

AHMAD YAMANI

ILMU TANAH HUTAN



# ILMU TANAH HUTAN

Penulis:

AHMAD YAMANI

Dosen Ilmu Tanah Hutan  
Fakultas Kehutanan ULM, Banjarbaru

Desain Cover:

Muhammad Ricky Perdana

Tata Letak:

Noorhanida Royani

## **PENERBIT:**

ULM Press, 2024

d/a Pusat Pengelolaan Jurnal dan Penerbitan ULM

Lantai 2 Gedung Perpustakaan Pusat ULM

Jl. Hasan Basri, Kayutangi, Banjarmasin 70123

Telp/Fax. 0511 - 3305195

ANGGOTA APPTI (004.035.1.03.2018)

Hak cipta dilindungi oleh Undang Undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin

tertulis dari Penerbit, kecuali

untuk kutipan singkat demi penelitian ilmiah dan resensi

VII - V + 221 hal, 15,5 × 23 cm

Cetakan Pertama. ... 2024

ISBN : ...

## KATA PENGANTAR

Buku ajar ini disusun agar dapat memudahkan proses pembelajaran dalam perkuliahan bagi dosen maupun mahasiswa untuk mengikuti kajian keilmuan yang sedang dibahasnya, khususnya pada mata kuliah Ilmu Tanah Hutan. Buku teks ini memberikan dasar-dasar teori untuk meningkatkan pengetahuan dan kemampuan merancang, melaksanakan dan melaporkan hasil-hasil pembelajaran ilmu yang sedang dipelajari.

Buku berjudul Ilmu Tanah Hutan ini terdiri atas 7 Bab : Bab 1. Konsepsi Dan Peran Ilmu Tanah; Bab 2. Komposisi Dan Pembentukan Tanah; Bab 3. Profil Tanah; Bab 4. Sifat Fisik Tanah; Bab 5. Sifat Kimia Tanah; Bab 6. Sifat Biologi Tanah dan Bab 7. Tanah Hutan.

Penulis sudah berupaya semaksimal mungkin dalam mendeskripsikan konsep-konsep dasar ilmu tanah hutan. Namun jika terdapat kekurangan karena keterbatasan ilmu yang dimiliki maka penulis dengan senang hati akan menerima kritik dan saran yang konstruktif untuk memperbaiki buku ajar ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan dan penulisan buku ajar ini, juga kepada editor dan penerbit buku ini. Semoga adanya buku ajar ini memperkaya khasanah pengetahuan para pembaca dan mahasiswa, khususnya kepada

mahasiswa jurusan bidang Kehutanan sebagai pegangan untuk memperdalam ilmu tanah hutan.  
Banjarbaru, Januari 2024

Penulis,

## PRAKATA

Ketersediaan sumber belajar sangat diperlukan oleh para mahasiswa pada semua jenjang (D3, S1, S2 dan S3). Dalam mengembangkan bahan kuliah, para dosen biasanya merujuk kepada berbagai sumber belajar yang relevan. Ketersediaan buku ajar yang ditulis sendiri oleh Dosen Pengampu mata kuliah, khususnya pada jenjang S1 masih jarang. Ketersediaan buku teks/buku ajar mata kuliah yang ditulis oleh Dosen Pengampu mata kuliah itu sangat penting karena dosen memiliki penguasaan yang baik mengenai struktur kajian bidang ilmunya, sehingga buku tersebut akan memiliki keunggulan dibandingkan dengan buku yang ditulis oleh penulis lainnya.

Penulis berharap buku ini bisa dijadikan pegangan bagi mahasiswa baru untuk pengenalan ilmu tanah hutan di bidang pertanian dan terlebih khusus bidang kehutanan dan lingkungan.

Banjarbaru, Pebruari 2024

Penulis

✚ Buku ini dipersembahkan untuk isteri: Hj.Siti Hasanah dan anak-anak: Siti Nurhidayati, Muhammad Zaki Yamani, Siti Nisrina Nur, Muhammad Zaini Badali, Muhammad Nazamuddin dan Siti Nur Adlina serta ibunda tercinta Hj. Norhayati dengan penuh rasa cinta.

✚ Rasulullah SAW bersabda : “Barang siapa ada memiliki tanah, maka hendaklah ia tanami atau serahkan kepada saudaranya (untuk dimanfaatkan), maka jika ia enggan hendaklah ia memperhatikan sendiri memelihara tanah itu” (HR. Imam Bukhari dalam kitab Al-Hibbah).

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
PRAKATA .....	ii
PENGANTAR EDITOR .....	iv
BAB 1. KONSEPSI DAN PERAN ILMU TANAH ....	1
BAB 2. KOMPOSISI DAN PEMBENTUKAN TANAH.	12
BAB 3. PROFIL TANAH .....	27
BAB 4. SIFAT FISIK TANAH .....	40
BAB 5. SIFAT KIMIA TANAH .....	79
BAB 6. SIFAT BIOLOGI TANAH .....	136
BAB 7. TANAH HUTAN .....	174
DAFTAR PUSTAKA .....	192
GLOSARIUM .....	194
PROFIL PENULIS .....	218
SINOPSIS .....	219

# BAB 1

## KONSEPSI DAN PERAN ILMU TANAH

### A. Pendahuluan

Ilmu tanah hutan merupakan ilmu dasar yang mempelajari tentang komponen-komponen penyusun tanah, faktor pembentuk tanah, sifat-sifat tanah yang memengaruhi kehidupan tanaman, pengenalan jenis dan karakteristik serta pengelolaan tanah hutan di Indonesia.

Pada Bab 1 ini menjelaskan pengenalan awal mengenai mata kuliah Ilmu Tanah Hutan, mengapa tanah hutan itu merupakan ilmu yang penting dan wajib dipelajari dalam bidang ilmu Kehutanan. Berhubungan dengan ilmu kehutanan, ilmu tanah ini sangat mendukung dalam kegiatan pelestarian, rehabilitasi dan konservasi hutan dan lahan. Ilmu tanah berkaitan bidang kehutanan merupakan hal penting yang harus dipahami, terutama dalam sistem silvikultur.

Ruang lingkup pengetahuan yang dipelajari meliputi pedologi, edaphologi, sifat fisik, kimia dan biologi tanah hutan merupakan dasar untuk mencapai keberhasilan dalam pengelolaan hutan. Setelah mempelajari mata kuliah ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami dan menjelaskan konsepsi, proses terbentuknya tanah, sifat fisik, kimia dan biologi tanah hutan dan dapat



membedakan tanah hutan dibandingkan tanah lainnya. Secara khusus mahasiswa diharapkan mampu mengidentifikasi tanah hutan langsung dilapangan atau melalui analisis laboratorium tanah. Untuk mencapai tujuan ini maka sebelum mendalami tentang tanah hutan, mahasiswa diharapkan telah memahami dasar-dasar ilmu tanah.

Melihat pentingnya ilmu di atas, maka diperlukan penjelasan mengenai konsepsi dan pengertian tanah serta fungsi tanah yang dituangkan dalam bab 1 ini. Dengan adanya bahan ajar cetak ini, diharapkan mampu mempermudah mahasiswa dalam mengenal Ilmu Tanah Hutan, yang selanjutnya mahasiswa diarahkan mengenal sifat fisika, kimia dan biologi tanah, yang merupakan dasar awal pembekalan mahasiswa untuk mendalami ilmu kuhutan.

Materi dalam bab ini meliputi:

- 1) Konsepsi tanah
- 2) Pengertian tanah dan
- 3) Fungsi tanah

#### B. Konsepsi dan Peran Ilmu Tanah

Apakah tanah itu ?. Tanah bukan benda asing bagi kita, karena setiap keluar rumah tidak terlepas dari pandangan, sentuhan dan pandangan kita. Tanah ditemukan dimana saja dan dekat sekali dengan kita. Bagi masyarakat umum menilai bahwa tanah itu sama saja disemua tempat. Namun bagi kita masyarakat

ilmiah yang pernah mempelajari ilmu tanah sudah sepantasnya memahami bahwa tanah disatu tempat berbeda dengan tanah ditempat lain, karena disebabkan oleh pengaruh faktor terbentuknya tanah dan bahkan ada yang menyatakan setiap jengkal tanah itu berbeda keadaannya, entah itu sifat fisik, kimia atau biologi tanahnya.

Secara kasat mata, sebagian orang menganggap tanah sebagai bangunan dua dimensi, yaitu dimensi panjang dan dimensi lebar, sehingga kita sering mengekspresikan tanah berdasarkan luasannya. Sebagian orang lagi melihat tanah tidak hanya sekedar sebagai bangunan dua dimensi, tetapi merupakan bangunan tiga dimensi. Tanah tidak hanya dilihat dari dimensi panjang dan dimensi lebar, tetapi juga dari dimensi kedalaman. Memasukkan dimensi kedalaman memiliki dampak yang luar biasa. Dengan melihat tanah sebagai bangunan tiga dimensi, maka kita tidak hanya menghargai tanah berdasarkan luasannya saja, tetapi juga berbagai sifat-sifat yang dimilikinya, baik sifat fisika, sifat kimia, maupun sifat biologinya. Sifat fisika dapat mencakup tekstur dan struktur tanah, agregasi tanah, kadar air tanah, konsistensi tanah, permeabilitas tanah, dan seterusnya. Sifat kimia dapat meliputi misalnya muatan listrik tanah, kapasitas jerap koloid tanah terhadap kation dan anion, reaksi tanah, potensial oksidasi dan reduksi, serta komposisi dan

kandungan unsur hara di dalam tanah. Sifat biologi tanah dapat mencakup populasi dan aktivitas makroorganisme tanah seperti cacing tanah dan mikroorganisme tanah seperti jamur dan bakteri

Dalam pemahaman yang lebih baru, kita melihat tanah tidak hanya sebagai bangunan tiga dimensi, tetapi merupakan bangunan empat dimensi. Selain memiliki dimensi panjang, lebar, dan dalam atau secara keseluruhan disebut dimensi ruang, tanah juga memiliki dimensi keempat, yaitu waktu. Berbagai sifat fisika, kimia, dan biologi tanah tidak bersifat kekal, tetapi berubah dari waktu ke waktu. Sebagai contoh, tanah yang sebelumnya memiliki pH dan kandungan unsur hara relatif tinggi, dengan berjalannya waktu dapat mengalami degradasi yang disebabkan oleh pertanaman atau pencemaran.

Mempelajari tanah berkaitan erat dengan pedogenesis, yaitu proses pembentukan tanah meliputi penambahan material, pengurangan material dan perubahan material yang menyebabkan terbentuknya lapisan tanah (horison tanah). Berdasarkan padatan penyusun tanah, tanah dapat diklasifikasikan menjadi tanah mineral dan tanah organik.

- Tanah mineral merupakan tanah dengan horizon yang didominasi oleh bahan padatan mineral atau anorganik.

- Tanah organik adalah tanah dengan horizon yang didominasi oleh bahan padatan organik.

#### 1. Konsepsi Tanah

- Menurut insinyur tambang tanah adalah benda yang menimbuni bahan-bahan tambang yang harus ia pelajari atau cari. Oleh karena itu tanah tersebut harus disingkirkan dan sama sekali tidak memperdulikan apakah tanah tersebut subur atau tidak subur.
- Menurut insinyur sipil, tanah adalah tempat membangun gedung, jalan, jembatan, dam pengendali (check dam) dan sebagainya. Apabila tanah tersebut lembek dan tidak kuat untuk menahan beban bangunan konstruksi, maka tanah tersebut harus disingkirkan dan digantikan dengan tanah lain, sehingga pondasi bangunan menjadi kuat.
- Menurut tentara Vietnam atau pejuang Palestina di Jalur Gaza, tanah adalah tempat berlindung dari serangan bom dan sekaligus tempat strategis untuk menyerang tentara Amerika dan Israel.
- Menurut seorang ibu/bapak, tanah adalah bahan atau benda yang menyebabkan rumah, pakaian anaknya atau barang lain menjadi kotor. Sehingga orangtua tersebut dapat membedakan istilah tanah liat, tanah berpasir dan tanah berlumpur.
- Menurut seorang petani, tanah adalah habitat bagi tumbuhan. Oleh karena itu bagi petani menjaga dan

memelihara tanah itu sangat penting, karena bisa mempengaruhi hasil panen yang akan diperolehnya.

- Menurut ahli tanah :
    - Tanah dipandang sebagai suatu bentukan alam yang menempati lapisan teratas kulit bumi.
    - Tanah dipandang sebagai alat produksi tanaman yang mampu menghasilkan bahan tanaman.
2. Pengertian Tanah

Pengertian tanah menurut sudut pandang para ahli adalah sebagai berikut :

- Pendekatan Geologi :

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus). Geologi adalah ilmu yang mempelajari bumi, komposisinya, struktur, sifat fisik, sejarah dan proses yang membentuknya.
- Pendekatan Pedologi :

Tanah adalah bahan padat (mineral atau organik) yang terletak dipermukaan bumi, yang telah dan sedang serta terus mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh faktor-faktor, bahan induk; iklim, organisme, topografi dan waktu. Pedologi adalah cabang ilmu tanah yang mempelajari sifat dan ciri serta proses pembentukan tanah.

- Pendekatan Edaphologi:  
Tanah adalah media tumbuh tanaman. Edaphos artinya bahan tanah subur.
- Menurut N.C. Brady :  
Tanah adalah merupakan suatu tubuh alam atau gabungan tubuh alam yang dapat dianggap sebagai hasil alam bermatra tiga yang merupakan paduan antara gaya pengrusakan dan pembangunan yang dalam hal ini pelapukan dan pembusukan bahan-bahan organik adalah contoh-contoh proses pengrusakan, sedangkan pembentukan mineral baru seperti lempung tertentu serta lapisan-lapisan yang khusus merupakan proses-proses pembangunan.
- Menurut Jacobs. Joffe :  
Tanah adalah bangunan alam yang tersusun atas horison-horison yang terdiri atas bahan-bahan mineral dan organik, biasanya tidak padu, mempunyai tebal yang tidak sama dan berbeda dengan bahan induk yang ada dibawahnya dalam hal morfologi, sifat fisik, kimia serta biologi.
- Menurut Schoeder  
Tanah adalah suatu sistem tiga fase yang mengandung air, udara, bahan-bahan mineral dan organik serta jasad-jasad hidup, yang karena pengaruh berbagai faktor lingkungan terhadap permukaan bumi dan kurun waktu, membentuk berbagai hasil perubahan yang memiliki ciri-ciri

morfologi yang khas, sehingga berperan sebagai tempat tumbuh bermacam-macam tanaman.

### 3. Fungsi Tanah

Tanah berfungsi sebagai berikut :

- 1) Tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran
- 2) Penyedia kebutuhan primer tanaman (air, udara, dan unsur-unsur hara)
- 3) Penyedia kebutuhan sekunder tanaman (zat-zat pemacu tumbuh: hormon, vitamin, dan asam-asam organik; antibiotik dan toksin anti hama; enzim yang dapat meningkatkan kesediaan hara)
- 4) Sebagai habitat biota tanah, baik yang berdampak positif karena terlibat langsung atau tak langsung dalam penyediaan kebutuhan primer dan sekunder tanaman tersebut, maupun yang berdampak negatif karena merupakan hama & penyakit tanaman.

Fungsi tanah sebagai alat produksi tanaman dibidang ilmu kehutanan adalah :

- 1) Penahan mekanis atau berjangkarnya akar tanaman
- 2) Penyedia air bagi tanaman
- 3) Penyedia udara / oksigen bagi tumbuhan,
- 4) Penyedia hara bagi tanaman

Fungsi tanah sebagai sumberdaya alam adalah :

- 1) Pemenuhan kebutuhan pangan
- 2) Pemenuhan kebutuhan papan

3) Pemenuhan obat-obatan

#### 4. Peran ilmu Tanah

Dua pemahaman penting tentang tanah:

- 1) Tanah sebagai tempat tumbuh dan penyedia kebutuhan tanaman, dan
- 2) Tanah juga berfungsi sebagai pelindung tanaman dari serangan hama & penyakit dan dampak negatif pestisida maupun limbah industri yang berbahaya

Mengapa ilmu tanah itu perlu dipelajari ?. Ilmu tanah perlu dipelajari karena :

- 1) Tanah adalah media tumbuh tanaman dan tempat tumbuh jasad hidup tanah baik makro dan mikro.
- 2) Tanaman tumbuh karena ada interaksi antara tanah dan tanaman.
- 3) Akar tanaman menyerap hara dan air dari dalam tanah.

Apa peran ilmu tanah itu atau kenapa ilmu tanah itu diperlukan?. Alasannya adalah :

- 1) Ada kenyataan bahwa setiap jenis tanah sifatnya berbeda.
- 2) Sifat tanah senantiasa berubah, karena faktor alam / manusia.
- 3) Setiap jenis tanaman memerlukan kondisi tempat tumbuh yang berbeda.



*TES FORMATIF 1.* Pilih jawaban yang paling benar !

- 1) Tanah adalah habitat bagi tumbuhan. Pernyataan ini konsepsi tanah menurut ?
  - A. Insinyur tambang
  - B. Seorang petani
  - C. Seorang ayah / ibu
  - D. Serdadu Vietnam
  
- 2) Tanah adalah bangunan alam yang tersusun atas horizon-horison yang terdiri atas bahan-bahan mineral dan organik, biasanya tidak padu, mempunyai tebal yang tidak sama dan berbeda dengan bahan induk yang ada dibawahnya dalam hal morfologi, sifat fisik, kimia serta biologi. Ini definisi tanah menurut ?
  - A. N.C. Brady
  - B. Jacobs.Joffe
  - C. Schoeder
  - D. Hanafiah
  
- 3) Fungsi tanah adalah :
  - A. Tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran
  - B. Penyedia kebutuhan primer tanaman (air, udara, dan unsur-unsur hara)
  - C. Sebagai habitat biota tanah, baik yang berdampak positif karena terlibat langsung atau tak langsung dalam penyediaan kebutuhan primer dan sekunder tanaman

tersebut, maupun yang berdampak negatif karena merupakan hama & penyakit tanaman.

D. Jawaban A, B dan C benar semua

4) Ilmu tanah perlu dipejari karena alasan berikut, kecuali :

- A. Tanah adalah media tumbuh tanaman dan tempat tumbuh jasad hidup tanah baik makro dan mikro.
- B. Tanaman tumbuh karena ada interaksi antara tanah dan tanaman.
- C. Harga tanah selalu meningkat
- D. Akar tanaman menyerap hara dan air dari dalam tanah.

5) Berikut adalah fungsi tanah sebagai alat produksi tanaman dibidang ilmu kehutanan, kecuali :

- A. Penahan mekanis atau berjangkarnya akar tanaman
- B. Penyedia kebutuhan papan
- C. Penyedia udara dan air bagi tumbuhan,
- D. Penyedia hara bagi tanaman

## BAB 2

### KOMPOSISI DAN PEMBENTUKAN TANAH

#### A. Komposisi Tanah

Tanah merupakan bangunan empat dimensi (panjang, lebar, dalam, dan waktu) yang terdiri dari empat komponen (padatan, cairan, gas, dan mikroorganisme). Padatan tanah terdiri dari padatan mineral (padatan nir-organik) dan padatan nir-mineral (padatan organik). Padatan mineral terdiri dari partikel-partikel berukuran pasir, debu, dan liat dengan unsur penyusun utama Si, Al, dan O. Fraksi pasir dan debu berukuran kasar, tersusun oleh mineral-mineral primer pada tanah-tanah muda dan kuarsa pada tanah-tanah tua.

Pasir merupakan kerangka tanah dan mengakibatkan kestabilan struktur tanah bila saling diikat oleh liat, humus, dan/atau sesquioxida. Pasir murni tidak dapat saling berikatan, sehingga lebih mudah tererosi. Bila tererosi, fraksi pasir tidak tersuspensi tetapi bergerak di permukaan tanah dan akan diendapkan pada saat kecepatannya menurun. Untuk tanah tua, fraksi pasir pada umumnya tersusun oleh mineral kuarsa karena kuarsa merupakan mineral yang paling tahan terhadap proses pelapukan sehingga pelapukannya sangat lambat. Karena tersusun sebagian besar oleh kuarsa, fraksi pasir tanah tua tidak menyumbangkan unsur

hara bagi tanaman. Mineral lain yang menyusun fraksi pasir secara perlahan dapat menyumbangkan unsur hara bagi tanaman. Untuk tanah muda, fraksi pasir terdiri dari mineral-mineral primer yang dapat menyumbangkan unsur hara untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Secara mineralogi, fraksi debu sama dengan fraksi pasir, hanya ukurannya saja yang lebih kecil dan sulit dilihat dengan mata telanjang. Fraksi debu tanah tua tidak banyak menyumbangkan unsur hara bagi tanaman karena fraksi debu juga tersusun oleh mineral kuarsa, kecuali bila fraksi debu masih mengandung mineral lain yang dapat menyumbangkan unsur hara. Sebaliknya, fraksi debu tanah muda masih mengandung mineral-mineral primer yang dapat menyumbangkan unsur hara. Karena ukurannya yang lebih kecil, fraksi debu dapat tersuspensi di dalam air yang bergerak cepat, namun akan segera mengendap bila kecepatan aliran air menurun.

Partikel liat berukuran lebih halus daripada partikel debu dan pasir. Fraksi liat secara mineralogi sangat berbeda dengan fraksi pasir dan fraksi debu. Sebagian besar mineral yang menyusun fraksi liat adalah mineral-mineral sekunder yang disebut mineral liat silikat, yang berkembang sebagai hasil rekombinasi hasil pelapukan berbagai jenis mineral primer di dalam fraksi pasir dan fraksi debu tanah yang lebih muda. Ukuran partikel liat

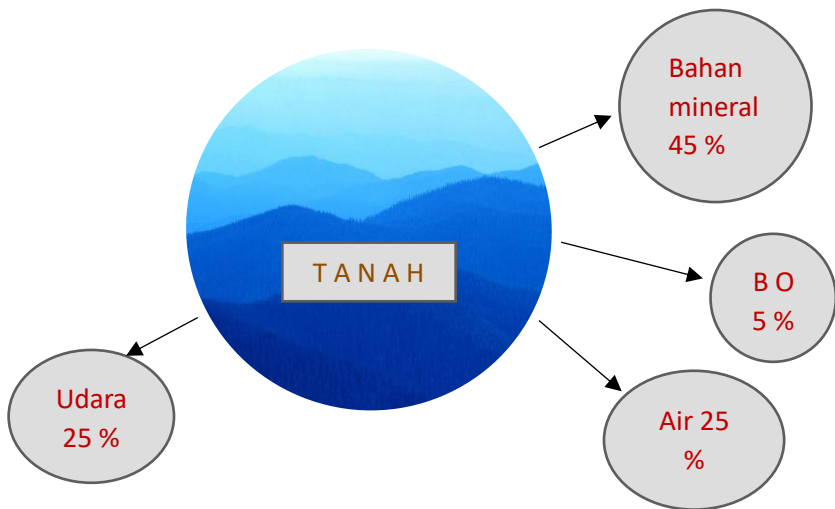
adalah  $\leq 2 \mu\text{m}$ . Untuk kepentingan teori, ukuran liat juga dapat dibagi menjadi Sangat Kasar, Kasar, Sedang, Halus, dan/atau Sangat Halus. Karena ukurannya yang sangat halus, partikel liat di dalam tanah dapat bergerak melalui pori-pori tanah, berpindah antara lapisan di dalam tubuh tanah bersama perkolasi air, khususnya bila curah hujan cukup tinggi. Di dalam tanah ditemukan bahwa partikel liat dapat bergerak dari Horison A ke Horison B.

Padatan nir-mineral atau padatan organik terdiri dari butiran-butiran halus yang tersusun oleh unsur C, H, dan O. Bahan organik di dalam tanah berasal dari berbagai sumber, di antaranya sisa-sisa tanaman dan kotoran hewan, baik yang memasuki sistem tanah secara alami maupun karena faktor-faktor antropogenik. Sebagian dari bahan organik ini akan terdekomposisi dengan cepat, sebagian lagi akan terdekomposisi secara lambat. Sebagian dari bahan organik sulit terdekomposisi karena sangat resisten. Sisa bahan organik tanah yang telah resisten di dalam tanah disebut Humus.

Partikel-partikel pasir dan debu saling menyatu direkat oleh partikel-partikel liat, bahan organik, dan atau oksida, hidroksida dan hidroksioksida membentuk agregat tanah. Agregat tanah adalah suatu bangunan alami, di dalamnya terdapat pori tanah dengan berbagai ukuran yang diisi oleh air, udara, dan atau

mikroorganisme tanah. Keberadaan pori tanah, yang merupakan ruangruang di antara partikel-partikel tanah (Pori Intraagregat) atau di antara agregat tanah (Pori Intraagregat), ini memungkinkan terjadinya kehidupan biologi di dalam sistem tanah. Berbagai mikroorganisme dari kelompok aktinomisetes, jamur, dan bakteri hidup di dalam pori-pori tanah.

Bahan penyusun tanah terdiri atas partikel mineral, bahan organik, air, udara dan mikroorganisme tanah. Pada tanah mineral susunan utama tanah seperti pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1. Komponen Utama Tanah

- Bahan mineral

Bahan mineral berasal dari pelapukan batu-batuan. Susunan mineral dalam tanah berbeda-beda sesuai dengan susunan mineral batuan yang lapuk.

Macam-macam batuan :

- Batuan beku atau vulkanik, batuan ini banyak mengandung unsur hara
- Batuan endapan atau sedimen, batuan ini mengandung sedikit / miskin unsur hara
- Batuan Metamorfosa, bisa berasal dari batuan beku atau batuan endapan.

Ada 3 fraksi atau separat tanah, yaitu pasir (sand); debu (silt) dan liat / lempung (clay). Komponen mineral pasir berkisar 200 - 2000 mikrometer; debu antara 2 - 200 mikrometer dan lempung / liat < 2 mikrometer.

Mineral primer adalah berasal dari pelapukan batuan, umumnya dalam pasir dan debu. Contohnya adalah kwarsa ( $\text{SiO}_2$ ); kalsir; dolomit; dan feldspar. Sedangkan mineral sekunder (mineral liat) adalah bentukan baru yang terbentuk selama proses pembentukan tanah berlangsung (umumnya dalam fraksi liat). Contoh : Kaolinit; montmorilonit; gipsit ( $\text{Al}$  oksida); dan Fe oksida.

Bahan padatan penyusun tanah ada 2 macam, yakni bahan organik dan bahan anorganik. Bahan anorganik penyusun tanah dibedakan menjadi :

- a) Bahan berbentuk butiran dan tidak berbentuk koloid, yaitu kerikil; pasir; dan debu
- b) Bahan berbentuk kristal pipih atau lempengan, bersifat koloid, yaitu mineral liat alumina silikat.

- c) Bahan yang tidak berbentuk (amorf), bersifat koloid (mineral liat allophane dan oksida besi atau alumina

Catatan : (b) dan (c) berukuran  $< 2 \mu\text{m}$ , merupakan bahan aktif tanah.

- Bahan Organik

Pengaruhnya terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman, yaitu :

- Sebagai granulator yaitu memperbaiki struktur tanah;
- Sumber unsur hara N,P,S, unsur mikro dll;
- Menambah kemampuan tanah menahan air dan unsur hara (KTK tinggi);
- Sumber energi bagi mikroorganisme

Bahan organik terbagi atas bahan organik kasar dan bahan organik halus (humus). Sifat humus adalah senyawa yang resisten atau tidak mudah hancur; berwarna hitam atau coklat; dan daya menahan air dan unsur hara tinggi. Humus banyak dijumpai pada lapisan atas tanah (top soil), makin kebawah makin sedikit.

Tanah organik atau tanah gambut mengandung lebih dari 20 % (untuk tanah pasir) atau mengandung lebih dari 30 % (untuk tanah liat) dan tebalnya lebih dari 40 cm.

- Air dan Udara

Air terdapat dalam tanah karena :

- Diserap massa tanah
- Tertahan oleh lapisan kedap air
- Keadaan drainase yang kurang baik



Fungsi air secara umum adalah :

- Pelapukan mineral dan bahan organik (pelarut universal)
- Sebagai unsur hara tanaman (air + CO<sub>2</sub> --→ gula dan karbohidrat)
- Alat transportasi hara (media gerak)
- Sebagai bagian dari sel-sel tanaman.

Didalam tanah air berada dalam pori tanah. Dalam keadaan jenuh air, semua pori terisi oleh air. Jumlah air maksimum yang dapat disimpan oleh suatu tanah disebut Kapasitas Penyimpanan Air Maksimum (maximum water holding capacity).

Kandungan air berdasarkan berat atau kandungan air massa adalah berat air didalam contoh (Mc) dibagi berat tanah kering (Mp) dikalikan 100%.

$$W = \frac{M_c}{M_p} \times 100 \%$$

Keterangan :

W = Kandungan air massa (%)

Mc = Berat air dalam contoh

Mp = Berat tanah kering

Kandungan air massa (W) cara gravimetri :

$$W = \frac{T_b - T_k}{T_k} \times 100 \%$$

Keterangan :

Tb = berat contoh tanah lembab

Tk = berat contoh tanah kering udara

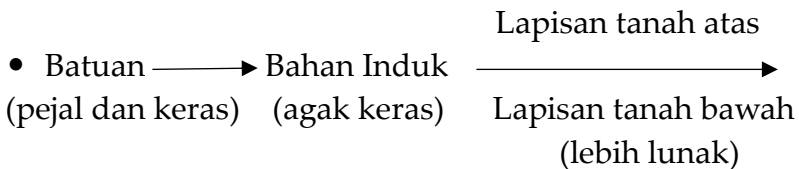
(dikeringkan 105 °C – 110 °C selama 4 – 24 jam)

Udara diperlukan tanaman dalam respirasi / pernapasan. Udara terdapat dalam lubang pori-pori tanah, baik lubang pori mikro maupun makro bilamana lubang pori tersebut tidak diisi oleh air dalam tanah.

## B. Pembentukan Tanah

Proses pembentukan tanah dalam perkembangannya melalui beberapa tahapan seperti di paparkan di bawah ini.

o Perkembangan tanah :



o Proses terbentuknya tanah sebagai berikut :

- 1) Proses pelapukan atau penghancuran iklim
- 2) Proses pencucian atau pembasuhan tanah (leaching)
- 3) Pembentukan bahan organik tanah
- 4) Pembentukan struktur tanah
- 5) Pembentukan horison-horison tanah

o Faktor – faktor pembentuk tanah

Faktor pembentuk tanah adalah semua factor perusak yang terdapat dipermukaan bumi dan atmosfer bekerja menghancurkan lapisan batuan.

$$T = f(i, b, t, o, w)$$

Keterangan :

T = tanah      t = topografi / bentuk wilayah

f = fungsi      o = organisme / jasad hidup

i = iklim      w = waktu

b = bahan induk

Tanah sebagai unsur utama pembentuk bentang alam (*landscape*) terbentuk dari interaksi yang sangat kompleks dari faktor iklim, bahan induk (parent materials) atau batuan induk (parent rock), vegetasi, dan makhluk hidup lain seperti biota tanah, topografi, aktivitas manusia, erosi, gejala tektonik, vulkanik, sedimentasi, dan sebagainya.

Pembentukan tanah yang dipengaruhi oleh banyak faktor seperti di atas berlangsung secara bertahap dalam waktu yang lama yaitu dari tanah muda hingga tanah yang telah lanjut berkembang. Satuan waktu tersebut dapat ribuan hingga jutaan atau bahkan miliar tahun. Oleh sebab itu, satuan waktu evolusi tersebut juga sering dinamakan waktu geologi. Mengingat pentingnya peranan waktu tersebut maka waktu juga dapat dianggap sebagai salah satu faktor pembentuk tanah.

Beberapa pakar menyebutkan bahwa bahan dan batuan induklah yang menentukan sifat fisik dan kimia tanah yang akan terbentuk. Hal tersebut mengingat

bahwa bahan atau batuan induk menjadi bahan baku pertama yang berubah menjadi tanah sejalan dengan perubahan waktu. Jenis batuan induk tersebut dengan demikian sangat menentukan arah perkembangan dan pembentukan tanah tahap berikutnya, misalnya kekayaan hara dan pH tanah. Pendapat lain menyebutkan bahwa faktor iklim yang sangat menentukan, apapun jenis bahan dan batuan induk jika kondisi iklimnya sama maka hasil akhir tanah yang terbentuk tetap sama. Sebagian lainnya menyebutkan bahwa vegetasi dan biotalah yang menjadi penentu sifat fisika dan kimia tanah.

