

BAB XI

EKOLOGI DARATAN

LINGKUNGAN DARATAN

Ekologi daratan merupakan salah satu ilmu ekologi yang amat rumit dan beragam. Daratan biasanya sangat bervariasi dalam dua hal yaitu waktu dan geografi pada tiga lingkungan besar. Yang menarik perhatian dalam mempelajari ekologi di lingkungan daratan yaitu penekanan mengenai organisasi populasi dan komunitas dan proses perkembangan autogenik misalnya ekologi suksesi. Dalam bab ini akan dibicarakan mengenai komposisi dan variasi secara geografis pada komunitas daratan dengan memberi catatan pada beberapa sifat metabolisme khusus yang menarik pada ekosistem daratan. Perbedaan antara habitat daratan dan air adalah sebagai berikut:

1. Di daratan, kelembaban merupakan faktor pembatas, organisme daratan selalu dihadapkan pada masalah kekeringan. Evaporasi dan transpirasi merupakan proses yang unik dari kehilangan energi pada lingkungan daratan.
2. Variasi suhu dan suhu ekstrim lebih banyak di udara daripada media air.
3. Sirkulasi udara yang cepat di permukaan bumi akan menghasilkan isi-campuran O₂ dan CO₂ yang tetap.
4. Meskipun tanah merupakan penyangga yang padat bukan udara, kerangka yang kuat telah berkembang di tanah yaitu tanaman dan binatang yang akhir-akhir ini mempunyai arti khusus bagi perkembangan.
5. Tanah tidak seperti lautan yang selalu berhubungan di mana tanah sebagai barier geografi terpenting dalam gerak bebasnya.
6. Sebagai substrat alam, meskipun yang terpenting adalah di air, namun yang paling khusus adalah dalam lingkungan daratan. Tanah adalah sumber terbesar dari bermacam-macam nutrisi (nitrat, posfor dan sebagainya) yang merupakan perkembangan besar dari subsistem ekologi).

Secara ringkas, iklim yang terdiri dari temperatur, kelembaban, cahaya, dan sebagainya, dengan substrat yang terdiri dari fisiografi, tanah, dan lain-lain adalah

merupakan dua kelompok faktor yang saling berinteraksi dengan populasi dalam menentukan komunitas daratan dan ekosistem di alam.

BIOTA DARATAN DAN DAERAH BIOGEOGRAFI

Yang menarik perhatian dari evolusi yang terjadi di tanah adalah perkembangan kategori taksonomi ke tingkat yang lebih tinggi dari dunia tanaman dan binatang. Dengan demikian menjadi semakin kompleks dan terjadilah spesialisasi dari seluruh organisme yaitu tanaman berbiji, serangga, dan vertebrata yang berdarah panas, yang sampai saat ini mendominasi daratan. Yang terakhir ini termasuk perkembangan populasi manusia yang dari tahun ke tahun berpengaruh besar pada biosfer dan khususnya pada ekosistem daratan. Ini tidak berarti bentuk tingkat rendah seperti jamur, bakteri, protozoa, dan sebagainya tidak ada atau tidak penting; mikroorganisme sama-sama memerankan peran yang penting di seluruh ekosistem. Meskipun manusia dan yang berhubungan dengannya (tanaman, binatang domestik, tikus, kutu, dan bakteri patogen) memberikan distribusi yang luas di seluruh muka bumi, tetapi setiap daerah daratan cenderung mempunyai spesialisasi flora dan fauna sendiri.

Kepulauan sering mempunyai perbedaan yang besar dari pulau utamanya. Hal yang menarik dari biogeografinya adalah hubungan khususnya dengan revolusi daratan. Alfred Russel Wallace bersama dengan Darwin menulis satu dari pertanyaan pertama dari seleksi alam yang hampir menjadi kenyataan dan merupakan usaha pertama dari sistem daerah biogeografi. Dunia bunga seperti yang dipandang sebagai peta tumbuh-tumbuhan adalah sangat mirip dengan daerah fauna pada peta binatang.

