

**MENCARI MAKNA HUTAN TROPIKA HUMIDA MELALUI  
PENGUNGKAPAN KELAKUANNYA SELAKU ANTARMUKA SUMBER-  
DAYA PERHUTANAN DAN SUMBERDAYA TANAH**

**Peluang Penelitian yang Masih Terbuka Lebar untuk Pusat Reboasasi  
dan Rehabilitasi Hutan Tropika Humida Universitas Mulawarman \*)**

**(To Seek the Essence of Humid Tropical Forests Through Their  
Behaviour as Interface Between Forest and Soil Resources.  
A great research opportunity for the Centre for Reforestation  
and Rehabilitation of Humid Tropical Forests of the  
University of Mulawarman).**

**Tejoyuwono Notohadiprawiro \*\*)**

### **Summary**

A forest ecosystem consists of the components biological community and soil system. From the point of human needs, the biological community forms a biotic resource, while the soil system constitutes a soil resource. The importance of forests in maintaining the living environment lays in the interfacial behaviour between these two resources.

This behaviour can be studied through the interchange of matter and energy between the biotic and soil resources. Such studies generally embark on the principles of a steady state. Relevant models are employed to determine factors and processes which produce the steady state.

In this context temporal and spatial factors are of great importance. These means that the significance of forests depends on time and place. Consequently, whatever research policy may be followed, it should be on a long term basis.

### **Ringkasan**

Ekosistem hutan terdiri atas anasir masyarakat hayati dan sistem tanah. Dilihat dari kebutuhan manusia, masyarakat hayati hutan merupakan sumberdaya nabati dan sistem tanah merupakan sumberdaya tanah. Kepentingan hutan dalam pembinaan lingkungan hidup ditentukan oleh kelakuan antarmuka kedua sumberdaya tersebut.

Kelakuan ini diteliti melalui sistem pengalihan bahan dan energi antara sumberdaya nabati dan sumberdaya tanah. Pada lazimnya penelitian ini bertolak dari keadaan tunak. Dengan acuan yang gayut ditelaah faktor dan proses yang menciptakan keadaan tunak itu.

Oleh karena sistem pengalihan bahan dan energi menjadi kunci analisis, faktor waktu dan tempat menjadi penting sekali. Konsekuensi dari ini ialah, bahwa makna hutan ditentukan oleh waktu dan tempat. Konsekuensi lain adalah kebijaksanaan penelitian harus berjangka panjang.

---

\*) Makalah sajian pada Lokakarya Pemanfaatan Pusat Reboisasi dan Rehabilitasi Hutan Tropika Humida Universitas Mulawarman. Samarinda, 3 - 5 Oktober 1981.

\*\*) Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.

## Pendahuluan

Menurut pengertian ekosistem hutan terbagi dua, yaitu hutan alam dan hutan buatan. Ekosistem hutan alam dikendalikan oleh faktor alam, sedang ekosistem hutan buatan dikendalikan oleh faktor alam dan teknologi. Di Indonesia sampai saat ini tinjauan terhadap hutan masih dikuasai oleh dua bentuk kebijaksanaan kehutanan (ke-hutanan = kepentingan yang menyangkut hutan), yaitu (1) Mobilisasi modal kayu dalam hutan alam, dan (2) Menciptakan hutan produksi sebagai komplemen eksploitasi hutan alam dan sumber bahan mentah bagi industri perkayuan. Hal ini barangkali merupakan ciri umum masyarakat sedang berkembang, yang memerlukan sasaran ekonomi jangka pendek (Steinlin, 1979). Dapatlah dimengerti mengapa kegiatan ilmu pengetahuan dan teknologi perhutanan (per-hutanan = hal ihwal hutan menurut konsep lugu) berat menyebelahi pada anasir nabati. Asas sistem pengalihan bahan dan energi yang menopang kehadiran hutan belum memperoleh perhatian semestinya.

Masih diperlukan kebijaksanaan lain yang dapat menjabarkan sepenuhnya hakekat hutan, yang bersasaran kesejahteraan masyarakat jangka panjang. Salah satu bentuknya ialah menggariskan "peranan perhutanan dalam pengembangan masyarakat pedesaan", yang mungkin dapat dikembangkan menjadi "Ilmu Kehutanan Masyarakat". Bentuk kebijaksanaan yang lain ialah menyangkut "gatra perhutanan dari tataruang regional", yang nantinya dapat dikembangkan menjadi "Ilmu Kehutanan Regional" atau "Geografi Kehutanan".

Ada beberapa kepentingan yang dikaitkan pada pembinaan hutan tropika humida, antara lain ilmu pengetahuan, pengembangan dan pelestarian sumberdaya lahan (land-based resources) dan pembinaan lingkungan hidup. Makalah ini hanya khusus membicarakan gatra (aspect) tanah dari berbagai kepentingan yang gayut (relevant).