Vegetasi akan mampu mengubah iklim mikro yang pada gilirannya menjadi salah satu faktor pembentuk tanah. Vegetasi juga berperan penting dalam pendauran hara dan menjamin kehidupan biota tanah yang akan menentukan kesuburan tanah atau ketersediaan hara. Terlepas dari pertentangan pendapat tersebut kiranya dapat dilihat bahwa bahan induk, vegetasi, iklim, waktu, topografi, dan lain-lainnya secara bersamaan membentuk tanah hingga perkembangannya menjadi tanah dewasa. Seluruh faktor tersebut secara bersamaan adalah keseimbangan suatu sistem ekologi yang disebut sebagai ekosistem. Contoh konkret yang dapat dilihat adalah hutan yang telah ditebang habis vegetasinya akan mengubah profil tanah, mengubah iklim mikro ataupun makro.

Batuan yang terdedah (*exposed*) atau tidak terlindungi terhadap udara luar akan mengalami perubahan baik secara fisika maupun kimia. Perubahan sifat fisika misalnya terjadi karena pemanasan dan

pendinginan pada batuan yang langsung terkena sinar matahari. Di daerah tropis yang lembab dan basah, batuan yang terdedah tersebut dipercepat perubahan kimianya dengan kehadiran air sebagai pelarut dan sekaligus pereaksi.

Air juga berperan dalam proses pengangkutan dan sedimentasi tanah. Pengangkutan tanah dimulai dari peristiwa erosi yang disebabkan oleh pukulan butiran hujan yang jatuh di permukaan tanah. Di dalam hutan butiran air hujan tersebut sebenarnya telah ditahan pukulannya melalui tajuk pohon. Selain itu, adanya stratifikasi tajuk (pohon yang lebih rendah) hingga semak dan akhirnya masih ditahan oleh seresah di lantai hutan yang juga dapat mengurangi energi jatuhnya air hujan. Namun demikian, air yang mengalir melalui batang juga dapat membentuk aliran permukaan yang menghanyutkan lapisan atas tanah. Pengangkutan butiran tanah yang terlepas tersebut berlangsung lebih intensif pada permukaan tanah yang miring. Jika energi dari aliran permukaan tersebut tidak mampu lagi mengangkut tanah yang terkikis maka tanah mulai diendapkan. Pada keadaan inilah proses sedimentasi dimulai.

Sedimentasi yang membentuk tanah aluvial merupakan salah satu mekanisme pembentukan tanah. Tanah aluvial sering disebut-sebut sebagai tanah yang cocok untuk penggunaan di bidang pertanian di kawasan tropis. Namun demikian, tidak selalu berlaku umum. Sedimentasi yang menghasilkan tanah yang subur hanya jika sedimentasi tersebut memang berasal dari tanah tererosi yang juga subur.

Tahapan pertama pengaruh vegetasi terhadap tanah adalah perubahan iklim mikro tanah. Selain itu seperti yang sudah dibahas adalah intersepsi curah hujan dan modifikasi suhu dan kelembaban permukaan tanah. Tanah dan vegetasi secara bersamaan berubah sejalan dengan waktu. Tanah berkembang dari tanah muda, begitu juga vegetasi mengalami suksesi dengan tahapan-tahapannya. Kedua perubahan tersebut dapat saling bergantung dan mempengaruhi. Misalnya pada tanah yang relatif muda, vegetasi yang tumbuh hanyalah vegetasi pionir yang dapat bertahan terhadap kondisi miskin hara dan iklim yang ekstrem. Perkembangan tanah tahap lanjut menciptakan misalnya tanah menjadi lebih cocok untuk pertumbuhan vegetasi yang lebih beragam. Pada saat yang sama vegetasi memodifikasi suhu dan kelembaban permukaan tanah serta menyediakan relung (niche) bagi flora dan fauna tanah sehingga tanah lebih cepat berkembang dengan kehadiran biota tanah yang lebih banyak dan beragam.

Pada sisi yang lain vegetasi mempengaruhi perkembangan tanah dengan penyediaan humus hasil penguraian serasah (litter) yang jatuh di lantai hutan. Hasil penguraian serasah yang berasal dari daun yang mati atau gugur, bunga, buah, ranting, cabang atau dahan, dan juga pohon yang mati. Para ahli menduga bahwa terdapat sekitar 5 sampai 13 ton serasah per tahun yang jatuh ke lantai hutan di kawasan tropis. Namun, kecepatan penguraian serasah tersebut seimbang dengan kecepatan penimbunannya di lantai hutan.

Serasah yang jatuh dalam lingkungan iklim yang lembab dan cukup panas melapuk secara mekanik, kimiawi, dan biologis. Kumbang dan larva bekerja dengan kecepatan sangat tinggi dan efektif misalnya menghancurkan pohon yang tumbang. Jamur dan cendawan lain mempercepat pelapukan dengan bantuan hifa berikut enzim ekstra dan intra seluler. Rayap yang sangat kaya keragamannya di tropis bekerja dengan cara yang berbeda dalam proses pelapukan, mengingat bahwa rayap mempunyai kemampuan untuk mencerna selulosa sehingga penghancuran berlangsung lebih cepat. Hingga saat ini diduga tidak kurang dari 2000 spesies rayap yang ada di kawasan tropis dengan besar populasi yang cukup untuk mengurai deposit serasah di lantai hutan.

Peran lain dimainkan oleh semut yang jumlah spesiesnya mencapai ribuan dengan ukuran berkisar antara 3 hingga 30 mm. Semut juga berperan pada tahap awal penghancuran secara mekanik dengan memotong serasah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil sehingga dapat dipindahkan ke sarangnya. Tahapan lebih lanjut adalah peranan cacing tanah, millipoda, jamur, dan bakteri yang bekerja sangat efektif dalam lingkungan iklim mikro yang cocok. Secara keseluruhan peran makrobiota tanah ataupun mikrobiota menjamin proses penghancuran dan pengurai serasah menjadi ion yang tersedia bagi akar tumbuhan sebagai hara di dalam tanah.

Penguraian serasah yang berbentuk daun, batang, bunga, buah, cabang, dahan, atau bahkan bagian tubuh hewan, dan pengurai itu sendiri berlangsung terus

menerus. Semula serasah mempunyai bentuk, tetapi setelah terurai lebih lanjut, bahan organik tersebut menjadi amorf (tidak dapat dikenali lagi bentuk asalnya). Dalam keadaan demikian berarti telah terbentuk humus yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari tanah. Humus yang menempati lapisan atas tanah biasanya berwarna gelap dan sarang. Pengertian sarang dalam hal ini adalah tanah yang telah meningkat volume porinya.

Humus berfungsi seperti perekat partikel tanah yang membentuk agregat tanah yang lebih gembur, meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan air. Kemampuan istimewa lain dari humus adalah daya serapnya (adsorb) terhadap ion seperti kalsium, kalium, amonium, dan magnesium. Ion-ion tersebut dapat dilepaskan lagi sehingga dapat diserap (absorb) oleh akar tumbuhan sebagai hara. Humus juga mendukung aktivitas mikroorganisme sehingga dapat mengurai humus itu sendiri menjadi komponen-komponennya yang lebih sederhana. Di tanah tropis jumlah humus tersebut sangat ditentukan oleh dinamika, struktur, dan komposisi vegetasinya. Jika terdapat gangguan seperti adanya penebangan dan sejenisnya maka kemampuan untuk menghasilkan humus tersebut akan sangat menurun dan memerlukan waktu yang lama hingga vegetasi kembali pulih dan pendauran hara berjalan normal.



TES FORMATIF 2. Pilih jawaban yang paling benar !

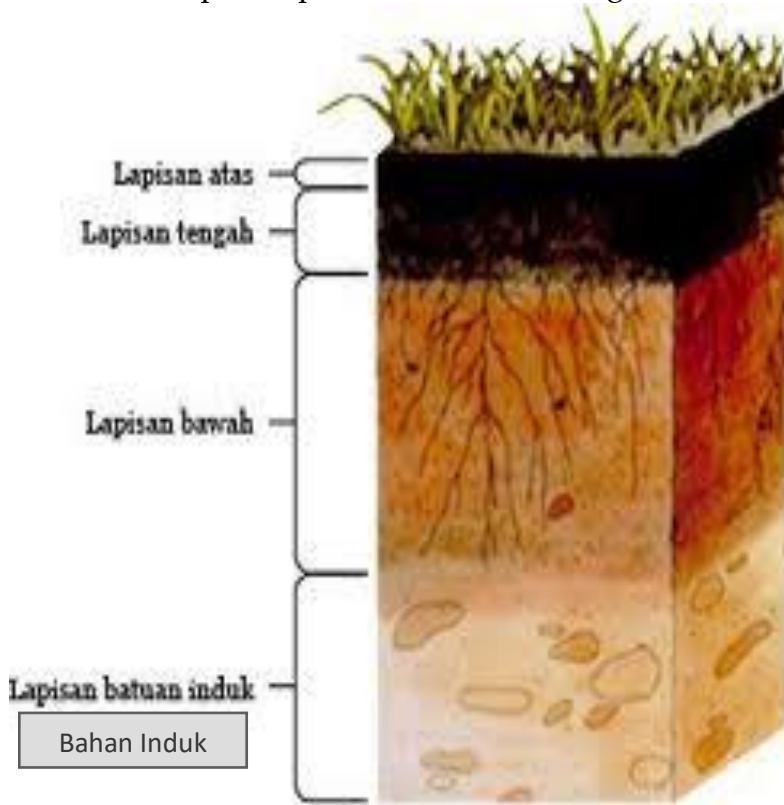
- 1) Komponen utama tanah mineral yang paling sedikit / kecil adalah :
  - A. Bahan mineral
  - B. Air
  - C. Udara
  - D. Bahan organik
- 2) Batuan yang berasal dari batuan beku atau endapan disebut batuan ?
  - A. Batuan vulkanik
  - B. Batuan sedimen
  - C. Batuan beku dalam
  - D. Batuan metamorphose
- 3) Bahan berbentuk butiran dan tidak berbentuk koloid, yaitu :
  - A. Kerikil
  - B. Pasir
  - C. Debu
  - D. Jawaban A, B dan C betul semua
- 4) Mineral primer adalah berasal dari pelapukan batuan, umumnya dalam pasir dan debu. Contohnya adalah :
  - A. Kwarsa ( $\text{SiO}_2$ )
  - B. Dolomit
  - C. Kaolinit
  - D. Feldspar
- 5) Berikut faktor-faktor pembentuk tanah, kecuali :
  - A. Topografi dan bahan induk
  - B. Organisme dan iklim
  - C. Tanah longsor
  - D. Waktu

## BAB 3

### PROFIL TANAH

#### A. Lapisan Tanah

Kalau kita memotong tanah secara melintang, maka akan terlihat lapisan mendatar. Irisan semacam ini disebut profil dan lapisan-lapisan yang terlihat itu masing-masing disebut horizon. Horizon-horison diatas bahan induk ini seluruhnya disebut solum. Jadi profil tanah adalah penampakan irisan melintang tanah.



Gambar 3.1. Profil Tanah

Lapisan atas profil tanah umumnya cukup banyak mengandung bahan organik dan biasanya berwarna gelap karena penimbunan (akumulasi) bahan organik tersebut. Lapisan dengan ciri-ciri demikian dianggap sebagai daerah (zone) utama penimbunan bahan organik yang disebut tanah atas (topsoil). Tanah atas (tanah permukaan) merupakan bagian utama untuk perkembangan akar, mengandung banyak unsur-unsur hara yang tersedia untuk tumbuhan dan menyediakan Sebagian besar air yang diperlukan oleh tanaman.

Lapisan bawah (subsoil) ialah tanah di bawahnya yang mengalami cukup pelapukan, mengandung lebih sedikit bahan organik. Adapun bagian bawah subsoil yang berangsur-angsur bercampur dengan bagian regolit yang kurang mengalami pelapukan dinamakan bahan induk. Bahan induk ini biasanya sedikit mengalami pelapukan dan bagian atasnya akan menjadi subsoil bagian bawah.



Gambar 3.2. Lapisan Tanah

## B. Horison Tanah

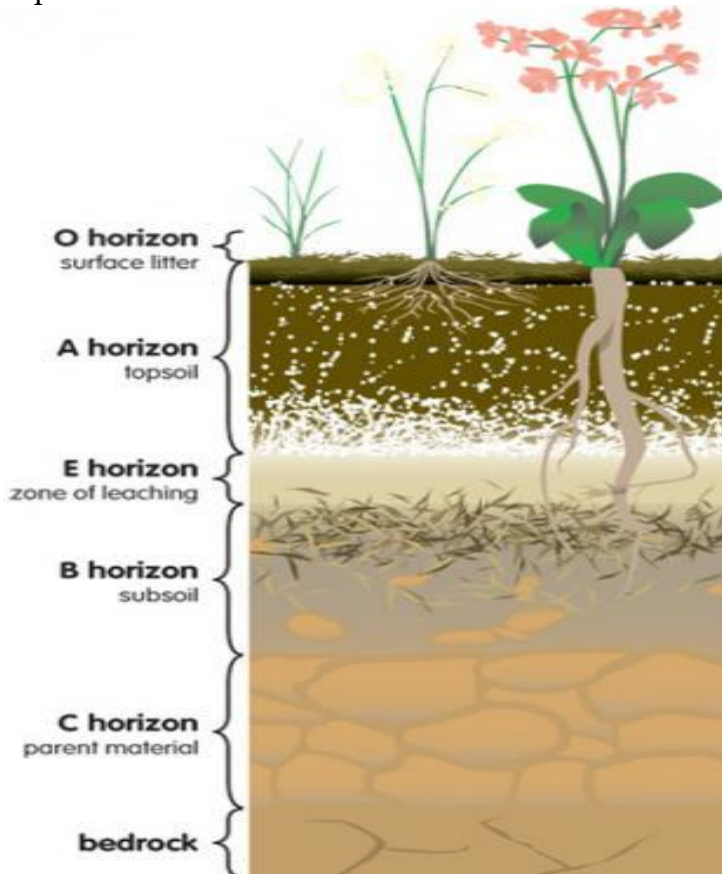
Horison tanah adalah lapisan tanah atau bahan-bahan tanah yang kurang lebihnya sejajar dengan permukaan tanah serta memiliki lapisan yang berbeda. Horizon tanah berbeda dengan lapisan pada tanah. Pada horison tanah, proses terbentuknya disebabkan perkembangan tanah. Sedangkan lapisan tanah terbentuk karena proses pengendapan akibat adanya tenaga geomorfik. Horison tanah terbentuk dengan lapisan yang dapat diurutkan. Urutannya dimulai dari permukaan ke bawah. Proses pengurutan tersebut diperoleh dari logika pembentukan tanah oleh berbagai proses transformasi, translokasi, pengurangan, serta penambahan atas senyawa kimia dan partikel di dalam profil. Pada pengurutan lapisan tanah menggunakan logika pengendapan material batuan yang memiliki karakteristik menurut macam tenaga geomorfik yang mengendapkannya.



Gambar 3.3. Horison Tanah

o Jenis horison tanah

Horison tanah tak hanya terdiri atas satu jenis. Untuk membedakannya biasanya diberi simbol dengan huruf kapital O, A, E, B, C dan R. Simbol tersebut merupakan penamaan dari sistem horison dan pelapisan.



Gambar 3.4. Jenis Horison Tanah

- 1) Tanah lapisan atas /top soil / Horizon O sampai A :
  - Umumnya sangat subur, karena lapisan tanah atas bercampur dengan humus.

- Tanah yang kaya dengan humus berwarna lebih hitam dibandingkan jenis tanah yang lain.
  - Humus berasal dari pembusukan hewan / tumbuhan yang telah mati.
  - Proses pembusukan ini dibantu oleh hewan-hewan yang hidup di tanah, misalnya cacing tanah ini memakan sampah-sampah di permukaan tanah. Sampah-sampah yang tidak dimakan oleh hewan-hewan ini, akan diuraikan oleh jamur.
- 2) Tanah lapisan bawah /sub soil / Horizon E dan B :
- kurang subur dan mempunyai warna lebih terang.
  - Mengandung sedikit humus.
- 3) Lapisan paling bawah yaitu bahan induk tanah / Horizon C :
- Bahan induk tanah merupakan lapisan tanah yang terdiri atas bahan-bahan asli hasil pelapukan batuan.
  - Lapisan ini disebut lapisan tanah asli karena tidak tercampur dengan hasil pelapukan dari batuan lain.
  - Biasanya lapisan tanah ini warnanya sama dengan warna batuan asalnya.
- 4) Horizon D atau R memiliki lapisan batuan induk paling dasar yang terbentuk dari batuan yang sangat padat serta pejal. Pada area ini belum mengalami pelapukan pada batuan-batuannya. Batuan yang ada pada horizon D atau R terdiri atas granit, basal, batu pasir, batu gamping, dll.

- Manfaat Mengetahui Horison Tanah

- 1) Mengetahui kelengkapan dan penyebaran horizon tanah, sehingga pencirian dari tingkat perkembangan dan umur tanah dapat kita ketahui. Semakin lengkap dan majemuk horizon tanah, maka akan semakin baik dan tua usia tanah tersebut.
- 2) Mengetahui kedalaman top soil sebelum memulai menanam tanaman, sehingga akan diketahui tanaman yang cocok dengan keadaan suatu topsoil.
- 3) Warna hitam pada tanah dapat menandakan tingkat unsur organik tanah, sehingga melalui warna tanah dapat mengetahui tingkat kesuburannya.
- 4) Warna tanah juga dapat mencerminkan kondisi anaerob dan aerob. Jika warna tanah terang menandakan kondisi aerob. Sedangkan warna kelabu menandakan anaerob.

- Horizon Penciri dalam Klasifikasi Tanah

Horizon Penciri Tanah menunjukkan seperangkat sifat fisika dan sifat kimia tertentu pada horizon permukaan atau horizon sub-permukaan yang menjadi ciri khas suatu jenis tanah. Horizon penciri tanah terbagi menjadi dua kelompok, yaitu Horizon Permukaan (Epipedon) dan Horizon Sub-Permukaan. Epipedon atau Horizon Permukaan mencakup beberapa jenis seperti disajikan pada Tabel. Horizon Permukaan (Epipedon) umumnya memiliki simbol A (mungkin dengan Horizon O di atasnya). Sedangkan Horizon Sub-Permukaan secara normal memiliki simbol B

dengan diikuti huruf kecil yang menunjukkan jenis perkembangan yang lebih spesifik dari tanah yang bersangkutan.

Epipedon Okrik adalah epipedon yang paling banyak ditemui dalam klasifikasi tanah dibandingkan dengan tiga epipedon lain yang banyak digunakan. Menurut berbagai sumber, Okrik diambil dari kata Yunani *Ochros*, yang berarti pucat. Epipedon ini dapat berupa Horizon A yang tipis berwarna pucat, yang menunjukkan kekurangan bahan organik. Horizon ini banyak ditemui di daerah dengan vegetasi alami atau yang beriklim sangat kering, dengan temperatur rata-rata hangat atau dingin. Pengolahan tanah yang memiliki horizon ini walaupun mengakibatkan tanah berwarna keabuan atau coklat kekuningan. Penambahan sisa tanaman atau kotoran hewan dapat kembali menghitamkan tanah.

Tabel 3.1. Horizon Permukaan dan Horizon Sub-Permukaan

No	Horison Penciri	Keteranag
Horison Permukaan (Epipedon)		
1.	Okrik	Topsoil tipis atau berwarna pucat
2.	Molik	Topsoil tebal, berwarna gelap, netral sampai alkali, subur
3.	Umbrik	Topsoil tebal berwarna gelap, asam, tidak subur
4.	Histik	Lapisan bahan organik tebal di atas tanah mineral



Horison Sub-Permukaan		
1.	Kambik	Perkembangan tanah sedang
2.	Argilik	Kaya liat hasil cucian dari topsoil
3.	Spodik	Kaya koloid humus, Al, dan biasanya Fe cucian dari topsoil
4.	Albik	Berwarna putih – pucat
5.	Oksik	Sangat lapuk, tidak subur, liat sesquioksida tinggi, biasanya berwarna kemerahan

Epipedon Molik merupakan Horizon A yang tebal berwarna coklat sangat tua atau hampir hitam karena tingginya kandungan humus. Molik berasal dari sebuah kata dalam Bahasa Latin *mollus*, yang berarti lembut. Horizon ini biasa ditemui di padang rumput yang mampu membiosiklus ion-ion basa dari subsoil ke permukaan tanah. Ini terjadi karena terbatasnya hujan, yang mengakibatkan tidak terjadinya pencucian basa-basa dan bahkan terjadi perkolasi negatif membawa basa-basa dari lapisan bawah ke permukaan tanah sehingga menaikkan kejenuhan basa tanah. Lapisan tanah ini memiliki struktur granular, yang memungkinkan tanah ini tetap remah dalam keadaan kering.

Dari sisi penampakan, Epipedon Umbrik mirip dengan Epipedon Molik namun horizon ini memiliki kejenuhan basa yang rendah dan tingkat keasaman yang tinggi. Epipedon Umbrik biasanya ditemui di wilayah basah. Umbrik berasal dari kata *umbra*, sebuah

kata Latin yang artinya bayangan, yang mendekati warna hitam.

Epipedon Histik memiliki lapisan tebal serasah tanaman (20-40 cm) namun kita tidak dapat mengelompokkannya ke dalam tanah organik. Histik berasal dari kata *histose* dari Bahasa Yunani yang berarti jaringan. Horizon ini berbeda dengan Horizon O, yang memiliki lapisan tipis dari serasah tanaman. Horizon ini biasanya berkembang dengan baik di lahan basah, yang secara periodik terjenuhi oleh air selama beberapa hari atau beberapa pekan per tahun.

Horizon Kambik terkait dengan proses pencucian berbagai bahan dari lapisan atas (A) ke lapisan bawah (B). Horizon Kambik menunjukkan tingkat pelapukan masih sedang dan endapan bahan cucian dari lapisan atas masih sedikit. Untuk memenuhi persyaratan Kambik, sebuah horizon harus tidak terlalu berpasir dan menunjukkan sedikit perubahan oleh proses pelapukan. Ini ditunjukkan oleh warna, struktur, dan pengangkutan komponen terlarut. Kambik berasal dari kata Latin *cambiare* yang artinya mengubah.

Horizon Argilik mengandung liat dalam jumlah yang lebih besar daripada Horizon A dan juga biasanya lebih besar daripada di Horizon C. Horizon seperti ini banyak dijumpai hampir di seluruh wilayah hutan basah dan juga di wilayah lahan kering. Sebagian liat di horizon ini berasal dari Horizon A dan sebagian lagi tentunya dibentuk di Horizon B oleh pelapukan mineral primer menjadi mineral sekunder atau mineral liat. Tanda (t) di Horizon Bt berasal dari sebuah kata Latin *tone*, yang artinya liat. Kata Argilik sebagai nama horizon ini

berasal dari *argillus*, sebuah kata Latin, yang berarti liat putih. Horizon ini bermanfaat bagi tanaman karena dapat mengikat air dan unsur hara di daerah perakaran.

Horizon Argilik terdiri dari dua jenis: Horizon Natrik dan Horizon Kandik. Horizon Natrik terbentuk karena terjadinya dispersi liat akibat tingginya Na di dalam tanah. Dispersi liat mengakibatkan terjadinya penyumbatan pori tanah sehingga menurunkan perkolasi air di dalam tanah. Horizon Kandik memiliki liat beraktivitas rendah (Kaolinit) sehingga tidak mengikat unsur hara dengan baik.

Di wilayah tropika yang basah dan berpasir, subsoil biasanya berwarna coklat kemerahan sampai hitam, disebabkan oleh pelapisan permukaan butiran pasir oleh oksida besi dan aluminium bersama dengan humus. Pelapisan ini dapat terlihat dengan jelas dalam matriks tanah. Lapisan subsoil dengan sifat seperti ini disebut Horizon Spodik dan disimbolkan dengan Bhs. Notasi (h) menunjukkan humus dan (s) menunjukkan sesquioksida Fe dan Al. Spodik berasal dari sebuah kata Yunani *spodus*, yang berarti abu hitam. Bila tanah ini diolah, tanah abu-abu muda di atas Horizon E memberikan warna seperti abu di permukaan lahan. Di bawah lapisan humus yang gelap dan asam Spodosols terdapat horizon putih (Horizon Albik) di atas Horizon Spodik yang berwarna coklat tua dengan humus dan/atau sesquioksida melapisi partikel pasir

Horizon Oksik adalah subsoil yang sangat miskin dengan hampir tanpa mineral primer selain kuarsa. Matriks tanah ini terdiri dari kuarsa dan mineral liat

yang tahan lapuk berupa kaolinit dan sesquioxida dengan simbol Bo. Lapisan ini kenampakannya tidak berbeda jelas dengan subsoil lainnya. Seluruh subsoil umumnya secara seragam telah melapuk dan kehilangan sifat batuan aslinya. Horizon ini ditemukan di wilayah tropika dengan pelapukan yang sangat hebat dalam jangka waktu yang lama.

Tanah di wilayah agak kering memiliki Horizon Kalsik, yang tersusun dari kalsium karbonat yang tercuci dari lapisan atas. Pada bentukan lahan yang telah tua di wilayah kering, lapisan ini telah mengeras menjadi Horizon Petrokalsik (Bkm). Dinamakan demikian karena keras seperti batu dan tersusun terutama dari  $\text{CaCO}_3$ . Selain Horizon Permukaan (Epipedon) dan Horizon Sub-Permukaan sering juga ditemukan Fragipan dan Duripan. Fragipan juga dijumpai di wilayah hutan. Horizon ini sangat padat sehingga menghambat penetrasi air dan akar tanaman. Penyusunan yang rapat antara pasir dan debu dan ikatannya yang lemah mengakibatkan horizon ini bersifat rapuh bila kering atau lembab, tetapi tidak demikian bila dalam keadaan basah. Duripan lebih keras daripada petrokalsik karena penyusunnya mencakup  $\text{SiO}_2$ . Horizon ini terdapat di wilayah padang pasir dan wilayah dengan lapisan abu vulkan dengan curah hujan yang sedang. Di wilayah yang hangat dan basah, dengan bahan induk banyak mengandung besi, besi terakumulasi dan mengkristal membentuk lapisan yang disebut Plintit, yang berkembang lebih baik di lereng bawah. Plintit

mengeras menjadi lapisan Petroferik (*iron pan*) bila telah melalui pembasahan dan pengeringan secara teratur.

*TEST FORMATIF 3* . Pilih jawaban yang paling benar !

- 1) Penampakan irisan melintang tanah disebut :
  - A. Bahan organik
  - B. Profil tanah
  - C. Bahan mineral
  - D. Solum tanah
- 2) Bagian profil tanah yang banyak mengandung bahan organik dan biasanya berwarna gelap karena penimbunan (akumulasi) bahan organik disebut :
  - A. Lapisan atas (topsoil)
  - B. Lapisan bawah (subsoil)
  - C. Solum tanah
  - D. Bahan induk
- 3) Lapisan tanah yang terdiri atas bahan-bahan asli hasil pelapukan batuan disebut :
  - A. Lapisan atas (topsoil)
  - B. Lapisan bawah (subsoil)
  - C. Solum tanah
  - D. Bahan induk tanah
- 4) Manfaat mengetahui horison tanah adalah :
  - A. Mengetahui kedalaman topsoil sebelum memulai menanam tanaman, sehingga akan diketahui tanaman yang cocok dengan keadaan suatu topsoil.
  - B. Mengetahui besarnya erosi yang terjadi
  - C. Mengetahui kelengkapan dan penyebaran horizon tanah, sehingga pencirian dari

tingkat perkembangan dan umur tanah dapat kita ketahui.

D. Jawaban A dan C betul

5) Terbentuknya karena proses pengendapan akibat adanya tenaga geomorfik disebut :

- A. Lapisan tanah
- B. Horison tanah
- C. Solum tanah
- D. Profil tanah

## BAB 4

### FISIK TANAH

Pada Bab 4 ini akan dibahas mengenai sifat fisik tanah. Berbicara mengenai sifat fisik tanah berarti akan berkaitan dengan sifat penting fisik tanah, seperti tekstur tanah, struktur tanah, porositas tanah, permeabilitas tanah, konsistensi tanah, warna dan temperatur tanah serta sifat-sifat penting fisika tanah lainnya.



Gambar 4.1. Komponen Sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat dan proses-proses fisika di atas sangat penting untuk dipahami dalam pengelolaan tanah. Dengan pemahaman ini kita diharapkan dapat menerapkan manfaatnya di lapangan. Misalnya, untuk mengatasi proses pencucian basa-basa di dalam sistem

tanah, yang dapat menurunkan tingkat kesuburan tanah, diperlukan pemahaman terhadap apa dan bagaimana terjadinya proses infiltrasi dan perkolasi di dalam sistem tanah. Bila dengan suatu alasan suatu jenis tanah diolah, maka harus dipahami bahwa kegiatan tersebut akan meningkatkan porositas tanah. Meningkatnya porositas tanah akan memudahkan terjadinya infiltrasi air. Meningkatnya porositas tanah juga meningkatkan laju perkolasi air, yang dapat membawa berbagai unsur atau senyawa larut di dalam air yang bergerak mengikuti gerakan air perkolasi; proses ini disebut Pencucian (*Leaching*). Tergantung pada keinginan, laju infiltrasi dan laju perkolasi bisa dikelola agar lebih cepat atau lebih lambat. Untuk menghindari proses pencucian berlebihan, porositas tanah harus dibatasi. Sebaliknya, bila menginginkan terjadinya proses pencucian secara intensif, maka porositas tanah harus dinaikkan.

- Perlunya mengetahui sifat fisik tanah karena :
  - Mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman.
  - Menentukan penetrasi akar di dalam tanah; retensi air; drainase; aerasi dan nutrisi tanaman
  - Mempengaruhi sifat kimia dan biologi tanah.

#### A. Tekstur Tanah

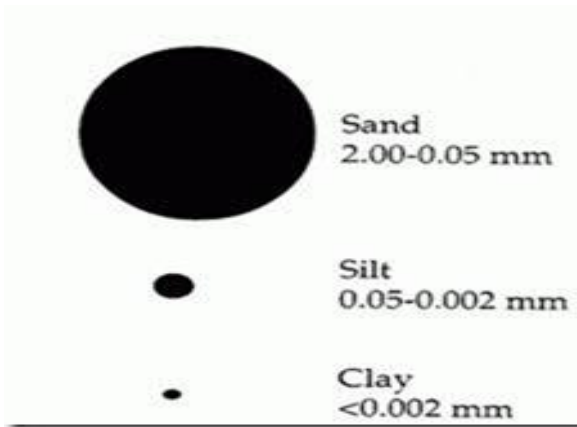
Tekstur tanah menunjukkan perbandingan relatif antara Pasir ( sand ), debu ( silt ) dan liat ( clay ) di dalam sistem tanah, yang juga menggambarkan tingkat kekasaran atau kehalusan suatu jenis tanah. Tekstur tanah tidak dapat diubah dan dipandang sebagai sifat



dasar tanah. Setiap jenis tanah memiliki persentase pasir, debu, dan liat tersendiri. Ada tanah yang didominasi oleh fraksi pasir sehingga memiliki tekstur Pasir. Ada tanah yang didominasi oleh fraksi debu sehingga memiliki tekstur Debu. Ada juga tanah yang memiliki tekstur Liat karena tanah ini didominasi oleh fraksi liat. Sebagian tanah juga memiliki tekstur tertentu dengan suatu fraksi cukup signifikan. Dengan alasan ini, terdapat tanah dengan tekstur berpasir, berdebu, atau berliat. Misalnya, tanah Lempung Berpasir, Lempung Berdebu, atau Lempung Berliat.

Tabel 4.1. Ukuran Partikel Tanah

Fraksi Tanah	Klasifikasi	Ukuran (mm)
Pasir	Sangat kasar	1.000 – 2.000
	Kasar	0.500 – 1.000
	Sedang	0.250 – 0.500
	Halus	0.100 – 0.250
	Sangat halus	0.050 – 0.100
Debu	Debu kasar	0.005 – 0.050
	Debu halus	0.002 – 0.005
Liat	Liat kasar	0.2 $\mu\text{m}$ – 0.002
	Liat halus	< 0.2 $\mu\text{m}$



Gambar 4.2. Ukuran Partikel Tanah

- Tekstur menentukan sifat – sifat tanah sebagai berikut :
  - Kemampuan memegang dan menyimpan air
  - Kelancaran lalu lintas udara dan air (infiltrasi dan perkolasi / laju pergerakan air) serta permeabilitas.
  - Kemampuan menyimpan hara tanaman dalam bentuk tersedia bagi tanaman, kapasitas tukar kation (KTK)
  - Kemudahan akar menembus tanah
  - Daya dukung tanah, plastisitas dan sifat lekat
  - Kesuburan tanah

Secara garis besar tekstur tanah dibagi 2 kelas yaitu tanah bertekstur kasar dan tanah bertekstur halus. Tanah bertekstur halus ( dominant liat ) memiliki permukaan lebih halus dibanding tanah bertekstur kasar ( dominan pasir ), sehingga kapasitas adsorpsi unsur – unsur hara lebih besar. Tanah bertekstur halus lebih subur dibandingkan tanah bertekstur kasar,

karena banyak mengandung unsur hara dan bahan organik.

