tergantung pada musim dan rentan terhadap perubahan musim. Pendekatan penentuan musim secara global perlu dikoreksi, dan penentuan polatanam secara spesifik lokasi (perwilayah) perlu dikembangkan. Dukung data dan tersedianya pengamat curah hujan (iklim) yang mewadai di berbagai daerah sangat perlu, sehingga prediksi musim dapat lebih akurat, dan jika terjadi penyimpangan musim dapat segera diantisipasi. Pemerintah kabupaten hendaknya terlibat secara intensif terhadap perubahan iklim, terutama dalam penyebaran informasi kondisi iklim dan cuaca, dan dapat menganjurkan pola tanam yang spesifik lokasi yang sesuai dengan dinamika iklim yang berkembang.

Upaya efisiensi air harus terus dilakukan, terutama dalam budidaya padi sawah. Budidaya padi sawah merupakan usaha tani paling boros air, untuk memproduksi satu kilogram beras saja dibutuhkan 3.000-5.000 liter air

guna menumbuhkan padi hingga panen. Budidaya palawija kebutuhan airnya lebih hemat yaitu antara 0,3 – 0,5 bagian dari kebutuhan air bagi tanaman padi. Upaya-upaya pengembangan teknologi hemat air perlu terus digalakan, seperti pengembangan sistem irigasi hemat air, pengembangan padi lahan kering atau palawija. Pemeliharaan dan pembangunan dam, embung dan infrastruktur pengairan terus ditingkatkan guna menjamin penyediaan dan distribusi air pengairan daerah hulu hingga hilir.

Perubahan iklim juga berdampak terhadap semakin tidak seimbangnya jumlah air di musim kemarau dan musim hujan, sehingga di musim kemarau kekurangan air dan di musim hujan terjadi banjir. Berubahnya neraca energi dan neraca air akibat kenaikan suhu, akan meningkatkan evaporasi dan evapotranspirasi yang menyebabkan berkurangnya cadangan air tanah. Penebangan hutan di daerah aliran sungai (DAS) akan menyebabkan berkurangnya pasokan air tanah sehingga kemampuan DAS dalam memasok air rendah. Cadangan dan ketersediaan air untuk mendukung usaha pertanian di wilayah DAS akan semakin rendah, bahkan terjadi kekeringan berkepanjangan. Oleh karena itu upaya konservasi tanah dan air di wilayah DAS perlu digalakan, baik melalui reboisasi dan pencegahan perusakan vegetasi (alih fungsi lahan). Gerakan penghijauan dan penghutan kembali perlu dilakukan baik di lahan petani maupun di kawasan hutan. Sistem penanaman dapat dilakukan dengan dua pola yaitu murni tanaman kayu (monokultur) ataupun secara campuran seperti sistem agroforestri.

Pada musim hujan, kejadian tanah longsor merupakan ancaman bagi daerah berlereng. Selain disebabkan oleh kerusakan lingkungan, longsor juga disebabkan oleh faktor alam meliputi: curah hujan, jenis tanah, kedalaman lapisan kedap air, kekuatan tanah, topografi, dan stabilitas lereng. Bencana tanah longsor di Karanganyar telah menelan korban 67 jiwa, dan

yang terjadi di daerah Ngawi, Wonogiri dan Malang, merupakan peringatan bagi kita akan arti pentingnya menjaga stabilitas lereng dan menjaga lingkungan di daerah rawan longsor. Kejadian longsor yang akhir-akhir ini terjadi banyak analisis merupakan salah satu dampak perubahan iklim global.

SISTEM AGROFORESTRI SEBAGAI ADAPTASI TERHADAP PEMANASAN GLOBAL

Kita tidak perlu larut dalam polemik perubahan iklim global ini, namun yang perlu kita lakukan upaya-upaya untuk mengantisipasi dampak perubahan iklim global. Upaya perbaikan ekosistem DAS merupakan kewajiban bagi kita semua dalam mengantisipasi perubahan iklim. Kondisi ekosistem DAS yang kondusif akan mampu menggerakkan sendi-sendi perekonomian kawasan. Untuk mencapai kondisi tersebut perlu upaya konservasi dan rehabilitasi tanah dan air di kawasan tersebut. Konservasi tanah dan air bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan serta menurunkan atau menghilangkan dampak negatif pengelolaan lahan seperti erosi/longsor, sedimentasi dan banjir.

