

SISTEM AGROFORESTRI DAN EUTROFIKASI DANAU UNTUK KELESTARIAN BIOFISIK DAS DAN KESEJAHTERAAN MASYARAKAT *)

Oleh: Ir. Samuel P. Ratag, MP **)

I. PENDAHULUAN

Sumberdaya alam merupakan keadaan lingkungan alam yang mempunyai nilai untuk memenuhi kebutuhan manusia. Terpenuhinya kebutuhan dan meningkatnya kesejahteraan manusia secara terus menerus tergantung pada pengelolaan sumberdaya alam yang didasarkan atas prinsip kelestarian hasil.

Danau merupakan salah satu sumberdaya alam yang dapat memberikan manfaat bagi manusia dalam beberapa kemungkinan pengembangannya, antara lain pembangkit tenaga listrik tenaga air, irigasi, air domestik, industri, transportasi, perikanan, dan rekreasi.

Danau sebagai ekosistem akan berubah menjadi daratan dalam jangka waktu tertentu (Soeriaatmadja, 1979). Perubahan ekosistem danau menjadi daratan dapat dipercepat oleh aktivitas manusia seperti penebangan hutan, perladangan berpindah, dan cara bercocok tanam yang kurang baik pada daerah tangkapan air hujan di sekitar danau. Berbagai aktivitas tersebut ditambah dengan buangan air limbah rumahtangga dan industri dapat menyebabkan meningkatnya jumlah hara dan lumpur yang masuk ke dalam danau. Hal ini menyebabkan proses perubahan dari tingkat trofik yang kurang subur dan akhirnya menjadi daratan (proses eutrofikasi/pengkayaan danau) akan dipercepat. Perubahan ke tingkat yang mengkhawatirkan tersebut akan mempengaruhi beberapa manfaat danau yang selama ini diperoleh, yakni dalam bidang transportasi, perikanan, irigasi, dan pariwisata, sehingga mempengaruhi pula pendapatan daerah dan kesejahteraan masyarakat.

Sebagai suatu ekosistem, danau merupakan satu kesatuan daerah aliran sungai dengan daerah tangkapan air hujan di sekitarnya sehingga perubahan yang terjadi di sekitarnya akan mempengaruhi keberadaan danau tersebut. Di sekitar danau bisa terdapat satu atau lebih kawasan, antara lain kawasan hutan, kawasan pertanian (semusim dan tahunan), kawasan pariwisata, kawasan pemukiman penduduk, kawasan pertambangan, dan lain-lain. Aktivitas di daerah sekitar danau tersebut sangat menentukan besar kecilnya jumlah hara, lumpur, dan limbah rumahtangga yang masuk ke dalam danau. Hara, lumpur, dan limbah rumahtangga tersebut dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan populasi produser primer fotoautotrofik. Ledakan (blooming) populasi tersebut menurut Klapper (1991) akan diikuti dengan meningkatnya populasi organisme tingkat pertama dan berikutnya atau populasi ikan dan organisme lainnya di danau. Pada saat tertentu sejumlah

*) Makalah dibawakan dalam Seminar tanggal 20 Oktober 2005 di Aula BAPELKES, Manado yang diselenggarakan oleh Forum Komunikasi Pengelolaan DAS Tondano.

**) Dosen/Ketua Program Studi Ilmu Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi Manado

organisme yang berhimpun selama ledakan akan mati dan mengalami proses dekomposisi. Kematian dapat diakibatkan oleh berkurangnya tempat hidup karena meningkatnya kerapatan ekologis, ketersediaan makanan yang tidak dapat mencukupi kebutuhan organisme yang mengalami ledakan populasi, meningkatnya derajat kekeruhan air, serta berkurangnya oksigen karena perampasan oksigen oleh organisme yang berperan dalam proses pembusukan bahan-bahan organik. Baik organisme tumbuhan dan hewan yang mati akan terurai dan mengendap di dasar danau bersama-sama dengan lumpur yang masuk ke danau. Apabila jumlah hara, lumpur, dan limbah rumah tangga yang masuk kian meningkat dalam jangka waktu tertentu, maka akan mempercepat dan merubah tingkat perkembangan danau hingga menjadi daratan.