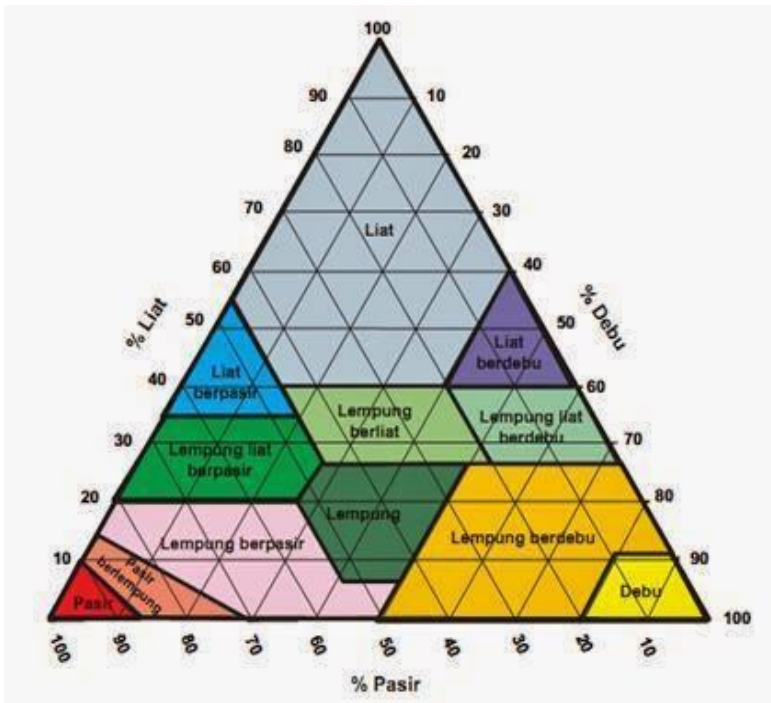
Tanah bertekstur kasar lebih porus dan laju infiltrasinya lebih cepat. Tanah – tanah bertekstur kasar memiliki makro porus yang lebih banyak, yang berfungsi dalam pergerakan udara dan air (sulit menahan air). Tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori-pori meso (sedang) agak porus.

Tanah berliat memiliki persentase mikro porus yang lebih banyak (tidak porus), yang berfungsi dalam retensi air ( water retention ). Tanah bertekstur halus memiliki kapasitas memegang air lebih besar daripada tanah pasir karena memiliki permukaan yang lebih luas. Penentuan tekstur tanah ada 2 cara :

- 1) Analisis mekanis --→ di laboratorium
  - 2) Secara kualitatif ----→ di lapangan (Texture by feel)
- Analisis Mekanis

- Caranya :

Contoh tanah kering udara dihancurkan kemudian disaring dengan ayakan 2 mm. Semua kerikil dan sisa tanaman dibuang atau dihancurkan dengan penambahan asam chlorida dan natrium hidroksida agar partikel-partikel tanah terdispensi sempurna . Cara memisahkan pasir dengan menyaring . Untuk debu dan liat dipisahkan atas dasar kecepatan mengendap dalam air. Setelah diperoleh hasil komposisi perbandingan pasir, debu dan liat dari analisis secara mekanis tersebut selanjutnya dibawa ke segitiga tekstur untuk menentukan kelas teksturnya.



Gambar 4.3. Segi Tiga Tekstur

Sebagai contoh, penetapan kelas tekstur sebuah tanah dengan menggunakan Segitiga Tekstur dengan data hidrometer pasir 45% dan debu 30% dapat dilakukan dengan menentukan sebuah titik pada sisi pasir dengan kandungan pasir 45% dan menarik garis sejajar dengan garis skala debu dan menentukan titik debu pada kandungan debu 30% pada sisi debu dan menarik garis lurus sejajar dengan garis skala liat. Kedua garis akan berpotongan pada suatu titik dengan label kelas tekstur tertentu, yaitu Lempung, yang menunjukkan kelas tekstur tanah tersebut. Dengan demikian, kita dapat mengetahui kelas tekstur tanah tersebut dengan mudah menggunakan Segitiga Tekstur.

➤ Secara Kualitatif (Texture by feel)

- Caranya :

Tanah dibasahi dan diletakkan diantara jari telunjuk dan ibu jari, kemudian saling ditekan dan dirasakan (rasa kasar , licin ). Selanjutnta perhatikan ciri-ciri yang dirasakan.

Beberapa ciri kelas tekstur sebagai berikut :

- PASIR
  - ✓ Rasa kasar sangat jelas
  - ✓ Tidak membentuk bola dan gulungan
  - ✓ Tidak melekat
- PASIR BERLEMPUNG
  - ✓ Rasa kasar jelas
  - ✓ membentuk bola mudah hancur
  - ✓ sedikit sekali melekat
- LEMPUNG BERPASIR
  - ✓ Rasa kasar agak jelas
  - ✓ membentuk bola agak keras , mudah hancur
  - ✓ Sedikit melekat
- LEMPUNG
  - ✓ Rasa tidak kasar dan tidak licin
  - ✓ Membentuk bola teguh , dapat sedikit gulung dengan permukaan mengkilat
  - ✓ Agak melekat
- LEMPUNG BERDEBU
  - ✓ Rasa licin
  - ✓ Agak lekat
  - ✓ Dapat dibentuk bola agak teguh ; gulungan dengan permukaan mengkilat

- DEBU
  - ✓ Rasa licin sekali
  - ✓ Membentuk bola teguh ; dapat sedikit digulung
  - ✓ Permukaan mengkilat
  - ✓ Agak melekat
- LEMPUNG LIAT BERPASIR
  - ✓ Rasa halus dengan sedikit agak kasar
  - ✓ Membentuk bola agak teguh
  - ✓ membentuk gulungan jika dipirit mudah hancur
- LEMPUNG LIAT BERDEBU
  - ✓ Rasa halus agak licin
  - ✓ Membentuk bola teguh ; gulungan mengkilat
  - ✓ Melekat
- LEMPUNG BERLIAT
  - ✓ Rasa agak licin
  - ✓ Membentuk bola agak teguh
  - ✓ Membentuk gulungan jika dipirit mudah hancur
  - ✓ Agak melekat
- LIAT BERPASIR
  - ✓ Rasa halus berat , tetapi terasa sedikit kasar
  - ✓ Membentuk bola ; mudah digulung
  - ✓ Melekat sekali
- LIAT BERDEBU
  - ✓ Rasa halus;berat,tetapi terasa sedikit kasar
  - ✓ Menbtk bola; mudah digulung
  - ✓ Sangat lekat
- LIAT
  - ✓ Rasa berat
  - ✓ Membentuk bola dengan baik
  - ✓ Sangat lekat

- LIAT BERAT

- ✓ Rasa berat sekali
- ✓ Membentuk bola dengan baik
- ✓ Sangat lekat

Penetapan kelas tekstur dengan ‘perasaan’ di lapang bersifat subjektif dan cenderung tidak akurat. Oleh karena itu, hasilnya harus diverifikasi dengan hasil penetapan di laboratorium. Namun dengan latihan yang cukup, seorang ahli tanah dapat menetapkan kelas tekstur tanah dengan akurat, hasil penetapannya mendekati atau sama dengan hasil penetapan di laboratorium.

Dalam jangka pendek kelas tekstur tanah tidak berubah, khususnya bila proses perkembangan tanah berjalan relatif lambat. Namun demikian, dengan berjalannya waktu tekstur tanah dapat berubah sebagai akibat dari terus berlangsungnya proses pelapukan tanah. Fraksi pasir dan debu yang menyimpan mineral primer akan mengalami pelapukan sehingga menjadi mineral sekunder atau mineral liat. Akibatnya, terjadi perubahan komposisi fraksi pasir, debu, dan liat. Dalam jangka pendek, kelas tekstur juga dapat berubah sebagai akibat masuknya anasir-anasir dari luar sistem tanah yang bersifat masif. Misalnya, tanah berliat dapat berubah menjadi tanah berpasir karena masukan partikel-partikel pasir secara masif akibat ledakan gunung berapi, seperti yang terjadi di wilayah sekitar G. Galunggung atau G. Merapi sesaat setelah letusan gunung terjadi.

- Berdasarkan kelas teksturnya tanah digolongkan :
  - 1) Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir, berarti tanah yang mengandung minimal 70% pasir : bertekstur pasir atau pasir berlempung.
  - 2) Tanah bertekstur halus atau kasar berliat, berarti tanah yang mengandung minimal 37,5% liat atau bertekstur liat, liat berdebu atau liat berpasir.
  - 3) Tanah bertekstur sedang atau tanah berlempung, terdiri dari:
    - a. Tanah bertekstur sedang tetapi agak kasar meliputi tanah yang bertekstur lempung berpasir (*sandy loam*) atau lempung berpasir halus.
    - b. Tanah bertekstur sedang meliputi yang bertekstur berlempung berpasir sangat halus, lempung (*loam*), lempung berdebu (*silty loam*) atau debu (*silt*).
    - c. Tanah bertekstur sedang tetapi agak halus mencakup lempung liat (*clay loam*), lempung liat berpasir (*sandy clay loam*), atau lempung liat berdebu (*sandy silt loam*).
- Kelas – kelas tekstur tanah :
  - Kasar : Pasir  
Pasir berlempung
  - Agak kasar : Lempung berpasir
  - Sedang : Lempung  
Lempung berdebu  
Debu
  - Agak halus : Lempung liat berpasir  
Lempung liat berdebu  
Lempung berliat



- Halus : Liat berpasir  
Liat berdebu  
Liat

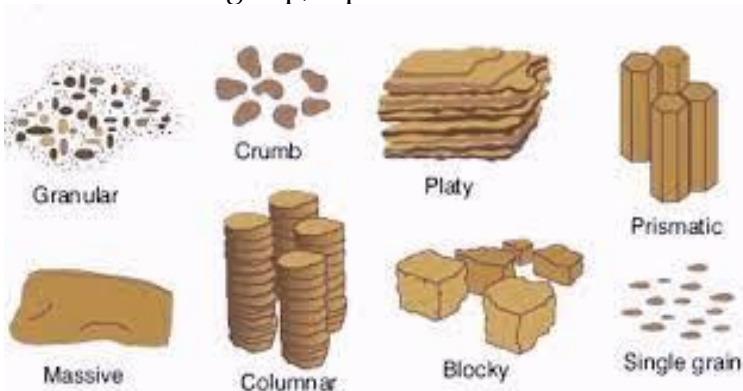
## B. Struktur Tanah

Struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil dari tanah akibat melekatnya / bersatunya fraksi pasir, fraksi debu, dan fraksi liat membentuk bangunan tiga dimensi dalam bentuk agregat. Dalam pembentukan struktur tanah, fraksi pasir dan debu berfungsi sebagai kerangka sedangkan fraksi liat, humus, dan/atau sesquioksida berfungsi sebagai perekat yang menyatukan fraksi pasir dan fraksi debu. Keberadaan liat, humus, dan sesquioksida tanah mengakibatkan struktur tanah menjadi lebih mantap sehingga lebih tahan terhadap kekuatan fisik yang menekan, misalnya energi kinetik butiran air hujan. Selain sebagai perekat partikel-partikel tanah, humus juga menyebabkan partikel – partikel tanah yang didominasi debu dan pasir menjadi tidak padat bila diolah secara berulang.. Sebagai bahan perekatnya adalah bahan organik; oksida-oksida besi dan lain-lain. Jadi struktur menunjukkan kombinasi atau susunan partikel-partikel tanah primer (pasir, debu dan liat) sampai pada partikel-partikel sekunder atau (ped) disebut juga agregat. Jadi ped merupakan satu unit struktur yg terbentuk secara alami disebut juga agregat. Sedangkan clod merupakan unit gumpalan tanah yang terbentuk karena pencangkulan, tusukan pisau dan sebagainya.

Istilah tekstur digunakan untuk menunjukkan ukuran partikel-partikel tanah. Tetapi, apabila ukuran partikel tanah sudah diketahui maka digunakan istilah struktur.

- Bentuk-bentuk struktur tanah :
  - Plate like (lempeng)
    - Sumbu vertikal lebih pendek dari pada sumbu horizontal
    - Membentuk lapisan-lapisan halus
    - Terdapat pada Lapisan bawah / horizon A pada tanah hutan; berwarna pucat
  - Prismatic (prismatik)
    - Sumbu vertikal lebih panjang dari pada sumbu horizontal.
    - Sisi atas tidak membulat
    - Terdapat pada pada lapisan bawah / horizon B; padang rumput
  - Columnar (tiang)
    - Sumbu vertical > sumbu horizontal
    - Sisi atas membulat
    - Terdapat pada horizon B
  - Angular Blocky (gumpal bersudut)
    - Sumbu vertical = sumbu horizontal
    - Sisi-sisi membentuk bersudut
    - Terdapat pada lapisan bawah / horizon B.
    - Kaya liat pada tanah hutan
  - Sub Angular Blocky (gumpal membulat)
    - Sumbu vertical = sumbu horizontal
    - Sisi-sisi membtk sudut membulat
    - Terdpt pada lapisan bawah / horizon B.

- .Granuler (granular) dan Crum
  - Membulat; atau banyak sisi
  - Masing-masing butir struktur (ped) tidak porous
  - Garanular : membulat / banyak sisi dan sangat porous
  - Crum atau remah : masing-masing butir struktur (ped) bersifat porous.
  - Berwarna gelap; lapisan atas



Gambar 4.4. Struktur Tanah

- Ada dua jenis tanah tanpa struktur :
  - 1) butir tunggal (*single grain*)
  - 2) pejal / *massive*.
- Butir tunggal
  - Partikel-partikel tanah dalam keadaan lepas (tidak terikat) satu sama lainnya.
  - Sering dijumpai pada tanah-tanah yang banyak mengandung pasir.
- Tanah pejal / massive
  - Partikel-partikel tanah dalam keadaan terikat satu sama lainnya

- Perkembangan struktur (derajat gradasi)
- Tidak berstruktur (ped atau clod)
  - Agregasi tidak dapat dilihat atau tidak tertentu batasnya
  - susunan garis-garis alam semakin kabur.
  - Pejal jika menggumpal, berbutir tunggal jika tidak menggumpal.
- Lemah
  - *Ped* yang sulit dibentuk
  - dapat dilihat dengan mata telanjang.
- Sedang
  - *Ped* yang dapat dibentuk dengan baik
  - tahan lama dan jelas
  - tidak jelas pada tanah yang tidak terganggu.
- Kuat
  - *Ped* yang kuat
  - jelas pada tanah yang tidak terganggu satu
  - terikat secara lemah
  - tahan terhadap perpindahan
  - menjadi terpisah apabila tanah terganggu.

Struktur tanah berperan penting dalam perkembangan pertumbuhan tanaman. Di daerah memiliki curah hujan yang tinggi, maka tanah di daerah tersebut berstruktur remah. Di daerah yang panas struktur tanah cenderung lebih prisma pada lapisan bawahnya. Struktur tanah sangat mempengaruhi kemampuan aerasi, infiltrasi, serapan, laju pergerakan, serta ketersediaan air di dalam lapisan tanah.

- Pengaruh struktur tanah terhadap pertumbuhan tanaman seperti berikut :
  - Struktur tanah yang remah (ringan) pada umumnya menghasilkan laju pertumbuhan tanaman dan produksi persatuan waktu yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur tanah yang padat.
  - Jumlah dan panjang akar pada tanaman
  - Struktur tanah baik bagi perakaran apabila pori makro terisi udara dan pori mikro terisi air.
  - Tanah yang gembur (sarang) memiliki agregat yang cukup besar dengan makropori dan mikropori yang seimbang.

### C. Konsistensi Tanah

Seperti diungkapkan sebelumnya, air di dalam tanah akan disimpan di dalam pori tanah, khususnya yang berukuran mikro dan meso. Oleh karena itu, kadar air tanah tergantung pada jenis pori. Kapasitas menyimpan air tanah akan semakin baik bila tanah mengandung pori mikro dan pori meso dengan jumlah yang cukup banyak. Faktor-faktor yang memengaruhi ukuran pori tanah seperti tekstur dan struktur tanah dan porositas total tanah dengan sendirinya sangat memengaruhi kadar air tanah. Dengan demikian, dapat diduga bahwa tanah berliat akan memiliki kadar air lebih tinggi daripada tanah berdebu, dan tanah berdebu akan memiliki kadar air lebih tinggi daripada tanah berpasir. Asumsi yang digunakan adalah bahwa jumlah pori mikro dan meso akan menurun dengan urutan: Tanah Liat > Tanah Debu > Tanah Pasir. Namun demikian,

urutan di atas bisa saja berubah sebagai akibat kualitas agregasi tanah, yang memengaruhi struktur tanah. Tanah liat dengan struktur yang baik bisa saja memiliki jenis pori makro lebih dominan sehingga daya ikatnya terhadap air menurun karena sebagian air lebih mudah terdrainase. Demikian juga dengan tanah berdebu, dengan agregasi yang baik dapat memiliki pori makro lebih tinggi. Akibatnya, kadar air di dalam tanah dapat berubah menjadi: Tanah Pasir > Tanah Debu > Tanah Liat.

Selain oleh faktor tekstur dan struktur tanah, kadar air tanah juga dipengaruhi oleh faktor porositas tanah. Bila pori mikro mendominasi, kadar air tanah akan meningkat dengan meningkatnya porositas total tanah karena akan lebih banyak pori yang dapat mengikat air tanah. Sebaliknya, kadar air tanah akan menurun dengan meningkatnya porositas tanah bila pori makro tanah mendominasi. Sebagian besar air akan terdrainase dalam bentuk air gravitasi. Kadar air tanah berpengaruh terhadap Konsistensi Tanah. Konsistensi tanah menunjukkan sifat kerasnya tanah pada saat kering, keremahannya bila lembab, dan kelengketan atau elastisitasnya bila basah (Singer dan Munns, 1987). Konsistensi tanah berbeda antarjenis tanah, berkaitan terutama dengan kadar air dan tekstur tanah. Selain pengaruh di atas, air tanah juga memiliki beberapa manfaat. Pertama, air adalah bahan dasar untuk proses fotosintesis di dalam tanaman hijau bersama dengan gas CO<sub>2</sub>. Kedua, air penting bagi perkembangan mikroorganisme tanah yang melakukan dekomposisi bahan organik. Ketiga, air juga penting dalam proses

pelapukan mineral tanah, yang membebaskan unsur hara yang diperlukan oleh tanaman. Dalam pelapukan mineral tanah, air bertindak baik sebagai media reaksi.

Konsistensi tanah adalah suatu istilah yang berkaitan sangat erat dengan kandungan air yang menunjukkan manifestasi gaya kohesi dan adhesi yang bekerja di dalam tanah pada kandungan air yang berbeda-beda.

- Konsistensi tanah tergantung :
  - Tekstur
  - Jumlah koloid-koloid mineral dan organik (humus)
  - Struktur
  - Kandungan air tanah.
- Pentingnya konsistensi tanah :
  - Untuk penggarapan / pengolahan tanah yang efisien
  - Penetrasi akar tanaman dilapisan tanah bawahan.
  - untuk klasifikasi tanah
  - perencanaan alat-alat olah tanah.
- Klasifikasi konsistensi tanah sebagai berikut :
  - 1) Konsistensi basah
    - lebih kurang kandungan air pada kapasitas lapang.
    - Tanah basah, sehingga terkesan becek.
    - Dibedakan kedalam konsistensi tidak plastis sampai plastis atau tidak lekat sampai lekat.

- 2) Konsistensi lembab
  - Sedikit basah, kira-kira kandungan airnya terletak pada antara tanah kering udara dan kapasitas lapang.
  - Tanahnya gembur
  - Dibedakan kedalam konsistensi gembur (mudah diolah) sampai teguh (agak sulit dicangkul).
- 3) Konsistensi kering
  - Kondisi kering udara
  - Tanahnya keras.
  - Dibedakan kedalam konsistensi lunak sampai keras.
- Cara Menentukan Konsistensi
  - Dalam keadaan lembab atau kering, segumpal tanah diremas. Bila gumpalan mudah hancur, maka dikatakan konsistensinya gembur , atau konsistensinya lunak bila tanahnya kering. Bila sukar hancur tanah berkonsistensi teguh (lembab) atau keras (kering).
  - Dalam keadaan basah, ditentukan mudah tidaknya melekat pada jari (melekat atau tidak melekat) atau mudah tidaknya membentuk bulatan dan kemampuannya mempertahankan bentuk (plastis atau tidak plastis).

#### D. Permeabilitas Tanah

Ada beberapa pengertian / definisi permeabilitas tanah menurut para ahli, diantaranya sebagai berikut :

- Menurut Hardjowigeno permeabilitas adalah kecepatan laju air dalam medium massa tanah.



- Menurut Foth (1994), permeabilitas merupakan kemudahan cairan, gas dan akar menembus tanah.
- Permeabilitas tanah adalah ukuran kecepatan air atau udara yg mengalir melalui tanah.

Memahami sifat permeabilitas tanah ini penting artinya dalam keperluan drainase dan tata air tanah. Bagi tanah-tanah yang bertekstur halus biasanya mempunyai permeabilitas lebih lambat dibanding tanah bertekstur kasar.

Nilai permeabilitas suatu solum tanah ditentukan oleh suatu lapisan tanah yang mempunyai nilai permeabilitas terkecil. Permeabilitas berbanding lurus dengan porositas tanah, semakin besar pori-pori tanah semakin besar permeabilitas dan semakin kecil tahanan terhadap arus air.

Tanah dengan struktur mantap adalah tanah yang memiliki permeabilitas dan drainase yang sempurna, serta tidak mudah didispersikan oleh air hujan. Drainase mempengaruhi baik buruknya pertukaran udara. Faktor ini akan mempengaruhi kegiatan mikroorganisme dan perakaran dalam tanah. Permeabilitas tanah dapat menghilangkan daya air untuk mengerosi tanah. Tanah dengan permeabilitas rendah diinginkan untuk persawahan yang membutuhkan banyak air.

- Pengetahuan tentang permeabilitas berguna di dalam pengelolaan :
  - ✓ Lahan pertanian
  - ✓ Lahan kehutanan
  - ✓ Drainase dan irigasi,

- ✓ Budidaya perikanan dan
- ✓ Pengawasan banjir.

Tabel 4.2. Klasifikasi Permeabilitas Tanah

Permeabilitas (cm / jam )	Kelas
< 0,1	Sangat lambat
0,1 – 0,5	Lambat
0,5 – 2,0	Agak lambat
2,0 – 6,5	Sedang
6,5 – 12,5	Agak cepat
12,5 – 25,0	Cepat
> 25,0	Sangat cepat

#### E. Kerapatan Isi dan Kerapatan Partikel Tanah

Kerapatan isi tanah (bulk density) merupakan perbandingan antara berat suatu massa partikel tanah dalam keadaan kering mutlak dengan volumenya. Juga bisa diartikan ukuran pengepakan atau kompresi partikel-partikel tanah (pasir, debu, dan liat). Kerapatan isi tanah merupakan petunjuk kerapatan tanah. Makin padat suatu tanah makin tinggi bulk densitynya, yang berarti makin sulit meneruskan air atau di tembus akar tanaman.

Porositas berkaitan dengan kerapatan isi tanah, tetapi tidak berkaitan dengan kerapatan partikel tanah. Bila tanah mengalami pemadatan, misalnya karena penggunaan traktor di lahan pertanian, jumlah ruang

pori tanah berkurang, dan berat tanah per satuan volumenya bertambah. Sebaliknya, bila ruang pori tanah bertambah misalnya karena pengolahan tanah maka berat tanah per satuan volume atau kerapatan isinya menurun.

Kerapatan isi tanah dianggap penting untuk menghitung kebutuhan pupuk dan air per hektar yang didasarkan pada berat tanah per hektar.

- Nilai kerapatan isi tanah dapat dipengaruhi oleh :
  - Faktor pengolahan tanah
  - bahan organik
  - pemadatan oleh alat-alat pertanian
  - tekstur
  - struktur
  - kandungan air tanah, dan lain-lain.

Pengolahan tanah yang sangat intensif akan menaikkan bobot / kerapatan isi tanah, karena akan menekan ruang pori menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan tanah yang tidak pernah diolah. Besaran bobot isi tanah dapat bervariasi dari waktu ke waktu atau dari lapisan ke lapisan sesuai dengan perubahan ruang pori atau struktur tanah. Keragaman itu menunjukkan derajat kepadatan tanah, karena tanah dengan ruang pori berkurang dan berat tanah setiap satuan bertambah menyebabkan meningkatnya bobot isi tanah. Tanah dengan bobot yang besar akan sulit meneruskan air atau sulit ditembus akar tanaman, sebaliknya tanah dgn bobot isi rendah, akar tanaman lebih mudah berkembang.

Pori-pori tanah adalah bagian tanah yang tidak terisi bahan padat tanah (terisi oleh udara dan air). Pori tanah

dapat dibedakan menjadi pori kasar (*macro pore*) dan pori halus (*micro pore*). Pori kasar berisi udara atau air gravitasi (air yang mudah hilang karena gaya gravitasi), pori halus berisi air kapiler dan udara.

Ruang pori tanah yaitu bagian dari tanah yang ditempati oleh air dan udara. Ruang pori total terdiri atas ruangan diantara partikel pasir, debu, dan liat serta ruang diantara agregat-agregat tanah. Agar tanaman dapat tumbuh baik diperlukan perimbangan antara pori berguna dan pori tidak berguna, untuk ketersediaan air bagi tanaman.

Pori berguna bagi tanaman yaitu pori yang berdiameter diatas 0,2 mikron, terdiri atas pori pemegang air berukuran diameter 0,2 – 8,6 mikron, pori drainase lambat berdiameter 8,6 – 28,6 mikron, dan pori drainase cepat berdiameter diatas 28,8 mikron. Pori tidak berguna bagi tanaman adalah pori yang diameternya kurang dari 0,2 mikron. Akar tanaman tidak mampu menghisap air pada pori ukuran kurang dari 0,2 mikron tersebut, sehingga tanaman menjadi layu. Untuk mengeluarkan air dari pori ini diperlukan tenaga tekanan atau isapan setara dengan 15 atmosfer. Air yang terdapat dalam pori pemegang air disebut air tersedia, umumnya antara titik layu dan kapasitas lapang.

#### F. Pori dan Porositas Tanah

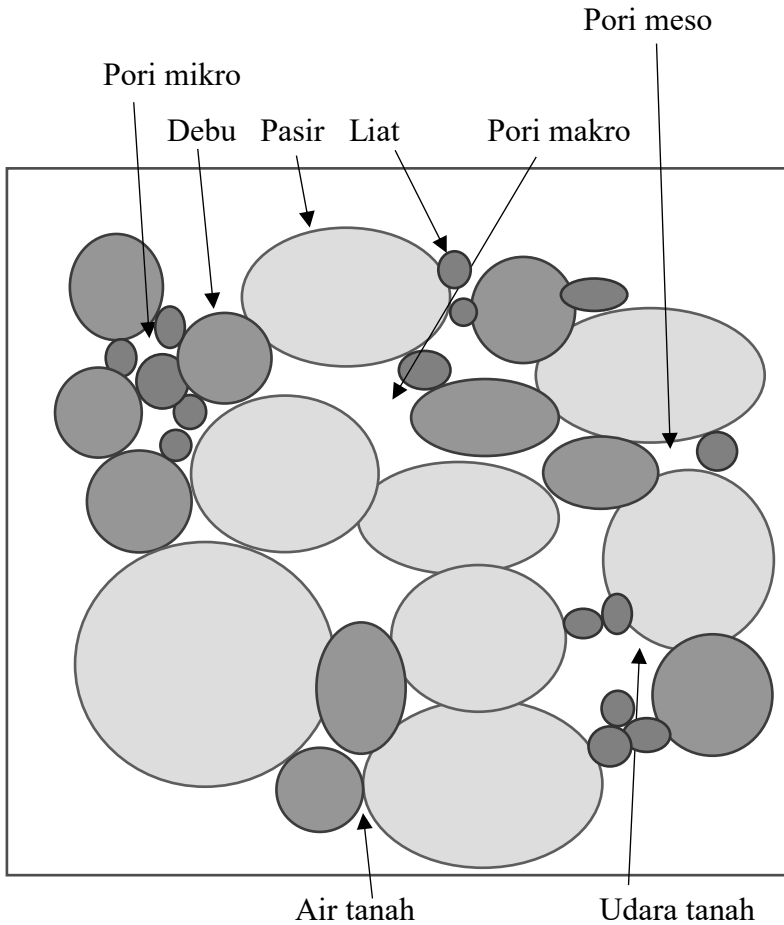
Ketika partikel-partikel pasir, debu, dan liat menyatu membentuk sebuah agregat tanah, akan terbentuk rongga-rongga di antara partikel tanah yang tidak ditempati oleh padatan tanah. Rongga-rongga di antara

partikel tanah ini disebut Pori Tanah. Dari segi letaknya, pori tanah terdiri dari dua jenis, yaitu Pori Intraagregat dan Pori Interagregat. Pori Intraagregat adalah rongga-rongga di dalam tanah yang terletak di antara partikel-partikel tanah yang menyusun agregat tanah; sedangkan Pori Interagregat adalah rongga-rongga di dalam tanah yang terletak di antara agregat tanah. Pori tanah diisi oleh air, udara, dan mikroorganisme. Selain itu, di dalam pori-pori tanah inilah akar tanaman bertumbuh dan berkembang serta menyerap air dan unsur hara untuk memenuhi keperluan tanaman. Dengan demikian, kedudukan dan peranan pori tanah sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Pori tanah terdiri dari berbagai ukuran. Secara kualitatif, pori tanah dibagi menjadi tiga Kelompok : pori mikro, pori meso, dan pori makro. Secara teori, dalam keadaan normal (kapasitas lapang), air menempati pori mikro dan sebagian pori meso, sedangkan udara mengisi sebagian pori meso dan pori makro. Dalam keadaan basah, misalnya pada saat dan setelah hujan, seluruh pori diisi oleh air. Udara yang sebelumnya mengisi pori tanah terdesak ke luar dari pori tanah. Sebaliknya dalam keadaan kering seluruh pori tanah berisi udara. Keberadaan air dan udara di dalam pori tanah sangat dinamis, sehingga berubah dari waktu ke waktu dipengaruhi oleh keberadaan air tanah.

Pori-pori tanah dapat saling berhubungan membentuk sebuah saluran seperti sebuah pipa di dalam tubuh tanah. Saluran ini menjulur tidak beraturan menuju segala arah dan merupakan jalan bagi

air tanah untuk bergerak secara kapiler (dalam keadaan kering) atau difusi (dalam keadaan basah). Saluran ini juga merupakan jalan bagi difusi gas antara udara tanah dan udara atmosfer.



Gambar 4.5. Gambaran Hipotetik Pori Tanah

Panjang saluran bervariasi, dapat panjang dapat pula pendek. Bisa saja antara dua buah saluran memiliki jarak lurus yang sama namun panjang salurannya berbeda. Hal ini tergantung pada kekelokan pori-pori

tanah yang saling berhubungan. Kekelokan (*Tortuosity*) ini akan menentukan kecepatan pergerakan air dan unsur hara dari satu titik ke titik yang lain di dalam tanah melalui aliran massa atau difusi. Air dan unsur hara akan bergerak lebih lambat bila kekelokan yang dimaksud sangat tinggi.

Porositas tanah / Ruang pori total / Total porositas adalah isi seluruh pori-pori dalam suatu isi tanah utuh. Rumusnya sebagai berikut :

- Porositas tanah (%) =  $100\% - \frac{\% \text{ bahan padat tanah}}{\text{Bulk density}}$
- $\% \text{ bahan padat tanah} = \frac{\text{Particle density}}{\text{Bulk density}} \times 100\%$
- Bulk density/bobot isi tanah / kerapatan lindak adalah berat tanah kering oven per satuan volume tanah (termasuk pori-pori tanah)... gr/cc.
- Particle density / kerapatan zarah adalah berat tanah kering oven per volume tanah (tidak termasuk pori-pori tanah)... gr/cc.