Upaya konservasi tanah dan air dapat dilakukan secara sipil teknik (mekanis) dan secara vegetatif. Pengendalian erosi secara vegetatif merupakan pengendalian erosi yang didasarkan pada peran tanaman sehingga mengurangi daya pengikisan dan penghanyutan tanah oleh aliran permukaan. Tanaman dapat berfungsi melindungi permukaan tanah terhadap pukulan air hujan, melindungi daya transportasi aliran permukaan, dan menambah infiltrasi tanah, sehingga pasokan dan cadangan air dalam tanah meningkat. Pangkasan dan seresah tanaman dapat memasok bahan organik dan hara, serta dapat menyediakan pakan untuk ternak. Cara vegetatif dapat dilakukan dengan penanaman tanaman penutup tanah, penanaman sistem lorong, dan penghijauan.

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan sekaligus menekan laju erosi, upaya konservasi dapat dilakukan secara terpadu antara pendekatan sipil teknik (mekanis) dan secara vegetatif seperti pembuatan teras dengan penanaman ganda (*Multiple cropping*), termasuk sistem agroforestri yang memadukan tanaman pertanian dengan ternak. Sistem penanaman ganda merupakan sistem bercocok tanam dengan menanam lebih dari satu jenis tanaman dalam sebidang tanah secara bersamaan atau digilir, seperti pada sistem tumpangsari (*Intercropping*) yang membudidayakan dua atau lebih jenis tanaman pada sebidang tanah dalam waktu yang bersamaan.

Sistem pertanian ganda sangat cocok bagi petani di daerah tropis dengan lahan sempit sehingga dapat memaksimalkan produksi dengan input luar yang rendah, sekaligus meminimalkan resiko gagal panen dan melestarikan sumberdaya alam. Sistem penanaman ganda memiliki beberapa keuntungan, antara lain: a) mengurangi erosi tanah atau kehilangan tanah-olah, b) memperbaiki tata air dan meningkatkan pasokan (infiltrasi) air ke dalam tanah sehingga cadangan air untuk pertumbuhan tanaman akan lebih tersedia, c) menyuburkan dan memperbaiki struktur tanah, d) meningkatkan daya guna tanah sehingga pendapatan petani akan meningkat pula, e) menghemat tenaga kerja, f) menghindari terjadinya pengangguran musiman karena tanah bisa ditanami secara terus menerus, g) pengolahan tanah tidak perlu dilakukan berulang kali, h) mengurangi populasi hama dan penyakit tanaman, dan i) memperkaya kandungan unsur hara antara lain nitrogen dan bahan organik, dan j) pemanfaatan sumber daya air, sinar matahari dan unsur hara yang ada akan lebih efisien. Agar diperoleh hasil yang maksimal maka dalam penerapan sistem tumpang sari tanaman yang diusahakan harus dipilih sedemikian rupa sehingga mampu memanfaatkan ruang dan waktu seefisien mungkin, dan pengaruh kompetitif yang sekecil-kecilnya. Jenis tanaman

yang dibudidayakan harus memiliki pertumbuhan yang berbeda, bahkan bila memungkinkan dapat saling melengkapi.

Salah satu bentuk tumpang sari yang banyak diterapkan dan sangat efektif dalam menunjang konservasi tanah dan air adalah sistem agroforestri. Agroforestri merupakan pola tumpang sari yang memadukan tanaman tahunan (hutan) dengan tanaman pertanian (tanaman pangan, hortikultura atau perkebunan). Pola ini cukup efektif dalam pengendalian erosi dan banjir, rehabilitasi lahan, dan melalui pola tanam secara khusus cukup efektif dalam konservasi lereng rawan longsor.