Salah satu alternatif yang merupakan solusi eutrofikasi danau yakni pelaksanaan agroforestri (wanatani). Sistem tersebut dapat dimasukkan dalam pengelolaan terpadu suatu DAS berdasarkan perannya dalam dua sisi, yakni jasa lingkungan dan peningkatan pendapatan masyarakat melalui peningkatan produksi tanaman pertanian dan/atau hewan ternak dan pohon.

Di satu sisi, yakni memberikan jasa lingkungan, berkaitan dengan pengurangan hara dan lumpur yang masuk ke dalam danau. Konsekuensinya antara lain adalah danau menjadi kurang subur dengan arah menuju oligotrofik dan berkurangnya pendapatan di sektor perikanan karena menurunnya produktivitas bersih (fotosintesis bersih) oleh organisme produsen. Berkurangnya pendapatan di sektor perikanan mungkin dapat dieliminir oleh sisi lainnya yakni meningkatnya pendapatan masyarakat melalui peningkatan produksi tanaman pertanian dan/atau hewan ternak dan pohon. Diharapkan bahwa bila pendapatan meningkat maka hal itu akan mendorong peningkatan pendidikan sekaligus kesadaran akan peningkatan kualitas lingkungan hidup, partisipasi aktif dalam pengelolaan terpadu, dan berkurangnya tekanan terhadap sumberdaya alam di sekitar danau.

Makalah ini diharapkan dapat menjadi landasan teoritis dalam penyusunan Peraturan Daerah Provinsi Sulawesi Utara tentang Pengelolaan DAS Tondano. Pengetahuan tentang agroforestri dan hubungannya dengan eutrofikasi danau seyogianya menjadi dasar dalam membuat aturan-aturan yang ditujukan untuk mempertahankan dan memperbaiki komponen biologis dan fisik DAS termasuk di dalamnya ekosistem Danau Tondano dan aturan-aturan yang memberikan peluang penerapan sistem agroforestri. Kombinasi tanaman semusim dan/atau ternak dengan pohon dalam sistem agroforestri memberikan kontribusi bagi meningkatnya pendapatan masyarakat dalam jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang.

II. SISTEM AGROFORESTRI

A. Definisi dan Konsep Agroforestri

Pada awal perkembangannya, istilah agroforestri masih meragukan dan membingungkan banyak ahli. Sekitar akhir tahun 1970-an dan awal tahun 1980-an para ahli yang telah memiliki pengalaman dan pengetahuan tentang agroforestri masih belum bisa mendefinisikan secara jelas apa yang dimaksud dengan agroforestri (Nair, 1993). Definisi yang sekarang ini banyak digunakan dalam publikasi-publikasi *International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF) dan telah diterima secara luas menurut Nair (1993) adalah definisi yang dikemukakan oleh Lundgren dan Raintree (1982), bahwa agroforestri merupakan sekumpulan nama untuk sistem-sistem dan teknologi-teknologi penggunaan lahan dimana tanaman tahunan berkayu dengan sengaja digunakan pada unit-unit pengelolaan lahan yang sama beserta dengan tanaman pertanian dan/atau hewan, dalam berbagai bentuk pengaturan ruang maupun pengaturan waktu. Dalam definisi tersebut, tersirat bahwa :

- dalam sistem agroforestri biasanya ada dua atau lebih jenis tanaman (atau tanaman dan hewan), sekurang-kurangnya satu diantaranya merupakan tanaman tahunan berkayu.
- sistem agroforestri selalu menghasilkan dua atau lebih output.
- siklus suatu sistem agroforestri selalu lebih dari satu tahun.
- sistem agroforestri lebih kompleks dibandingkan dengan sistem pertanaman tunggal.

B. Karakteristik Sistem Agroforestri

Secara teoritis, semua sistem agroforestri memiliki 3 (tiga) karakteristik, yakni :

1. Produktivitas

Pada umumnya sistem agroforestri bertujuan untuk memelihara atau meningkatkan produksi (komoditi) serta produktivitas (lahan). Agroforestri dapat meningkatkan produktivitas dalam berbagai cara, yakni meningkatkan output dari produk pohon, memperbaiki hasil dari tanaman yang diasosiasikan, mengurangi input-input pada sistem pertanaman, dan meningkatkan efisiensi tenaga kerja.

2. Sustainibilitas

Dengan menjaga potensial produksi setiap sumberdaya, terutama melalui pengaruh tanaman tahunan berkayu yang menguntungkan terhadap tanah, maka agroforestri dapat mencapai tujuan menjaga kesuburan dan konservasi tanah.