Perbedaannya yaitu pengakuan dari daerah Tanjung di Afrika Selatan sebagai daerah besar yang terpisah. Daerah kecil di Uni Afrika selatan masih mempunyai kekayaan flora yang luar biasa, lebih dari 1500 genus, yang mana 500 (30%) darinya adalah endemik yang tidak didapatkan di mana pun. Banyak spesies yang unik (menarik) diusahakan secara meluas di kebun-kebun Eropa. Australia dan Amerika Selatan juga merupakan daerah endemik sejumlah besar spesies. Organisme yang menempati daerah berekolisama pada komunitas semacam yang terdapat pada daerah dengan biogeografi berbeda dikenal sebagai Ecological equivalent, meskipun mereka tidak berhubungan erat dari taksonominya. Misalnya kaktus (famili Cactaceae) yang menonjol di daerah gurun pada dunia baru

(terutama daerah neotropikal) adalah sangat komplis. Tetapi di gurun Afrika, spesies dari Euphorbiaceae nampaknya seperti kaktus yang bentuknya berkembang menyerupai duri dan sukulent. Contoh yang istimewa yang sama dengan ini ditemukan juga pada dunia binatang.

Tidak selalu dari lingkungan daratan pada komunitas yang semacam menghasilkan spesies yang berbeda, seperti hampir setiap ekologi, manusia dengan sengaja atau tidak memodifikasi distribusi tanaman, juga sering menempatkan spesies yang keliru. Pulau yang terpisah dari daratan hampir seluruhnya memberikan spesies yang endemik dengan introduksi varietas, misalnya banyak burung-burung yang berkicau sebagian bertempat di Hawaii.

STRUKTUR UMUM KOMUNITAS DARATAN

Organisme daratan sangat bervariasi sehingga klasifikasi berdasarkan bentuk hidup dan tempat hidup seperti pada bentos-plankton-nekton adalah kurang praktis.

Klasifikasi dasar tropik untuk penelaahan biotik dapat digunakan dalam komunitas daratan yaitu klasifikasi umum yang berdasarkan makanan utama nisia, yang terdiri dari autotroph dan heterotroph.

1. Autotroph

Ciri yang menonjol dari komunitas daratan adalah kehadiran dan dominasi sejumlah besar akar tanaman hijau yang tidak hanya sebagai pembuat makan utama, tetapi juga perlindungan bagi organisme lain serta berperan penting dalam memegang dan mengubah permukaan bumi. Walaupun dalam tanah terdapat algae, tetapi tidak begitu berperan bila dibandingkan phitoplankton di lingkungan air. Tanaman daratan bagaimanapun untuk makanannya tergantung pada mikroorganisme, sebagai contoh simbiosis mychoriza.

Vegetasi adalah istilah umum yang digunakan untuk semua tanaman yang terdapat dalam suatu tempat dengan segala sifat karakteristiknya, umumnya diklasifikasikan dan dinamakan komunitas lahan.

Sejumlah organisme daratan dapat beradaptasi terhadap hampir segala keadaan. Serangkaian istilah herbaceous dan woody atau tree, shrub, grass, dan forb (termasuk herba yang buka dari golongan rumput-rumputan, yaitu jenis leguminoceae), umum digunakan dan sebagai dasar dalam penetapan penyebaran untuk pengenalan komunitas daratan

utama. Istilah lain yang beradaptasi terhadap lingkungan dikenal tanaman hidrofit (adaptasi dengan lingkungan basah), mesofit (lingkungan lembab), zerofit (lingkungan kering), dan halofit (lingkungan garam).