1. Peran agroforestri dalam pengendalian erosi dan banjir

Pengaturan luas hutan menjadi sangat penting dalam mengurangi resiko banjir di kawasan DAS, mengingat hutan merupakan penutupan lahan yang paling baik dalam mencegah erosi. Hutan pada kawasan DAS juga berperan sebagai penyimpan air tanah pada saat intensitas curah hujan yang tinggi, yang biasa terjadi pada awal musim penghujan. Hutan sangat efektif dalam mengendalikan aliran permukaan karena laju infiltrasi hutan di daerah hulu DAS sangat besar, sehingga dapat mengatur fluktuasi aliran sungai dan cukup signifikan dalam mengurangi banjir (Nana Mulyana *et al.*, 2007). Oleh karena itu, penetapan luasan hutan minimum 30% dari luas DAS merupakan satu langkah yang tepat dalam menanggulangi erosi dan banjir, disamping upaya konservasi lainnya.

Program penghijauan dan penghutan kembali perlu terus dilakukan dalam rangka upaya pengendalian erosi dan banjir baik di lahan petani maupun di kawasan hutan. Sistem penanaman penghutan kembali baik di dalam dan di luar kawasan dapat dilakukan dengan dua pola, yaitu murni tanaman kayu (bisa satu jenis tanaman kayu atau campuran) maupun agroforestri. Pola agroforestri yang merupakan pola

tumpang sari antara tanaman tahunan (hutan) dengan tanaman pertanian, mampu menutup tanah dengan sempurna sehingga berpengaruh efektif terhadap pengendalian erosi dan peningkatan pasokan air tanah.

Menyadari keberadaan masyarakat sekitar hutan sangat menentukan baik dan buruknya hutan, maka dalam pembangunan hutan dipandang perlu melibatkan masyarakat sekitar hutan, seperti yang dilakukan Perhutani. Perhutani dalam rangka pelaksanaan program pembangunan hutan, menerapkan pola agroforestry dengan melibatkan masyarakat sekitar hutan untuk ikut berpartisipasi, seperti program pembangunan hutan bersama masyarakat (PHBM). Pada saat tanaman tahunan masih kecil petani sekitar hutan dapat mengusahakan lahan untuk budidaya tanaman semusim. PHBM yang dulu dikenal sebagai perhutanan sosial, akan berdampak positif ganda, disamping dapat membantu masyarakat secara ekonomis (dari hasil tanaman semusim dan rumput untuk pakan ternak) juga kelestarian tanaman hutan akan terjamin, karena tumbuh kesadaran petani untuk memeliharanya. Selain itu, penghijauan di lahan petani (pembangunan hutan rakyat) sangat efektif dilakukan melalui pola agroforestri, karena petani tertopang kebutuhan hidupnya dari usaha pertaniannya sekaligus sebagai upaya penghijauan.

Secara teknis konservasi, adanya variasi antara tanaman pertanian (pangan, hortikultura) dengan rumput di antara tegakan tanaman tahunan, akan meningkatkan penutupan lahan secara sempurna. Variasi tanaman tahunan dan tanaman pertanian ini akan mengurangi pengaruh pukulan butir hujan secara langsung ke permukaan tanah (terhindar dari rusaknya struktur tanah), melindungi daya transportasi aliran permukaan, menahan sedimen, meningkatkan pasokan air ke dalam tanah dan mengurangi evaporasi sehingga meningkatkan

ketersediaan air tanah, dan meningkatkan cadangan air di musim kemarau.