3. Adoptabilitas

Kenyataan bahwa agroforestri merupakan nama baru untuk praktek lama, hal ini berarti agroforestri lebih mudah diterima oleh masyarakat petani. Akan tetapi implikasinya disini adalah introduksi teknologi agroforestri yang baru maupun yang telah diperbaiki pada daerah yang baru harus sesuai dengan praktek pertanian lokal (Nair, 1993).

C. Klasifikasi Sistem Agroforestri

Sistem agroforestri dapat diklasifikasikan menurut beberapa kriteria berikut ini :

1. Basis Struktural

Berkaitan dengan komposisi jenis, termasuk pengaturan ruang komponen kayu, stratifikasi vertikal semua komponen, dan pengaturan waktu komponen yang berbeda-beda tersebut.

2. Basis Fungsional

Berkaitan dengan fungsi atau peran utama dari sistem, biasanya diberikan oleh komponen kayu (perlindungan alam, seperti penahan angin, tempat hewan berlindung, dan konservasi tanah).

3. Basis Sosial Ekonomi

Berkaitan dengan level input pengelolaan (input rendah dan tinggi) atau intensitas atau skala pengelolaan tujuan komersil (subsisten, komersial, intermediat).

4. Basis Ekologi

Berkaitan dengan kondisi lingkungan dan kesesuaian ekologis daripada sistem yang didasarkan atas asumsi bahwa tipe sistem tertentu bisa lebih sesuai untuk kondisi ekologis tertentu ; yakni, adanya pemisahan sistem agroforestri untuk lahan arid dan semiarid, dataran tinggi tropis, dataran rendah tropis basah, dan lain-lain.

Berpijak pada keempat basis tersebut, maka klasifikasi sistem agroforestri terdiri dari empat macam, yaitu :

a. Klasifikasi Sistem Agroforestri Berdasarkan Struktur

Klasifikasi sistem agroforestri berdasarkan struktur terdiri dari dua macam, yakni :

1. Berdasarkan Tipe Komponen

Dalam sistem agroforestri ada tiga set elemen atau komponen dasar yang dikelola oleh pengguna lahan, yaitu : 1) pohon atau tanaman tahunan berkayu, 2) herba (tanaman pertanian, termasuk makanan ternak), dan 3) hewan.

Sistem penggunaan lahan yang didesain sebagai suatu sistem agroforestri harus selalu memiliki komponen pohon atau tanaman tahunan berkayu. Bentuk-bentuk kombinasinya tergantung pada komponen-komponen penyusunnya. Nair (1985) menyatakan bahwa ada tiga bentuk utama sistem agroforestri, yakni :

- Agrisilvikultur : kombinasi antara tanaman pertanian (termasuk semak, tanaman merambat) dengan tanaman tahunan berkayu.
- Silvopastoral : kombinasi antara peternakan dengan tanaman tahunan berkayu.
- Agrosilvopastoral : kombinasi antara tanaman pertanian, peternakan dengan tanaman tahunan berkayu.

2. Berdasarkan Pengaturan Komponen

Pengaturan tanaman dalam kombinasi multispesies meliputi dimensi ruang dan waktu. Pengaturan ruang bervariasi dari tegakan campuran yang padat/rapat hingga jarang. Padat misalnya pekarangan, sedangkan jarang misalnya silvopastoral. Pengaturan ruang dapat dilakukan dalam bentuk strip dengan lebar yang bervariasi, atau sebagai tanaman pagar/batas lahan.

b. Klasifikasi Sistem Agroforestri Berdasarkan Fungsi

Produksi dan perlindungan merupakan atribut yang mendasari sistem agroforestri. Semua bentuk agroforestri memiliki fungsi produksi dan perlindungan dengan derajat yang berbeda-beda. Perbedaan derajat tersebut menghasilkan dominasi relatif di antara kedua fungsi tersebut sehingga suatu sistem dapat dikatakan sistem yang produktif maupun sistem yang protektif tergantung pada yang mana yang lebih dominan. Nair (1985) menyatakan bahwa untuk fungsi produktif, yaitu pangan, makanan ternak, kayu bakar, produk kayu lainnya, dan lain-lain, sedangkan untuk fungsi protektif, yaitu windbreak, shelterbelt, konservasi tanah, konservasi kelembaban, perbaikan tanah, naungan (untuk tanaman pertanian, hewan, dan manusia), dan lain-lain.