## Hutan Selaku Antarmuka

Istilah "tanah hutan" yang banyak dipakai sebagai topik tulisan merupakan suatu pernyataan hutan selaku antarmuka (interface) antara sistem tanah dan sistem vegetasi. Tanpa kecuali, wilayah antarmuka selalu bersifat rumit, namun berperanan menentukan kehadiran sistem dan manfaat sistem untuk kehidupan manusia. Antarmuka laut dan darat merupakan kawasan yang mempunyai produktivitas biologi sangat tinggi. Ketersediaan air untuk tanaman ditentukan oleh kegiatan antarmuka antara fasa cair dan padat tanah yang membentuk lengas tanah. Salah satu usaha yang mempan (effective) menanggulangi erosi tanah ialah memapankan (establish) vege-

tasi penutup. Hal ini tidak lain daripada menciptakan kegiatan antarmuka yang mempan antara vegetasi dan tanah.

Dengan menyadur asas termodinamika, kelakuan antarmuka menentukan (1) taraf keterbukaan sistem, yang pada gilirannya menentukan (2) aras keadaan tunak (steady state level) yang dapat dicapai sistem dan laju pencapaiannya dan (3) entropi atau keaturan dakhil (internal order) yang dapat dimiliki sistem. Makin kecil kegiatan antarmuka, sistem makin kurang terbuka, laju pencapaian keadaan tunak makin lambat, aras keadaan tunak makin rendah dan entropi bergerak makin besar atau keaturannya makin rendah. Ini berarti, bahwa daya kerja sistem makin rendah.

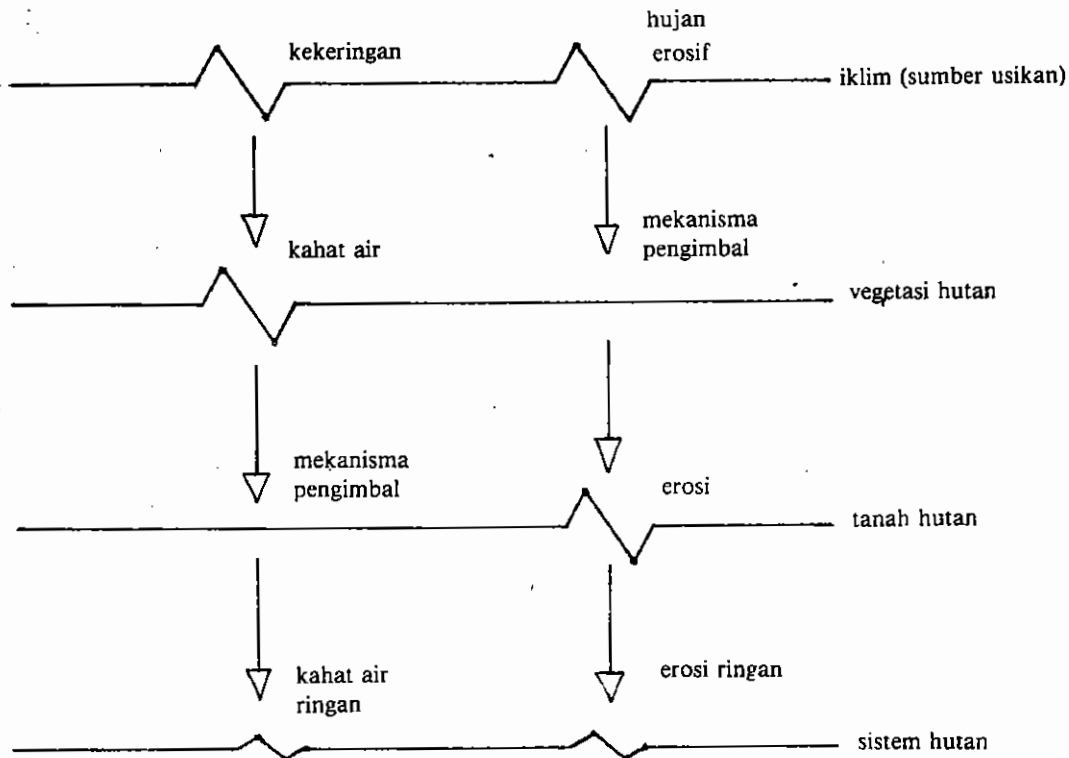
Kepekaan sistem terhadap perubahan ditentukan oleh kapasitas simpan sistem. Sistem dengan kapasitas simpan lebih besar kurang peka terhadap perubahan daripada yang berkapasitas simpan lebih kecil. Maka hutan yang luas dengan susunan flora beraneka, atau tanah yang bersolum dalam atau yang mempunyai cadangan bahan induk banyak, kurang peka terhadap pengaruh lingkungan, berarti lebih mantap. Kemantapan hutan dapat ditingkatkan dengan jalan memampatkan (mengefektifkan) kegiatan antarmuka antara anasir vegetasi dan anasir tanah. Kegiatan antarmuka yang dapat menurunkan kepekaan sistem disebut "mekanisme pengimbal dakhil" (internal compensatory mechanism; Trudgill, 1977). Gambar 1 menjelaskan hal ini. Diagram ini menggunakan iklim sebagai sumber usikan (disturbance). Kekeringan mengusik vegetasi, akan tetapi tidak berpengaruh atas tanah jika diukur dengan skala waktu biologi. Dalam hal ini tanah bertindak sebagai mekanisme pengimbal. Hujan yang erosif mengusik tanah, akan tetapi tidak berpengaruh atas vegetasi.