Klasifikasi yang umum digunakan adalah klasifikasi bentuk hidup yang dikenal oleh Raunkaier (1934), yang didasarkan pada perpanjangan kuncup organ, terdiri dari enam kategori utama, yaitu:

1. Epifit. Tanaman udara, akarnya tidak dalam tanah.
2. Phanerofit. Aerial plant, perpanjangan kuncup tegak lurus pada batangnya. Lima sub kelompok yang termasuk dalam kategori ini : pohon, semak, batang sukulent, herba, tanaman merambat.
3. Chamaefit. Tanaman permukaan, perpanjangan kuncup dipermukaan tanah.
4. Hemi-cryptofit. Tanaman semak, kuncup dipermukaan atau sedikit di bawah permukaan tanah.
5. Cryptofit atau Geofit. Tanaman di dalam tanah, kuncup berada dalam tanah dalam bentuk umbi atau rhizoma.
6. Therofit. Tanaman semusim, di mana siklus hidup lengkap dari biji dalam satu periode vegetatif, jika musim tidak menguntungkan akan bertahan dalam bentuk biji.

Umumnya dari seri-seri yang telah ditunjukkan, salah satu tujuannya adalah untuk meningkatkan adaptasi terhadap kondisi temperatur dan kelembaban yang merugikan. Spesies utama pada hutan hujan tropis terdiri dari Phanerofit dan Epif, sebaliknya hutan di belahan utara, proporsi tinggi terdiri dari bentuk kehidupant yang terlindungi. Flora di padang pasir ekstrim dan wilayah alpina adalah tanaman semusim (setahun). Menurut Chain (1950) dalam studi keadaan lokal harus hati-hati dalam mangasumsikan proporsi spesies dari kategori yang berbeda sebagai indikator iklim, karena faktor-faktor edaphik dan tingkatan suksesi berpengaruh besar terhadap komposisi bentuk hidup.

2. Phagotrophic (Macro Consumer)

Dihubungkan dengan sejumlah besar nisia yang diberikan oleh vegetasi, komunitas daratan mempunyai susunan konsumen binatang dengan variasi yang ekstrem. Konsumen pertama tidak hanya organisme kecil seperti serangga, tetapi juga termasuk herbivora yang sangat besar seperti mamalia berkuku. Yang terakhir ini mempunyai ciri unik di daratan dan sedikit paralel dengan komunitas di air (contoh kura-kura makan tanaman besar). Pemakan

rumpun di daratan perbedaannya sangat jauh dalam hal struktur maupun ukuran dari pemakan rumput di konutas air, misalnya zooplankton. Karena autotrof daratan banyak menghasilkan makanan dengan tingkat kegunaan rendah (selulosa, lignin, dan sebagainya), maka detritivora mempunyai ciri yang sangat menonjol pada komunitas daratan.

Jenis dan melimpahnya serangga serta artropoda lain, merupakan ciri penting lainnya pada komunitas daratan. Studi ekologi serangga telah banyak menarik perhatian. Dengan ditemukannya DDT, laboratorium entomologi beralih ke dalam laboratorium kimia. Perhatian pengendalian secara biologis terhadap serangga digalakkan lagi sehingga bagian entomologi bekerja sama dengan ahli ekologi dan studi lapangan mulai digemari lagi.

3. Saprotrophic (Micro Consumer)

Organisme yang melakukan mineralisasi bahan organik dan membentuk nilai fungsi daripadanya di lingkungan daratan tidak hanya bakteri dan cendawan saja, tetapi juga termasuk protozoa dan binatang kecil lainnya. Mikroorganisme dekomposer dapat dibagi dalam empat taksonomi, yaitu :

1. Cendawan, termasuk ragi dan jamur.
2. Bakteri heterotrof, termasuk yang membentuk dan tidak membentuk spora.
3. Actinomycetes, berbentuk cambuk atau benang, bakteri yang mempunyai ciri morfologi tertentu seperti cendawan.
4. Protozoa tanah, termasuk amoeba, ciliata, dan terutama flagellata yang tak berwarna.