Kerapatan zarah (Particle density) tiap jenis tanah bersifat konstan. Untuk tanah-tanah mineral nilainya = 2,65 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan untuk tanah-tanah organik harus dikurangi 0,02 dan untuk tanah gambut harus diukur langsung di lapangan, nilainya berkisar 1,2 – 1,7 gr/cm<sup>3</sup>.

- Porositas tanah dipengaruhi :
  - Kandungan bahan organik (jika bahan organik tinggi, maka porositas tinggi)
  - Struktur tanah (remah/granuler > massive /pejal)
  - Tekstur tanah (tekstur pasir pori makronya banyak, sehingga sulit menahan air).

Ukuran pori dan kemantapan pori berpengaruh terhadap daya infiltrasi, semakin besar dan mantap pori tersebut maka daya infiltrasi akan semakin besar. Tanah-tanah pasir mempunyai pori-pori kasar lebih banyak daripada tanah liat. Tanah dengan banyak pori-pori kasar sulit menahan air sehingga tanaman mudah kekeringan.

Tanah liat mempunyai pori total (jumlah pori-pori makro + mikro) lebih tinggi daripada tanah pasir. Untuk tanah remah memberikan kapasitas infiltrasi akan lebih besar daripada tanah liat. Tanah dengan pori-pori jenuh air mempunyai kapasitas infiltrasi lebih kecil dibandingkan tanah dalam keadaan kering. Adapun tanah pasir memiliki pori drainase yang baik sehingga infiltrasinya tinggi tetapi tidak dapat mengikat air tersebut.

#### G. Temperatur Tanah

Temperatur /suhu tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman serta kehidupan biologi tanah. Dalam keadaan normal, meningkatnya temperatur tanah dapat meningkatkan perkecambahan benih tanaman, pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman, serta pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme dan makroorganisme tanah. Selain itu, temperatur tanah juga memengaruhi gerakan air dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah, yang juga berpengaruh terhadap tanaman. Oleh karena itu, temperatur tanah sering digunakan untuk menentukan jadwal penanaman dan pemanenan suatu jenis tanaman.



Temperatur tanah berpengaruh terhadap tanaman karena akar tanaman memerlukan panas untuk bertumbuh dan berkembang di dalam tanah. Secara umum tanaman akan bertumbuh dan berkembang dengan baik pada temperatur  $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau bahkan  $> 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk tanaman yang kurang sensitif. Namun demikian, temperatur tanah terlalu tinggi juga akan berpengaruh buruk terhadap tanaman. Umumnya, tanaman dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik pada temperatur  $< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau untuk tanaman yang sensitif pada temperatur  $< 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian, temperatur tanah ideal bagi tanaman terletak pada angka  $20 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Temperatur tanah ideal akan berbeda antara berbagai jenis tanaman.

Mikroorganisme tanah memerlukan temperatur yang ideal untuk bertumbuh dan berkembang dengan baik. Sebagian ilmuwan menetapkan temperatur  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme tanah dan karenanya temperatur  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  digunakan sebagai dasar untuk menentukan aktivitas maksimum mikroorganisme tanah. Penurunan temperatur di bawah  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  akan mengakibatkan proses-proses metabolisme di dalam tubuh mikroorganisme menurun, sedangkan peningkatan temperatur di atas  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  dapat bersifat degradatif sehingga dapat menurunkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah.

Selain berpengaruh terhadap biologi tanah dan akar tanaman, temperatur tanah juga mempengaruhi beberapa proses penting di dalam sistem tanah. Gerakan unsur hara menuju akar tanaman sangat terkait dengan temperatur tanah. Vibrasi atom unsur

hara akan lebih baik pada temperatur lebih tinggi, sehingga pergerakannya menuju akar tanaman akan lebih cepat. Reaksi biokimia di dalam tanah, misalnya yang melibatkan enzim tanah, akan berlangsung lebih cepat pada temperatur lebih tinggi. Demikian juga proses pelapukan mineral tanah dan dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah akan berlangsung lebih cepat dengan meningkatnya temperatur tanah.

Temperatur tanah mengalami fluktuasi harian, tergantung pada sinar matahari. Pada tengah malam sampai pagi hari temperatur tanah berada pada titik minimum. Ketika matahari terbit dan radiasi mencapai permukaan tanah, temperatur tanah mulai meningkat dan mencapai temperatur maksimum pada tengah hari. Temperatur tanah berangsur-angsur turun dan kembali mencapai temperature minimum pada tengah malam hari. Rataan temperatur juga berfluktuasi bulanan dan tahunan, yang sangat tergantung pada musim terkait posisi matahari.

Fluktuasi harian, bulanan, dan tahunan temperatur tanah juga sangat tergantung pada kadar air tanah. Tanah dengan kadar air tinggi (lembab) akan mengalami fluktuasi lebih rendah dibandingkan dengan tanah dengan kadar air rendah (kering). Hal ini disebabkan karena air memiliki kalor jenis yang tinggi, sehingga memiliki kemampuan untuk menahan kenaikan atau penurunan temperatur yang cepat. Sinar matahari merupakan sumber panas utama yang berpengaruh terhadap temperatur tanah. Jumlah energi matahari yang mencapai permukaan tanah dan sifat

permukaan tanah akan menentukan temperatur tanah. Jumlah panas dari matahari yang diserap tergantung pada sudut jatuhnya sinar matahari di permukaan bumi dan juga pada warna dan jenis vegetasi penutup. Panas yang menyentuh permukaan bumi diserap oleh permukaan tanah, meningkatkan temperatur tanah, dan sebagian dipantulkan kembali ke atmosfer. Bila sinar matahari jatuh tegak lurus ke permukaan bumi, serapan panas oleh tanah akan tinggi.

Beberapa faktor penting yang memengaruhi penyerapan panas oleh tanah adalah: warna tanah, penutup tanah, kadar air tanah, arah dan tingkat kelerengan, dan kedalaman tanah. Tanah yang berwarna hitam menyerap 75% dari panas yang diterima dan tanah berwarna pucat hanya 25%. Kehadiran tanaman penutup mengurangi penyerapan panas oleh tanah, seperti halnya kehadiran mulsa di permukaan tanah. Kadar air tanah dapat menyangga temperatur tanah.

Tanah yang basah mengalami perubahan temperatur secara lambat karena air memiliki kalor jenis yang tinggi. Selain itu, kelerengan juga menentukan kecepatan penyerapan panas. Lereng yang lurus menghadap matahari akan lebih cepat memanaskan dibandingkan dengan lereng yang membelakangi matahari. Karena panas harus merambat melalui partikel tanah, temperatur tanah berbeda berdasarkan kedalamannya. Secara umum, pada siang hari temperatur lapisan atas tanah lebih tinggi daripada lapisan bawah tanah; sebaliknya, pada malam hari temperatur lapisan atas lebih rendah daripada

temperatur lapisan bawah tanah. Perbedaan demikian juga ditemui pada angka rata-rata temperatur bulanan dan tahunan.

Karena temperatur tanah sangat bervariasi tergantung pada posisi geografis dan iklim, maka temperatur tanah perlu dikelola dengan baik. Secara umum, pengelolaan temperatur tanah dapat dilakukan dengan dua cara. Yang pertama adalah dengan melakukan penyesuaian jenis tanaman dengan pola temperatur tanah alami. Yang kedua adalah dengan melakukan manipulasi temperatur tanah, baik dengan tujuan untuk meningkatkan atau pun untuk menurunkan temperatur tanah.

Cara yang paling banyak dilakukan dalam mengelola temperatur tanah adalah dengan menanam tanaman yang memiliki kebutuhan temperatur tanah yang sama dengan temperatur tanah di wilayah tertentu. Penundaan penanaman dapat dilakukan sampai temperatur tanah sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman tertentu. Cara ini lebih murah karena tidak memerlukan introduksi teknologi; tanaman dengan sendirinya akan bertumbuh dan berkembang dengan baik.

Dalam keadaan tertentu, temperatur tanah dianggap terlalu rendah untuk pertanaman tertentu, sehingga diperlukan manipulasi tertentu sehingga temperatur tanah dapat dinaikkan. Beberapa cara yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi penutup tanah sehingga sinar matahari dapat secara langsung menyentuh permukaan dan meningkatkan temperatur tanah. Selain itu, peningkatan temperatur tanah dapat

juga dilakukan dengan menggunakan mulsa transparan, yang dengannya akan menimbulkan *micro-greenhouse effect* yang memanaskan tanah. Sinar matahari dalam bentuk gelombang pendek diserap oleh permukaan tanah, sebagiannya diradiasikan kembali dalam bentuk gelombang panjang. Gelombang panjang ini akan terkungkung di dalam mulsa transparan dan memanaskan tanah. Sebaliknya, sering juga diperlukan penurunan temperatur tanah untuk tanaman tertentu. Beberapa cara yang dapat dilakukan adalah pembuatan perindang atau penggunaan mulsa nir-transparan agar sinar matahari tidak secara langsung menyentuh permukaan tanah. Pembasahan tanah juga dapat dilakukan untuk menurunkan temperatur tanah karena air memiliki kalor jenis yang relatif tinggi sehingga dapat menghambat peningkatan temperatur tanah.

Penggunaan rumah kaca secara ekstensif juga dapat dilakukan untuk mengontrol temperatur tanah melalui pengaturan temperatur udara. Bila temperatur tanah terlalu tinggi, pendingin rumah kaca dapat diaktifkan. Sebaliknya, bila temperatur tanah terlalu rendah, sehingga tidak dapat menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman, maka pemanas rumah kaca dapat diaktifkan. Cara ini tentunya memerlukan peralatan tertentu dan relatif mahal. Cara ini banyak digunakan di wilayah dengan empat iklim.

Temperatur tanah umumnya selalu lebih tinggi daripada temperatur udara. Selain itu, temperatur tanah sangat berhubungan erat dengan temperatur udara. Oleh karena itu telah dikembangkan berbagai usaha untuk merumuskan hubungan antara temperatur tanah

dengan temperatur udara. Karena temperatur tanah selalu lebih tinggi daripada temperatur udara, maka temperatur tanah biasanya dapat diprediksi dengan nilai temperatur udara ditambah dengan suatu konstanta yang dikembangkan dari nilai empirik yang diamati selama beberapa tahun. Salah satu perumusan hubungan tersebut yang dikembangkan untuk wilayah Terbanggi Besar, Lampung Tengah, adalah sebagai berikut :

$$T_s = T_a + 1.9 \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ ..... (Musim Kemarau)}$$

$$T_s = T_a + 2.2 \text{ (}^\circ\text{C)} \text{ ..... (Musim Penghujan)}$$

dengan  $T_s$  adalah temperatur tanah dan  $T_a$  adalah temperatur udara. Persamaan di atas menunjukkan dengan jelas bahwa temperatur tanah pada Musim Penghujan lebih tinggi dibandingkan dengan Musim Kemarau.

Temperatur tanah secara langsung akan berpengaruh terhadap mobilitas unsur hara di dalam tanah karena vibrasi atom unsur hara akan lebih tinggi dengan meningkatnya temperatur tanah. Secara teori, peningkatan temperatur sebesar  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  akan melipatduakan atau melipattigakan kecepatan reaksi. Dengan demikian, pemanasan tanah oleh Radiasi Matahari dapat meningkatkan pergerakan unsur hara di dalam tanah. Selain karena pengaruhnya terhadap vibrasi atom, radiasi matahari juga meningkatkan transpirasi air oleh daun tanaman, yang pada gilirannya dapat meningkatkan proses penyerapan unsur hara dari sekitar perakaran yang diangkut melalui aliran massa atau difusi. Jumlah unsur hara yang diserap oleh akar tanaman tentunya sangat tergantung pada konsentrasi

unsur hara di dalam air tanah. Selain itu, jumlah unsur hara yang diserap oleh akar tanaman juga tergantung pada kebutuhan tanaman terhadap berbagai jenis unsur hara, karena tanaman menyerap unsur hara secara selektif sesuai dengan keperluannya.

Peningkatan suhu, terutama suhu tanah akan mempercepat kehilangan kelembapan tanah terutama pada musim kemarau. Evapotranspirasi menyebabkan peningkatan suhu tanah, rendahnya persediaan air dalam tanah dan pertumbuhan tinggi tanaman menjadi terhambat.

- Temperatur / suhu tanah mempengaruhi :
  - Kehidupan jasad hidup di dalam tanah
  - Proses pertumbuhan tanaman
- Faktor yang mempengaruhi temperatur tanah :
  - Drainase tanah yang menyebabkan pembuangan air yang berlebihan
  - Perlindungan tanah dengan tanaman dan mulsa

#### H. Warna Tanah

Warna Tanah adalah salah satu sifat tanah yang bisa dilihat secara kasat mata. Sifat-sifat umum tanah dapat ditaksir berdasarkan warna tanah. Misalnya, warna hitam pada Horizon O dan/atau Horizon A, menunjukkan bahwa tanah tersebut subur dan karenanya dianggap dapat menyediakan berbagai jenis unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Selain itu, warna hitam dari tanah tersebut diakibatkan oleh bahan organik yang disumbangkan oleh vegetasi yang tumbuh di atasnya. Jika diperhatikan tanah berwarna merah ini

menunjukkan bahwa tanah tersebut telah tua dan tidak produktif. Warna merah menunjukkan bahwa tanah didominasi oleh mineral sekunder berupa oksida atau hidroksida besi, yang menunjukkan fase akhir dari perkembangan tanah.

Warna tanah sangat ditentukan oleh kuantitas humus dan bentuk kimia Fe di dalam tanah. Bila humus di dalam tanah terdapat dalam kuantitas tinggi, tanah berwarna hitam. Tanah merah menunjukkan bahwa drainase baik, Fe teroksidasi dan tidak terhidrasi. Besi terdapat dalam keadaan teroksidasi ( $\text{Fe}^{3+}$ ) misalnya sebagai mineral sekunder hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang berwarna merah. Warna kuning menunjukkan bahwa Fe terhidrasi dan kadang-kadang oksidasi terjadi dalam jumlah rendah. Besi dalam bentuk teroksidasi dan terhidrasi, misalnya dalam bentuk mineral sekunder limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) yang berwarna kuning coklat. Warna kelabu menunjukkan bahwa tanah selalu tergenang dan kekurangan oksigen sehingga besi berada dalam keadaan tereduksi ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Dalam tanah yang kadang-kadang basah dan kadang-kadang kering, selain berwarna abu-abu (di daerah yang tereduksi) terlihat juga bercak-bercak merah atau kuning, yaitu di bagian  $\text{O}_2$  dapat masuk, yang menyebabkan terjadinya oksidasi Fe. Dari penjelasan ini terlihat jelas bahwa warna tanah sangat ditentukan oleh tiga faktor, yaitu:

- (1) jenis mineral dan jumlahnya,
- (2) kandungan bahan organik tanah, dan
- (3) kadar air tanah dan tingkat hidrasi.

Namun demikian, untuk menetapkan warna tanah hanya berdasarkan pandangan kasat mata saja bisa



menyesatkan karena kemampuan mata manusia tidak standar. Oleh karena itu, kita memerlukan warna standar sebagai pembanding. Untuk menentukan warna secara cerdas dan standar, kita dapat menggunakan Munsell Soil Color Chart, yang banyak digunakan dalam ilmu tanah modern. Dengan menggunakan Munsell Soil Color Chart, penetapan warna tidak bersifat subyektif, tetapi didasarkan pada warna yang telah dibakukan.

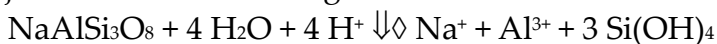
Munsell Soil Color Chart terdiri dari tiga sifat warna, yaitu: Hue, Value, dan Chroma. Hue adalah warna dominan sesuai dengan panjang gelombangnya. Value menunjukkan derajat terangnya warna sesuai dengan banyaknya sinar yang dipantulkan. Chroma menunjukkan kemurnian atau kekuatan dari warna atau gradasi kemurnian dari warna atau derajat pembeda adanya perubahan warna dari kelabu atau putih netral ke warna lainnya.

- Penyebab warna tanah adalah :
  - Warna hitam disebabkan humus tanah yang sangat tinggi
  - Warna merah disebabkan besi (Fe) teroksidasi, tidak terhidrasi
  - Warna kuning disebabkan besi (Fe) teroksidasi sedikit, terhidrasi
  - Warna kelabu disebabkan tanah tergenang; oksigen rendah sehingga Fe tereduksi
- Warna tanah digunakan untuk :
  - Menaksir kandungan bahan organik tanah. Semakin gelap berarti makin tinggi kandungannya.

- Menilai kondisi drainase dan aerasi. Warna merah/kuning coklat menunjukkan drainase baik, kelabu kebiruan berbecek-becek tanda drainase jelek
- Menaksir derajat lapukan / lama pembentukan tanah. Semakin merah, derajat pelapukan tanah makin lanjut.
- Menaksir kandungan mineral. Warna pucat / kekuningan berasal dari mineral kwarsa, sedang merah berasal dari mineral besi.
- Menunjukkan horison pencucian dan akumulasi. Warna putih atau pucat menunjukkan horison yang tercuci dan merah memadat horison akumulasi bahan-bahan dari horison di atasnya.

### I. Kadar Air Tanah

Kadar air tanah juga sangat menentukan pembebasan unsur hara dari padatan tanah. Hal ini terkait dengan proses hidrasi atau hidrolisis, yang sangat berhubungan dengan keberadaan air tanah. Reaksi hidrasi atau hidrolisis akan berlangsung lebih cepat dengan meningkatnya kadar air tanah. Sebagai contoh, berikut ini adalah reaksi pelapukan Albit (Na-Feldspars), yang terjadi berkaitan erat dengan kehadiran air :



Contoh lain yang terkait dengan peranan kadar air tanah adalah reaksi biokimia perombakan padatan P-organik yang membebaskan ortofosfat primer ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) dengan melibatkan Enzim Fosfatase yang dihasilkan oleh makroorganisme dan mikroorganisme tanah.

Reaksi ini mutlak memerlukan air sebagai salah satu reaktan. Tanpa kehadiran air, reaksi pembebasan P nir-organik tersebut dari Porganik di dalam tanah tidak akan pernah terjadi. Reaksi tersebut adalah sebagai berikut :



Keberadaan air tentunya dibatasi oleh keharusan untuk juga menyediakan O<sub>2</sub> di dalam tanah. Oksigen juga diperlukan oleh makroorganisme, mikroorganisme tanah, dan akar tanaman dalam melakukan respirasi senyawa organik untuk menghasilkan energi. Oleh karena itu, keberadaan air dapat meningkatkan proses pelapukan mineral atau dekomposisi bahan organik tanah hanya sampai batas tertentu saat pasokan O<sub>2</sub> untuk respirasi tidak terganggu. Kadar air yang terlalu tinggi juga akan mengganggu aktivitas enzim tanah karena terganggunya populasi dan aktivitas mikroorganisme penghasil enzim.

- Pengangkutan Unsur melalui Air Tanah.

Setelah dibebaskan, unsur hara akan memasuki air tanah yang berbatasan dengan padatan tanah dan mengalami berbagai reaksi: (a) dijerap oleh padatan tanah, khususnya oleh koloid tanah, baik pada padatan organik maupun pada padatan nir-organik, (b) mengalami pencucian oleh air perkolasi, atau (3) mengalami penyerapan oleh akar tanaman. Untuk dapat diserap oleh akar tanaman, unsur hara harus berada di dekat permukaan akar tanaman. Namun demikian, tidak semua unsur hara yang dibebaskan oleh padatan tanah berada di dekat permukaan akar tanaman. Fakta ini mengakibatkan unsur hara harus

bergerak mendekati permukaan akar tanaman atau, sebaliknya, akar tanaman yang harus “bergerak” menuju titik tempat unsur hara terkonsentrasi. Pergerakan unsur hara menuju permukaan akar tanaman dapat terjadi melalui proses aliran massa, difusi, dan/atau intersepsi oleh akar.

Air terdapat dalam tanah karena :

- Diserap massa tanah
- Tertahan oleh lapisan kedap air
- Keadaan drainase yang kurang baik
- Fungsi air secara umum adalah :
- Pelapukan mineral dan bahan organik (pelarut universal)
- Sebagai unsur hara tanaman (air +  $\text{CO}_2$  --→ gula dan karbohidrat)
- Alat transportasi hara (media gerak)
- Sebagai bagian dari sel-sel tanaman.

*TES FORMATIF 4.* Pilih jawaban yang paling benar !

- 1) Perlunya mengetahui sifat fisik tanah karena :
  - A. Mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman.
  - B. Menentukan penetrasi akar di dalam tanah; retensi air; drainase; aerasi dan nutrisi tanaman.
  - C. Mempengaruhi sifat kimia dan biologi tanah.
  - D. Semua jawaban di atas benar
- 2) Perbandingan relatif antara fraksi pasir, debu dan liat disebut :
  - A. Struktur tanah
  - B. Konsistensi tanah

- C. Tekstur tanah
  - D. Agregat tanah
- 3) *Ped* yang sulit dibentuk dan dapat dilihat dengan mata telanjang, ini termasuk perkembangan struktur :
- A. Kuat
  - B. Sedang
  - C. Lemah
  - D. Tidak berstruktur
- 4) Konsistensi tanah lembab seperti ciri-ciri dibawah ini, kecuali :
- A. Sedikit basah, kira-kira kandungan airnya terletak pada antara tanah kering udara dan kapasitas lapang.
  - B. Kondisi kering udara
  - C. Tanahnya gembur
  - D. Dibedakan kedalam konsistensi gembur (mudah diolah) sampai teguh (agak sulit dicangkul)
- 5) Ukuran kecepatan air atau udara yg mengalir melalui tanah, disebut :
- A. Permeabilitas tanah
  - B. Konsistensi tanah
  - C. Infiltrasi
  - D. Porositas tanah

## BAB 5

### KIMIA TANAH

#### A. Koloid Tanah

Koloid tanah terdiri dari dua jenis, yaitu :

##### 1). Koloid Liat

Koloid liat terdiri dari Mineral Liat Silikat dan Mineral Liat Nir-Silikat. Mineral Liat Silikat merupakan mineral sekunder yang berkembang dari mineral primer dan dalam komposisinya mengandung silikat; sedangkan Mineral Liat Nir-Silikat merupakan mineral sekunder yang dalam komposisinya tidak mengandung silikat.

Mineral Liat Silikat berasal dari mineral silikat primer seperti Feldspars yang merupakan aluminosilikat karena tersusun oleh Al, Si, dan O. Setelah terlapuk, Feldspars menghasilkan mineral liat silikat, yang mempunyai susunan berbeda namun tetap termasuk dalam kelompok aluminosilikat. Dalam strukturnya, mineral liat silikat memiliki beberapa molekul air sehingga disebut mineral liat silikat terhidrasi. Selain itu, mineral liat silikat juga memiliki struktur berlapis.

Mineral Liat Silikat terdiri atas beberapa kelompok, di antaranya adalah Mineral Liat Tipe 1:1 dengan contoh umum Kaolinit dan Mineral Liat Tipe 2:1 dengan contoh umum Montmorilonit. Beberapa jenis Mineral Liat Silikat disajikan pada. Mineral Liat Nir-Silikat terdiri dari oksida, hidroksida, dan hidroksioksida atau semuanya disebut Sesquioksida atau Oksida Hidrat dari Fe, Al, dan Mn.

Tabel 5.1. Beberapa Jenis Mineral Liat Silikat

Mineral	Tipe	Rumus Kimia
Kaolinit	1 : 1	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$
Haloisit	1 : 1	$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8 \cdot 4H_2O$
Smektit: Montmori lonit	2:1	$(Al_3Mg)Si_8O_{20}(OH)_4$
Nontronit	2:1	$Fe_4(Si_7Al)O_{20}(OH)_4$
Saponit	2:1	$Mg_6(Si_7Al)O_{20}(OH)_4$
Vermikulit	2 : 1	$Mg(Al,Fe,Mg_4)(Al_2Si_6)O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$
<i>Illit</i>	2 : 1	$Al_4Si_7AlO_{20}(OH)_4 K_{0.8}$
Klorit	2 : 2	$Mg_6(OH)_{12} \cdot (Al,Mg_5)(Al_2Si_6)O_{20}(OH)_4$

- Kaolinit

Kaolinit merupakan mineral liat silikat yang paling sederhana yang banyak terdapat di tanah tua yang telah berkembang lanjut. Kaolinit banyak terdapat di tanah-tanah tropika. Mineral ini berkembang dari mineral primer yang melapuk cukup intensif di bawah temperatur tinggi dan curah hujan yang cukup tinggi.

Seperti mineral liat silikat lainnya, Kaolinit dengan rumus kimia  $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ , memiliki struktur berlapis. Karena merupakan Mineral Liat Tipe 1:1, setiap lapisan mineral ini tersusun oleh sebuah Lembaran Silika dan sebuah Lembaran Alumina, sehingga memiliki perbandingan Si/Al 1/1. Lembaran Silika dan Lembaran Alumina tersusun oleh dua buah bangunan dasar liat, yaitu Si-Tetrahedral dan Al-

Oktahedral, yang saling berikatan satu dengan yang lainnya membentuk lembaran. Antara lapisan mineral liat silikat Tipe 1:1 diikat oleh Ikatan Hidrogen yang sangat kuat sehingga Ruang Antara Lapisan tidak dapat dimasuki oleh ion atau pun air sehingga strukturnya tidak mengembang. Ikatan ini muncul antara H dari Lembar Alumina lapisan pertama dan O dari Lembar Silika pada lapisan kedua yang berbatasan. Muatan negatif yang berkembang juga terbatas hanya dari pinggiran patahan mineral. Karena keterbatasan ini, Kaolinit memiliki muatan negatif yang sangat terbatas.

- Montmorilonit

Montmorilonit merupakan mineral liat silikat yang lebih muda dibandingkan dengan Kaolinit. Mineral liat ini tergolong dalam Kelompok Mineral Liat Smektit atau Mineral Liat Tipe 2:1. Dalam strukturnya, mineral ini berlapis-lapis dan setiap lapisan terdiri dari satu Lembar Alumina diapit oleh dua Lembar Silika, sehingga memiliki nisbah Si/Al 2:1. Ruang Antar Lapisan (RAL) mineral Montmorilonit tidak diikat oleh ikatan hidrogen, sehingga RAL-nya dapat mengembang dan menyempit karena ion-ion dan air dapat dengan bebas masuk ke dan keluar dari dalamnya.

Muatan negatif juga muncul tidak terbatas hanya pada patahan mineral seperti pada Kaolinit, tetapi juga pada bagian dalam RAL. Selain itu, Substitusi Isomorfik di dalam Si-Tetrahedral dan/atau Al-Oktahedral dalam Montmorilonit lebih mendominasi pembentukan muatan negatif, sehingga menghasilkan muatan negatif yang lebih tinggi dibandingkan dengan pada Kaolinit.



## 2). Koloid organik

Koloid organik yang berkembang dari bahan organik yang membusuk dan meninggalkan senyawa-senyawa yang lebih resisten berupa humus. Koloid organik memiliki reaktivitas lebih besar dibandingkan Koloid Liat. Misalnya KTK Montmorilonit adalah 70-95 cmolc kg<sup>-1</sup>, sedangkan KTK humus adalah 200 cmolc kg<sup>-1</sup>. Penambahan bahan organik adalah salah satu cara yang baik untuk meningkatkan KTK tanah agar tanah memiliki daya jerap yang tinggi terhadap air dan kation.

Bau dari pupuk kandang hilang setelah dicampur dengan tanah. Begitu pula kehilangan amoniak dari pupuk kandang dapat dikurangi bila dicampur dengan tanah. Bahan apa yang dapat menjerap bau dan amoniak itu ?. Jawabnya adalah koloid ! Karena koloid bermuatan negatif, kation tertarik kepada partikel lempung dan terikat secara elektrostatis pada permukaan lempung. Fenomena ini dinamakan dengan jerapan kation.

- Ada 2 koloid dalam tanah :
  1. Koloid liat / anorganik / lempung (ukuran  $\varnothing < 0,001 \mu\text{m}$  atau  $< 1 \mu\text{m}$ )
  2. Koloid organik yakni bahan organik yang bersifat koloid (humus) dan humus yang merupakan hasil humifikasi bahan organik (agak mantap)
    - Sifat Koloid liat adalah sebagai berikut :
      - Umumnya berbentuk kristal
      - Sebagian besar bermuatan negatif
      - Menyerap air (H<sub>2</sub>O)
      - Menyerap dan mempertukarkan kation

- Mempunyai permukaan yang luas
- Merupakan suatu garam yang bersifat asam (garam yang kationnya berasal dari asam kuat dan anionnya dari basa lemah)
- Sifat koloid organik :
  - Bermuatan negatif
  - Menyerap dan mempertukarkan kation
  - Menyerap air (H<sub>2</sub>O)
  - Daya adsorpsi lebih besar daripada koloid liat

Tabel 5.2. Beda Koloid Organik dan Liat

Sifat -Sifat	Koloid Org / Humus	Koloid Liat
1. Penyusun Utama	C, H, O, N, S, P	Al, Si, Fe, O
2. Daya adsorpsi ion	Besar	Kecil
3. Daya menyerap air	Besar	Sedang / tidak ada
4. Sifat partikel	Tidak kristal	Kristal
5. Sifat koloid	Labil, mudah dibentuk dan diuraikan mikrobia tanah	Lebih stabil; terbentuk lebih lama dan sukar terurai

## B. Reaksi Tanah (pH Tanah)

Reaksi tanah menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Reaksi tanah yang penting adalah masam, netral atau

basa / alkalin. Hal tersebut didasarkan pada jumlah ion  $H^+$  dan  $OH^-$  dalam larutan tanah.

- Jika ion  $H^+ >$  ion  $OH^-$ , maka tanah masam.
- Jika ion  $H^+ <$  ion  $OH^-$ , maka tanah alkalis (basa).
- Jika ion  $H^+ =$  ion  $OH^-$ , maka tanah bereaksi netral atau  $pH = 7$ .

Tanaman pada umumnya hidup pada tanah dengan  $pH$  alami 5.5 – 8.3 dan yang umum untuk pertumbuhan tanaman produksi adalah 6.5 – 7.8, tergantung pada jenis tanamannya. Pada  $pH$  yang rendah tanaman tidak dapat bertumbuh dan berkembang dengan baik karena beberapa permasalahan, baik yang secara langsung terkait dengan konsentrasi ion  $H^+$  maupun yang secara tidak langsung akibat berbagai perubahan kimia tanah yang ditimbulkan olehnya. Demikian juga pada  $pH$  terlalu tinggi, tanaman akan sulit bertumbuh dan berkembang karena pekatnya konsentrasi ion  $OH^-$  atau berbagai perubahan kimia tanah yang ditimbulkannya.

Keasaman tanah terjadi akibat curah hujan yang tinggi sehingga, banyak basa yang tertukar dan terlindi. Kebasaan tanah disebabkan kejenuhan basa tinggi, terdapat garam-garam karbonat seperti Ca, Mg dan Na (ion  $OH^- >$  ion  $H^+$  dalam larutan tanah). Tanah basa ciri daerah kering atau setengah kering.

Pengukuran  $pH$  tanah memberikan keterangan tentang :

- Kebutuhan kapur,
- Respon tanah terhadap pemupukan,
- Proses kimia yang berlangsung dalam proses pembentukan tanah, dan lain-lain.

Di Indonesia pada umumnya tanah bereaksi masam dengan pH berkisar antara 4,0 – 5,5. Tanah dengan pH 6,0 – 6,5 sering telah dikatakan cukup netral meskipun sebenarnya masih agak masam. Di daerah rawa-rawa sering ditemukan tanah-tanah sangat masam dengan pH kurang dari 3,0 yang disebut tanah sangat masam karena banyak mengandung asam sulfat.

Di daerah yang sangat kering kadang-kadang pH tanah sangat tinggi (pH lebih dari 9,0)

karena banyak mengandung garam Na.

- Faktor yang mempengaruhi pH antara lain :
  - kejenuhan basa,
  - sifat misel (koloid) dan
  - macam kation yang terjerap.

Semakin kecil kejenuhan basa, maka semakin masam tanah tersebut dan pH nya semakin rendah.

Sifat misel yang berbeda dalam mendisosiasikan ion H beda walau kejenuhan basanya sama dengan koloid yang mengandung Na lebih tinggi mempunyai pH yang lebih tinggi pula pada kejenuhan basa yang sama.