### **Anasir Tanah**

Berdasarkan konsep sumberdaya, tanah diperlakukan sebagai suatu sistem. Hal yang dipentingkan menurut gagasan sistem ialah :

1. Keadaan tanah dan faktor yang mempengaruhi keadaan itu
2. Organisasi atau struktur fungsi (functional structure) tanah dan dinamika proses yang menjadikan organisasi itu

Keadaan tanah merupakan kenyataan yang kita hadapi, yang dapat diperikan (described) menurut tanda pengenal (attribute), sifat (property) atau mutu (quality). Pemerian yang menunjukkan keadaan khas disebut ciri (characteristic). Tanda pengenal dan sifat tanah berkelakuan sebagai variabel karena dipengaruhi oleh faktor keadaan (state factors). Karena ada kesaling-tergantungan antar pemerian, ada pemerian yang memastikan nilai beberapa pemerian lain. Misalnya, struktur memastikan porositas, agihan besar pori (pore size distribution) dan permeabilitas. Kumpulan pemerian yang secara bersama memastikan nilai semua pemerian yang lain dinamakan variabel



**Gambar 1. Usikan dan perbedaan tingkat kepekaan antar anasir sebagai mekanisme pengimbal**

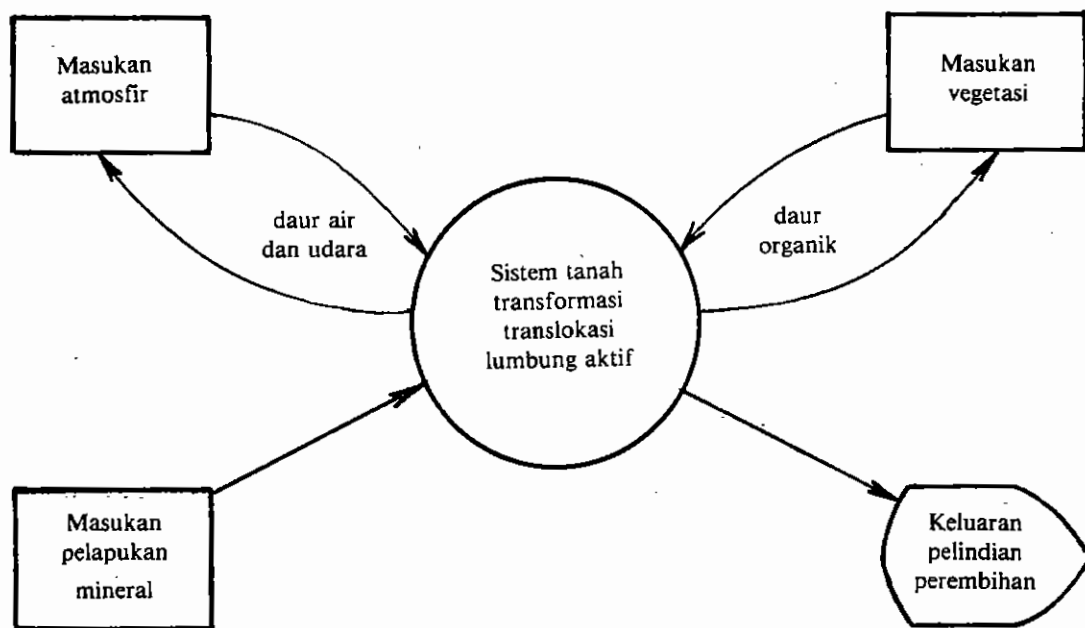
keadaan (state variables). Belum diketahui berapa banyak variabel keadaan, namun lengas dan suhu tanah rupa-rupanya memperoleh prioritas tinggi untuk dijadikan variabel keadaan (Jenny, 1980). Keadaan tanah cukup diperikan berdasarkan variabel keadaan.