Dalam rangka meningkatkan efektivitas menekan laju erosi, penerapan pola agroforestri dapat dipadukan dengan upaya-upaya konservasi lainnya, seperti pembuatan teras bangku, saluran pembuangan, pembuatan terjunan air dan pembuatan bangunan lainnya, sehingga sedimentasi dapat ditekan. Selain tumpang sari tanaman tahunan dan tanaman semusim (pangan) juga dapat dimasukkan tanaman hortikultura dan rumput pakan ternak, sehingga tercipta pola usahatani terpadu dengan ternak. Tanaman pangan (semusim) dilakukan pada bidang teras seperti padi, kacang tanah, kedelai, jagung dan kacang panjang sebagai tanaman sela. Di samping itu pada bidang teras yang sama dilakukan penanaman tanaman tahunan sebagai tanaman pokok dengan jarak tanam antara 6-8 m (sesuai kondisi lokasi) dengan tanaman seperti jati, mahoni, pinus dan lainnya. Jika tanaman pohon sebagai tanaman pokok sudah semakin rapat penutupan tajuknya, maka dicarikan tanaman yang lebih tahan terhadap naungan seperti empon-empon.

Pada tepi teras disamping diperkuat dengan batuan, dapat ditanami dengan tanaman penguat teras yang terdiri dari tanaman rumput, lamtoro dan dapat ditanami tanaman hortikultura seperti srikaya, nanas dan pisang. Tanaman rumput pada tepi teras disamping berfungsi sebagai penguat teras juga sebagai sumber pakan ternak (sapi atau kambing). Limbah ternak yang berupa kotoran ternak dapat dikembalikan ke lahan usaha untuk memperbaiki tingkat kesuburan tanah. Dalam rangka pengembangan bioenergi dan mewujudkan desa mandiri energi, memasukan tanaman jarak yang ditanam pada teras

sangat tepat karena perakarannya mampu berfungsi sebagai penguat teras.

2. Peran agroforestri terhadap konservasi daerah rawan longsor

Peristiwa tanah longsor di Karanganyar dan daerah lain baru-baru ini merupakan bencana alam yang harus diminimalisasi. Bencana alam tanah longsor sering terjadi karena pola pemanfaatan lahan yang tidak mengikuti kaidah kelestarian lingkungan, seperti gundulnya hutan akibat deforesterisasi, dan konversi hutan menjadi lahan pertanian dan pemukiman di lahan berkemiringan lereng yang terjal. Penutupan lahan yang rendah akibat konversi hutan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan daerah menjadi rawan longsor.

Longsor adalah peristiwa meluncurnya material tebing atau bidang tanah yang lerengnya sangat miring. Penyebab utama dan pemicu peristiwa longsor ini curah hujan yang tinggi, selain kondisi lahan yang tidak mendukung. Hal ini diakibatkan tanah jenuh air dan pengikat agregat tanah tidak berfungsi, sehingga tanah dan material meluncur ke bagian bawah lereng. Pengikat agregat tanah pada umumnya berupa perakaran pohon. Selain itu, tanah longsor terjadi karena pada lereng curam terdapat bidang peluncur di bawah permukaan tanah yang kedap air, dan terdapat jenuh air dalam tanah di atas lapisan kedap (Sukresna, 2007).

Kejadian longsor di beberapa tempat di Karanganyar akhir-akhir ini, diduga disebabkan kondisi lahan dengan kemiringan lebih 40° dengan permukaan lahan relatif terbuka, digunakan untuk budidaya jagung, ketela, pisang dan bambu. Kondisi tanah lapisan permukaan berupa tanah gembur dengan tekstur didominasi liat dan debu, terdapat lapisan kedap air sebagai bidang luncur dengan kemiringan kurang lebih sejajar kemiringan lereng. Curah hujan saat kejadian sangat tinggi yang

mengguyur sepanjang malam menyebabkan masa tanah di permukaan menjadi jenuh air, sehingga lereng tidak stabil lagi, dan terjadi longsor.

Peran vegetasi hutan dalam mengendalikan stabilitas tanah pada lereng sangat besar melalui peran secara hidromekanik dan bioteknik. Vegetasi berperan dalam aspek hidrologi yaitu menurunkan kelembaban air tanah melalui proses evapotranspirasi dan aspek mekanis perkuatan ikatan akar pada partikel tanah pada lereng (jaringan akar dan penjangkaran akar sampai lapisan kedap) (Sukresna, 2007). Diantara faktor yang berpengaruh pada longsor, faktor vegetasi merupakan faktor yang dapat kita kelola, baik melalui pemilihan jenis tanaman maupun pengaturan kerapatan tanaman. Upaya penutupan lahan atas dengan pohon penghijauan perlu dilakukan terutama di lahan atas yang rentan longsor.