c. Klasifikasi Sistem Agroforestri Secara Ekologis

Sistem agroforestri dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristik lingkungan tempat tumbuh. Nair (1985) membaginya dalam beberapa golongan, yakni tropika basah dataran rendah, tropika basah dataran tinggi (> 2000 m d.p.l.), sub tropika basah dataran rendah (misalnya zone savanna di Afrika, Cerrado Amerika Selatan), dan sub tropika basah dataran tinggi (misalnya di Etiopia, Kenya). Penentuan klasifikasi secara ekologis, selain didasarkan atas hasil pengamatan di lapangan dengan luas tertentu, juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan peta iklim yang telah ada.

d. Klasifikasi Berdasarkan Kriteria Sosial Ekonomi

Kriteria sosial ekonomi seperti skala produksi, level input teknologi dan pengelolaan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasikan sistem agroforestri. Kriteria sosial

ekonomi dapat dikualifikasikan dalam beberapa macam, tergantung pada tujuan pembagiannya, misalnya skala besar, menengah, dan kecil; level input teknologi tinggi (*high input*) dan input teknologi rendah (*low input*). Lundgren (1982), sebagai contoh, mengelompokkan dalam sistem komersial, intermediat dan subsisten.

III. EUTROFIKASI DANAU

A. Perubahan Tingkat Trofik Danau

Suatu karakteristik penting ekosistem danau adalah tingkat trofik yang dicirikan oleh bioaktivitas produser primer fotoautotrofik (Klapper, 1991). Tingkat trofik menunjukkan pula produktivitas yang berubah-ubah menurut tahap-tahap tertentu dalam pertumbuhan danau. Pada masa awalnya, danau berada pada keadaan dimana kandungan unsur hara dan produktivitasnya rendah (Welch, 1952; Klapper, 1991). Danau-danau dengan kondisi demikian disebut danau oligotrofik. Owen (1980) menyatakan bahwa bertambahnya hara dan lumpur menyebabkan naiknya produktivitas sehingga pada tingkat tertentu terdapat suatu kondisi yang memiliki produktivitas tinggi, dasar berbecek atau berlumpur, air yang keruh, air yang lebih panas, dan lain-lain. Kondisi demikian disebut eutrofik. Perubahan dari kondisi oligotrofik ke kondisi eutrofik disebut eutrofikasi atau proses pengkayaan danau. Soeriaatmadja (1979) menyatakan bahwa akhir dari proses perubahan danau adalah daratan. Klapper (1991) memberikan definisi eutrofikasi sebagai suplai allochthonous nutrien-nutrien dan pelepasan komponen-komponen anorganik melalui proses mineralisasi dari bahan organik. Masuknya oksigen ke dalam air melalui aktivitas tumbuh-tumbuhan yang berfotosintesis, tetapi selang waktu tertentu berikutnya, setelah tumbuh-tumbuhan (alga atau makrofit) mati, jumlah oksigen berkurang karena dikonsumsi oleh proses dekomposisi biomasa yang dihasilkan. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa eutrofikasi merupakan proses meningkatnya produksi primer yang disebabkan oleh input hara secara alami maupun akibat pengaruh aktivitas manusia.

Dalam hubungan antara eutrofikasi dengan air sebagai kebutuhan manusia, Clark *et al.* (1971) mengemukakan bahwa eutrofikasi merupakan proses dimana suatu danau menjadi kaya akan unsur hara dan menunjukkan ciri-ciri kualitas air yang tidak layak untuk digunakan oleh manusia. Remmert (1980) menegaskan lebih lanjut bahwa eutrofikasi adalah proses yang berbahaya karena merupakan ancaman terhadap kehidupan danau dimana danau-danau yang mengalami proses ini segera menuju pada kematian, dimulai dengan berkurangnya jenis.

Keadaan sekeliling danau sangat menentukan tingkat perubahan danau itu sendiri, apalagi jika wilayah tersebut telah dikuasai oleh manusia. Oleh aktivitas manusia, proses

perubahan danau semakin dipercepat. Proses ini disebut kultural eutrofikasi (Whittaker, 1975; Owen, 1980).