Dekomposer ini ditemukan pada komunitas daratan, tetapi terutama terkonsentrasi di lapisan tanah atas (termasuk dalam sampah). Dekomposisi sisa-sisa tanaman, dimana jumlah proporsinya besar, terjadi pada komunitas respirasi di banyak ekosistem daratan, melibatkan serangkaian mikroorganisme seperti di bawah ini :

Cendawan, jamur, dan bakteri yang tidak membentuk spora actinomycetes	Bakteri yang membentuk spora	Mikrobakteri selulosa
---	------------------------------	-----------------------

Dua kelompok yang pertama menggunakan zat organik yang lebih mudah diuraikan seperti gula, asam amino, dan protein sederhana. Kemudian bakteri selulosa mengerjakan senyawa yang lebih kuat dan Actinomycetes membentuk humus, yang merupakan produksi akhir dari tahapan kedua dekomposisi (tahap pertama merupakan pembentukan partikel/detritus). Prosesnya dikenal sebagai humifikasi.

Tahap ketiga dekomposisi disebut mineralisasi humus, pada daerah dingin prosesnya akan sangat lambat dan akan lebih cepat di daerah panas atau jika tanah terkena udara sewaktu pembajakan.

Peranan protozoa tanah banyak diketahui, hanya beberapa peranan penting yang dikenal. Protozoa (ciliata) dimangsa bakteri sehingga dekomposisi lebih cepat karena merangsang pertumbuhan dan metabolisme pemangsa, di mana kayu (lignin) dimakan oleh serangkaian organisme yang agak berbeda dari yang ditunjukkan di atas. Cendawan memegang peranan penting yang sama dalam penguraian lignin.

Tidak ada indikator yang baik tentang jumlah maupun biomassa dari mikroorganisme yang dapat mempengaruhi dalam melakukan kegiatan maupun kecepatan kegiatannya. Jumlah mikroba dekomposer berkisar antara 10^{12} - 10^{15} per m² dan biomasnya kira-kira $1-10^3$ gram (bahan kering)/m² pada ekosistem daratan yang produktif (dipadang pasing dan daerah lain, dengan lingkungan sebagai faktor pembatas, lebih kecil lagi).

Temperatur dan air sangat penting dalam merangsang aktifitas dekomposer, karena di daratan faktor-faktor tersebut lebih bervariasi dari pada di habitat air sehingga mudah untuk dilihat mengapa dekomposisi di daratan sering terjadi secara sporadis. Sebagai contoh, banyak bakteri dan cendawan membutuhkan lingkungan mikro dengan kadar air yang lebih tinggi daripada yang dibutuhkan akar tanaman tingkat tinggi akibatnya pada daerah dengan periode kering panjang (atau periode dingin panjang), produksi tahunan dalam suatu ekosistem seringkali sangat melebihi dekomposisi tahunan, pada vegetasi *klimaks* yang rata.

Kebakaran periodik dalam situasi seperti itu bekerja sebagai dekomposer, mengubah akumulasi dari sampah atau kayu-kayu mati. Pengendalian kebakaran yang lengkap di ekosistem seperti di hutan California tidak mungkin menarik perhatian manusia atau ekosistem. Kebakaran periodik akan membantu kerja mikroba dekomposer dalam mencegah kebakaran besar yang dapat mengembalikan suksesi yang terlalu jauh serta memusnahkan milik manusia.

Dua strata besar yang terdiri dari semua ekosistem lengkap yaitu *autotrophic* dan *heterotrophic*, adalah ciri-ciri yang baik di lingkungan daratan. Vegetasi dan tanah adalah kata-kata yang biasa dikenal untuk dua lapisan ini di ekosistem daratan. Dan masing-masing sub sistem diuraikan sebagai berikut mulai dari tanah.

SUBSISTEM TANAH

Komunitas struktur tanah dan metabolismenya sering digunakan untuk menyatakan batas ukuran kelas organisme dan hubungan metabolismenya yang akan digunakan sebagai contoh determinasi dan prosedur studi lainnya. Tiga kelompok ukuran yang umum dikenal (Fenton, 1974):

1. Mikrobiota

Meliputi algae tanah (tipe lumut hijau dan *blue green, algae*), bakteri, jamur, dan protozoa. Mikrobiota heterotrof umumnya merupakan dasar prinsip mata rantai antara residu tanaman dan hewan-hewan tanah dalam rantai makanan.