Keberadaan pohon di sepanjang tebing sangat mempengaruhi stabilitas tebing melalui fungsi perakaran yang melindungi tanah sehingga mempengaruhi ketahanan geser (*shear strength*) tanah. Besarnya ketahanan geser tanah ditentukan oleh karakteristik sifat fisik tanah (yang meliputi kandungan liat dan debu, porositas, dan kadar air). Akar pohon dapat berfungsi dalam mempertahankan stabilitas tebing melalui dua mekanisme yaitu : (1) mencengkeram tanah lapisan atas (0-5 cm), dan (2) mengurangi daya dorong masa tanah akibat pecahnya gumpalan tanah. Peran perakaran pohon dalam meningkatkan ketahanan geser tanah ditentukan oleh umur tanaman, total panjang akar, diameter akar, dan kandungan lignin perakaran.

Pohon yang berperakaran intensif di lapisan atas sangat efektif membantu mengurangi hanyutnya lapisan atas, sedang pohon berperakaran dalam akan berfungsi sebagai jangkar (*anchor*), memperkuat tegaknya batang sehingga pohon tidak mudah tumbang

pada saat terjadi longsor sehingga tebing tetap stabil (Kurniawan *et al.*, 2007). Peran vegetasi dalam mengendalikan stabilitas lereng sangat ditentukan oleh sifat-sifat dari akarnya, antara lain: 1) bentuk sistem perakarannya (tunggang-serabut), 2) kedalaman akar (dangkal-dalam menembus *bedrock*), 3) sebaran perakaran (perbandingan dengan luas tajuk), 4) susunan akar (nisbah akar : tanah atau berat biomasa akar per satuan volume akar), dan 5) kekuatan akar (nilai kuat tarik akar pada berbagai diameter akar dan spesies vegetasi).

Hairiah *et al.*, (2007) menyatakan bahwa strategi yang paling tepat untuk meningkatkan stabilitas tebing adalah dengan meningkatkan diversitas pohon yang ditanam dalam suatu lahan untuk meningkatkan jaringan akar-akar yang kuat baik pada lapisan tanah atas maupun bawah. Oleh karena itu untuk konservasi daerah tebing rawan longsor (berlereng curam dengan kemiringan $\geq 80\%$ atau $\geq 40^\circ$) sebaiknya penghijauan dengan tanaman yang sistem perakarannya dalam, dan diselingi dengan tanaman-tanaman yang lebih pendek dan ringan, dan bagian dasar ditanami rumput. Perbaikan dan pemeliharaan drainase perlu dilakukan untuk menjauhkan air dari lereng, menghindarkan air meresap ke dalam lereng, atau menguras air dalam lereng keluar lereng sehingga air jangan sampai tersumbat atau meresap ke dalam tanah agar stabilitas lereng tetap terjaga.

3. Peran agroforestri dalam perbaikan kualitas lahan

Tegakan agroforestri memiliki dampak positif dalam memperbaiki dan meningkatkan kualitas lahan, antara lain tegakan pohon/tanaman yang intensif akan menekan laju evaporasi dan mengurangi intensitas sinar matahari, sehingga akan terbentuk iklim mikro yang kondusif bagi kehidupan mikroorganisme dan tanaman terutama pada musim kering. Keragaman tajuk (*multi strata*) berbagai

spesies pohon, tanaman semusim bersama seresahnya di permukaan tanah disamping dapat berfungsi mengurangi energi kinetik pukulan butir hujan pada permukaan tanah, juga dapat mempertahankan iklim mikro akibat meningkatnya penutupan tanah.