Tanah masam terjadi akibat tingkat pelapukan yang lanjut dan curah hujan yang tinggi serta akibat bahan induk yang masam pada tanah podsolik yang banyak terdapat di Indonesia, mempunyai aspek kesuburan keracunan ion-ion terutama keracunan  $H^+$ .

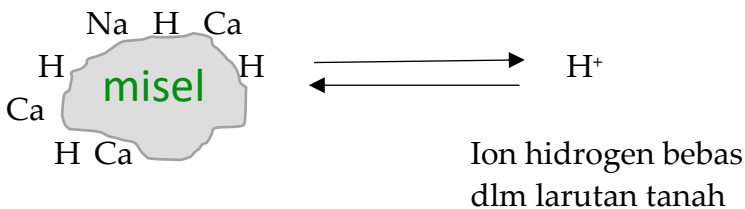
- Faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi pH tanah adalah :
  - Unsur-unsur yang terkandung dalam tanah,
  - Konsentrasi ion  $H^+$  dan ion  $OH^-$ ,
  - Mineral tanah,
  - Air hujan dan bahan induk,

- Bahan organik
- Tekstur tanah

Bahan induk tanah mempunyai pH yang bervariasi sesuai dengan mineral penyusunnya. Asam nitrit yang secara alami merupakan komponen renik dari air hujan juga merupakan faktor yang mempengaruhi pH tanah. Bahan organik mempengaruhi besar kecilnya daya serap tanah akan air. Semakin banyak air dalam tanah maka semakin banyak reaksi pelepasan ion  $H^+$  sehingga tanah menjadi masam. Tekstur tanah liat mempunyai koloid tanah yang dapat melakukan kapasitas tukar kation yang tinggi. tanah yang banyak mengandung kation dapat berdisosiasi menimbulkan reaksi masam.

o Kemasaman tanah ada dua macam, yaitu:

- 1) Kemasaman aktif / hidrolitis yaitu kemasaman yang disebabkan oleh adanya ion  $H^+$  yang ada pada koloid tanah atau konsentrasi ion  $H$  bebas dalam larutan tanah.
- 2) Kemasaman pasif / potensial / pertukaran yaitu kemasaman yang disebabkan oleh ion  $H^+$  dan  $Al^{3+}$  yang ada pada kompleks jerapan tanah atau kandungan ion  $H$  dapat tukar yang diadsorpsi kompleks koloid tanah.



Ion hidrogen dlm  
Kompleks adsorpsi

Tabel 5.3. Skala Reaksi Tanah

Reaksi Tanah	pH
Sangat masam sekali	< 3,6
Sangat masam	3,6 – 4,5
Masam	4,6 – 5,5
Agak masam	5,6 – 6,5
Netral	6,6 – 7,5
Agak basa / agak alkalis	7,6 - 8,0
Basa / alkalis	8,1 – 9,0
Sangat basa / sangat alkalis	> 9,0

- Penentuan pH tanah  
Penentuan pH tanah bisa langsung diukur di lapangan dengan menggunakan alat pH meter (soil tester) dan bisa pula ditentukan di laboratorium tanah.
- Prinsip penentuan pH di laboratorium  
Contoh tanah ditambah air atau larutan garam (KCl) menurut perbandingan tertentu (air atau larutan garam = 1 : 2,5), kemudian dikocok dan diukur dengan pH meter.  
Keasaman aktif pH ( $H_2O$ ), nilai pH menunjukkan kepada ion hidrogen di dalam larutan tanah. Sedangkan kemasaman pasif / cadangan pH (KCl) nilai pH

menunjukkan kepekatan ion  $H^+$  yang terjerap pada kompleks koloid.

- Bahan-bahan :
  - ✓ Air destilasi
  - ✓ Larutan kalium klorida 1 N
- Alat-alat :
  - ✓ Mesin pengocok bolak-balik
  - ✓ pH meter lengkap dengan elektroda gelas dan elektroda kolomel atau elektroda kombinasi.
- Prosedur
  - Timbang 10 gram contoh tanah halus  $< 2$  mm, dimasukkan ke dalam cawan plastik pakai tutup. Untuk masing-masing contoh disediakan 2 cawan plastik. Satu untuk penetapan pH suspensi  $H_2O$  (air destilasi) dan yang lain untuk pH suspensi KCl 1 N dan dilakukan juga untuk penetapan blanko.
  - Masing-masing cawan ditambahkan 25 mL air destilasi dan cawan berikutnya ditambahkan 25 mL larutan KCl 1 N. Suspensi dikocok dengan mesin kocok selama 2 jam dan dibiarkan satu malam.
  - Keesokan harinya dikocok lagi selama 30 menit dan pH diukur, sebelum contoh diukur, alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan penyangga pH 7,0 dan pH 4,0. Angka pH dinyatakan hingga 2 desimal.
  - Pengaruh kemasaman tanah :
    - Berakibat langsung terhadap tanaman, karena kadar ion H bebas meningkat.

- Tanaman tumbuh dan berkembang baik pada pH 5,5 – 7,5.
- Berakibat terhadap penyerapan unsur hara yang tersedia.
- Berakibat hidrolisa mineral liat ( $\text{pH} < 4,0$ ), sehingga ion Al tinggi, bisa menimbulkan keracunan.
- Penghancuran kompleks absorpsi (penyerapan) anorganik, sehingga menurunkan daya simpan hara yang tersedia.

Jika, pH sekitar 6,5 tersedianya unsur hara paling baik;  $\text{pH} < 6,0$  unsur P, Ca, Mg, Mo ketersediaannya kurang;  $\text{pH} < 4,0$  ketersediaan hara makro dan Mo buruk sekali. pH rendah ketersediaan Al, Fe, Mn, Bo meningkat, tanaman akan keracunan.

- Kebiasaan tanah bisa berakibat :
  - Tanah basa menimbulkan gangguan terhadap pertumbuhan tanaman, baik langsung maupun tidak langsung.
  - Pada pH . 8,5 akan mendispersikan agregat tanah, struktur tanah mengalami kerusakan.
  - Unsur hara menjadi tidak tersedia, kecuali unsur Mo dan Bo.
  - Peracunan akan terjadi oleh Bo dan unsur N mengalami penyusutan.

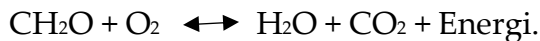
Reaksi tanah sangat dinamis, selalu berubah dengan waktu di bawah pengaruh berbagai faktor lingkungan. Pada saat hujan turun dan air hujan memenuhi pori tanah, konsentrasi ion  $\text{H}^+$  di dalam pori tanah mengencer, sehingga mengakibatkan peningkatan pH. Sebaliknya, pada musim kering saat kadar air di dalam pori-pori tanah minimum, pH tanah akan menurun



karena konsentrasi ion  $H^+$  meningkat. Dalam jangka lebih panjang, tingginya kadar air tanah pada saat hujan akan mengakibatkan tercucinya unsur-unsur basa. Proses pencucian ini akan mengakibatkan penurunan kejenuhan basa dan pH tanah.

Dengan demikian keberadaan air di dalam sistem tanah sangat memengaruhi dinamika pH tanah. Karena pH tanah merupakan faktor pengatur utama, perubahan ini juga akan mengakibatkan perubahan sifat-sifat kimia tanah lainnya seperti ketersediaan unsur hara dan KTK.

Reaksi tanah juga akan berfluktuasi karena kegiatan biologi tanah dan akar tanaman. Dalam aktivitasnya, biologi tanah dan akar tanaman akan memperoleh energi dengan mengoksidasi hidrokarbon dalam proses respirasi. Proses ini kira-kira akan berjalan sebagai berikut:



Selain energi, dalam reaksi ini juga dihasilkan  $CO_2$ , yang di dalam tanah akan bereaksi dengan air membentuk ion  $H^+$ . Terbentuknya ion  $H^+$  dari proses ini akan meningkatkan konsentrasi ion  $H^+$  di dalam sistem tanah dan dengan sendirinya menurunkan pH tanah.

Selain menurunkan pH tanah melalui proses di atas, akar tanaman juga akan mengekskresikan ion  $H^+$  pada saat menyerap kation. Pelepasan ion  $H^+$  ini merupakan proses alami untuk mempertahankan kesetimbangan massa dan muatan di sekitar akar tanaman. Bila akar tanaman menyerap sebuah kation  $Ca^{2+}$  maka akar tanaman akan mengeluarkan dua buah ion  $H^+$ . Dengan cara demikian akar tanaman dapat menjaga

kesetimbangan massa dan elektrostatik di sekitar perakaran tanaman. Namun demikian, peningkatan konsentrasi ion  $H^+$  di sekitar perakaran tanaman menurunkan pH tanah.

Selain sumber-sumber alami seperti itu, terdapat banyak sekali sumber keasaman tanah, di antaranya:

- (a) hidrolisis ion  $Al^{3+}$ ,
- (b) hujan asam
- (c) pemupukan urea dan proses nitrifikasi

Penurunan pH akibat penerapan urea diakibatkan oleh dua hal:

- (a) produksi ion  $H^+$  dari hidrolisis urea

(b) menurunnya Ca-dd dan Mg-dd akibat pertukaran kation tersebut dengan ion  $NH_4^+$ . Penurunan pH akibat penerapan urea jangka panjang juga dapat meningkatkan Al-dd dan Kejenuhan Al serta menurunkan Ca-dd dan Mg-dd. Karena  $Al^{3+}$  merupakan sumber keasaman, maka fakta ini memperburuk kondisi pH tanah. Diketahui bahwa pengaruh penurunan pH oleh penambahan urea masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan amoniak ( $NH_3$ ).

- Peranan pH Tanah

Reaksi tanah sangat berpengaruh terhadap berbagai sifat kimia dan biologi tanah serta berbagai reaksi kimia yang terjadi di dalam tanah. Ketersediaan unsur hara di dalam tanah umumnya sangat terpengaruh oleh perubahan pH tanah. Secara umum, ketersediaan unsur hara makro seperti Ca, Mg, K, dan P meningkat dengan meningkatnya pH tanah; sebaliknya ketersediaan unsur

hara mikro kelompok logam seperti Fe, Mn, Zn, dan Cu menurun dengan meningkatnya pH tanah.

Tabel 5.4 . Penurunan pH Tanah Akibat Penerapan Urea

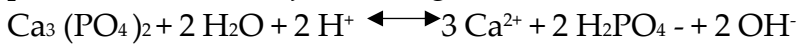
Olah Tanah	N Urea (kg ha <sup>-1</sup> )		
	0	100	200
Olah Tanah Intensif	5,03	4,83	4,44
Olah Tanah Minimum	5,18	4,96	4,78
Tanpa Olah Tanah	5,06	4,89	4,75
Rataan	5,09	4,89	4,66

Pelapukan tanah, yang merupakan proses pelepasan unsur hara struktural dari mineral tanah, juga meningkat dengan menurunnya pH tanah. Pelepasan unsur hara struktural lebih dahsyat terjadi pada pH rendah, karena ion H<sup>+</sup> yang banyak terdapat di dalam sistem tanah akan berperan sebagai Attacking Agent yang mampu menghancurkan struktur mineral sehingga dapat membebaskan unsur hara ke dalam air tanah.

Selain pada pH, derajat pelepasan unsur hara juga sangat tergantung pada jenis tanah. Tanah subur yang masih banyak mengandung mineral primer (misalnya Mollisols) membebaskan unsur hara yang lebih banyak daripada tanah tua (misalnya Ultisols) yang mineraloginya didominasi oleh mineral liat silikat, kecuali dalam pelepasan Al, yang lebih tinggi pada tanah Ultisols karena tanah ini didominasi oleh mineral liat silikat.

Dengan demikian, pelarutan mineral-mineral tertentu yang diperlakukan sebagai pupuk atau pembenah tanah seperti batuan fosfat juga akan terjadi lebih dashyat pada tanah dengan pH rendah. Misalnya,

pelapukan batuan fosfat dalam tanah lembab dengan pH rendah akan berjalan sebagai berikut:



Namun demikian, kecepatan pelarutannya akan melambat dengan berjalannya waktu karena pelapukan batuan fosfat secara perlahan akhirnya akan meningkatkan pH tanah seperti layaknya bahan kapur. Dalam pelapukan batuan fosfat dihasilkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  yang dapat meningkatkan pH tanah. Dalam hal ini peningkatan pH tanah akan menurunkan proses pelapukan batuan fosfat.

Reaksi tanah juga akan berpengaruh terhadap biologi dan reaksi biokimia tanah. Seperti telah diungkapkan, sebagian mikroorganisme seperti jamur akan bertumbuh dan berkembang baik pada pH relatif rendah; sebaliknya, sebagian bakteri akan lebih cocok bertumbuh dan berkembang pada pH alkalin. Oleh karena itu, pH tanah juga berpengaruh terhadap populasi dan aktivitas mikroorganisme, termasuk dalam menghasilkan enzim tanah. Enzim tanah adalah senyawa biokimia yang berperan menjadi katalisator reaksi kimia, yang bertugas mempercepat reaksi dekomposisi bahan organik dengan komposisi tertentu.

Aktivitas enzim tertentu seperti fosfatase dilaporkan sangat dipengaruhi oleh perubahan pH tanah. Enzim yang berperan dalam perombakan P-organik menjadi P-nir-organik ini aktivitasnya meningkat dengan meningkatnya pH tanah sampai pH Optimum, dan menurun dengan meningkatnya pH di atas pH Optimum. Reaksi tanah (pH) Optimum adalah nilai pH saat aktivitas enzim tersebut maksimum. Nilai ini

berbeda antara satu jenis tanah dengan tanah yang lainnya. Tanah dari Hutan Primer, Hutan Sekunder, Perkebunan Kopi, dan Perladangan di Bukit Ringgis, Lampung Barat, memiliki pH Optimum masing-masing 5.0, 5.5, 6.3, dan 6.0. Nilai pH Optimum bergeser ke pH yang lebih alkalin berkaitan dengan degradasi lahan dari Hutan Primer ke Hutan Sekunder ke Perkebunan Kopi dan Perladangan.

Menurut sebuah laporan, tanah Gedong Meneng (Bandar Lampung) dan Banjar Agung (Lampung Timur) didominasi oleh Fosfatase Asam, yang berubah dengan perubahan pH tanah. Penambahan 4 ton  $\text{CaCO}_3$  per hektare menurunkan aktivitas Fosfatase Asam. Ini menunjukkan bahwa rentang pH percobaan lebih tinggi daripada posisi pH Optimum, sehingga peningkatan pH akibat pengapuran menyebabkan penurunan aktivitas enzim fosfatase.

- Kapasitas Sangga Tanah

Dalam ilmu asam dan basa, terdapat larutan buffer atau larutan penyangga. Larutan penyangga dapat menahan perubahan pH sampai derajat tertentu akibat pengenceran/pengentalan atau penambahan sedikit asam atau sedikit basa. Hal ini terjadi karena di dalam larutan penyangga terdapat kombinasi antara asam lemah dengan garamnya dengan konsentrasi sedemikian rupa sehingga memiliki pH tertentu yang tidak mudah berubah akibat pengenceran/pengentalan atau penambahan sedikit asam atau basa.

Dalam beberapa hal, tanah merupakan sistem penyangga yang dapat menahan perubahan pH akibat pengenceran/pengentalan atau penambahan sedikit

asam maupun basa. Dalam kaitannya dengan sistem penyangga ini, tanah adalah sebuah asam lemah (X-H, dengan X- adalah koloid tanah) yang berkesetimbangan dengan ion H<sup>+</sup> dalam larutan tanah. Sebagian koloid tanah berikatan dengan kation membentuk garam (X-M, dengan M adalah kation dapat dipertukarkan). Asam dan basa tanah akan berkesetimbangan dengan ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> di dalam larutan tanah sebagai berikut:



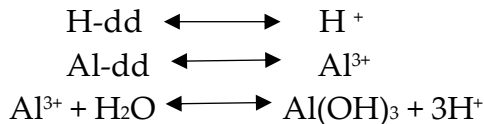
Kombinasi di atas merupakan sebuah sistem penyangga pH, yang dapat menahan perubahan pH tanah akibat pengenceran/pengentalan serta penambahan asam atau basa dalam jumlah terbatas. Ion H<sup>+</sup> dari asam yang ditambahkan akan dinetralisasi dengan membentuk asam

X-H; sedangkan penambahan basa akan dinetralisasi dengan membentuk molekul air dan garam X-M. Dengan demikian, penambahan tersebut tidak mengubah pH tanah.

Kemampuan tanah untuk menahan perubahan pH atau Kapasitas Sangga tanah berbeda-beda. Sebagian tanah memiliki kapasitas sangga relatif tinggi, sehingga walaupun ditambah asam atau basa dalam jumlah tinggi, perubahan pH yang diakibatkannya minimum. Namun demikian ada juga tanah dengan kapasitas sangga rendah, sehingga pH-nya mudah berubah dengan penambahan sedikit asam atau basa. Contohnya adalah tanah dengan kadar Al-dd rendah. Tanah dengan kadar Al-dd rendah akan lebih mudah

dinaikkan pH-nya dibandingkan tanah dengan kadar Al-dd tinggi.

Kapasitas Sangga tanah akan terlihat dengan jelas pada saat dilakukan pengapuran. Peningkatan pH tanah ber-Kapasitas Sangga rendah akan lebih cepat terjadi dibandingkan dengan tanah berkapasitas sangga tinggi. Tanah dengan kapasitas sangga rendah biasanya memiliki KTK rendah sehingga juga memiliki H-dd dan Al-dd yang rendah. H-dd dan Al-dd merupakan sumber kemasaman potensial yang menentukan kapasitas sangga tanah. Pada saat tanah dikapur, bahan kapur pada awalnya akan menetralkan ion H<sup>+</sup> larut. Bila ion H<sup>+</sup> larut menurun karena telah dinetralkan oleh ion OH<sup>-</sup> akibat pengapuran, maka secara perlahan H-dd dan Al-dd akan terbebaskan dan meningkatkan konsentrasi ion H<sup>+</sup> dalam larutan tanah dengan proses sebagai berikut:



Proses ini menahan peningkatan pH sampai H-dd dan Al-dd terkuras. Dengan demikian, H-dd dan Al-dd sangat menentukan jumlah kapur yang diperlukan. Semakin tinggi H-dd dan Al-dd semakin tinggi pula kapur yang diperlukan untuk menetralkannya. Karena pH tanah merupakan peubah utama yang sangat memengaruhi berbagai sifat dan proses-proses di dalam sistem tanah, maka pH tanah memang harus dipertahankan pada pH tertentu. Oleh karena itu sistem penyanggaan pH tanah harus digunakan dalam pengelolaan tanah.

### C. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Pengertian kapasitas tukar kation (KTK) adalah sebagai berikut :

- Kemampuan koloid tanah menjerap dan mempertukarkan kation.
- Banyaknya kation-kation yang dijerap atau dilepaskan dari permukaan koloid liat atau humus dalam miliekuivalen per 100 g contoh tanah atau humus.
- Jumlah atau total mili ekuivalen kation yang dapat dipertukarkan per 100 gram tanah.
- Jumlah maksimum kation yang dapat diikat oleh tanah dalam bentuk dapat ditukarkan dalam satuan me % atau miliekwivalen/100 gr tanah sekarang cmolec/kg tanah (centimoles of charge per kilogram of dry soil).

Kapasitas tukar kation (KTK) merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik rendah atau tanah-tanah berpasir. Nilai KTK tanah sangat beragam dan tergantung pada sifat dan ciri tanah itu sendiri.

Reaksi pertukaran kation melibatkan  $H^+$ . Kation yang terjerap dapat ditukar oleh kation lainnya, proses ini disebut Pertukaran Kation. Reaksi pertukaran ini instan :



Jerapan dan pertukaran kation penting di dalam serapan hara tanaman, kesuburan tanah, retensi hara



dan pemupukan. Kation yang terjerap tersedia untuk tanaman dengan menukarkannya dengan ion  $H^+$  hasil respirasi akar tanaman. Hara dari pemupukan akan diikat oleh permukaan koloid tanah dan dapat dicegah dari pelindian, sehingga dapat menghindari pencemaran air tanah (ground water).

Daya jerap tanah terhadap kation direpresentasikan dengan parameter Kapasitas Tukar Kation (KTK). Secara teori, KTK menunjukkan jumlah seluruh muatan negatif yang terdapat dalam satu kilogram massa tanah. Secara praktis, KTK dihitung sebagai penjumlahan dari seluruh kation yang dapat dipertukarkan. Kation dapat dipertukarkan dapat diperoleh dengan mengekstrak seluruh kation yang dapat dipertukarkan dengan menggunakan sebuah larutan pengekstrak. Larutan pengekstrak yang biasa digunakan adalah 1 N  $NH_4OAc$  pH 7. Selain itu juga dapat digunakan 1 N  $NH_4NO_3$ , 1 M  $BaCl_2$ , dan seterusnya. Kation pengekstrak berupa ion  $NH_4^+$  atau ion  $Ba^{2+}$  yang berlebih akan mengeluarkan seluruh kation dapat dipertukarkan melalui proses pertukaran kation. Kation-kation dapat dipertukarkan dalam ekstrak kemudian dianalisis dengan menggunakan *Flame Atomic Absorption Spectrophotometer* (Flame AAS).

Setelah konsentrasi setiap kation diperoleh, KTK dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh kation dapat dipertukarkan baik kation utama, yaitu Ca-dd, Mg-dd, K-dd, Na-dd, Al-dd, dan H-dd, maupun kation nir-utama seperti Fe-dd, Cu-dd, Mn-dd, Zn-dd, dan kation-kation lain yang terukur. Namun demikian, secara praktis yang dimasukkan ke dalam perhitungan

adalah hanya kation-kation utama saja sehingga menghasilkan KTK efektif dengan formula sebagai berikut:

$$\text{KTK} = \text{Ca-dd} + \text{Mg-dd} + \text{K-dd} + \text{Na-dd} + \text{Al-dd} + \text{H-dd}$$

KTK tanah beragam antar jenis tanah, dipengaruhi oleh berbagai faktor. Jenis padatan adalah faktor paling utama yang memengaruhi KTK. KTK tanah umumnya lebih tinggi bila tanah mengandung bahan organik yang lebih tinggi. Demikian pula halnya bila tanah memiliki mineral liat silikat tipe 2:1 seperti montmorilonit. Sebaliknya, tanah yang mengandung lebih banyak mineral liat silikat tipe 1:1 atau kaolinit atau oksida / hidroksida/hidroksioksida (sesquioksida) memiliki nilai KTK yang relatif lebih rendah. Dengan demikian, bila kita ingin meningkatkan KTK tanah dapat dilakukan dengan pencampuran bahan penyusun utama tanah. KTK tanah dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan organik, yang memiliki KTK tinggi, atau dengan menambahkan bahan-bahan lain yang memiliki muatan negatif dalam jumlah tinggi.

Muatan negatif tanah terdiri dari dua jenis. Sebagian merupakan Muatan Tidak Tergantung pH, sehingga naik turunnya pH tanah tidak memengaruhi nilai KTK. Muatan negatif ini bersumber dari substitusi isomorfik dan terdapat pada tanah dengan mineral liat silikat tipe 2:1. Sebagian muatan negatif adalah muatan tergantung pH, yang berubah sesuai dengan perubahan nilai pH. Pada pH rendah, muatan tergantung pH umumnya rendah dan pada pH tinggi muatannya tinggi. Muatan ini berasal dari dehidrogenasi pada gugus fungsional bahan mineral dan bahan organik (humus) tanah.

Dengan demikian, KTK tanah akan meningkat dengan meningkatnya pH tanah, khususnya bila tanah lebih banyak mengandung bahan organik dan mineral liat silikat tipe 1:1. Hasil penelitian melaporkan bahwa muatan positif mulai muncul pada pH <3.5 untuk dua buah tanah Ultisols dan sebuah Oxisol dan pada pH < pH 5 untuk sebuah Oxisol lain yang digunakan dalam penelitiannya.

- KTK tanah dipengaruhi oleh :
  - 1) Reaksi tanah atau pH
  - 2) Tekstur atau jumlah liat
  - 3) Jenis mineral liat
  - 4) Bahan organik
  - 5) Pengapuran dan pemupukan.

Tabel 5.5. Pengaruh Tekstur Tanah Terhadap KTK

Tekstur	KTK (me/100 gr)
Pasir	0 - 5
Lepung berpasir	5 - 10
Lempung dan lempung berdebu	10 - 15
Lempubg berliat	15 - 20
Liat	20 - 40

- Bila nilai KTK rendah :
  - proses penyerapan unsur hara oleh koloid tanah tidak berlangsung intensif.

- Unsur hara akan mudah tercuci dan hilang bersama gerakan air di tanah (infiltrasi, perkolasi).
- Unsur hara tidak tersedia bagi pertumbuhan tanaman.

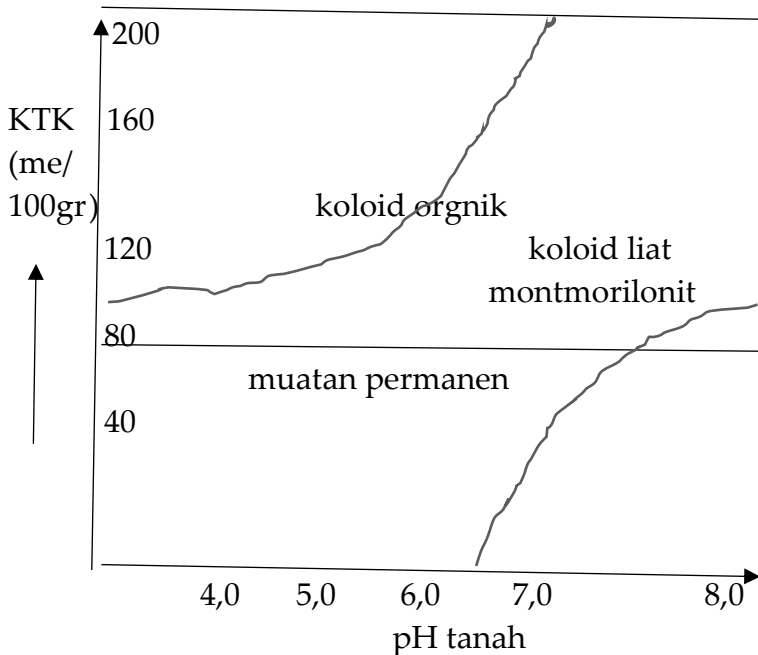
Nilai KTK pada tapak terganggu lebih rendah jika dibandingkan dengan tapak tidak terganggu. Turunnya nilai KTK tanah disebabkan menurunnya kandungan bahan organik tanah akibat kegiatan fisik di badan tanah.

Tabel 5.6. Nilai KTK Koloid Tanah

Koloid Tanah	KTK (me %)
Humus	200
Vermikulit	100 – 150
Montmorilonit	70 – 95
Illit	10 – 40
Kaolinit	3 – 15
Seskuioksida	2 - 4

- Daya menukar kation :
  - Kation yang berbeda mempunyai kemampuan untuk menukar kation yang teradsorpsi.
  - Ion divalen dijerap lebih kuat dan sulit ditukar daripada ion monovalen.
  - Ion  $Ba^{2+}$  terjerap kuat oleh koloid tanah, tetapi daya penukarannya lemah.
  - Pertukaran kation menggunakan  $Ba <$  jumlah Ba yang dijerap.

- Ion  $\text{NH}_4^+$  terjerap lebih kuat daripada Ba, tetapi daya penukarannya kuat.
  - Pertukaran kation menggunakan  $\text{NH}_4^+$  > jumlah  $\text{NH}_4^+$  yang dijerap.
- Pengaruh pH terhadap KTK



Gambar 5.1. Grafik Pengaruh pH Terhadap KTK

#### D. Pertukaran Anion

Di dalam tanah, terjadi pertukaran anion dalam jumlah yang sedikit, terutama pada mineral liat amorf, liat Al dan Fe oksida. Terjadinya pertukaran anion, karena koloid-koloid bermuatan positif akibat pergantian gugusan  $\text{OH}^-$  oleh anion-anion lain. Secara umum, bila tanah banyak mengandung muatan positif maka :

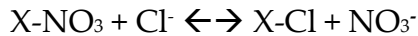
- Terjadi penjerapan anion seperti nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), Chlor ( $\text{Cl}^-$ ), dan lain-lain.
- Kation-kation seperti Ca, Mg dan K tidak dijerap tanah tetapi tetap dalam larutan tanah, sehingga mudah tercuci dari tanah.
- Fosfat dan sulfat dapat difiksasi oleh tanah, akibatnya P tersedia sangat rendah.

Bilamana terjadi penurunan pH tanah akan menyebabkan koloid tanah berubah dari bermuatan negatif menjadi bermuatan positif. Hal ini diakibatkan oleh banyaknya ion  $\text{H}^+$  pada pH rendah yang 'mengerumuni' koloid tanah sehingga muatannya berubah dari negatif menjadi positif. Muatan positif ini terbentuk hanya pada gugus fungsional mineral liat silikat tipe 1:1, mineral liat nir-silikat, dan bahan organik (humus). Semakin banyak gugus fungsional yang terdapat di dalam koloid tanah maka semakin tinggi pula muatan positif yang terbentuk.

Terbentuknya muatan positif membawa konsekuensi berupa terikatnya ion-ion yang berlawanan muatan, yaitu anion. Anion terikat secara elektrostatis pada muatan positif pada koloid tanah. Sebagian anion diikat secara kuat, sebagian lain terikat secara lemah. Karena pengikatan anion bersifat sementara, anion juga dapat dibebaskan dan diikat kembali tergantung selektivitas dan faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, anion yang diikat disebut anion dapat dipertukarkan (Anion-dd). Berbagai anion dapat diikat dan dipertukarkan pada permukaan koloid positif tanah, misalnya  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan seterusnya.

Selain secara elektrostatis, ion fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) juga tertarik pada permukaan koloid bermuatan positif secara lebih kuat pada permukaan koloid yang memiliki Fe, Al, atau Ca dengan mekanisme Penjerapan Spesifik (*Specific Adsorption*), yang dapat terjadi pada permukaan koloid positif dan/atau negatif.

Anion dapat mengalami pertukaran dengan anion yang terdapat di dalam air tanah yang berbatasan dengan koloid tanah. Proses pertukaran ini disebut Pertukaran Anion. Pertukaran Anion secara matematika dapat digambarkan sebagai berikut:



Dalam reaksi di atas, sebuah ion  $\text{NO}_3^-$  yang sebelumnya berada di permukaan koloid tanah ditukar dengan sebuah ion  $\text{Cl}^-$  yang sebelumnya berada di dalam air tanah. Setelah proses pertukaran anion,  $\text{NO}_3^-$  berada di dalam air tanah dan  $\text{Cl}^-$  berada terikat pada koloid tanah sebagai  $\text{Cl-}$ .

Seperti halnya pertukaran kation, proses pertukaran anion juga diatur oleh Hukum Coulomb. Kekuatan ikatan anion pada koloid tanah tergantung pada muatan koloid tanah ( $q_1$ ), muatan anion ( $q_2$ ), dan jarak antara muatan atau radius efektif anion. Kekuatan ikatan sebuah anion pada koloid tanah lebih tinggi bila muatan koloid tanah tinggi, muatan anion lebih tinggi, dan radius efektif anion lebih pendek. Selain itu selektivitas anion juga tergantung pada massa anion atau konsentrasi anion. Semakin tinggi konsentrasi anion akan semakin kuat diikat oleh koloid tanah. Preferensi koloid tanah terhadap anion adalah sebagai berikut :



Pertukaran anion bermanfaat dalam pengelolaan anion, terutama untuk anion yang terlalu banyak terdapat di dalam lingkungan akibat penggunaan berlebihan. Misalnya, anion  $\text{NO}_3^-$  yang terdapat banyak di dalam tanah sebagai akibat dari pemupukan urea berlebihan sehingga mengakibatkan tingginya konsentrasi anion  $\text{NO}_3^-$  yang akhirnya dapat mencemari Air Bawah Tanah dan sistem perairan lain seperti sungai dan laut. Ion ini akan diikat oleh koloid positif tanah sehingga tidak mudah bergerak mencapai Air Bawah Tanah. Namun demikian, rendahnya pH saat muatan positif mendominasi sangat tidak menguntungkan dari segi pertanian. Dalam kondisi asam, masalah yang ditimbulkan oleh Al dan Mn cukup besar. Selain bersifat toksik terhadap tanaman, unsur-unsur ini juga meningkatkan fiksasi P oleh tanah. Tanah yang memiliki muatan positif juga umumnya telah tua, sehingga unsur hara yang disumbangkan melalui proses pelapukan mineral juga sangat rendah.