Tanda pengenal dan sifat tanah ialah gejala atau kenampakan yang dapat diamati, diukur atau diperkirakan (estimated). Tanda pengenal hanya dapat dinyatakan secara kualitatif (warna). Sifat dinyatakan secara kuantitatif (kadar lengas, kadar fraksi tanah, pH, kadar N dan sebagainya). Mutu ialah keadaan yang tidak dapat diamati ataupun diukur dan hanya dapat ditafsirkan atas dasar hubungan antar sifat, salingtindak (interactions) antara sifat dan cara penggunaan atau antara sifat dan lingkungan tanah. Mutu mempengaruhi kesesuaian tanah untuk maksud penggunaan tertentu di dalam suatu lingkungan tertentu (kesuburan, erodibilitas dan sebagainya).

Faktor keadaan merupakan sekelompok variabel yang menjadi syarat sistem tanah (system determinants, system conditioners), yang secara tradisional dikenal dengan sebutan faktor pembentuk tanah. Hubungan antara sifat tanah (termasuk tanda pengenal) dan faktor keadaan biasa digambarkan dengan fungsi matematika

$$s = f(i, h, t, b, w, \dots)$$

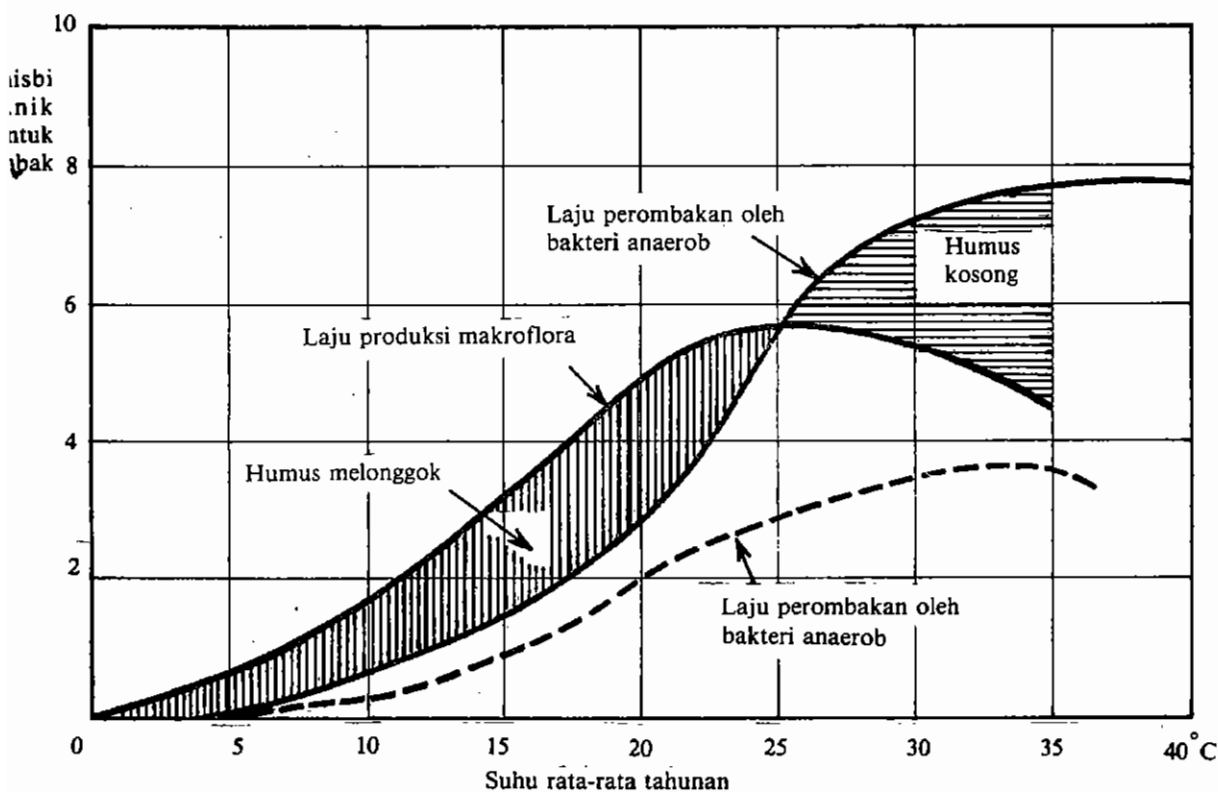
yang  $i$  adalah iklim,  $h$  faktor hayati,  $t$  timbunan (relief),  $b$  bahan induk tanah,  $w$  waktu dan ..... adalah sejumlah influks lain yang dapat ditunjuk sebagai faktor keadaan (api, hujan abu volkan, air tanah, banjir dan sebagainya). Faktor keadaan mengendalikan kegiatan masukan, keluaran dan pendauran bahan dan energi pada sistem tanah. Kegiatan ini memicu (triggers) proses pedogenesis berupa transformasi dan translokasi menuju ke pengorganisasian tubuh tanah (pengembangan profil tanah, morfogenesis, horisonisasi). Bahan induk yang bersifat isotrop (entropi tinggi) menjadi tanah yang bersifat anisotrop (entropi rendah). Pada faktor keadaan yang tetap sistem tanah akhirnya mencapai keadaan tunak yang berbukti profil yang mantap. Gambar 2 merupakan acuan sistem tanah yang berkaitan dengan faktor keadaan dan proses yang dipicu.