2. Mesobiota

Meliputi nematoda, cacing oligochaeta kecil (*necy traeids*), larva serangga kecil dan khusus yang tidak terlihat disebut mikroarthropoda, terakhir kutu tanah (Acarina) dan springtails (Collembola) biasanya paling banyak menetap dalam tanah. Organisme-organisme dalam tanah dapat di ekstrak dengan cara *Berlese funnel* atau *Tulgren funnel*. *Berlese funnel* adalah selektif yaitu nematoda yang biasa tersaring tetapi yang lebih kecil lolos. *Baerman funnel* adalah *Berlese funnel* yang funnelnya diisi dengan air hangat dan ditutup tanah dan jaring atau ram kawat. Beberapa mesobiota seperti bakteri primer, khususnya kutu dan serangga adalah predator. Nematoda paling banyak hidup pada tanah mineral (tipe liat/halus) biomasnya mungkin sama dengan biomassa cacing tanah (Overgroud-Nielsen, 1949), tetapi konsumsi O₂ 10 kali lebih banyak dari cacing tanah. Pada tanah-tanah pertanian, nematoda menjadi spesies parasit yang serius pada akar-akar tanaman dan menyulitkan penetrasi akar ke dalam tanah. Rotasi tanaman sering merupakan metode pengendalian paling baik.

3. Makrobiota

Meliputi perakaran tanaman, insekta besar, cacing tanah (Lumbicidae) dan organisme lain yang dapat dengan mudah ditangkap dengan tangan, vertebrata seperti tikus-tikus, tupai tanah, dan lain-lain dapat digolongkan dalam kelompok ini. Biasanya perakaran tanaman akan mengisi komponen biomassa yang terbesar dalam tanah tetapi bila metabolisme per gramnya relatif rendah kurang dapat menyokong respirasi tanah untuk kerja dekomposer

Cacing tanah seperti nematoda menjadikan mineral dalam tanah melimpah, khususnya tanah liat berkapur mencapai kepadatan 300/m². semua makhluk makrobiota adalah sangat penting dalam pencampuran tanah dan pemeliharaan konsistensi *ruang hidup (living sponge)*. Ketinggian gerakan dari invertebrata makroskopik yang hidup pada permukaan antara *litter* (jerami)- tanah dapat diambil contoh dengan menempatkan papan-papan pada permukaan tanah dimana hewan-hewan akan terperangkap atau berlindung di bawahnya, seperti hewan Cryptozoa (Lihat Cole, 1946).

Pemecahan mekanik dari jerami tanaman dalam bentuk yang cepat didekomposisi oleh mikroba adalah salah satu pekerjaan yang penting yang dijalankan oleh hewan-hewan tanah.

Enam bentuk kehidupan digambarkan dengan tunas-tuna baru. Diagram batang di atas membandingkan antara hutan tropik dan hutan sederhana menunjukkan persentase spesies tanaman.