Tajuk tanaman dan seresah yang berada di permukaan lahan akan mengurangi suhu tanah dan berpengaruh dalam proses dekomposisi dan mineralisasi (pelepasan hara). Keanekaragaman spesies tanaman dengan tajuk dan perakaran yang berbeda, dapat meningkatkan pemanfaatan sumberdaya yang tersedia secara efisien, baik dalam pemanfaatan sinar matahari, unsur hara dan air. Keragaman tanaman akan mengurangi pelindian N dalam tanah, dan juga penting dalam mempertahankan pasokan substrat bagi ekosistem tanah-tanaman secara berkelanjutan. Sebagai imbalannya, komunitas biota tanah akan memberikan layanan lingkungan yang akan menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman.

Sistem agroforestri meningkatkan kualitas tanah, yang ditunjukkan oleh perbaikan struktur tanah (peningkatan berat volume tanah), lengas tanah, kesuburan kimia yang ditunjukkan oleh nisbah C/N, dan kesuburan biologi tanah yang ditunjukkan oleh peningkatan aktivitas dan diversitas biota tanah (Solehani dan Suwarji, 2007). Masuknya tanaman tahunan (hutan) dalam sistem agroforestri mempunyai potensi mampu mengeksplorasi hara yang tak terjangkau oleh perakaran semusim, menangkap hara yang bergerak turun maupun yang bergerak lateral dalam profil tanah, dan melarutkan bentuk hara recalcitrant yang tidak tersedia bagi tanaman semusim. Pada tanaman tahunan lebih efisien memanfaatkan N dan pengendalian pelindian NO_3 melalui pemanfaatan kembali hara di bawah zone eksploitasi akar tanaman dengan bantuan pepohonan berakar dalam, dikenal dengan istilah

nutrient pumping (Purwanto, 2007). Dengan memasukan ternak dalam usaha tani agroforestri, menambah pasokan pupuk organik dalam usaha taninya sehingga pengelolaan kesuburan tanahnya akan lebih terjamin.

Dalam sistem agroforestri melalui keragaman masukan seresah dan keragaman perakarannya, mampu mempertahankan aktifitas dan keragaman biota tanah. Seresah yang berada di permukaan tanah akan mendorong aktivitas biota tanah yang termasuk *soil ecosystem engineers* sehingga memperbaiki pori tanah. Pertanian yang berbasis pohon lebih mampu merawat diversitas cacing tanah dari pada pertanian semusim (Dewi, *et al.*, 2007). Biodiversitas dalam tanah berperan penting dalam keberlanjutan fungsi ekosistem, antara lain sebagai agen pendorong primer dalam siklus keharaan, mengatur dinamika bahan organik tanah dan penyerapan C.

Penetrasi berbagai perakaran tanaman ke dalam profil tanah pada sistem agroforestri dapat menciptakan lapisan subsoil yang granuler dan menciptakan pori yang tidak mudah tersumbat sehingga memacu perkembangan mikro morfologi tanah. Kombinasi antara adanya penetrasi akar tanaman, bahan organik tanah, aktivitas biota tanah dan stabilitas sifat fisik tanah akan memperbaiki porositas dan ekosistem mikro tanah. Pengembangan sistem agroforestri di lahan marginal masam (Ultisol dan Oxisol) yang kahat hara P, menunjukan bahwa penerapan sistem ini mampu meningkatkan kandungan P-total tanah, peningkatan P-labil yang didominasi oleh P-organik labil (Utami *et al.*, 2007).

Kemampuan agroforestri untuk meningkatkan kualitas fisik, biokimia, morfologi tanah dan air tanah merupakan hal yang penting dan vital mengingat hal-hal tersebut merupakan faktor pembatas utama bagi produktivitas lahan kering. Beberapa keuntungan yang diperoleh melalui

penerapan sistem agroforestri meliputi : 1) mampu mengoptimalkan input lokal, 2) meningkatkan pendapatan petani dan mengurangi resiko kegagalan total, 3) menyediakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat, 4) sifatnya yang tidak bertentangan dengan kondisi sosial masyarakat, dan 5) mempunyai peran penting dalam upaya rehabilitasi lahan kritis dan peningkatan kualitas lahan.