**Gambar 2.** Acuan kelakuan sistem tanah dalam menghadapi faktor keadaan

Dengan acuan itu watak dan kelakuan sistem tanah dapat dikaji secara multifaktoral. Acuan dapat dipecah menjadi sejumlah acuan dasar yang masing-masing memperlihatkan pengaruh satu faktor keadaan sebagai variabel dan yang lain sebagai tetapan. Acuan ini sekaligus menunjukkan, bahwa

penalaran induktif harus dijalankan secara hati-hati. Keadaan vegetasi yang sama tidak dengan sendirinya menghasilkan keadaan tanah yang sama. Acuan semacam ini dapat diperluas dengan memperhatikan pertukaran energi liwat jalur atmosfer dan jalur vegetasi (fotosintesis). Sistem tanah bersifat terbuka dan dalam perkembangannya ia menuju ke taraf keaturan yang meningkat. Vegetasi menjadi salah satu faktor yang menurunkan entropi tanah. Masukan vegetasi berupa zat organik. Pembebasan energi dari zat organik berlangsung secara biokimia oleh jasad pengurai (decomposers). Imbangan antara perolehan (gain) dan kehilangan (loss), yang menentukan simpanan bersih, ditentukan oleh imbangan laju masukan dan laju pembebasan. Gambar 3 memperlihatkan keadaan tanah yang dipengaruhi oleh vegetasi dan suhu sebagai faktor keadaan, menurut dinamika kandungan zat organik sebagai variabel keadaan.



**Gambar 3.** Laju nisbi produksi dan penguraian zat organik dalam hubungannya dengan suhu rata-rata tahunan menurut Sensius (Strahler & Strahler, 1973)

Dipandang dari daur bahan dan energi, tanah merupakan lumbung (pool) hara, lengas dan udara. Makin baik perkembangannya, lumbung tanah makin tinggi harkatnya sebagai pendukung proses hidup. Tanah disebut lumbung aktif karena zat yang dikandungnya berada dalam bentuk dan tempat yang mudah terjangkau oleh proses hidup. Kemudahan jangkauan ini menurut ukuran vegetasi, ditentukan oleh volume mempan tanah untuk perakaran.

Dinamika proses yang menghasilkan profil tanah dapat dihipotesis (approached) dengan acuan energi. Sumber pokok energi ialah energi gravitasi yang menggerakkan air (aliran permukaan, infiltrasi, perkolasi) dan energi hayati yang mendaurkan bahan dan mengantarkan energi pancar matahari ke tanah (fotosintesis, menambahkan zat organik ke dalam tanah). Menurut acuan ini perkembangan tanah (s) merupakan fungsi produksi zat organik, atau kelangkaan mineralisasi zat organik (o), jumlah air yang tersedia bagi translokasi atau pelindian (a), dan sudah barang tentu waktu (w). Fungsi matematikanya menjadi

$$s = f(o, a, w)$$

Produksi zat organik merupakan vektor pembaharu tanah dan jumlah air yang disediakan untuk translokasi atau pelindian adalah vektor pengembang tanah. Keduanya merupakan faktor intensitas, yang dikendalikan oleh sejumlah faktor kapasitas. Kekayaan hara bahan induk, khusus P, dan keterlapukannya mengendalikan kegiatan vektor pembaharu tanah. Neraca air mengendalikan kegiatan vektor pengembang tanah. Timbulan, di samping mempengaruhi neraca air, juga berdaya atas erosi dan sedimentasi, sehingga juga berpengaruh atas produksi zat organik. Iklim menjadi faktor pertama yang mengatur neraca air. Jadi jabaran acuan energi menghasilkan kembali acuan faktor keadaan (Runge, 1973).

Dengan fungsi faktor keadaan, tanah dicirikan menurut keadaan lingkungan. Berdasarkan fungsi energi, tanah dicirikan menurut dinamika proses yang membentuk tanah. Keduanya erat berkaitan satu dengan yang lain. Dengan acuan yang pertama kita memperoleh gambaran tentang keadaan tanah secara regional (dasar perencanaan tataruang wilayah). Dengan acuan yang kedua diperoleh gambaran tentang keadaan tanah setempat dan pendugaan perubahannya di bawah tataguna tertentu (dasar perencanaan pengelolaan sumberdaya tanah).