Pada kasus tertentu, yang menyebabkan penambahan unsur hara yang sangat pesat ke danau akan terjadi perkembangbiakan alga planktonik yang hebat (Remmert, 1980). Akibatnya, kekeruhan bertambah sehingga penetrasi cahaya menjadi dangkal dan fotosintesis terpusat pada lapisan permukaan saja. Bahaya bertambah setelah terjadi kematian tumbuhan renik yang populasinya meledak dalam jumlah yang besar pada kedalaman tertentu. Dekomposisi oleh bakteri merupakan proses yang membutuhkan oksigen, menggunakan semua oksigen terlarut dalam air danau. Perampasan oksigen ini mengakibatkan kematian hewan-hewan. Soeriaatmadja (1979) menyatakan bahwa adanya pembusukan bahan organik menyebabkan danau semakin dangkal oleh karena pengendapan bahan tersebut.

Secara umum, beberapa akibat ekologis dalam danau karena proses eutrofikasi adalah sebagai berikut :

1. Meningkatnya produktivitas primer plankton, populasi tumbuhan di bawah dan di permukaan air.
2. Meningkatnya produktivitas sekunder dalam organisme yang merupakan makanan ikan dan dalam tubuh ikan.
3. Tingginya pengeluaran substansi-substansi yang berbahaya karena bioakumulasi dan berpindah ke sedimen bagian bawah.
4. Meningkatnya jumlah bakteri.
5. Berkurangnya transparansi; mengurangi masuknya cahaya yang dibutuhkan oleh alga plankton sehingga produktivitas menjadi terbatas karena naungan.
6. Terganggunya fluktuasi neraca oksigen siang hari - malam hari dan perkembangan mintakat anaerobik yang menghasilkan H_2S dalam air dan sedimen. Hal ini dapat menyebabkan kematian ikan.
7. Mempersempit tempat hidup bagi ikan dan organisme-organisme yang menjadi makanannya.
8. Menambah endapan lumpur pada tubuh air melalui pembusukan tumbuhan yang mati.
9. Perubahan kuantitas dan kualitas proses-proses konversi material, perubahan susunan jenis, dan hilangnya habitat hewan liar yang hidupnya berhubungan dengan danau (Klapper, 1991).

Kesuburan danau merupakan fungsi dari keseluruhan daerah aliran sungai (DAS). Laju input hara ke dalam danau penting untuk diketahui dalam menentukan tingkat trofiknya. Konsentrasi hara dalam air, juga merupakan fungsi dari laju pengeluaran hara tersebut melalui outlet atau terpendam dalam lumpur, meskipun proses tersebut tidak begitu fleksibel sebagai input. Jika input dari DAS berubah hanya sedikit, maka kesuburan danau akan tetap konstan (Colinvaux, 1986). Selanjutnya, reaksi kesuburan danau sangat cepat terhadap pengkayaan hara karena aktivitas manusia yang meningkatkan limbah

rumahtangga, fosfat dari detergen, maupun runoff dari daerah pertanian. Proses-proses yang terjadi di daerah tangkapan air hujan dimana bila hujan turun akan terjadi limpasan permukaan yang membawa input hara ke dalam danau. Secara alami, input-input dan output-output hara/nutrien adalah relatif setara. Apabila pengkayaan hara berlangsung terus, maka danau akan mengalami polusi yang menyebabkan danau tersebut semakin eutrofik. Polusi mengakibatkan eutrofikasi. Tingkat polusi DAS harus dipertahankan atau danau akan cenderung kembali pada kondisi awalnya.

Respons mendasar terhadap pengkayaan hara adalah peningkatan laju dimana hara tersimpan dalam lumpur. Apa yang terjadi selanjutnya adalah produksi biologis meningkatkan konsentrasi hara di daerah epilimnion. Bahan-bahan yang mati akan meningkat secara proporsional. Hara yang tersimpan dalam biomasa tumbuh-tumbuhan akuatik berakar juga meningkat. Jadi, terdapat proses dalam danau yang mengatur output hara. Pengatur utama keadaan hara dari danau adalah pengendalian input-input hara dalam DAS secara keseluruhan.

Perubahan jumlah input hara ke dalam danau bisa terjadi bila daerah di sekitar danau berubah dimana suplai hara yang terbawa oleh limpasan permukaan meningkat. Meningkatnya input hara dapat disebabkan karena perubahan tipe penutup tanah dimana apabila hujan turun, akan mencuci hara yang terlepas dari butiran-butiran tanah.