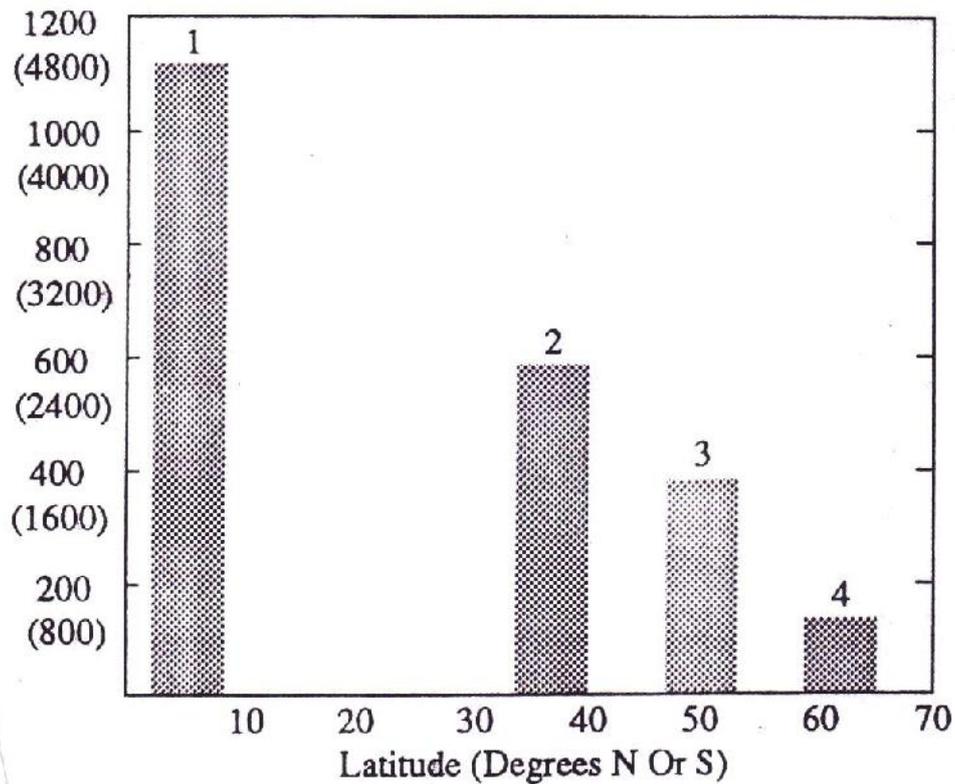
Tiga metode telah digunakan untuk membedakan metabolisme total (termasuk respirasi) tanah (lihat Macfadyen, 1970):

1. Metode perbedaan

Prinsip metode ini adalah pengurangan energi yang dikonsumsi oleh herbivora di atas tanah dari produksi bersih primer dalam komunitas hutan dan lapang yang tua (Old field) jarang lebih dari 5-10% dari produksi primer bersih musiman (Lihat E. P. Odum, 1963; Bray, 1964), sisa 90% atau lebih dimetabolisme atau disimpan dalam subsistem *litter* tanah. Sebaliknya perbedaan perhitungan mengindikasikan bahwa hanya 40-60% mungkin terjangkau tanah penggembalaan padang rumput yang berat.

2. Metode Litter-fall (jatuhnya kotoran)

Pada sistem keadaan yang mantap, perbedaan jumlah dan nilai energi pada rohan (*litter*) input masuk dalam susistem tanah merupakan sebuah ukuran dekomposisi. Bray dan Goldan (*litter fall*) dalam hutan –hutan di dunia didapatkan seperti pada gambar 11.4, bahwa penurunan robohan/*litter* meningkat dengan pengurangan ketinggian tempat. Estimasi metabolisme didasarkan pada peluruhan robohan tertentu saja, tidak meliputi respirasi kehidupan akar-akar dan diasosiasikanya mikro-flora.



Gambar 11.1. Penurunan kotoran di hutan-hutan dalam hubungannya dengan ketinggian tempat

- 1 = hutan-hutan di katulistiwa
- 2 = hutan-hutan di daerah berkehangatan sedang
- 3 = hutan-hutan di daerah berkehangatan sedang
- 4 = hutan-hutan di Arotic-alpine

3. Pengukuran Langsung

Pada evolusi CO₂ dari tanah utuh dalam alam, pendapatan rata-rata pada pengukuran respirasi total tanah meliputi respirasi pada 3 kelompok biota. Metode ini lebih baik daripada permulaan, yang mana penggambaran udara dipermukaan tanah yang rumit memberikan pendugaan yang banyak dan juga tinggi, sejak CO₂ disimpan atau terperangkap dalam ruang tanah yang meliputi sejumlah *respiratory output* selama periode pengukuran.

Perbaikan metode menyertakan penggunaan alat yang baik kotak plastic atau silinder yang merangkum penggunaan CO₂ yang nyata selama pengukuran. Table 11.2 menunjukkan pemeriksaan penyebab yang baik dengan “perbedaan” dan pendekatan *litter fall* yang mengasumsikan respirasi akar dalam berbagai bentuk. Pengukuran lapang

pada evolusi CO₂ menjadikan latihan penggolongan yang baik sejak digunakannya kpotak plastik atau silinder yang berisi beberapa KOH penyebab CO₂ dan sebuah alat titrasi sederhana.