### **Hutan Tropika Humida**

Menurut Longman & Jenik (1978), banyak penulis telah membantah kecocokan asas floristik, atau konsep asosiasi flora, untuk klasifikasi hutan tropika. Dalam banyak kejadian klasifikasi yang didasarkan atas keadaan

tanah dan katena tanah akan memberikan latar belakang yang memuaskan untuk tataguna lahan dan pengelolaan kehutanan. Garis besar klasifikasinya menjadi sebagai berikut :

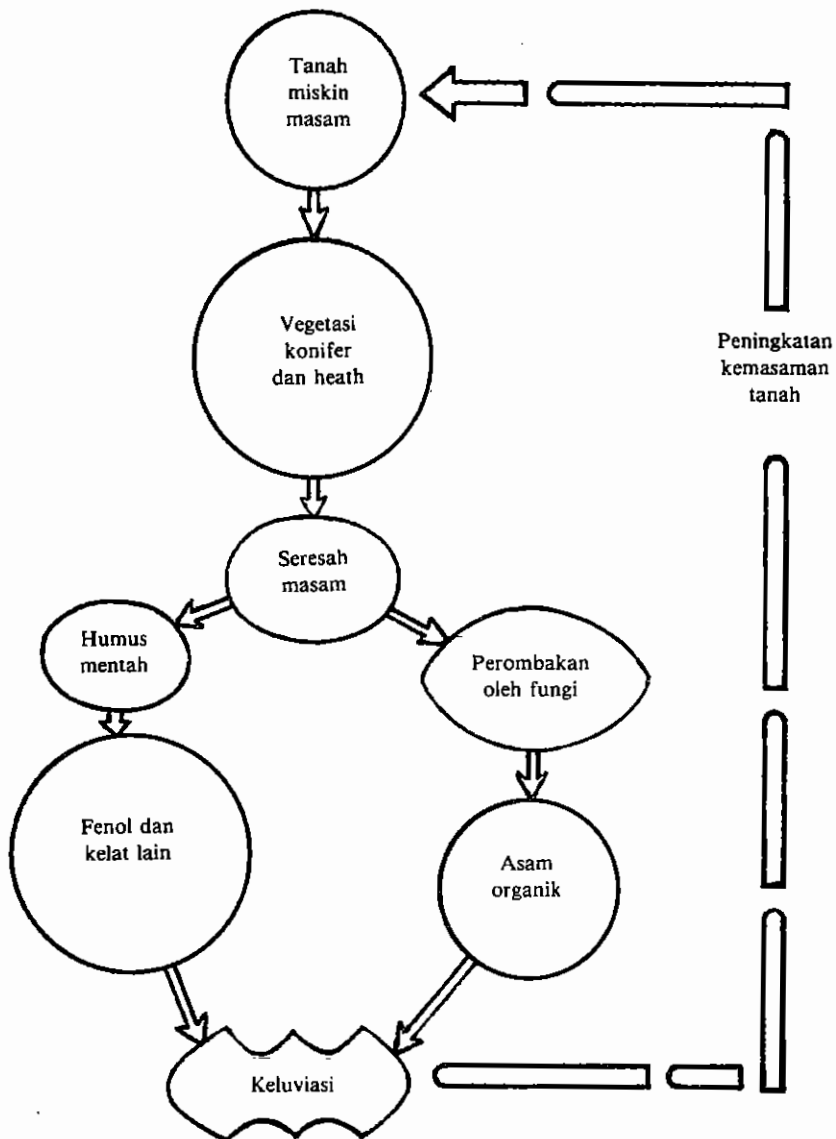
- Hutan Pegunungan
- "Cloud Forest"
- Hutan Baruh (lowland)
- Hutan Aluvial :
  - Hutan Dataran Banjir
  - Hutan Dataran Bonorowo (seasonally waterlogged)
  - Hutan Tanggul Alam
  - Hutan Undak Sungai
- Hutan Rawa
- Hutan Gambut
- Hutan Mangrove

Jika pendapat ini benar maka klasifikasi ekologi menjadi penting.