C. Ciri-ciri Kuantitatif Tingkat Trofik Danau

Tingkat trofik danau dapat dibagi dalam empat tipe, yaitu oligotrofik, mesotrofik, eutrofik, dan distrofik. Ciri-ciri kuantitatif empat tipe tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat-tingkat Trofik Di Danau Berdasarkan Karakteristik Tertentu *)

Karakteristik	Tingkat Trofik			
	Oligotrofik	Mesotrofik	Eutrofik	Distrofik
Produktivitas Primer neto (gr/m ² /tahun)	15-50	50-150	150-500	10-100
Biomassa Fitoplankton (ppb)	20-200	200-600	600-10000	20-400
Total Bahan Organik (ppm)	1-5	2-10	10-10000	20-100
Klorofil a (ppb)	0,3-3	2-15	10-500	0,01-2
Penetrasi cahaya (m)	20-120	5-40	3-20	1-5
Total Fosfat (ppb)	1-5	5-10	10-30	1-10
Nitrogen Anorganik (ppb)	1-200	200-400	300-650	1-200
Total Anorganik Terlarut (ppm)	2-20	10-200	100-500	50-100

*) Sumber : Whittaker (1975)

IV. IMPLEMENTASI SISTEM AGROFORESTRI SEBAGAI SALAH SATU SOLUSI PROSES EUTROFIKASI DANAU

Berdasarkan definisi agroforestri yang telah dikemukakan sebelumnya menyiratkan bahwa setiap praktek agroforestri selalu mempunyai komponen pohon di dalamnya. Komponen pohon tersebut sangat terkait dengan dua karakteristik agroforestri, yakni produktivitas dan sustainabilitas. Dari sisi produktivitas, selain meningkatkan produksi (komoditi), juga meningkatkan produktivitas lahan. Dari sisi sustainabilitas, pohon berpengaruh menguntungkan terhadap tanah, sehingga dapat dikatakan bahwa agroforestri dapat mencapai tujuan menjaga kesuburan dan konservasi tanah.

Beberapa pengaruh pohon yang menguntungkan dalam hal menjaga kesuburan dan konservasi tanah, yakni :

1. *Penambahan dalam tanah:*
 - a. Memelihara atau meningkatkan bahan organik
 - b. Fiksasi nitrogen
 - c. Penyerapan hara
 - d. Input atmosferik
 - e. Eksudasi substansi pendukung pertumbuhan ke dalam rizosfer
2. *Pengurangan kehilangan dari tanah:*
 - a. Perlindungan dari erosi
 - b. Pengembalian hara (meningkatkan efisiensi penggunaan hara)
3. *Pengaruh terhadap sifat fisik tanah:*
 - a. Pemeliharaan atau perbaikan sifat fisik seperti struktur, porositas, kelembaban, dan ketahanan terhadap erosi
 - b. Modifikasi suhu tanah yang ekstrim
4. *Pengaruh terhadap sifat kimia tanah:*
 - a. Pengurangan keasaman
 - b. Pengurangan salinitas dan sodisitas
 - c. Pengurangan kehilangan bahan organik tanah oleh oksidasi

Hubungan antara pelaksanaan sistem agroforestri dengan masalah eutrofikasi danau terletak pada kemampuan sistem agroforestri dalam menjaga kesuburan dan konservasi tanah dan perlakuan yang diperlukan untuk mengurangi jumlah hara dan lumpur yang akan masuk ke danau.

Daerah di sekitar danau dapat terdiri dari berbagai kawasan seperti hutan, pertanian, pemukiman, pertambangan, industri, dan lain-lain. Di antara berbagai kawasan tersebut, dari berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan hutan dengan berbagai jenis

tumbuhan termasuk pepohonan dalam beberapa stratum tajuk menghasilkan erosi tanah yang kecil.

Bila kita menginginkan proses eutrofikasi danau terhambat maka suatu hal penting yang harus dilakukan adalah mengurangi jumlah hara dan lumpur yang masuk ke danau. Dengan mengurangi jumlah hara dan lumpur, danau akan berkembang dari kondisi subur menjadi kurang subur, seperti yang telah dipelajari oleh Mackereth (1985); Cowgill dan Hutchinson (1964); Harison (1962) (Riyanto *et al*, 1985). Untuk itu diperlukan perlakuan pada kawasan di sekitar danau berkaitan dengan usaha menghambat proses menuju daratan. Salah satu alternatif adalah pelaksanaan agroforestri.