#### E. Kejenuhan Basa

Dalam kompleks jerapan koloid terdapat kation-kation basa ( $\text{Ca}^{++}$ ;  $\text{Mg}^{++}$ ;  $\text{K}^+$  dan  $\text{Na}^+$ ) dan kation-kation asam ( $\text{H}^+$  dan  $\text{Al}^{+++}$ ). Kation-kation basa merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman, dalam tanah mudah tercuci, sehingga bila KB tinggi menunjukkan tanah belum banyak tercuci dan subur. Tanah dengan pH rendah umumnya mempunyai KB rendah, demikian sebaliknya. Tanah-tanah dengan KB rendah, berarti kompleks jerapan banyak diisi oleh kation-



kation asam ( $Al^{+++}$  dan  $H^+$ ). Bila kation asam terlalu banyak, terutama Al, racun bagi tanaman. Keadaan ini pada tanah-tanah masam.

- o Rumus kejenuhan basa adalah :

$$KB = \frac{\text{Jumlah kation-kation basa}}{\text{Jumlah kation basa + kation asam}} \times 100 \%$$

$$KB = \frac{\text{Jumlah kation-kation basa}}{KTK} \times 100 \%$$

Reaksi tanah (pH) berkorelasi dengan kapasitas tukar kation (KTK) maupun kejenuhan basa (KB). Menurut catatan, KB tanah juga meningkat dengan meningkatnya KTK tanah. Muatan negatif yang berkembang dengan meningkatnya pH tanah diisi oleh lebih banyak kation-kation basa. Dengan demikian, terdapat hubungan positif antara pH, KTK, dan KB tanah. Beberapa laporan juga menunjukkan bahwa Kejenuhan Aluminium atau Aluminium larut berkaitan erat dengan pH tanah. Baik Al-Larut maupun Al-dd turun dengan meningkatnya pH. Kehadiran bahan organik di dalam tanah juga menurunkan Al-larut dan Al-dd. Penerapan kotoran hewan dapat menurunkan toksisitas Al dalam tanah asam.

## F. C - Organik

Bahan organik adalah segala bahan-bahan atau sisa-sisa yang berasal dari tanaman, hewan dan manusia yang terdapat di permukaan atau di dalam tanah dengan tingkat pelapukan yang berbeda. Bahan organik merupakan bahan pemantap agregat tanah yang baik. Setengah dari Kapasitas Tukar Kation (KTK) berasal dari bahan organik.

Di dalam tanah bahan organik ini kemudian mengalami dekomposisi dan menyebabkan perubahan-perubahan sifat-sifat fisika, kimia, dan biokimia tanah. Proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah melibatkan enzim, yang berfungsi sebagai katalisator. Enzim tanah ini diproduksi oleh mikroorganisme, cacing tanah, dan akar tanaman. Kehadiran enzim sangat mempercepat reaksi dekomposisi, sehingga bahan organik lebih cepat terlapuk dan menghasilkan berbagai unsur nir-organik yang dapat diserap oleh akar tanaman. Proses ini akan terus berlangsung sampai bahan organik tidak dapat lagi didekomposisi dan menghasilkan humus.

Kandungan bahan organik dalam tanah merupakan salah satu faktor yang berperan dalam menentukan keberhasilan suatu budidaya tanaman. Bahan organik dapat meningkatkan kesuburan kimia, fisika maupun biologi tanah. Penetapan kandungan bahan organik dilakukan berdasarkan jumlah C- organik.

- Peranan Bahan Organik dan Humus

Kehidupan makhluk hidup di dalam sistem tanah tidak terlepas dari kehadiran bahan organik, yang merupakan sumber karbon atau energi bagi

mikroorganisme dan makroorganisme tanah seperti cacing tanah dan makroorganisme lain. Beberapa laporan menunjukkan bahwa kehadiran bahan organik berkaitan langsung dengan meningkatnya populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah. Telah diperlihatkan bahwa populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah meningkat secara signifikan akibat substitusi pupuk kimia dengan pupuk organik, dan substitusi dengan kotoran ayam mengakibatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme meningkat dengan lebih tajam. Hal ini ditunjukkan oleh evolusi CO<sub>2</sub> yang meningkat akibat dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah. Produksi enzim tanah juga berbanding lurus dengan kandungan C Organik yang menunjukkan bahwa produksi enzim terkait erat dengan kandungan bahan organik tanah.

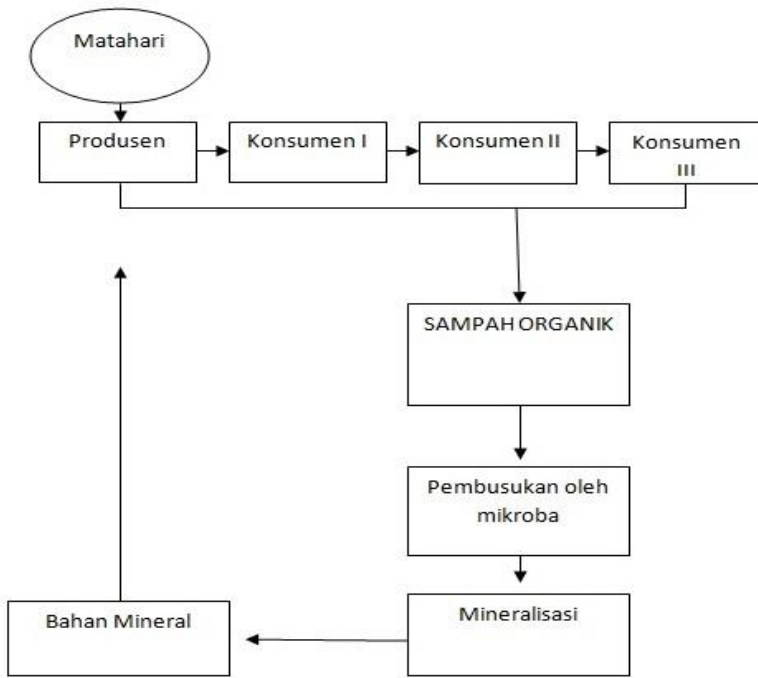
Tabel 5.7. Peningkatan Evolusi CO<sub>2</sub> Akibat Substitusi Pupuk Kimia Dengan Pupuk Organik

Perlakuan	mg CO <sub>2</sub> -C kg <sup>-1</sup>
Kontrol	81
Pupuk organik 0 %	210
Pupuk hijau 50 %	141
Pupuk hijau 75 %	149
Pupuk hijau 100 %	154
Pupuk ayam 50 %	293
Pupuk ayam 75 %	268
Pupuk ayam 100 %	412

- Fungsi bahan organik adalah sebagai berikut :
  - 1) Sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme,
  - 2) Membantu keharaan tanaman melalui perombakan dirinya sendiri melalui kapasitas pertukaran humusnya,
  - 3) Menyediakan zat-zat yang dibutuhkan dalam pembentukan pemantapan agregat-agregat tanah,
  - 4) Memperbaiki kapasitas mengikat air dan melewatkan air,
  - 5) Membantu dalam pengendalian limpasan permukaan dan erosi.

Bahan organik tanah sangat menentukan interaksi antara komponen abiotik dan biotik dalam ekosistem tanah. Kandungan bahan organik dalam bentuk C-organik di tanah harus dipertahankan tidak kurang dari 2 persen. Jumlah dan kedalaman bahan organik tanah mempengaruhi produktifitas, baik tanah yang dibudidayakan maupun tanah yang tidak dibudidayakan.

- Secara umum karbon bahan organik tanah terdiri :
  - 10 – 20 % karbohidrat, terutama berasal dari biomasa mikroorganisme,
  - 20 % senyawa mengandung nitrogen seperti asam amino dan gula aminom
  - 10 – 20 % asam alifatik, alkane, dan sisanya karbon aromatik



Gambar 5.2. Perombakan Bahan Organik

• Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Perombakan Bahan Organik :

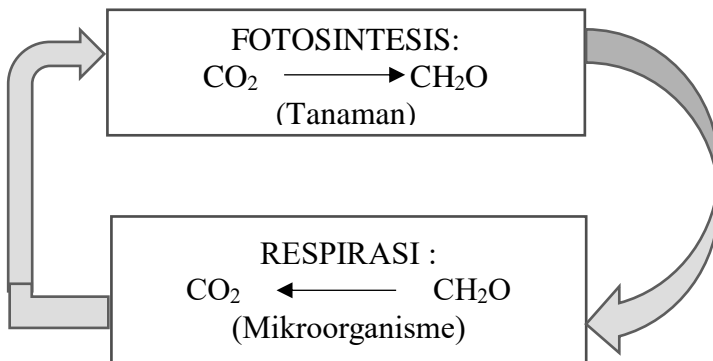
- Ketersediaan Unsur hara untuk pertumbuhan jasad mikro
- Aerasi
- Kelembaban
- Suhu
- Susunan residu (tergantung jenis senyawa C)

Selain terkait dengan kehadiran enzim tanah, yang berfungsi mempercepat perombakan bahan organik, kecepatan perombakan bahan organik juga tergantung pada nisbah C/N dari bahan organik yang didekomposisi. Nisbah C/N berpengaruh karena C organik diperlukan oleh mikroorganisme sebagai

sumber energi ( $\% \text{ Bahan Organik} = 1.5-2.0 \times \%C$ ), sedangkan N diperlukan dalam pembentukan protein yang menyusun tubuh mikroorganisme. Dengan demikian, bahan organik yang memiliki C dan N tinggi atau Nilai C/N rendah akan lebih mudah terdekomposisi. Pada saat N tanah rendah atau Nisbah C/N tinggi, bahan organik sulit terdekomposisi karena N yang rendah tersebut dimanfaatkan untuk membentuk jaringan tubuh mikroorganisme. karena itu bila N tanah rendah, proses dekomposisi bahan organik berjalan lambat.

Proses dekomposisi bahan organik adalah salah satu proses yang melengkapi daur C. Daur C dimulai dari proses fotosintesis, yang memanfaatkan  $\text{CO}_2$  dari atmosfer dan mengombinasikannya dengan  $\text{H}_2\text{O}$  dari dalam tanah menghasilkan gula sederhana dan selanjutnya membentuk jaringan tanaman. Tanaman selanjutnya dikonsumsi oleh hewan dan manusia dan sisanya kembali ke dalam tanah. Sisa tanaman ini didekomposisi oleh mikroorganisme di permukaan dan/atau di dalam tanah dan sebagian lagi akan terinkorporasi di dalam tanah. Pada akhirnya seluruh bahan ber-C didekomposisi oleh mikroorganisme menjadi  $\text{CO}_2$  yang diemisikan ke atmosfer, yang kemudian memasuki siklus baru bila  $\text{CO}_2$  kembali dimanfaatkan oleh tanaman. Dalam sebuah sistem yang tertutup, bahan organik selalu terdekomposisi dan digantikan oleh bahan organik baru. Namun demikian, dalam sistem terbuka pergantian bahan organik ini dapat terhenti karena sebagian atau seluruh sisa bahan organik tidak

dikembalikan ke dalam sistem tanah tetapi digunakan untuk keperluan lain di luar sistem tanah. Fenomena ini akhirnya menurunkan cadangan C di dalam sistem tanah, yang dapat berakibat pada menurunnya populasi dan aktivitas mikroorganisme serta menurunnya tingkat kesuburan tanah.



Gambar 5.3. Oksidasi dan Reduksi Dalam Diklus C Melalui Fotosintesis dan Respirasi

- Dekomposisi Bahan Organik

Karbon didaur secara aktif antara  $\text{CO}_2$  anorganik dan macam-macam bahan organik penyusun sel hidup. Metabolisme ototrof jasad fotosintetik dan khemolitotrof menghasilkan produksi primer dari perubahan  $\text{CO}_2$  anorganik menjadi C-organik. Metabolisme respirasi dan fermentasi mikroba heterotrof mengembalikan  $\text{CO}_2$  anorganik ke atmosfer. Proses perubahan dari C-organik menjadi anorganik pada dasarnya adalah upaya mikroba dan jasad lain untuk memperoleh energi.

Pada proses peruraian bahan organik dalam tanah ditemukan beberapa tahap proses. Hewan-hewan tanah termasuk cacing tanah memegang peranan penting

pada penghancuran bahan organik pada tahap awal proses. Bahan organik yang masih segar akan dihancurkan secara fisik atau dipotong-potong sehingga ukurannya menjadi lebih kecil. Perubahan selanjutnya dikerjakan oleh mikroba. Enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroba merubah senyawa organik secara kimia, hal ini ditandai pada bahan organik yang sedang mengalami proses peruraian maka kandungan zat organik yang mudah terurai akan menurun dengan cepat.

Unsur karbon menyusun kurang lebih 45-50 persen dari bobot kering tanaman dan binatang. Apabila bahan tersebut dirombak oleh mikroba,  $O_2$  akan digunakan untuk mengoksidasi senyawa organik dan akan dibebaskan  $CO_2$ . Selama proses peruraian, mikroba akan mengasimilasi sebagian C, N, P, S, dan unsur lain untuk sintesis sel, jumlahnya berkisar antara 10-70 % tergantung kepada sifat-sifat tanah dan jenis-jenis mikroba yang aktif. Setiap 10 bagian C diperlukan 1 bagian N (nisbah C/N=10) untuk membentuk plasma sel. Dengan demikian C-organik yang dibebaskan dalam bentuk  $CO_2$  dalam keadaan aerobik hanya 60-80 % dari seluruh kandungan karbon yang ada. Hasil perombakan mikroba proses aerobik meliputi  $CO_2$ ,  $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $SO_4$ ,  $H_2PO_4$ . Pada proses anaerobik dihasilkan asam-asam organik,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ , dan zat-zat lain yang berupa senyawa tidak teroksidasi sempurna, serta akan terbentuk biomassa tanah yang baru maupun humus sebagai hasil dekomposisi yang relatif stabil. Secara total, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



$(\text{CH}_2\text{O})_x + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{hasil antara} + \text{nutrien} + \text{humus} + \text{sel} + \text{energi bahan organik}$

- Proses Pengomposan

Kompos adalah bahan organik hasil proses dekomposisi dan mempunyai susunan yang relatif stabil. Kompos banyak digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Secara alami kompos dapat terjadi dari peruraian sisa-sisa tumbuhan dan hewan. Pengomposan secara alami berlangsung dengan lambat, tetapi dengan berkembangnya bioteknologi maka proses pengomposan dapat dipercepat.

Pada proses pengomposan terjadi proses biokonversi bahan organik oleh berbagai kelompok mikroba heterotrof. Mikroba yang berperan dalam proses tersebut mulai dari bakteri, jamur aktinomisetes dan protozoa. Peranan mikroba yang bersifat selulolitik dan ligninolitik sangat besar pada proses dekomposisi sisa tanaman yang banyak mengandung lignoselulosa.

Selama pengomposan terjadi proses oksidasi C-organik menjadi  $\text{CO}_2$  yang dapat membebaskan energi dalam bentuk panas. Dalam pengomposan tertutup, suhunya dapat mencapai  $65\text{-}75^\circ\text{C}$ . Pada suhu tersebut aktivitas mikroba pada umumnya turun, dan proses perombakannya dilanjutkan oleh mikroba termofil yang mulai berkembang apabila suhu meningkat sampai  $50^\circ\text{C}$ . Setelah suhu turun kembali akan ditumbuhi lagi oleh mikroba mesofil, dan merupakan pertanda bahwa kompos sudah mulai matang.

Dari uraian diatas maka banyak faktor yang mempengaruhi proses pengomposan, seperti nisbah C/N bahan yang akan dikomposkan, ukuran bahan,

kelembaban dan aerasi, suhu, kemasaman, adanya mikroba, dan lain sebagainya. Nisbah C/N yang ideal untuk pengomposan adalah 30-40, apabila nisbah terlalu rendah banyak nitrogen yang hilang (tidak efisien) dan apabila terlalu tinggi proses pengomposan lambat. Ukuran bahan yang lebih kecil akan memperbesar luas permukaan, sehingga memperbesar kontak dengan mikroba. Ukuran yang terlalu halus dan kandungan lengasnya terlalu tinggi menyebabkan keadaan anaerob, sehingga sebaiknya dicampur dengan bahan kasar untuk menciptakan keadaan yang aerob. Kelembaban optimum yang baik antara 50-60 %.

Pengomposan akan berjalan baik jika pH awal sedikit asam (pH 6), dan selama pengomposan pada keadaan netral, setelah pH meningkat pH sedikit alkalis (pH 7,5-8,5). Pengomposan dapat dipercepat dengan inokulasi mikroba seperti mikroba termofil, selulolitik, ligninolitik, dan sebagainya. Tanda-tanda kompos yang telah matang adalah berwarna coklat sampai kehitaman, tidak larut dalam air dan sebagian dapat tersuspensi koloidal, ekstrak dalam larutan basa berwarna gelap (mengandung asam humat, fulvat, dan humin), nisbah C/N antara 15-20, KPK dan kapasitas adsorpsi air besar.

#### G. Unsur Hara Di Tanah

Seluruh makhluk hidup, baik tumbuhan, hewan, maupun manusia memerlukan unsur yang asal usulnya dari tanah, walaupun cara mendapatkannya berbeda. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa ternyata tanah berfungsi sebagai gudang unsur hara bagi makhluk

hidup. Menurut Yamani (1996), sebagian unsur hara di tanah hutan disuplai atau ditransfer oleh tegakan melalui jatuhnya serasahnya seperti dari hutan alam primer untuk unsur N (76,26 kg/ha/th), P (14,10 kg/ha/th), K (62,9 kg/ha/th), Ca (28 kg/ha/th), dan Mg (23,71 kg/ha/th). Untuk tegakan alam bekas tebangan transfer melalui serasah unsur N (77,81 kg/ha/th), P (11,61 kg/ha/th), K (55,39 kg/ha/th), Ca (45,7 kg/ha/th), Mg (22,08 kg/ha/th). Sedangkan pada tegakan hutan tanaman sengon unsur N (94,89 kg/ha/th), P (10,83 kg/ha/th), K (63,89 kg/ha/th), Ca (37,79 kg/ha/th) dan Mg (36,69 kg/ha/th).

Tanaman menyerap unsur hara dari dalam air tanah. Unsur hara yang diserap oleh tanaman sebagian akan dikonsumsi masuk ke dalam tubuh hewan dan manusia melalui rantai makanan, sebagian lagi akan masuk ke dalam sisa-sisa tanaman dalam bentuk bahan organik. Sebagian hara yang melalui hewan dan manusia juga akan menjadi sisa-sisa hewan dan manusia dalam bentuk bahan organik. Dalam sebuah sistem tertutup, seluruh unsur hara yang keluar dari system tanah melalui rantai makanan akan kembali ke dalam tanah dalam bentuk bahan organik. Oleh dekomposer, bahan organik akan didekomposisi sehingga membebaskan unsur hara yang kemudian kembali masuk ke dalam air tanah dan siap untuk kembali diserap oleh akar tanaman dan kembali memasuki rantai makanan

Sebaliknya, dalam sistem terbuka, saat sebagian sisa tanaman, hewan, dan manusia tidak kembali ke dalam sistem tanah karena 'diekspor' ke luar system tanah, hanya sebagian dari unsur hara yang kembali ke dalam

air tanah, sehingga jumlah pengeluaran dari sistem tanah menjadi lebih besar. Selain oleh hasil dekomposisi bahan organik seperti ini, unsur hara di dalam air tanah juga dipasok oleh unsur yang diikat pada koloid tanah, pelapukan mineral, dan deposisi dari atmosfer. Demikian juga, selain diserap oleh akar tanaman, unsur hara di dalam air juga keluar dari sistem tanah melalui pencucian dan erosi serta penguapan. Seluruh komponen pemasukan dan pengeluaran ini berpengaruh terhadap neraca unsur hara di dalam sistem tanah.

Dengan demikian, jumlah unsur hara di dalam air tanah adalah kesetimbangan antara seperangkat faktor masukan dan faktor keluaran.

- Faktor keluaran adalah :
  1. Serapan oleh Akar Tanaman,
  2. Pencucian,
  3. Erosi, dan
  4. Penguapan.
- Faktor masukan adalah :
  1. Dekomposisi Bahan Organik,
  2. Pembebasan Unsur Hara dari Koloid Tanah,
  3. Pelapukan Mineral Tanah, dan
  4. Deposisi dari Atmosfir.

Dengan memperhatikan faktor-faktor ini, maka sangat diharapkan bahwa jumlah keluaran lebih kecil daripada jumlah masukan alami (Sumber Internal). Dengan demikian, tidak ada masukan eksternal yang diperlukan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Tanah yang dapat memperlihatkan neraca seperti ini

adalah tanah subur, yang memiliki timbunan unsur hara dalam jumlah yang signifikan.

Sebaliknya, dalam kebanyakan tanah tua yang sudah tidak subur lagi, neraca ini umumnya bersifat negatif atau jumlah keluaran lebih besar daripada jumlah masukan. Oleh karena itu, ke dalam tanah ini perlu diberikan masukan eksternal dalam bentuk pupuk. Namun demikian, dalam pertimbangan ilmu lingkungan, masukan eksternal harus diberikan dalam jumlah minimum. Selain untuk menekan biaya pembelian unsur hara, pemupukan minimum dapat meminimalkan masukan kontaminan yang terkandung di dalam pupuk.

- Unsur Hara dan Nutrisi Tanaman

Tanaman memerlukan seperangkat Unsur Hara Esensial. Unsur hara esensial memiliki beberapa persyaratan. Pertama, unsur hara esensial memiliki satu atau lebih fungsi di dalam metabolisme tanaman. Kedua, kekurangan unsur hara tersebut akan menyebabkan terganggunya metabolisme tanaman sehingga tahapan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terganggu dan menunjukkan gejala defisiensi unsur hara. Ketiga, keberadaannya tidak dapat digantikan oleh unsur hara lainnya. Terdapat sedikitnya 16 buah unsur hara esensial, yaitu karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), belerang (S), besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), boron (B), molibdenum (Mo), dan klor

Dengan melihat jumlah kebutuhan tanaman, unsur hara esensial dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu

: Unsur Hara Makro dan Unsur Hara Mikro. Unsur Hara Makro adalah unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah yang besar. Kelompok unsur hara ini mencakup: C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, dan K. Kelompok unsur hara makro dibagi lagi menjadi dua kelompok, yaitu unsur hara makro utama, yang mencakup C, H, dan O, dan unsur hara makro pelengkap, yang mencakup: N, P, K, S, Ca, Mg, dan K.

Unsur hara mikro adalah unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah sedikit. Kelompok unsur hara ini mencakup: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, dan Cl. Kelompok unsur hara ini dibagi lagi menjadi unsur hara mikro kelompok logam, yang mencakup: Fe, Mn, Zn, dan Cu, dan unsur hara mikro kelompok nir logam, yang mencakup: B, Mo, dan Cl. Silikon dan Na adalah unsur hara mikro untuk tanaman tertentu.

Jumlah unsur hara esensial terus berkembang, sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Beberapa laporan terakhir menunjukkan bahwa beberapa unsur lain juga ditemukan merupakan unsur esensial baru. Di antaranya adalah Co, Va, Na, dan Si. Walaupun keesensialannya masih dipertanyakan, Co berperan penting dalam Fiksasi N oleh *Rhizobium* dan dalam pembentukan Vitamin B-12. Vanadium diperlukan oleh ganggang hijau dan tidak oleh tanaman tingkat tinggi. Unsur hara ini dapat menyubstitusi Mo, yang berperan dalam fiksasi N oleh *Rhizobium*. Natrium dipercaya dapat menggantikan peranan K, namun keesensialannya masih dipertanyakan. Silikon diperlukan oleh ganggang, yang merupakan tumbuhan

tingkat rendah. Keesensialan unsur hara ini juga masih dipertanyakan.

Masing-masing unsur hara di atas memiliki sumber tersendiri. Karbon (C), H, dan O dipasok dari  $\text{CO}_2$  dan air. Sedangkan sisanya diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ion (kation dan anion) dari air tanah. Unsur hara N dalam tanah mulanya berasal dari atmosfer, yang mengandung 78%  $\text{N}_2$  dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Unsur hara ini dapat diambil oleh bakteri dan tanaman polong yang bersimbiosis melalui proses yang disebut Fiksasi N, yang mengambil  $\text{N}_2$  udara dan mengombinasikannya dengan  $\text{H}_2$  membentuk  $\text{NH}_3$ .  $\text{NH}_3$  di dalam tanah dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah mengalami Amonifikasi berupa pemuatan oleh ion  $\text{H}^+$  menjadi  $\text{NH}_4^+$ .  $\text{NH}_4^+$  akan mengalami nitrifikasi menjadi  $\text{NO}_3^-$ , yang merupakan bentuk N yang banyak diserap oleh kebanyakan tanaman.

Unsur hara selain C, H, O, dan N merupakan hasil pelapukan berbagai jenis mineral primer di dalam sistem tanah. Sebagian kecil N juga masuk ke lahan pertanian dengan cara ini. Demikian juga S yang diemisikan dalam bentuk  $\text{SO}_2$  dari cerobong asap berbagai pabrik yang menggunakan batu bara. Unsur-unsur ini terbawa angin dan mengendap bersama air hujan di lahan pertanian. Fosfor terutama berasal dari mineral apatit, Mg dari sepepentin dan dolomit. Unsur-unsur hara ini juga dapat masuk melalui air irigasi, yang sebenarnya juga berasal dari mineral tanah.

Setiap jenis unsur hara memiliki satu atau lebih fungsi fisiologis di dalam tanaman. Sebagian unsur hara

merupakan unsur hara penyusun senyawa organik di dalam tanaman. Misalnya, di dalam tanaman N akan berubah bentuk menjadi (-N), kemudian (-NH-), dan akhirnya -NH<sub>2</sub> dalam protein. Di dalam tanaman N bersifat fungsional karena merupakan bagian dari protein atau enzim dan tidak bersifat struktural.

Pemberian N dengan takaran berlebihan biasanya menimbulkan beberapa akibat negatif, di antaranya:

- Pertumbuhan tanaman lebih progresif,
- Daun tanaman menjadi hijau tua,
- Masa vegetatif tanaman lebih panjang, dan
- Pematangan atau masa generatif tanaman terlambat datang.

Sebaliknya, pemberian N dalam jumlah kurang akan mengakibatkan lebih cepatnya kedatangan masa generatif, khususnya bila dibarengi dengan pemberian P dalam jumlah tinggi. Kekurangan N pada tanaman umumnya akan mengakibatkan:

- Pertumbuhan tanaman terhambat,
- Munculnya gejala Klorosis, yaitu pemindahan N dari daun tua ke daun yang lebih muda,
- Daun tanaman menguning, dan
- Daun tanaman berwarna coklat dan kemudian mati bila kekurangan N berkelanjutan.

Peranan utama P di dalam tanaman adalah sebagai bahan dasar untuk pembentukan asam nukleat. Fosfor merupakan salah satu penyusun Adenosin Trifosfat (ATP), Adenosin Difosfat (ADP), dan Adenosin Monofosfat (AMP). Ketiga senyawa ini berperan penting dalam transfer energi di dalam sistem tanaman. Selain itu, P juga berperan penting dalam fase



reproduksi (generatif) tanaman, sehingga kekurangan P dapat memperlambat datangnya fase generatif tanaman dan menghambat pembentukan biji. Berbeda dengan N, unsur hara ini bersifat imobil di dalam tanaman. Oleh karena itu, gejala kekurangan akan terlebih dahulu muncul pada daun tanaman yang lebih muda, karena P tidak dapat diangkut dari daun tua ke daun tanaman yang lebih muda. Namun demikian, kekurangan unsur hara P umumnya dapat menghambat seluruh pertumbuhan tanaman.

Kalium di dalam tanaman bersifat fungsional sebagai katalisator. Oleh karena itu, ion  $K^+$  di dalam tanaman bersifat mobil. Seperti kekurangan N, kekurangan unsur hara ini akan terlebih dahulu muncul pada daun yang lebih tua, baru kemudian berkembang ke bagian tanaman yang lebih muda bila kekurangan K berkelanjutan. Selain mengakibatkan klorosis pada daun, kekurangan unsur hara K juga dapat mengakibatkan:

- 1) Tanaman menjadi rentan terhadap hama dan penyakit,
- 2) Tanaman mudah rebah, misalnya pada padi yang kekurangan K, dan
- 3) Produksi tanaman menurun.

Kelebihan unsur hara ini biasanya tidak meningkatkan produksi tanaman. Kejadian ini disebut dengan istilah Konsumsi Mewah (*Luxury Consumption*).

Walaupun secara kimia memiliki beberapa kesamaan, di dalam tanaman Ca dan Mg memiliki sifat dan peranan yang berbeda. Di dalam tanaman, Ca bersifat struktural sedangkan Mg bersifat mobil.

Kalsium membentuk Ca-Oksalat dan Capektat, yang merupakan senyawa utama penyusun dinding sel tanaman dan juga sebagai ion pembangkit tekanan turgor di dalam sel tanaman; sedangkan Mg merupakan penyusun klorofil dan berperan dalam aktivasi enzim, pembentukan biji, dan sintesis minyak (bersama-sama dengan S).

Belerang berperan dalam sintesis minyak. Di dalam tanaman, S akan mengalami reduksi membentuk ikatan -S-S- atau gugus -SH dalam protein. Belerang bersifat imobil dan karenanya kekurangan S akan memunculkan gejala kekurangan pada bagian tanaman yang muda. Namun demikian, kekurangan S dapat juga mengakibatkan kekerdilan dan Klorosis pada seluruh bagian tanaman.

Unsur hara mikro kelompok logam seperti Fe, Mn, Zn, dan Cu di dalam tanaman umumnya berperan sebagai aktivator enzim. Boron berfungsi dalam translokasi gula  $\beta$  di dalam tanaman, meningkatkan permeabilitas sel tanaman, dan transpirasi. Karena unsur hara ini bersifat imobil, gejala kekurangan unsur hara ini akan muncul pertama kali pada bagian termuda. Kekurangan unsur hara ini akan menghambat pembentukan tepung. Sama seperti halnya unsur mikro kelompok logam, Mo berfungsi sebagai aktivator enzim. Unsur hara ini diperlukan dalam fiksasi N oleh *Rhizobium* yang hidup dalam bintil akar tanaman polong. Kekurangan Cl dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman tertekan dan daunnya berwarna seperti perunggu.

- Bentuk Unsur Hara di Dalam Tanah

Di dalam tanah, unsur hara berada dalam berbagai bentuk, di antaranya adalah:

- (a) ion bebas
- (b) ion kompleks dan khelat
- (c) ion dapat dipertukarkan
- (d) mineral endapan (mineral sekunder)
- (e) bagian struktural bahan organik dan bahan nir-organik (mineral primer).

Di antara bentuk-bentuk ini, ion bebas dalam derajat tertentu, ion kompleks dan khelat serta ion dapat dipertukarkan adalah yang paling mobil dan berpotensi mempengaruhi makhluk hidup, karena bentuk-bentuk ini berkaitan langsung dengan serapan oleh akar tanaman dan toksisitas unsur tertentu.

Tabel 5.8. Unsur Hara dan Peranannya

Unsur Hara	Peranan
N	- Penyusun protein - Penyusun hijau daun - Pemacu pertumbuhan vegetatif
P	- Penyusun protein - Penyusun AMP, ADP, dan ATP - Transfer energi - Pemacu masa generatif/ reproduksi
K	- Katalisator
Ca	- Penyusun Ca-Oksalat dan Ca-Pektat - Pembangkit turgor sel
Mg	- Penyusun klorofil - Aktivasi enzim

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pembentukan biji</li> <li>- Sintesis minyak</li> </ul>
S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penyusun protein</li> <li>- Sintesis minyak</li> <li>- Aktivator enzim</li> </ul>
Fe, Mn, Zn, Cu	Aktivator enzim
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Translokasi gula <math>\beta</math></li> <li>- Pembentukan tepung</li> <li>- Meningkatkan permeabilitas sel</li> <li>- Meningkatkan transpirasi</li> </ul>
Mo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktivator enzim</li> <li>- Fiksasi N dari udara</li> </ul>

Unsur hara diserap oleh akar tanaman dari dalam air tanah. Seperti diketahui unsur hara di dalam air tanah adalah bentuk unsur hara yang paling tersedia dan sangat mudah diserap oleh akar tanaman, khususnya yang berada dalam bentuk ion bebas ( $M^{2+}$ ). Beberapa pakar kimia tanah telah melaporkan bahwa akumulasi logam berat di dalam jaringan tubuh tanaman berkaitan langsung dengan aktivitas ion bebas logam berat atau spesies logam berat yang tidak berasosiasi dengan spesies apapun juga. Spesies ion bebas logam berat juga ditunjukkan berhubungan dengan toksisitasnya terhadap makhluk hidup serta berbagai mekanisme yang mengatur kelarutan logam berat di dalam air tanah.