Tabel 11.1. Evolusi CO₂ dari pengukuran di dasar hutan

	Liter CO ₂ /m ²	GMS CO ₂ /m ²	Kcal/m ²
Laju harian musimpanas	3,0	6,0	16,0
Laju harian dingin	1,2	2,4	6,4
Laju rata-rata	116	1532	4060

Sejak banyak organisme secara nyata menjadi bagian internal pada system perakaran, beberapa perbedaan tidak diartikan tersendiri dalam parakteknya. Yang lebih penting sebagai catatan adalah respiurasi tanah yang besar karena berkopmbinasi antara mikroorganisme dengann akar, meso-, dan mikrofauna sangat sedikit menyokong. Bunt (1954), sebagai contoh, melaporkan bahwa nematode terhitung hanya 1 % pada respirasi akar. Englemann (1968) mendapatkan bahwa total aliran energi musiman pada Arthropoda tanah hanya sekitar 2 kkl/m², kurang daripada 0,1 % respirasi liter tanah diperhatikan pada table 11.1.

Ini tidak berarti bahwa hewan tanah tidak penting. Ketika mereka selektif terhadap racun, dekomposisi dan siklus kembali mineral mengalami reduksi pengukurannya, konsekuensinya, racun insektisida pada kelompok ini adalah mengenai besarnya (Lihat Edwards, 1969)

Pada peta kontrol pada dasar hutan dan peta perlakuan dengan naphthaline pada konsentrasi yang membunuh arthropoda,tetapi tidak memberikan efek pada bakteri dan jamur.

Penggunaan *litter bags* telah menjadi metode populer untuk mempelajari dekomposisi, siklus mineral, dan kposisi biotik dari komponen pupuk kandang dari subsistem tanah. Penempatan sample pupuk kandang di dalam jala nil;on yang baik atau tas dari fiber glass, kecepatan dekomposisi dapat ditentukan oleh berat periodic dan mineral yang dilepaskan bila pupuk kandang tersebut dibweri label. Dengan sebuah pelacakan Patten dan Withanp (1967) melaporkan bahwa laboratorium teresterial mikromos tersusun dari komponen : pupuk kandang, tanah, mikroflora, milliapoda, dan leocaeta.

GUA

Gua yang besar menentukan temperature lingkungan konstan secara alam (mempunyai temperature rata-rata pada daerah permukaan yang ditempati), kecuali dekat mulut (biasanya disebut *twilight zone*). Gua dihuni oleh hetetotrof perairan dan teresterial, yang tergantung atas bahan-bahan organik yang tercuci di dalam atau dibawa oleh kelelawar atau hewan lain yang mencari makanan di luar, tetapi menggunakan gua sebagai tempat hidupnya. Karena makanan sangat jarang maka densitas populasi menjadi rendah.

Gua merupakan laboratorium alami untuk mempelajari evolusi karena tingkatan variasi dari hubungan tersembunyi dan isolasi dalam suatu seri kesempatan perubahan-perubahan dalam gua sangat spesifik.

Rantai makanan di dalam gua tergantung dari aliran tanah hutan atau subsistem tanah menjadin 3 sumber primer makanan untuk hewan-hewan dalam gua, yaitu :

1. Perubahan partikel-partikel organik
2. Bahan organik terlarut, diabsorosi oleh *clays* (liat)
3. Bacteria

Bakteri dalam gua muncul menjadi representatif dari spesies bukan gua. Bakteri komosintesis kemungkinan ada, tetapi tidak diketahui bagaimana ia mendapat energi yang berguna dari bahan-bahan diperlukan. Hewan-hewan dalam gua berbeda sama sekali dari hewan permukaan tanah dan mempunyai adaptasi yang khusus.