Penerapan konsep agroforestri di suatu tempat diharapkan akan tercipta kondisi yang mirip dengan hutan alam. Kondisi hutan alam telah diteliti ternyata menghasilkan erosi (ton/ha/tahun) yang rendah. Pada Tabel 2 dapat dilihat laju erosi tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di daerah tropis.

Tabel 2. Laju Erosi Tanah di Ekosistem-ekosistem Daerah Tropis

Sistem Penggunaan Lahan	Erosi (ton/ha/tahun)		
	Minimum	Median	Maksimum
Perkebunan dengan tajuk berlapis	0.01	0.06	0.14
Hutan hujan alami	0.03	0.30	6.16
Perladangan berpindah, periode bera	0.05	0.15	7.40
Hutan tanaman, tidak terganggu	0.02	0.58	6.20
Pepohonan dengan penutup tanah atau mulsa	0.10	0.75	5.60
Perladangan berpindah, periode pertanaman	0.40	2.78	70.05
Taungya	0.63	5.23	17.37
Pepohonan, gulma dibersihkan	1.20	47.60	182.90
Hutan tanaman, serasah dihilangkan	5.92	53.40	104.80

Sumber : Wiersum (1984)

Bila laju erosi (ton/ha/tahun) pada Tabel 2 di klasifikasikan sebagai rendah (< 2), moderat (2-10), dan tinggi (>10), maka laju erosi dapat dibagi menjadi :

Rendah :

Hutan hujan alami

Perladangan berpindah dengan periode bera

Perkebunan dengan tajuk berlapis

Hutan tanaman yang tidak terganggu

Pepohonan dengan tanaman penutup tanah atau mulsa

Moderat hingga Tinggi :

Perladangan berpindah dengan periode pertanaman semusim

Hutan tanaman dengan serasah dihilangkan

Berpijak pada data di Tabel 2, maka dapat dikatakan bahwa dengan pelaksanaan agroforestri maka laju erosi akan lebih sedikit bila dibandingkan dengan praktek pertanian monokultur dan perladangan berpindah tanpa periode bera.

Jadi, bila agroforestri diimplementasikan pada kawasan-kawasan di sekitar danau, terutama kawasan pertanian dan pemukiman, maka jumlah hara dan lumpur yang akan masuk ke danau menjadi berkurang sehingga laju eutrofikasi danau menurun atau menjadi kurang subur atau mengarah pada tingkat oligotrofik. Konsekuensi lainnya adalah menurunnya pendapatan di sektor perikanan karena berkurangnya produktivitas danau berpengaruh terhadap produksi ikan. Disini kita diperhadapkan pada pilihan apakah membiarkan laju eutrofikasi danau semakin meningkat dan secara cepat menjadi daratan atau menurunkan kesuburan danau dengan konsekuensi berkurangnya pendapatan di sektor perikanan.

Pelaksanaan agroforestri ternyata secara hipotesis dapat mengurangi laju eutrofikasi. Akibat menurunnya pendapatan pada sektor perikanan dapat digantikan dengan meningkatnya pendapatan masyarakat dengan dilaksanakannya agroforestri. Mungkin masalah lain yang perlu dipikirkan adalah bagaimana agar sistem agroforestri dapat dilakukan oleh masyarakat. Hal ini sebenarnya berkaitan dengan karakteristik agroforestri yang ketiga, yakni adoptabilitas dengan berbagai pendekatan agar sistem agroforestri dapat diterima atau dilaksanakan.

V. PENUTUP

Masalah eutrofikasi danau atau proses perubahan tingkat trofik danau menuju daratan merupakan hal yang perlu dipikirkan dan dicari solusinya. Salah satu alternatif solusi adalah pelaksanaan sistem agroforestri yang dapat memberikan jasa terhadap lingkungan dan pendapatan. Danau dapat berkembang dari kondisi subur menjadi kurang subur bila jumlah hara dan lumpur yang masuk ke dalam danau dikurangi. Mengurangi jumlah hara dan lumpur dapat terjadi bila sistem agroforestri dilaksanakan. Telah ada bukti bahwa sistem agroforestri dengan komponen pohon di dalamnya dapat mengurangi jumlah hara dan lumpur, selain itu meningkatkan pendapatan masyarakat. Kiranya pengetahuan dalam tulisan ini dapat mendukung terbentuknya aturan-aturan dalam Perda Pengelolaan DAS Tondano yang berpihak pada kelestarian alam dan meningkatnya kesejahteraan masyarakat.