Tidak seperti ion bebas unsur hara makro seperti  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NO_3^-$ , dan  $SO_4^{2-}$ , konsentrasi alami ion bebas logam berat di dalam air tanah telah dilaporkan relatif rendah, berada dalam rentang mikromolar untuk Cu dan Zn dan nanomolar untuk Cd.

Khusus unsur unsur hara yang diserap oleh akar tanaman dalam bentuk kation, konsentrasinya di dalam air tanah akan dipasok melalui kesetimbangan cepat oleh kation dapat dipertukarkan atau unsur hara yang diikat oleh koloid tanah. Dengan menurunnya konsentrasi unsur hara di dalam air tanah karena diserap oleh akar tanaman atau karena pencucian, sebagian kation dapat dipertukarkan segera dibebaskan untuk memenuhi kesetimbangan baru. Sebaliknya, bila konsentrasi unsur hara di dalam air tanah meningkat karena pemupukan atau karena sebab lain, maka sebagian unsur hara di dalam air tanah akan dijerap oleh koloid tanah sampai kesetimbangan baru tercapai.

Tidak semua unsur hara di dalam air tanah secara langsung diserap oleh akar tanaman. Akar tanaman hanya menyerap ion bebas, yang berkesetimbangan langsung dengan ion-ion kompleks. Untuk dapat diserap, ion kompleks juga harus membebaskan ion intinya sehingga menjadi ion bebas. Proses dekompleksasi ini diatur oleh reaksi kesetimbangan. Sebaliknya, dalam keadaan konsentrasi tinggi, sebagian ion bebas juga akan berikatan dengan ligan membentuk ion kompleks. Dengan meningkatnya konsentrasi unsur hara, ion kompleks dapat juga mengendap sehingga ketersediaan unsur hara tersebut melambat. Endapan mineral adalah salah satu bentuk unsur hara di dalam tanah yang ketersediaannya lambat karena harus sebelumnya melarut membentuk ion kompleks atau ion bebas sebelum dapat diserap oleh akar tanaman. Beberapa ion bebas dan ion-ion kompleks yang terdapat di dalam air tanah disajikan dalam Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.9. Beberapa Contoh Ion Bebas dan Ion Kompleks Di Dalam Air Tanah

Kation	Tanah Asam	Tanah Alkalin
Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> , NaHCO <sub>3</sub> <sup>0</sup> , NaSO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>
K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	K <sup>+</sup> , KSO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>
Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> , MgSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , Org* (Misal Cu-Fulvik)	Mg <sup>2+</sup> , MgSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , MgCO <sub>3</sub> <sup>0</sup>
Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> , FeSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , FeH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>4+</sup>	FeCO <sub>3</sub> <sup>0</sup> , Fe <sup>2+</sup> , FeHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup> , FeSO <sub>4</sub> <sup>0</sup>
Cu <sup>2+</sup>	Org*, Cu <sup>2+</sup>	CuCO <sub>3</sub> <sup>0</sup> , Org*, CuB(OH) <sub>4</sub> <sup>+</sup> , CuB[(OH) <sub>4</sub> ] <sub>4</sub> <sup>0</sup>
Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> , CaSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , Org*	Ca <sup>2+</sup> , CaSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , CaHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Cr <sup>2+</sup>	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Cd <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup> , CdSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , CdCl <sup>+</sup>	Cd <sub>2</sub> <sup>+</sup> , CdCl <sup>+</sup> , CdSO <sub>4</sub> <sup>0</sup> , CdHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Si <sup>4+</sup>	Si(OH) <sub>4</sub> <sup>0</sup>	Si(OH) <sub>4</sub> <sup>0</sup>

Bentuk unsur hara nir-organik yang paling lambat ketersediaanya di dalam tanah adalah unsur hara struktural di dalam mineral tanah. Unsur hara ini dapat diserap oleh tanaman setelah melalui proses pelapukan dan membebaskan unsur hara dalam bentuk ion bebas. Kecepatan pelapukan mineral tanah sangat beragam tergantung pada berbagai faktor. Sebagian mineral seperti Olivin akan sangat cepat sekali melapuk membebaskan unsur hara strukturalnya. Namun demikian, sebagian besar mineral melapuk lambat atau

sangat lambat. Di antara mineral ini adalah Feldspars yang banyak terdapat di dalam tanah.

Selain bentuk-bentuk unsur hara nir-organik (mineral), di dalam tanah juga terdapat unsur hara dalam bentuk organik. Unsur hara ini merupakan bagian struktural senyawa organik, yang dapat diserap oleh tanaman setelah mengalami pembebasan melalui proses dekomposisi yang melibatkan mikroorganisme dan enzim tanah. Sebagian bahan organik, khususnya dengan nisbah C/N rendah akan mengalami dekomposisi dalam waktu relatif cepat; sebagian lagi melapuk lambat atau sangat lambat. Kehadiran enzim tanah yang dihasilkan oleh mikroorganisme, cacing tanah, dan akar tanaman akan mempercepat proses dekomposisi.

Pengelompokan bentuk-bentuk unsur hara di dalam tanah dalam kaitannya dengan kecepatan ketersediaannya bagi tanaman, dimana K-Larut dan K-dd merupakan bentuk K yang paling cepat tersedia di dalam tanah. Konsentrasi K-Larut lebih rendah daripada K-dd, yang merupakan pemasok K-Larut. K-Larut berkisar antara 1– 50 ppm atau sekitar 0.4 – 20 kg ha<sup>-1</sup> tergantung pada bahan induk dan Tingkat kesuburan tanah; sedangkan konsentrasi K-dd sekitar 200 kg ha<sup>-1</sup>. Konsentrasi terbesar dari K di dalam tanah berada di dalam struktur mineral primer, yaitu sekitar 20.000 – 600.000 kg ha<sup>-1</sup>. Mineral primer merupakan tumpukan terbesar yang dapat memasok K dalam jangka panjang. Pemanfaatannya oleh tanaman sangat tergantung pada kecepatan proses pelapukan. K-terfiksasi, khususnya pada mineral liat Tipe 2:1, merupakan sumber K di dalam tanah dalam bentuk

agak cepat tersedia. Konsentrasinya di dalam tanah sampai 100 kg ha<sup>-1</sup>.

- Faktor yang Mempengaruhi Ketersediaan Unsur Hara

Unsur hara di dalam tanah terdiri atas berbagai bentuk yang kecepatan ketersediaannya sangat beragam. Ada bentuk-bentuk yang cepat tersedia, lambat tersedia, dan sangat lambat tersedia, bahkan ada yang tidak tersedia. Sebagian besar unsur hara di dalam tanah berada dalam bentuk yang lambat tersedia, lihat Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Bentuk dan Ketersediaan K Di Dalam Sistem Tanah.

No	Sumber	Klasifikasi	Kadar
1.	Mineral Primer: - K Feldspar - Muskovit - Glaukonit - Biotit	Lambat Tersedia	0.1 – 3% (20 rb - 60 rb kg ha <sup>-1</sup> )
2.	K-Terfiksasi	Agak Lambat Tersedia	0 → 100 kg ha <sup>-1</sup>
3.	K-dd	Cepat Tersedia	200 kg ha <sup>-1</sup> (Tanah Subur)
4.	K Larut air	Cepat Tersedia	1–50 ppm (Larutan Tanah) (0.4-20 kg ha <sup>-1</sup> )
	→ Tanah beragam tergantung	→ Tanah berbahan iduk granit	→ Tanah Tua (Latosol) < Tanah Muda



pada bahan	> batu
induk dan	kapur
tingkat	
pelapukan	

Kalium dalam bentuk lambat tersedia (Mineral Primer) sekitar 100 sampai dengan 3000 kali dari yang terdapat di pada kompleks jerapan (K-dd). Dengan demikian, tidak semua unsur hara yang jumlahnya sangat besar tersebut tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Untuk dapat dimanfaatkan oleh tanaman unsur hara struktural tersebut harus dibebaskan. Ketersediaan unsur hara untuk tanaman sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi:

- 1) bagaimana unsur hara dibebaskan dari tempatnya terikat,
- 2) bagaimana unsur tersebut bergerak menuju perakaran tanaman, dan
- 3) bagaimana unsur hara tersebut diserap oleh akar tanaman.

Sebagian unsur hara di dalam tanah berada dalam bentuk tidak tersedia dan harus dibebaskan sebelum akhirnya dapat diserap oleh akar tanaman. Karena jenis dan kekuatan ikatannya berbeda, tidak semua unsur hara dapat dibebaskan dengan mudah dan cepat, dan umumnya dipengaruhi oleh berbagai faktor yang bersifat dinamik, berubah setiap waktu.

Terbebasnya unsur hara dari ikatannya tidak menjamin unsur hara tersebut dapat diserap oleh akar tanaman. Unsur hara yang telah dibebaskan harus

berada dekat dengan permukaan akar tanaman sebelum dapat diserap. Ini berarti unsur hara harus bergerak menuju permukaan akar tanaman atau sebaliknya akar tanaman harus tumbuh mendekati massa unsur hara yang telah dibebaskan dari ikatannya. Kedua 'pergerakan' ini juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, yang dapat saja menghambat keterserapannya oleh akar tanaman.

Umumnya, unsur hara yang telah berdekatan dengan permukaan akar tanaman juga dipengaruhi oleh berbagai hal, tidak semuanya dapat diserap oleh akar tanaman. Penyerapan unsur hara oleh akar tanaman dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, yaitu faktor kimia fisika di perbatasan akar tanaman, air tanah dan faktor fisiologi tanaman menyangkut berbagai senyawa yang terlibat di dalam penyerapan dan pengangkutan unsur hara di dalam jaringan tanaman.

- Mekanisme Penyerapan Unsur Hara

Proses penyerapan unsur hara kedalam akar tanaman bukan seperti "hewan minum air" dimana segala unsur yang di dalamnya ikut terbawa, tetapi melalui proses yang khFas. Untuk menyerap unsur hara diperlukan energi metabolik dan proses penyerapan unsur hara merupakan proses yang selektif atau memilih unsur tertentu.

Kecepatan pergerakan unsur hara dengan mekanisme Aliran Massa tergantung pada empat faktor utama, yaitu: (a) konsentrasi unsur hara di dalam air tanah, (b) kebutuhan tanaman terhadap unsur hara, (c) kecepatan serapan air oleh akar tanaman, dan (d) kecepatan transpirasi.

Unsur hara dapat tersedia disekitar akar tanaman dengan 3 cara berikut.

### 1) Aliran Massa (mass flow)

Aliran massa adalah gerakan unsur hara didalam tanah menuju permukaan akar tanaman bersama-sama gerakan massa air. Gerakan massa air menuju kepermukaan akar tanaman berlangsung terus-menerus karena air terus menerus diserap akar dan menguap melalui proses transpirasi.

### 2) Difusi

Ketika akar tanaman menyerap unsur hara dari larutan tanah, unsur hara lain yang terlarut dalam air bergerak menuju akar tanaman tanpa aliran air tetapi sebagai akibat hukum difusi, yaitu Bergeraknya suatu zat (unsur hara) dari bagian yang berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Semakin tinggi perbedaan konsentrasi antara kedua titik tersebut semakin cepat juga pergerakan unsur hara.

Dengan demikian, unsur hara di dalam tanah bisa bergerak menuju permukaan akar tanaman atau menjauhinya. Bila konsentrasi unsur hara tertentu di permukaan akar tanaman rendah karena diserap oleh tanaman maka dapat dipastikan bahwa unsur hara tersebut akan bergerak menuju permukaan akar. Sebaliknya bila unsur hara di sekitar perakaran tanaman tinggi karena terdapat sumber unsur hara tertentu maka unsur hara tersebut akan bergerak menjauhi perakaran tanaman.

### 3) Intersepsi Akar

Akar tanaman yang terus tumbuh dan berkembang kedalam tanah sehingga menemukan unsur hara dalam

larutan tanah di tempat tersebut. Memanjangnya akar tanaman berarti mempendek jarak yang ditempuh unsur hara untuk mendekati akar tanaman, baik melalui aliran massa atau difusi.

- Aliran massa : merupakan mekanisme penyediaan unsur hara yang utama untuk N (98,8%), Ca (71,4%), S (95%), Mo (95,2%).
- Difusi : penyediaan unsur hara untuk P (90,9%) dan K (77,7%)
- Intersepsi akar : penyediaan unsur hara untuk Ca (28,6%), sedangkan unsur hara lainnya 1,2 – 5,0 %.

*TES FORMATIF 5.* Pilih jawaban yang paling benar !

- 1) Sifat koloid liad adalah,kecuali :
  - A. Umumnya berbentuk kristal dan bermuatan negative
  - B. Umumnya berbentuk kristal dan bermuatan positif
  - C. Menyerap air (H<sub>2</sub>O) dan mempunyai permukaan yang luas
  - D. Menyerap dan mempertukarkan kation
- 2) Salah satu sifat koloid organik / humus adalah :
  - A. Penyusun utamanya Al, Si, Fe, O
  - B. Daya adsorpsi ion kecil
  - C. Daya menyerap air kecil / tidak ada
  - D. Sifat partikel tidak kristal
- 3) Kemasaman yang disebabkan oleh adanya ion H<sup>+</sup> yang ada pada koloid tanah atau konsentrasi ion H bebas dalam larutan tanah disebut :
  - A. Kemasaman aktif
  - B. Kemasaman pasif

- C. Kemasaman potensial
  - D. Jawaban B dan C betul
- 4) Fungsi bahan organik adalah..... kecuali :
- A. Sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme
  - B. Menyediakan zat-zat yang dibutuhkan dalam pembentukan pematangan agregat-agregat tanah,
  - C. Memperbaiki kapasitas mengikat air dan melewatkan air.
  - D. Membantu dalam pengendalian hama dan penyakit.
- 5) Ketika akar tanaman menyerap unsur hara dari larutan tanah, unsur hara lain yang terlarut dalam air bergerak menuju akar tanaman tanpa aliran air tetapi sebagai akibat yaitu Bergeraknya suatu zat (unsur hara) dari bagian yang berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Mekanisme penyerapan unsur hara seperti ini disebut :
- A. Aliran massa
  - B. Intersepsi akar
  - C. Difusi
  - D. Pertukaran kation

## BAB 6

### BIOLOGI TANAH

#### A. Organisme Tanah

Sejumlah besar organisme hidup di dalam tanah. Bagian terbesar organisme terdiri dari kehidupan flora (tumbuhan). Sedangkan fauna (hewan-hewan) sangat berarti dalam tahap permulaan dekomposisi bahan organik. Kebanyakan organisme tanah, yaitu tumbuhan dan hewan begitu kecilnya sehingga hanya dapat dilihat dengan mikroskop.

Penggolongan organisme penting di dalam tanah :

- Makro organisme , sejumlah binatang seperti tupai, musang, marmot, tikus, cacing dan serangga seperti semut, rayap, kumbang dan lain-lain. Akar-akar tumbuhan tingkat tinggi untuk golongan flora.
- Mikro organisme , sebagian besar tersebar dalam tanah. Terdiri atas mikro flora seperti bakteri, fungi/cendawan, algae/ganggang dan aktinomisetes. Sedangkan mikro fauna seperti protozoa , nematoda dan rotifera.

Tabel 6.1. Penggolongan Organisme Tanah

Kriteria / ukuran	Golongan
-------------------	----------

> 10 mm	Makrobia
0,2 - 10 mm	Mesobia
< 0,2 mm	Mikrobia

Organisme tanah bisa merugikan terhadap tanaman tingkat tinggi. Contoh Binatang unggas dan tikus pondok dapat merusak tanaman. Siput darat dalam iklim tertentu merupakan hama, sedangkan semut dapat memindahkan aphidae tumbuhan tertentu yang harus diberantas. Juga nematoda yang menyerang akar tumbuhan, sehingga pertumbuhannya terganggu.

Pada umumnya organisme tanah berbentuk flora / tumbuhan seperti bakteri, fungi dan aktinomisites menyebabkan penyakit pada tanaman. Beberapa penyakit disebabkan oleh flora tanah ialah kelayuan , kekeringan, akar busuk, dan penyakit bengkak akar oleh fungi. Pupuk kandang dari kotoran hewan yang berasal dari tumbuhan berpenyakit yang diberikan untuk makanan hewan berperan sebagai pembawa penyakit. Erosi yang terjadi, jika tanah hanyut dari sebidang tanah ke bidang tanah lain dapat merupakan perantara atau pembawa penyakit.

Organisme tanah dapat pula merugikan tanaman dalam persaingan mendapatkan unsur hara yang tersedia. Nitrogen adalah unsur yang paling diperebutkan, meskipun organisme dapat mempergunakan fosfor, kalium dan kalsium dalam jumlah cukup besar dari tanaman yang tumbuh. Persaingan mendapatkan unsur hara mikro juga lebih gawat. Organisme tanah

biasanya memperolehnya lebih dahulu, baru tanaman tingkat tinggi dapat mempergunakannya.

## B. Makro Organisme

Aktivitas hewan tanah berperan dalam pengolahan tanah, tidak hanya dalam hubungannya dengan bahan organik di dalam tanah tetapi juga liang hewan tersebut memperbaiki aerasi dan drainase tanah, meskipun bisa merusak horizon tanah sehingga akan mempersukar penentuan watak asli profil tanah.

Ber macam jenis serangga terdapat di tanah. Beberapa diantaranya mempunyai peranan amat kecil terhadap bahan organik, sedangkan lainnya seperti semut, kumbang dan lain-lain sangat mempengaruhi susunan humus karena ditranslokasikan atau dicernakan. Jadi mereka berperan sebagai pengurai perintis proses yang akan dilanjutkan oleh bakteri dan fungi.

Ada empat ekor hewan atau binatang yang bertanggung jawab dalam pencernaan bahan organik kusus nya tanah hutan yaitu bubuk (*Trachelifus rathkei*); sejenis kutu (*Orbata* Sp); springtail (*Tomocerus* Sp); sikaki seribu (*Parajulus* Sp).

Di tanah gambut, millipoda tidak hanya banyak berperan terhadap bahan organik, akan tetapi juga kotorannya sangat mempengaruhi struktur horizon tempat kegiatannya. sentipoda dan laba-laba berperan kecil dalam proses sintesa humus.

Salah satu hewan makro tanah yang paling penting ialah cacing tanah. Di daerah tropik dan semitropik terdapat berukuran kecil sampai sangat besar. Cacing



tanah lebih banyak ditemukan di tanah lapisan atas, tempat kandungan bahan organik tanah lebih tinggi, dibandingkan dengan di lapisan bawah, yang memiliki kandungan bahan organik rendah. Populasi cacing tanah juga lebih banyak ditemukan di tanah hutan sekunder, semak dan alang-alang dibandingkan dengan lahan kopi yang diolah lebih intensif, yang memiliki C-organik lebih rendah. Cacing tanah juga lebih banyak ditemukan pada musim hujan dibandingkan dengan musim kering. Pengamatan di Sumber Jaya Lampung Barat menunjukkan bahwa populasi cacing tanah rendah antara bulan Juli sampai dengan November dan mulai meningkat pada bulan Desember dan tertinggi pada bulan Februari sampai dengan April, pada saat musim hujan.

Cacing tanah merupakan salah satu makro-organisme yang paling aktif di dalam tanah. Yang dilakukan cacing tanah adalah mencerna tanah dan bahan organik dan mengeluarkan hasil cernaannya dalam bentuk kasting, yang umumnya sangat subur. Keberadaan cacing tanah tidak hanya menghasilkan kasting, tetapi juga mencampurkan partikel-partikel tanah antar-lapisan tanah dan mempersuburnya dengan kasting. Lubang-lubang yang dibuat oleh cacing tanah juga bermanfaat dalam mengelola tanah dengan baik, yaitu meningkatkan proses infiltrasi dan perkolasi air karena lubang-lubang cacing merupakan saluran yang berukuran cukup lebar dan panjang. Selain cacing tanah, terdapat juga makroorganisme lain yang dapat menciptakan pori tanah secara ekstensif, misalnya semut, tikus, dan marmut, yang juga berperan

dalam pembusukan bahan organik. Pori yang diciptakan oleh binatang tanah ini berukuran lebih besar sehingga masukan air ke dalam tanah akan sangat lancar.

Cacing tanah mempunyai arti penting karena jumlah tanah yang melalui pencernaan hewan ini tiap tahun dapat berjumlah sampai 15 ton tanah kering per are, jika diolah biasa bisa memakan waktu 60 sampai 70 tahun. Selain bahan organik sebagai makanan, juga bahan mineral yang menjadi sasaran enzim pencernaan dan penghalusan dalam tubuh hewan tersebut. Tingkat pertumbuhan rumput di sekitar kotoran cacing tanah mendorong peningkatan hara tumbuhan tersedia, seperti hara nitrogen.

Dalam kotoran cacing tanah terkandung bahan organik yang lebih tinggi, berupa N total dan nitrat, Ca dan Mg yang bertukar, P tersedia, pH dan persen kejenuhan basa dan kemampuan penukaran basa dan pertukaran kation P dan K. Hal ini membuktikan bahwa kehadiran cacing tanah itu berpengaruh yang baik terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman dan produktivitas tanah.

Pengaruh lainnya dari cacing tanah ialah lubang yang ditinggalkan di tanah menyebabkan peningkatan aerasi dan drainase. Cacing tanah mengangkut tanah dari bawah ke permukaan dan mencampur dan mengumpulkan bahan organik yang tidak terombak seperti daun dan rumput yang menjadi makanannya. Hal ini berdampak pada peningkatan baik ukuran maupun kemantapan agregat tanah.

Faktor-faktor yang mempengaruhi populasi cacing tanah antara lain kelembaban tanah, tersedianya bahan organik yang melimpah sebagai makanannya dan pH tanah. Cacing tanah menyukai tanah yang sedang hingga berat, yaitu yang mempunyai kelembaban tinggi dibandingkan dengan tanah pasiran lagi kering. Makanan cacing tanah harus tersedia dalam jumlah cukup dan beberapa cacing tanah itu makanannya tergantung dari kelenjar sekresi kapur, hal inilah yang menyebabkan populasi cacing tanah ditemukan lebih tinggi pada tanah yang mengandung kadar kapur rendah, meskipun ada perkecualian. Umumnya tanah yang diberi pupuk kandang jumlah populasi cacing tanah lebih tinggi dibandingkan tanah yang tidak diberi pupuk kandang, karena cacing tanah tergantung pada bahan organik yang menjadi makanannya.

### C. Mikro Organisme

Jasad hidup yang ukurannya kecil sering disebut sebagai mikroba atau mikroorganisme atau jasad renik. Jasad renik disebut sebagai mikroba bukan hanya karena ukurannya yang kecil, sehingga sukar dilihat dengan mata biasa, tetapi juga pengaturan kehidupannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan jasad tingkat tinggi. Mata biasa tidak dapat melihat jasad yang ukurannya kurang dari 0,1 mm. Ukuran mikroba biasanya dinyatakan dalam mikron ( $\mu$ ), 1 mikron adalah 0,001 mm. Sel mikroba umumnya hanya dapat dilihat dengan alat pembesar atau mikroskop, walaupun demikian ada mikroba yang

berukuran besar sehingga dapat dilihat tanpa alat pembesar.

Dalam tanah dihuni oleh bermacam-macam mikroorganisme dan jumlah tiap grup mikroorganisme sangat bervariasi, ada yang terdiri dari beberapa individu, ada pula yang jumlahnya mencapai jutaan per gram tanah. Mikroorganisme tanah itu bertanggung jawab atas pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara. Mikroorganisme tanah mempunyai pengaruh terhadap sifat fisik dan kimia tanah.

Beberapa penelitian menunjukkan mikroorganisme berperan atas perubahan kimiawi yang terjadi di dalam tanah. Peranan mikroorganisme dalam beberapa siklus unsur hara yang penting, seperti siklus karbon, nitrogen, sulfur.

Tabel 6.2. Penggolongan Mikroorganisme

Jumlah sel	Golongan	Contoh
Sel tunggal	Prokariota	Bakteri, aktonimisetes dan virus
Sel multi	eukariota	Fungi, protozoa, dan algae

Tabel 6.3. Berdasar Kebutuhan Oksigen

Tipe mikroorganisme	Keterangan
---------------------	------------

Aerobik	Perlu oksigen
Anaerobik	Tidak perlu oksigen
Fakultatif	Dapat hidup, ada / tanpa oksigen

Tabel 6.4. Berdasar Sumber Energi dan Nutrisinya

<b>Tipe Mikroorganisme</b>	<b>Sumber Energi Utama</b>	<b>Sumber Karbon Utama</b>	<b>Jenis</b>
Fotolitho tropik	Cahaya	CO <sub>2</sub>	Flora,alga , bakteri
Fotoorgano tropik	Cahaya	Senyawa organik	Algae, bakteri
Khemolitho tropik	Senyawa anorg	CO <sub>2</sub>	Bakteri ,fungi,
Khemoorgano tropik	Senyawa organik	Senyawa organik	Protozoa, bakteri

- Populasi mikroorganisme dipengaruhi :
  - Adanya suplai makanan atau energi yang cukup
  - Temperatur yang sesuai,
  - Ketersediaan air yang cukup,

- Kondisi ekologi lain yang mendukung perkembangan mikroorganisme pada tanah tersebut.
- Secara umum populasi organisme dipengaruhi :

#### 1). Temperatur

Berdasar temperatur mikroorganisme terbagi atas golongan psikrofil ( $<5^{\circ}\text{C}$  optimum serupa mesofil), mesofil (optimum antara  $25^{\circ}\text{C}$  dan  $37^{\circ}\text{C}$ ) dan termofil (optimum antara  $55^{\circ}\text{C}$  dan  $65^{\circ}\text{C}$ ).

#### 2) Tekanan Osmotik

Pada umumnya mikroorganisme mempunyai daya adaptasi yang cukup terhadap tekanan osmotik dari lingkungan hidupnya. Protoplasma mikroorganisme yang normal mempunyai kadar solute yang lebih tinggi dari tekanan osmotik lingkungan hidupnya. Kadaan ini menyebabkan kecenderungan air masuk ke sel, sehingga turgor sel dapat dipertahankan.

#### 3). Tegangan Permukaan

Hal ini berkaitan dengan kelembaban dimana distribusi mikroorganisme dalam tanah tidak merata dan terutama terdapat pada bagian organik dari partikel tanah yang mengandung cukup air. Bahan organik sbg sumber nutrisi dan air berfungsi dalam metabolisme mikroorganisme (transpor nutrisi dari luar sel ke dalam sel dan untuk proses metabolisme). Di dalam tanah, mikroorganisme umumnya aktif pada kelembaban  $> 15$  bar (kapasitas lapang  $1/3$  bar, titik layu 15 bar). Beberapa mikroorganisme yang termasuk fungi dan khamir dapat tumbuh pada tekanan 70 bar.

#### 4). Fenomena Adsorpsi

Partikel liat sering berukuran sama dengan ukuran bakteri, bahkan liat bisa lebih kecil. Bakteri dan liat mempunyai muatan sehingga keduanya dapat berinteraksi, karena muatan pada sel dan liat terpolarisasi atau diperantarai oleh ion metal.

#### 5). Air

Air mempengaruhi aktivitas mikroorganisme sebab air merupakan komponen utama dari protoplasma. Air yang berlebih akan membatasi pertukaran gas sehingga menurunkan suplay  $O_2$ , lingkungan akan menjadi anaerob.

#### 6). pH

pH mempengaruhi tidak saja aktivitas mikroorganisme tetapi juga keragaman spesiesnya. *Streptomyces* (*Actinomycetes*) tidak akan tumbuh pada  $pH < 7,5$ . Pada umumnya kebanyakan mikroorganisme tumbuh optimum pada kisaran  $pH 6 - 8$ . Meskipun demikian mikroorganisme juga masih dapat tumbuh dengan baik diluar kisaran  $pH$  tersebut. Fungi umumnya lebih tahan terhadap  $pH$  masam, bakteri belerang dapat tumbuh pada  $pH 0 - 1$ , sebaliknya *Actinomycetes* sangat peka terhadap  $pH < 5$ .

#### 7).Nutrien (hara)

Terjadinya perubahan nutrien dapat menyebabkan perubahan komponen sel (RNA), protein dan kecepatan tumbuh (medium kaya, medium miskin).

- Jumlah mikroorganisme sangat berguna untuk :
  - menentukan tempat organisme dalam hubungannya dengan sistem perakaran
  - sisa bahan organik
  - kedalaman profil tanah.

- Peran mikroorganisme tanah :
  - Menghancurkan limbah organik
  - Siklus hara tanaman
  - Fiksasi nitrogen
  - Pelarut posfat
  - Merangsang pertumbuhan
  - Biokontrol pathogen
  - Membantu penyerapan unsur hara.
- Penggunaan Mikroorganisme
  - Penggunaan mikroba untuk proses-proses klasik, seperti khamir untuk membuat anggur dan roti, bakteri asam laktat untuk yogurt dan kefir, bakteri asam asetat untuk vinegar, jamur *Aspergillus* sp untuk kecap, dan jamur *Rhizopus* sp untuk tempe.
  - Penggunaan mikroba untuk produksi antibiotik, antara lain penisilin oleh jamur *Penicillium* sp, streptomisin oleh actinomycetes *Streptomyces* sp
  - Penggunaan mikroba untuk proses-proses baru, misalnya karotenoid dan steroid oleh jamur, asam glutamat oleh mutan *Corynebacterium glutamicum* , pembuatan enzim amilase, proteinase, pektinase, dan lain-lain.
  - Penggunaan mikroba dalam teknik genetika modern, seperti untuk pemindahan gen dari manusia, binatang, atau tumbuhan ke dalam sel mikrobial, penghasilan hormon, antigen, antibodi, dan senyawa lain misalnya insulin, interferon, dan lain-lain.



- Penggunaan mikroba di bidang pertanian, misalnya untuk pupuk hayati (biofertilizer ), biopestisida, pengomposan, dan sebagainya.
  - Penggunaan mikroba di bidang pertambangan, seperti untuk proses leaching di tambang emas, desulfurisasi batubara, mau-pun untuk proses penambangan minyak bumi.
  - Penggunaan mikroba di bidang lingkungan, misalnya untuk mengatasi pencemaran limbah organik maupun anorganik termasuk logam berat dan senyawa xenobiotik
- Ciri umum mikroorganismenya

Mikroba di alam secara umum berperanan sebagai produsen, konsumen, maupun redusen. Jasad produsen menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dengan energi sinar matahari. Mikroba yang berperanan sebagai produsen adalah algae dan bakteri fotosintetik. Jasad konsumen menggunakan bahan organik yang dihasilkan oleh produsen. Contoh mikroba konsumen adalah protozoa. Jasad redusen menguraikan bahan organik dan sisa-sisa jasad hidup yang mati menjadi unsur-unsur kimia (mineralisasi bahan organik), sehingga di alam terjadi siklus unsur-unsur kimia. Contoh mikroba redusen adalah bakteri dan jamur (fungi).

Sel mikroba yang ukurannya sangat kecil ini merupakan satuan struktur biologi. Banyak mikroba yang terdiri dari satu sel saja (uniseluler), sehingga semua tugas kehidupannya dibebankan pada sel itu. Mikroba ada yang mempunyai banyak sel (multiseluler). Pada jasad multiseluler umumnya sudah

terdapat pembagian tugas diantara sel atau kelompok selnya, walaupun organisasi selnya belum sempurna.

- Peran mikroorganisme dalam transformasi bahan organik

Suatu bahan yang ditumbuhi oleh mikroba akan mengalami perubahan susunan kimianya. Perubahan kimia yang terjadi ada yang dikenal sebagai fermentasi (pengkhamiran) dan pembusukan (putrefaction). Fermentasi merupakan proses yang menghasilkan alkohol atau asam organik, misalnya terjadi pada bahan yang mengandung karbohidrat. Pembusukan merupakan proses peruraian yang menghasilkan bau busuk, seperti pada peruraian bahan yang mengandung protein.