Agroforestri dapat mengurangi resiko petani mengalami gagal panen total. Jika salah satu jenis tanaman gagal akibat musim atau hama penyakit, atau resiko perkembangan pasar yang sulit diperkirakan, maka tanaman yang lain masih bisa diharapkan untuk panen. Agroforestri juga dapat berperan sebagai kebun dapur yang memasok bahan makanan pelengkap (sayuran, buah, rempah, bumbu). Keanekaragaman sumber nabati dan hewani dalam sistem agroforestri dapat menyerupai peran hutan alam dalam menyediakan beragam hasil yang akhir-akhir ini semakin langka dan mahal seperti kayu, bahan pangan, bahan atap, tanaman obat, dan lain-lain.

KESIMPULAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang kritis terkena dampak pemanasan global. Petani telah mengalami dampak perubahan iklim global, seperti gagal panen (puso) karena penyimpangan musim, kekeringan berkepanjangan dan banjir. Perubahan iklim global juga berdampak terhadap ketidakseimbangan jumlah air di musim kemarau dan musim hujan di kawasan DAS. Pada saat musim kemarau, petani semakin kekurangan air, sedangkan di musim penghujan terancam banjir, erosi dan longsor.

Penerapan pola usaha tani secara agroforestri merupakan salah satu bentuk upaya adaptasi terhadap dampak perubahan iklim global. Agroforestri sangat tepat untuk dikembangkan dalam pengelolaan DAS

dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim, dengan pertimbangan: 1) lapisan tajuk yang berstratifikasi mampu menutup permukaan tanah secara efektif dari pukulan air hujan sehingga mengurangi erosi dan mencegah longsor, serta meningkatkan pasokan dan cadangan air tanah; 2) variasi tanaman membentuk jaringan perakaran yang kuat baik pada lapisan tanah atas maupun bawah, akan meningkatkan stabilitas tebing, sehingga mengurangi kerentanan terhadap longsor; 3) merehabilitasi lahan melalui peningkatan kesuburan fisika (perbaikan struktur tanah dan kandungan air), kesuburan kimia (peningkatan kadar bahan organik dan ketersediaan hara), kesuburan biologi tanah (meningkatkan aktivitas dan diversitas), dan morfologi tanah (pembentukan solum); 4) meningkatkan pendapatan petani dan menekan resiko kegagalan panen; dan 5) merehabilitasi lahan kritis.

Konservasi daerah tebing rawan longsor dapat dilakukan melalui penghijauan dengan pola tanam, variasi tanaman dengan sistem perakaran dalam yang diselingi dengan tanaman yang lebih pendek dan ringan, permukaan tanah ditanami rumput, dan disertai perbaikan drainase agar stabilitas lereng tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2005. Revitalisasi pertanian, perikanan, dan kehutanan indonesia. Jakarta.
- 2002. Pedoman praktek konservasi tanah dan air, BP2TPDAS IBB. Surakarta.
- Dewi, W.S. 2007. ALIH GUNA HUTAN MENJADI LAHAN PERTANIAN: Perubahan diversitas cacing tanah dan fungsinya dalam mempertahankan pori makro tanah. PPSUB. Malang.
- Dewi, W.S., Kurniatun H., Didik S. 2007. Layanan ekologi cacing jenis penggali tanah dalam mempertahankan makroporositas tanah lahan pertanian bekas hutan. Prosiding HITI IX. Yogyakarta.
- Prayogo, C. 2007. Karakteristik lahan wilayah bencana longsor di SubDAS Kaliputih. Jember. Prosiding HITI. IX. Yogyakarta