Sehubungan dengan itu pengetahuan tentang hubungan antara daur ulang bahan dan kemantapan ekosistem menjadi penting. Hal ini akan melibatkan pembuatan dan analisis acuan ekosistem hipotetik. Dua anggapan dasar menjadi hakekat analisis itu : (1) Ekosistem merupakan satuan seleksi dan muncul dari sistem bernilai selektif lebih rendah menjadi sistem bernilai selektif lebih tinggi, dan (2) Ekosistem bernilai selektif tertinggi mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya hakiki (essential resources). Nilai selektif melibatkan pengawetan dan pendauran ulang hara hakiki secara jitu (efficient). Perkecualian mengenai hal ini terjadi dalam hal ketersediaan sumberdaya yang luar biasa melimpah, atau sistem sebagai suatu keseluruhan bekerja di bawah tekanan lingkungan yang lain (Webster dkk., 1979).

Menurut para penulis tersebut di atas, ada tiga faktor yang terlibat dalam pemanfaatan hara dalam ekosistem : (1) Ada atau tidak ada cadangan hara abiotik banyak, (2) Tingkat pemusatan hara di dalam biota, dan (3) laju edaran (turnover rate) lumbung hara yang giat dalam pendauran ulang. Berdasarkan ketiga faktor ini dapatlah dibuat kotak-kotak ekosistem ideal. Kriteria deterministik yang menentukan kotak hutan tropika ialah simpanan biotik tinggi, simpanan abiotik rendah dan pendauran ulang cepat. Kalau kita setuju dengan konsep ini maka ciri edafik penting bagi hutan tropika ialah dinamika proses yang berlangsung dalam horison O, horison A dan antarmuka O - A. Pada penghampiran deterministik ini dapat ditambahkan pandangan sibernetik terhadap sistem pelapukan - lumbung hara. Vegetasi mempengaruhi keadaan tanah dengan mekanisma suapbalik (feedback). Hal ini dapat dijelaskan dengan Gambar 4 yang disadur dari Trudgill (1977). Acuan simbolik ini bertolak dari simpanan abiotik rendah (tanah miskin dan masam).





**Gambar 4.**  
**Hubungan suapbalik dalam sistem pelapukan - simpanan hara**

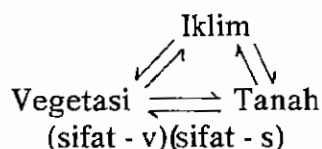
Dengan menggunakan Sr-90 dan H-3 (Tritium) dalam acuan hutan hujan tropika Kline (1973) memperoleh kenyataan, bahwa pola agihan unsur menurut waktu dalam tajuk, seresah dan tanah mirip satu dengan yang lain. Yang sangat mirip ialah antara tajuk dan seresah, hanya saja kadar dalam seresah lebih rendah. Kadar dalam seresah juga lebih rendah daripada dalam tanah. Perbandingan kurva tanah dan seresah mengungkapkan, bahwa ada proses penting berupa tambatan (retention) dan edar ulang. Penemuan ini dapat mendukung mekanisme suapbalik yang berlangsung dalam mintakat (zone) antarmuka vegetasi - tanah dan sekaligus memper-

kuat penunjukan horison O dan A serta antarmuka O - A sebagai kedudukan utama gejala edafik dalam sistem hutan. Mekanisma suapbalik terjadi dalam konteks kegiatan risosfir dan perombakan zat organik (Trudgill, 1977).

Oosterling (1927) sudah mengingatkan, bahwa pada dasarnya fungsi hidrologi hutan ditentukan oleh tanah hutan yang baik dan kemempunan seresah hutan. Ini berarti, bahwa makna hutan tidak hanya ditentukan oleh tegakan, akan tetapi juga oleh watak dan kelakuan tanah. Dalam pengamatannya di DAS Brantas selama 20 tahun Roessel (1927) memperoleh petunjuk, bahwa pada pegunungan napal dan volkan muda peranan formasi geologi dalam hidrologi jauh lebih menonjol daripada vegetasi hutan, sekalipun keadaan hutan masih utuh.

Karena hutan tropika humida merupakan sistem, pandangan genesis sistem dapat diterapkan padanya. Di sini berlaku (Jenny, 1980) :

(1)



(2)

$$v, s = f(i, h, t, b, w, \dots)$$

(3)

$$s = f(v) \text{ dan } v = f(s)$$

Dalam hubungan dengan ini, pengertian tentang kekayaan pelapukan (richness of weathering) dan intensitas pelindian sangat diperlukan. Faktor yang pertama mengendalikan masukan ke dalam sistem (faktor positif dalam genesis sistem), sedang faktor yang kedua mengendalikan keluaran dari sistem (faktor negatif). Kekayaan pelapukan merupakan hasil kerja antara jumlah dan ragam unsur dalam bahan induk tanah yang terbebaskan ke dalam larutan tanah, dan pengaruh suhu, tapak (site), vegetasi dan lain-lain yang berdaya membebaskan unsur. Intensitas pelindian ditentukan oleh jumlah air mempan dan laju perkolasi. Mobilitas nisbi unsur mineral dan kesediaannya menjalani pendauran ulang, menimbulkan translokasi atau pelindian selektif. Menurut deret Polynov, ion Cl mempunyai mobilitas nisbi tertinggi (100,00), kemudian ion sulfat (57,00) dan oksida Fe dan Al mempunyai mobilitas nisbi sangat rendah, masing-masing 0,04 dan 0,02 (Crompton, 1967).