- Kurniatun, H. 2002. Akar pertanian sehat (konsep dan pemikiran). UNIBRAW. Malang.
- Kurniatun H., Ari S., Veronika K., Didik S., Widiyanto dan Miene V.N. 2007. Peran akar pohon dalam mencegah gerakan tanah. Prosiding HITI. IX. Yogyakarta.
- Kurniatun, H. 2007b. Draft Modul 1, Perubahan Iklim Global: Apa dan bagaimana terjadinya? Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Malang
- Kurniatun, H. 2007b. Draft Modul 2, Perubahan Iklim Global: Dampak dan bahayanya. Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Malang
- Murdiyarto, D. dan Kurnianto, S. 2007. Peranan vegetasi dalam mengatur pasokan air. Workshop peran hutan dan kehutanan dalam meningkatkan daya dukung DAS. Surakarta.
- Nana Mulyana, Cecep Kusumah, Kamarudin Abdullah, dan Lilik B. Prasetio. 2007. Hubungan luas tutupan hutan terhadap potensi banjir dan koefisien limpasan di beberapa das di Indonesia. Workshop Peran hutan dan kehutanan dalam meningkatkan daya dukung DAS. Surakarta.
- Purwanto. 2007. Pengendalian nitrifikasi melalui pengaturan kualitas seresah pohon penang, pada lahan agroforestri berbasis kopi. Disertasi S3, PPSUB. Malang.
- Sri Rahayu Utami, Syahrul Kurniawan, Sondang Rajagukguk, Cahyo Prayogo. 2007. Apakah sistem agroforestry dapat memperlambat kemunduran kesuburan tanah pada lahan terdegradasi. Prosiding HITI IX. Yogyakarta.
- Syahrul Kurniawan, Didik Suprayogo, Zaenal Kusuma, Mohadi Nurhada. 2007. Potensi pohon dalam meningkatkan kekuatan geser tanah di daerah aliran sungai bango. Prosiding HITI IX Yogyakarta.
- Sukresna. 2007. Peran hutan dalam mengendalikan tanah longsor. Workshop peran hutan dan kehutanan dalam meningkatkan daya dukung DAS. Surakarta.
- Suntoro. 2004. Dampak pembangunan terhadap lahan dan tata ruang dan upaya penanganannya. PPLH. UNS.
- 2005. Pengelolaan tanah dan air yang berkelanjutan. PPLH. UNS
- 2005. Pembangunan berkelanjutan dalam otonomi daerah. PPLH. UNS
- 2005. Dampak kegiatan pembangunan terhadap degradasi lahan pertanian. disampaikan dalam seminar nasional pengelolaan lahan kritis. HITI Komda Jateng-DIY. Surakarta.
- 2006. Dampak kegiatan pembangunan terhadap degradasi DAS dan upaya penanganannya. Surakarta.
- 2006. Degradasi lahan & ancaman bagi pertanian. Solo Pos 7/11/06.

- 2006. Hujan : antara harapan & ancaman. Solo Pos.29/12/06.
- 2007. Konsep pengelolaan sungai di era Otda. Solo Pos 24/1/07.
- 2007. Pupuk organik dan masa depan stok pangan. Solo Pos 14/2/07.
- 2007. Pertanian organik, integrasi ternak dan tanaman. Solo Pos.7/3/07.
- 2007. Mencari sumber pupuk organik. Solo Pos.28/3/07.
- 2007. Petani, pahlawan kehidupan yang terabaikan. Solo Pos.21/4/07.
- 2007. Minyak jarak & alternatif bioenergi. 15/8/07.
- 2007. Menerapkan pola usaha tani konservasi. Solo Pos.23/10/07.
- 2007. Pertanian sehat ramah lingkungan . Solo Pos 5/12/07.
- 2007. Mewaspada banjir dan longsor. Solo Pos 28/12/07.
- Umu Solean dan Suwarji. 2007. Mencari indikator cepat untuk menilai perubahan kualitas lahan di bawah tegakan wana tani (agroforestri) lahan kering marjinal. Prosiding HITI IX Yogyakarta.
- WWF. 2006. Apa yang harus dilakukan oleh Indonesia untuk beradaptasi dengan dampak ekstrem pemanasan global?
<http://www.wwf.or.id/index.php?fuseaction=press.detail&language=i&id=PRS1149220173>