## Penutup

Dalam batas ruang makalah yang tersediakan, telah dicoba diungkapkan pokok persoalan tentang kedudukan faktor tanah dan kepentingan pe-

ngetahuan tanah dalam konteks Hutan Tropika Humida. Beberapa petunjuk tentang macam dan arah penelitian terjabarkan dari uraian itu. Petunjuk yang lebih lengkap dan terinci dapat ditemukan antara lain dalam buku Holdridge dkk. (1971), yang mencakup laporan kesudahan ujicoba di Muangthai.

Sebelum makalah ini disudahi, barangkali ada manfaat kutipan beberapa pendapat Coster (1931) mengenai kehutanan :

1. Ilmu kehutanan merupakan sintesis sejumlah besar cabang ilmu
2. Hutan merupakan suatu satuan rumit, yang terdiri atas banyak faktor yang saling pengaruh mempengaruhi
3. Metode penelitian yang diciptakan untuk menangani persoalan yang mempunyai hanya satu (atau sedikit) variabel, tidak dapat diterapkan pada perhutanan
4. Generalisasi harus dilakukan secara hati-hati karena kita berurusan dengan persoalan yang bersegi banyak
5. Conservatisme yang berlatar belakang kecurigaan terhadap pendapat orang lain perlu dihilangkan.

Berkaitan dengan pendapat Coster terakhir, dapat diajukan pendapat Steinlin (1979) sebagai berikut :

"At present the training of forestry specialists in developing countries is often designed in a narrow sectorial fashion ..... In many places, there is pride that the forestry training is quite separate from agricultural training and has been transferred to faculties of its own. The question arises whether this was correct with regard to the needs of communal forestry management or whether it does not bring more disadvantages than advantages.

Kegiatan yang akan dijalankan oleh Pusrehut UNMUL kiranya dapat membuktikan, bahwa pendapat itu tidak berlaku di Indonesia. Pendapat Coster dan Steinlin berjarak waktu hampir setengah abad. Perlu kita renungkan bersama mengapa pendapat itu bertahan begitu lama. Baik Coster maupun Steinlin adalah orang kehutanan. Adakah kebenaran yang terkandung di dalamnya ? Inilah tantangan pertama yang harus dihadapi oleh Pusrehut UNMUL.

### Acuan

Coster, Ch. (1931) Gevoel, cijfers en conservatisme in den bosbouw. **Tectona** 24 : 1007 - 1016.

Crompton, E. (1967) **Soil formation**. Selected papers in soil formation and classification. SSSA Special Publication Series no. 1, p. 3 - 15.

- Holdridge, L.R.; Grenke, W.C.; Hatheway, W.H.; Liang, T.; & Tosi Jr., J.A. (1971) **Forest environments in tropical life zones**. First ed. Oxford. Pergamon Press. 747 pp.
- Jenny, H. (1980) **The soil resource**. Ecological studies 37. New York. Springer-Verlag. 377 pp.
- Kline, J.R. (1973) Mathematical simulation of soil-plant relationships and soil genesis. **Soil Sci.** 115(3) : 240 - 249.
- Longman, K.A.; & Jenik, J. (1978) **Tropical forest and its environment**. London. Longman Group. 196 pp.
- Oosterling, H. (1927) De hydrologische functie der in stand te houden wildhoutbosschen en de waarborgen voor een goede vervulling daarvan. **Tectona** 20 : 538 — 545.
- Roessel, B. (1927) Hydrologische cijfers en beschouwingen. **Tectona** 20 : 507 - 527.
- Runge, E.C.A. (1973) Soil development sequences and energy models. **Soil Sci.** 115(3) : 183 - 193.
- Steinlin, H. (1979) The role of forestry in rural development. **Appl. Sci. Dev.** 13 : 7 - 26.
- Strahler, A.N. & Strahler, A.H. (1973) **Environmental geoscience**. Santa Barbara. Hamilton. 511 pp.
- Trudgill, S.T. (1977) **Soil and vegetation systems**. Oxford. Clarendon Press. 180 pp.
- Webster, J.R.; Waide, J.B. & Patten, B.C. (1979) Nutrient recycling and stability of ecosystems. **Dalam** Shugart, H.H. & O'Neill, R.V. eds. **Systems ecology**. Benchmark papers in ecology vol. 9. Stroudsburg, Penn. Dowden, Hutchinson & Ross, p. 136 - 162.