- Fungsi nutrisi untuk mikroorganisme

Setiap unsur nutrisi mempunyai peran tersendiri dalam fisiologi sel. Unsur tersebut diberikan ke dalam medium sebagai kation garam anorganik yang jumlahnya berbeda-beda tergantung pada keperluannya. Beberapa golongan mikroba misalnya diatomae dan alga tertentu memerlukan silika (Si) yang biasanya diberikan dalam bentuk silikat untuk menyusun dinding sel. Fungsi dan kebutuhan natrium (Na) untuk beberapa jasad belum diketahui jumlahnya. Natrium dalam kadar yang agak tinggi diperlukan oleh bakteri tertentu yang hidup di laut, algae hijau biru, dan bakteri fotosintetik. Natrium tersebut tidak dapat digantikan oleh kation monovalen yang lain.

Jasad hidup dapat menggunakan makanannya dalam bentuk padat maupun cair (larutan). Jasad yang dapat menggunakan makanan dalam bentuk padat tergolong

tipe holozoik, sedangkan yang menggunakan makanan dalam bentuk cair tergolong tipe holofitik. Jasad holofitik dapat pula menggunakan makanan dalam bentuk padat, tetapi makanan tersebut harus dicernakan lebih dulu di luar sel dengan pertolongan enzim ekstraseluler. Pencernaan di luar sel ini dikenal sebagai extracorporeal digestion.

Bahan makanan yang digunakan oleh jasad hidup dapat berfungsi sebagai sumber energi, bahan pembangun sel, dan sebagai aseptor atau donor elektron. Dalam garis besarnya bahan makanan dibagi menjadi tujuh golongan yaitu :

- 1) air
- 2) sumber energi
- 3) sumber karbon
- 4) sumber aseptor elektron
- 5) sumber mineral
- 6) faktor tumbuh
- 7) sumber nitrogen

- Air

Air merupakan komponen utama sel mikroba dan medium. Fungsi air adalah sebagai sumber oksigen untuk bahan organik sel pada respirasi. Selain itu air berfungsi sebagai pelarut dan alat pengangkut dalam metabolisme.

- Sumber energi

Ada beberapa sumber energi untuk mikroba yaitu senyawa organik atau anorganik yang dapat dioksidasi dan cahaya terutama cahaya matahari.

- Sumber karbon

Sumber karbon untuk mikroba dapat berbentuk senyawa organik maupun anorganik. Senyawa organik meliputi karbohidrat, lemak, protein, asam amino, asam organik, garam asam organik, polialkohol, dan sebagainya. Senyawa anorganik misalnya karbonat dan gas  $\text{CO}_2$  yang merupakan sumber karbon utama terutama untuk tumbuhan tingkat tinggi.

- Sumber aseptor elektron

Proses oksidasi biologi merupakan proses pengambilan dan pemindahan elektron dari substrat. Karena elektron dalam sel tidak berada dalam bentuk bebas, maka harus ada suatu zat yang dapat menangkap elektron tersebut. Penangkap elektron ini disebut aseptor elektron. Aseptor elektron ialah agensi pengoksidasi. Pada mikrobial yang dapat berfungsi sebagai aseptor elektron ialah  $\text{O}_2$ , senyawa organik,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{Fe}^{3+}$ .

- Sumber mineral

Mineral merupakan bagian dari sel. Unsur penyusun utama sel ialah C, O, N, H, dan P. unsur mineral lainnya yang diperlukan sel ialah K, Ca, Mg, Na, S, Cl. Unsur mineral yang digunakan dalam jumlah sangat sedikit ialah Fe, Mn, Co, Cu, Bo, Zn, Mo, Al, Ni, Va, Sc, Si, Tu, dan sebagainya yang tidak diperlukan jasad. Unsur yang digunakan dalam jumlah besar disebut unsur makro, dalam jumlah sedang unsur oligo, dan dalam jumlah sangat sedikit unsur mikro. Unsur mikro sering terdapat sebagai ikutan (impurities) pada garam unsur makro, dan dapat masuk ke dalam medium lewat kontaminasi gelas tempatnya atau lewat partikel debu.

Selain berfungsi sebagai penyusun sel, unsur mineral juga berfungsi untuk mengatur tekanan osmose, kadar ion  $H^+$  (kemasaman, pH), dan potensial oksidasi-reduksi (redox potential) medium.

- Mikroorganisme Fungsional

Penyediaan dan memfiksasi nitrogen. Nitrogen merupakan unsur hara makro esensial dan menyusun 1,5% bobot tanaman serta berfungsi dalam pembentukan protein. Bersifat labil, mudah berubah bentuk dan hilang lewat volatilisasi ( $N_2$ ) dan pelindian ( $NO_3^-$ ). Di atmosfer, unsur N 80% dari gas yang ada, tetapi tidak secara langsung bisa dimanfaatkan tanaman. Pemanfaatannya melalui mikrobia/bakteri rhizobium yang menempel pada akar (fiksasi), yang merubah bentuk  $N_2$  menjadi ammonium ( $NH_4^+$ ) lewat mekanisme simbiotik dan nonsimbiotik.

- Penggunaan Mikroorganisme :

- 1) Penggunaan mikroba untuk proses-proses klasik, seperti khamir untuk membuat anggur dan roti, bakteri asam laktat untuk yogurt dan kefir, bakteri asam asetat untuk vinegar, jamur *Aspergillus* sp untuk kecap, dan jamur *Rhizopus* sp untuk tempe.
- 2) Penggunaan mikroba untuk produksi antibiotik, antara lain penisilin oleh jamur *Penicillium* sp, streptomisin oleh actinomycetes *Streptomyces* sp.
- 3) Penggunaan mikroba untuk proses-proses baru, misalnya karotenoid dan steroid oleh jamur,

asam glutamat oleh mutan *Corynebacterium glutamicum*, pembuatan enzim amilase, proteinase, pektinase, dan lain-lain.

- 4) Penggunaan mikroba dalam teknik genetika modern, seperti untuk pemindahan gen dari manusia, binatang, atau tumbuhan ke dalam sel mikrobial, penghasiian hormon, antigen, antibodi, dan senyawa lain misalnya insulin, interferon, dan lain-lain.
  - 5) Penggunaan mikroba di bidang pertanian, misalnya untuk pupuk hayati (biofertilizer), biopestisida, pengomposan, dan sebagainya.
  - 6) Penggunaan mikroba di bidang pertambangan, seperti untuk proses leaching di tambang emas, desulfurisasi batubara, mau-pun untuk proses penambangan minyak bumi.
  - 7) Penggunaan mikroba di bidang lingkungan, misalnya untuk mengatasi pencemaran limbah organik maupun anorganik termasuk logam berat dan senyawa xenobiotic
- o Bakteri

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang paling banyak jumlahnya. Dalam tanah subur yang normal, terdapat 10 – 100 juta bakteri. Angka ini meningkat tergantung dari kandungan bahan organik di tanah. Jumlah total mikroorganisme yang terdapat didalam tanah digunakan sebagai indeks kesuburan tanah (*fertility indeks*).

Tabel 6.5. Populasi Mikroorganismen Dalam Tanah

Kedalaman (cm)	Organisme/gr tanah x 10 <sup>3</sup>				
	Bakteri aerob	Bakteri anaerob	Actinomycetes	Fungi	Algae
3-8	7.800	1.950	2.080	119	25
20-25	1.800	379	245	50	5
35-40	472	98	49	14	0,5
65-75	10	1	5	6	0,1
135-145	1	0,4	-	3	-

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mikro-organisme berperan atas perubahan kimiawi yang terjadi di dalam tanah. Peranan mikroorganisme dalam beberapa siklus unsur hara yang penting, seperti siklus karbon, nitrogen, sulfur. Ada bakteri yang mempunyai fisiologis khusus, yang disebut bakteri autotrof. Bakteri ini dapat tumbuh pada lingkungan yang seluruhnya anorganik. Energi diperoleh dari hasil oksidasi senyawa anorganik tereduksi, dan menggunakan CO<sub>2</sub> sebagai sumber karbon. Bakteri autotrof dapat dicirikan dari kemampuannya menggunakan sumber anorganik tertentu. Sebagai contoh, bakteri belerang dapat mengoksidasi senyawa belerang anorganik. Penemuan lain menunjukkan adanya bakteri penambat nitrogen nonsimbiotik dan simbiotik, yang dapat memanfaatkan nitrogen dalam bentuk gas N<sub>2</sub>.

Bakteri merupakan mikrobia prokariotik uniselular, termasuk klas Schizomycetes, berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil kecuali beberapa yang bersifat fotosintetik. Cara hidup bakteri ada yang dapat hidup bebas, parasitik, saprofitik, pathogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya tersebar luas di alam, dalam tanah, atmosfer (sampai + 10 km diatas bumi), di dalam

lumpur, dan di laut. Bakteri mempunyai bentuk dasar bulat, batang, dan lengkung. Bentuk bakteri juga dapat dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan faktor makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri. Selain dapat mengalami pleomorfi, yaitu bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun ditumbuhkan pada syarat pertumbuhan yang sesuai. Umumnya bakteri berukuran 0,5-10  $\mu$ .

o Fungi (Jamur)

Di dalam dunia mikrobial, jamur termasuk divisio Mycota (fungi). Mycota berasal dari kata mykes (bahasa Yunani), disebut juga fungi (bahasa Latin). Ada beberapa istilah yang dikenal untuk menyebut jamur, (a) mushroom yaitu jamur yang dapat menghasilkan badan buah besar, termasuk jamur yang dapat dimakan, (b) mold yaitu jamur yang berbentuk seperti benang-benang, dan (c) khamir yaitu jamur bersel satu. Jamur merupakan jasad eukariot, yang berbentuk benang atau sel tunggal, multiseluler atau uniseluler. Sel-sel jamur tidak berklorofil, dinding sel tersusun dari kitin, dan belum ada diferensiasi jaringan. Jamur bersifat kemoorgano heterotrof karena memperoleh energi dari oksidasi senyawa organik. Jamur memerlukan oksigen untuk hidupnya (bersifat aerobik). Habitat (tempat hidup) jamur terdapat pada air dan tanah. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan dan manusia.



#### a. Morfologi Jamur Benang

Jamur benang terdiri atas massa benang yang bercabang-cabang yang disebut miselium. Miselium tersusun dari hifa (filamen) yang merupakan benang-benang tunggal. Badan vegetatif jamur yang tersusun dari filamen-filamen disebut thallus. Berdasarkan fungsinya dibedakan dua macam hifa, yaitu hifa fertil dan hifa vegetatif. Hifa fertil adalah hifa yang dapat membentuk sel-sel reproduksi atau spora-spora. Apabila hifa tersebut arah pertumbuhannya keluar dari media disebut hifa udara. Hifa vegetatif adalah hifa yang berfungsi untuk menyerap makanan dari substrat. Berdasarkan bentuknya dibedakan pula menjadi dua macam hifa, yaitu hifa tidak berseptata dan hifa berseptata. Hifa yang tidak berseptata merupakan ciri jamur yang termasuk Phycomycetes (Jamur tingkat rendah). Hifa ini merupakan sel yang memanjang, bercabang-cabang, terdiri atas sitoplasma dengan banyak inti (soenositik). Hifa yang berseptata merupakan ciri dari jamur tingkat tinggi, atau yang termasuk Eumycetes.

#### b. Perkembangbiakan Jamur

Jamur dapat berkembang biak secara vegetatif (aseksual) dan generative (seksual). Perkembang biakan aseksual dapat dilakukan dengan fragmentasi miselium (thalus) dan pembentukan spora aseksual. Ada 4 cara perkembang biakan dengan fragmentasi thalus yaitu :

- (a) dengan pembentukan tunas, misalnya pada khamir
- (b) dengan blastospora, yaitu tunas yang tumbuh menjadi spora, misal pada *Candida* sp.

- (c) dengan arthrospora (oidium), yaitu terjadinya segmentasi pada ujung-ujung hifa, kemudian sel-sel membulat dan akhirnya lepas menjadi spora, misalnya pada *Geotrichum* sp.
- (d) dengan chlamydospora, yaitu pembulatan dan penebalan dinding sel pada hifa vegetatif, misalnya pada *Geotrichum* sp.

Spora aseksual terbentuk melalui 2 cara. Pada jamur tingkat rendah, spora aseksual terbentuk sebagai hasil pembelahan inti berulang-ulang. Misalnya spora yang terbentuk di dalam sporangium. Spora ini disebut sporangiospora. Pada jamur Tingkat tinggi, terbentuk spora yang disebut konidia. Konidi terbentuk pada ujung konidiofor, terbentuk dari ujung hifa atau dari konidi yang telah terbentuk sebelumnya. Perkembang biakan secara seksual, dilakukan dengan pembentukan spora kelamin (mating type) dari sel seksual, yaitu tipe kelamin + (jantan) dan tipe kelamin – (betina). Peleburan gamet terjadi antara 2 tipe kelamin yang berbeda. Proses reproduksi secara seksual dibagi menjadi 3 tingkatan, yaitu: (a) plasmogami yaitu meleburnya 2 plasma sel, (b) kariogami yaitu meleburnya 2 inti haploid yang menghasilkan satu inti diploid, dan (c) meiosis yaitu pembelahan reduksi yang menghasilkan inti haploid. Bentuk dan cara reproduksi jamur sangat beraneka ragam, dan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengklasifikasikan jamur tersebut.

### c. Klasifikasi Jamur

Ada beberapa klasifikasi jamur, yaitu Acrasiomycetes (Jamur lendir selular), Myxomycetes (Jamur lendir sejati), Phycomycetes (Jamur tingkat rendah), dan

Eumycetes (Jamur tingkat tinggi). Eumycetes terdiri atas 3 klasis yaitu Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes (Fungi imperfecti).

Sistem tata nama jamur menggunakan nama binomial, yang terdiri nama genus dan nama spesifik / spesies. Nama famili dengan akhiran *-aceae*, nama order dengan akhiran *-ales*, dan nama klasis dengan akhiran *-mycetes*.

- *Acrasimycetes*

Jamur ini merupakan kelompok jamur lendir selular, yang hidup bebas di dalam tanah, biasanya diisolasi dari tanah humus. Bentuk vegetatifnya berupa sel berinti satu yang amoeboid, seperti protozoa uniselular atau merupakan amoeba haploid, dan disebut juga pseudoplasmodium. Ciri-ciri sel jamur ini adalah dapat bergerak diatas media padat (pseudopodia), makan dengan cara fagositosis, misalnya dengan memakan bakteri. Sifatnya yang mirip fungi adalah adanya stadium badan buah, dan terbentuknya spora. Struktur spora seperti bentuk kista dari amoeba. Perkembang biakan jamur ini dimulai dari berkecambahnya spora, kemudian sel memperbanyak diri membentuk pseudoplasmodium, selanjutnya sel-sel beragregasi dan akan membentuk badan buah, akhirnya terbentuk sporokarp yang menghasilkan spora kembali. Contoh jamur ini adalah *Dictyostelium mucoroides* dan *D. discoideum*.

- *Myxomycetes*

Jamur ini merupakan jamur lendir sejati. Jamur ini dapat ditemukan pada kayu terombak, guguran daun, kulit kayu, dan kayu. Bentuk vegetatifnya disebut

plasmodium. Plasmodium merupakan masa sitoplasma berinti banyak dan tidak dibatasi oleh dinding sel yang kuat. Sel-selnya mempunyai gerakan amoeboid diatas substrat. Cara makan dengan fagositosis. Apabila plasmodium merayap ke tempat yang kering, akan terbentuk badan buah. Badan buah menghasilkan spora berinti satu yang diselubungi dinding sel. Spora berasal dari inti-inti plasmodium. Struktur pada semua stadium sama, yaitu seperti sel soenositik dengan adanya aliran sitoplasma. Perkembang biakan jamur ini dimulai dari sel vegetatif haploid hasil perkecambahan spora. Sel tersebut setelah menggandakan diri akan mengadakan plasmogami dan kariogami yang menghasilkan sel diploid. Sel diploid yang berkembang menjadi plasmodium yang selnya multinukleat tetapi uniselular, selanjutnya membentuk badan buah yang berbentuk sporangium. Sporangium tersebut menghasilkan spora haploid. Contoh jamur ini adalah *Lycogala epidendron*, *Cribraria rufa*, dan *Fuligo septica*.

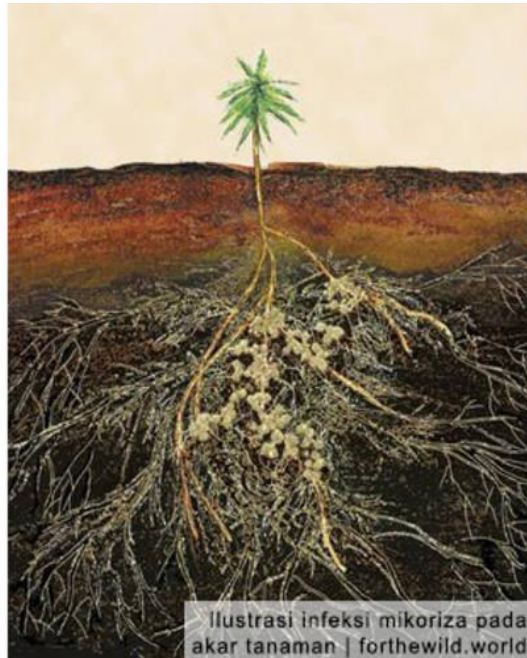
- **Phycomycetes**

Jamur ini termasuk jamur benang yang mempunyai hifa tidak berseptata, sel vegetatif multinukleat, atau disebut thalus soenositik. Secara vegetatif dapat memperbanyak diri dengan potongan-potongan hifa, dan menghasilkan spora aseksual dalam sporangium (sporangiospora). Perkembang biakan secara generatif dengan membentuk spora seksual. Berdasarkan cara terbentuknya spora dibagi menjadi 2 macam, (a) Oospora, hasil peleburan antara gamet-gamet yang

tidak sama besarnya, dan (b) Zygospora, hasil peleburan gamet-gamet yang sama besarnya. Berdasarkan tipe sporanya maka jamur ini juga dapat dikelompokkan dalam Oomycetes dan Zygomycetes.

- Mikoriza

Mikoriza adalah suatu bentuk asosiasi simbiotik antara akar tumbuhan tingkat tinggi dan miselium cendawan atau interaksi akar tumbuhan dengan jamur. Walau ada juga yang bersimbiosis dengan rizoid (akar semu) jamur. Mikoriza adalah suatu struktur yang khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu autobion /tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu. Mikorisa tersebar dari artictundra sampai ke daerah tropis dan dari daerah bergurun pasir sampai ke hutan hujan yang melibatkan 80% jenis tumbuhan yang ada.



Gambar 6.1. Interaksi Mikoriza Pada Akar Tanaman

Nama mikoriza pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan Jerman Frank pada tanggal 17 April 1885. Mikoriza diambil dari Bahasa Yunani : jamur (mykos = miko) dan akar (rhiza). Tanggal ini kemudian disepakati oleh para pakar sebagai titik awal sejarah mikoriza.

Mikoriza / jamur tanah karena habitatnya di dalam tanah dan berada di area perakaran tanaman (rizosfer). Jamur tanah juga biasa dikatakan sebagai jamur akar. Keistimewaan jamur ini adalah kemampuannya membantu tanaman untuk menyerap unsur hara terutama unsur hara Phosphates (P).

Mikroba tanah banyak yang berperan di dalam penyediaan / penyerapan unsur hara bagi tanaman.

Tiga unsur hara penting tanaman, yaitu nitrogen, fosfor dan kalium semuanya melibatkan aktivitas mikroba. Hara nitrogen tersedia melimpah di udara dan sekitar 74% kandungan udara adalah nitrogen. Unsur nitrogen diudara tidak dapat langsung dimanfaatkan tanaman. Nitrogen harus ditambah / difiksasi oleh mikroba dan diubah bentuknya menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroba penambat nitrogen ada yang bersimbiosis dan ada pula yang hidup bebas. Mikroba penambat nitrogen simbiotik antara lain rhizobium sp yang hidup di dalam bintil akar tanaman kacang-kacangan (leguminose). Mikroba penambat nitrogen nonsimbiotik misalnya: *Azospirillum* sp dan *Azotobacter* sp. Mikroba penambat nitrogen simbiotik hanya bisa digunakan untuk tanaman leguminose. Mikroba penambat nitrogen nonsimbiotik dapat digunakan untuk semua jenis tanaman.

Mikroba tanah lain yang berperan di dalam penyediaan unsur hara adalah mikroba pelarut fosfat (P) dan kalium (K). Tanah pertanian umumnya memiliki kandungan fosfat cukup tinggi (jenuh). Hara fosfat sedikit atau tidak tersedia bagi tanaman, karena terikat pada mineral liat tanah. Disinilah peranan mikroba pelarut melepaskan ikatan fosfat dari mineral liat dan menyediakannya bagi tanaman. Mikroba yang mampu melarutkan fosfat, antara lain *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Pseudomonas* sp dan *Bacillus megatherium*. Mikroba yang berkemampuan tinggi melarutkan fosfat, umumnya juga berkemampuan tinggi dalam melarutkan kalium. Kelompok mikroba lain yang juga berperan dalam

penyerapan unsur fosfat adalah mikoriza yang bersimbiosis pada akar tanaman.

Jamur mikoriza berperan untuk meningkatkan ketahanan hidup bibit terhadap penyakit dan meningkatkan pertumbuhan. Mikoriza juga berperan dalam melarutkan fosfat dan membantu penyerapan hara fosfat oleh tanaman. Tanaman bermikoriza juga lebih tahan terhadap kekeringan. Contoh mikoriza yang sering dimanfaatkan adalah *Glomus* sp dan *Gigaspora* sp.

Beberapa mikroba tanah mampu menghasilkan hormon tanaman yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Hormon yang dihasilkan oleh mikroba akan diserap oleh tanaman sehingga tanaman akan tumbuh lebih cepat atau lebih besar. Kelompok mikroba yang mampu menghasilkan hormon tanaman, antara lain: *Pseudomonas* sp dan *Azotobacter* sp.

Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) adalah salah satu tipe cendawan pembentuk mikoriza yang akhir-akhir ini cukup populer mendapat perhatian dari para peneliti lingkungan dan biologis. Cendawan ini masa mendatang dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan, meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terutama yang ditanam pada lahan-lahan marginal yang kurang subur atau bekas tambang / industri.

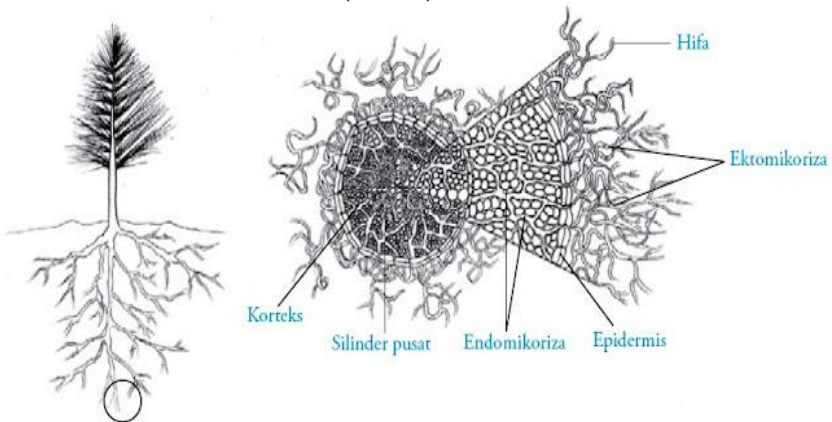
Berdasarkan struktur dan cara cendawan menginfeksi akar, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga tipe :



- 1) Ektomikoriza
  - 2) Ektendomikoriza
  - 3) Endomikoriza
- Ektomikoriza mempunyai sifat / ciri antara lain :
    - akar yang kena infeksi membesar,
    - bercabang,
    - rambut-rambut akar tidak ada,
    - hifa menjorok ke luar dan berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air,
    - hifa tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang diantara dinding sel jaringan korteks membentuk struktur seperti pada jaringan Hartiq.
  - Ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediet) kedua mikoriza yang lain dengan ciri-cirinya antara lain :
    - adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan Hartiq,
    - hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya.
    - Penyebarannya terbatas dalam tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza tipe ini sangat terbatas.
  - Endomikoriza mempunyai sifat-sifat antara lain :
    - akar yang kena infeksi tidak membesar,
    - lapisan hifa pada permukaan akar tipis,
    - hifa masuk ke dalam individu sel jaringan korteks,
    - adanya bentukan khusus yang berbentuk oval yang disebut Vasiculae (vesikel)

- o sistem percabangan hifa yang dichotomous disebut arbuscules (arbuskul)

Pola asosiasi antara cendawan dengan akar tanaman inang menyebabkan terjadinya perbedaan morfologi akar antara ektomikoriza dengan endomikoriza. Pada ektomikoriza, jaringan hifa cendawan tidak sampai masuk kedalam sel tapi berkembang diantara sel kortek akar membentuk hartig net dan mantel dipermukaan akar. Sedangkan endomikoriza, jaringan hifa cendawan masuk kedalam sel kortek akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut vesicle dan sistem percabangan hifa yang disebut arbuscule, sehingga endomikoriza disebut juga vesicular-arbuscular micorrhizae (VAM).



Gambar 6.2. Simbiosis Mikoriza Yang Berperan Penting Dalam Suplai Unsur Hara

- o Yang mempengaruhi pertumbuhan mikoriza adalah:
  - 1) Suhu / temperatur
    - Suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktifitas cendawan (daerah tropika basah).

- Peran mikoriza hanya menurun pada suhu diatas 40°C.
- Proses perkecambahan pembentuk VAM melalui tiga tahap yaitu perkecambahan spora di tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar dan perkembangan hifa didalam konteks akar.
- Suhu optimum untuk perkecambahan spora sangat beragam tergantung jenisnya.
- Beberapa Gigaspora yang diisolasi dari tanah Florida, diwilayah subtropika mengalami perkecambahan paling baik pada suhu 34°C, sedangkan untuk spesies Glomus yang berasal dari wilayah beriklim dingin, suhu optimal untuk perkecambahan adalah 20°C.

## 2) Kadar air tanah

- Untuk tanaman yang tumbuh didaerah kering, adanya VAM menguntungkan karena dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tumbuh dan bertahan pada kondisi yang kurang air (Vesser et al,1984dalam Pujianto, 2001).
  - Adanya VAM dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas serapan air tanaman inang.
- Mengapa tanaman bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan :
- Adanya mikoriza resitensi akar terhadap gerakan air menurun sehingga transfer iar ke akar meningkat.
  - Tanaman kahat P lebih peka terhadap kekeringan, adanya VAM menyebabkan status P

tanaman meningkat sehingga menyebabkan daya tahan terhadap kekeringan meningkat pula.

- Adanya hifa eksternal menyebabkan tanaman ber-MVA lebih mampu mendptkan air dp yg tdk ber-VAM. Penemuan yang menarik adanya hubungan antara potensial air tanah dan aktifitas mikoriza. Pada tanaman bermikoriza jumlah air yang dibutuhkan untuk memproduksi 1gram bobot kering tanaman lebih sedikit daripada tanaman yang tidak bermikoriza.
- Tanaman mikoriza lebih tahan terhadap kekeringan karena pemakaian air yang lebih ekonomis.
- Pengaruh tidak langsung karena adanya miselin eksternal menyebabkan MVA efektif didalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah menyimpan air meningkat.

### 3) pH tanah

- pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman.
- Cendawan pada umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah.
- Daya adaptasi masing-masing spesies cendawan MVA terhadap pH tanah berbeda-beda
- *Glomus fasciculatus* berkembang biak pada pH masam.
- Pengapuran menyebabkan perkembangan *G. fasciculatus* menurun.

- Demikian pula peran *G.fasciculatus* di dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah masam menurun akibat pengapuran.
- Pada pH 5,1 dan 5,9 *G. fasciculatus* menampakkan pertumbuhan yang terbesar.
- *G. fasciculatus* memperlihatkan pengaruh yang lebih besar terhadap pertumbuhan tanaman justru kalau pH 5,1.
- *G. Mosseae* memberikan pengaruh terbesar pada pH netral sampai alkalis (pH 6,0-8,1).
- Perubahan pH tanah melalui pengapuran biasanya berdampak merugikan bagi perkembangan MVA asli yang hidup pada tanah tersebut sehingga pembentukan mikoriza menurun.
- Tindakan pengapuran dibarengi tindakan inokulasi dengan cendawan MVA yang cocok menjamin pembentukan mikoriza.

#### 4) Bahan organik

- Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang penting disamping air dan udara.
- Jumlah spora MVA tampaknya berhubungan erat dengan kandungan bahan organik didalam tanah.
- Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1-2 persen sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5 persen kandungan spora sangat rendah.

- Residu akar mempengaruhi ekologi cendawan MVA, karena serasah akar yang terinfeksi mikoriza merupakan sarana penting untuk mempertahankan generasi MVA dari satu tanaman ke tanaman berikutnya.
- Serasah akar tersebut mengandung hifa, vesikel dan spora yang dapat menginfeksi MVA. Disamping itu juga berfungsi sebagai inokulasi untuk tanaman berikutnya.

#### 5) Cahaya dan ketersediaan hara

- Dalam intensitas cahaya yang tinggi kekahatan sedang nitrogen atau fosfor akan meningkatkan jumlah karbohidrat di dalam akar sehingga membuat tanaman lebih peka terhadap infeksi cendawan MVA.
- Derajat infeksi terbesar terjadi pada tanah-tanah yang mempunyai kesuburan yang rendah. Pertumbuhan perakaran yang sangat aktif jarang terinfeksi oleh MVA. Jika pertumbuhan dan perkembangan akar menurun infeksi MVA meningkat.
- Peran mikoriza yang erat dengan peyediaan P bagi tanaman menunjukkan keterikatan khusus antara mikoriza dan status P tanah.
- Pada wilayah beriklim sedang konsentrasi P tanah yang tinggi menyebabkan menurunnya infeksi MVA yang mungkin disebabkan konsentrasi P internal yang tinggi dalam jaringan inang.
- Pemupukkan N (188 kg N/ha) berpengaruh buruk terhadap populasi MVA.

- Petak yang tidak dipupuk mengandung jumlah spora 2 hingga 4 kali lebih banyak dan berderajat infeksi 2 hingga 4 kali lebih tinggi dibandingkan petak yang menerima pemupukkan.
  - Pemupukkan N lebih berpengaruh daripada pemupukkan P, tetapi peneliti lain mendapatkan keduanya memiliki pengaruh yang sama.
- 6) Logam berat dan unsur lain
- Pada percobaan dengan menggunakan tiga jenis tanah dari wilayah iklim sedang didapatkan bahwa pengaruh menguntungkan karena adanya MVA menurun dengan naiknya kandungan Al dalam tanah.
  - Aluminium diketahui menghambat muncul jika ke dalam larutan tanah ditambahkan kalsium (Ca).
  - Jumlah Ca didalam larutan tanah mempengaruhi perkembangan MVA. Tanaman yang ditumbuhkan pada tanah yang memiliki derajat infeksi MVA yang rendah. Hal ini mungkin karena peran  $Ca^{2+}$  dalam memelihara integritas membran sel.
  - Beberapa spesies MVA diketahui mampu beradaptasi dengan tanah yang tercemar seng (Zn), tetapi sebagian besar spesies MVA peka terhadap kandungan Zn yang tinggi.
  - Pada beberapa penelitian lain diketahui pula bahwa cendawan MVA tertentu toleran terhadap kandungan Mn, Al dan Na yang tinggi.

## 7) Fungisida

- Fungisida merupakan racun kimia yang diracik untuk membunuh cendawan penyebab penyakit pada tanaman.
  - Selain membunuh cendawan penyebab penyakit fungisida juga dapat membunuh mikoriza.
  - Pemakaian fungisida ini menurunkan pertumbuhan dan kolonisasi serta kemampuan mikoriza dalam menyerap P.
- Manfaat yang diperoleh tanaman inang dari adanya asosiasi mikoriza :
- Meningkatkan penyerapan unsur hara. Tanaman yang bermikoriza biasanya tumbuh lebih baik dari pada yang tidak bermikoriza, dapat meningkatkan penyerapan unsur hara makro dan beberapa unsur hara mikro.
  - Selain itu akar tanaman yang bermikoriza dapat menyerap unsur hara dalam bentuk terikat dan tidak tersedia untuk tanaman. Unsur hara yang meningkat penyerapannya adalah N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn dan Zn.
  - Hubungan antara MVA dengan organisme tanah tidak bisa diabaikan, karena secara bersama-sama keduanya membantu pertumbuhan tanaman.
  - Tahan terhadap serangan pathogen
  - Mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya infeksi patogen akar.
  - Mekanisme perlindungan ini bias diterangkan sebagai berikut:



- ✓ adanya lapisan hifa (mantel) dapat berfungsi sebagai pelindung fisik untuk masuknya pathogen
  - ✓ mikoriza menggunakan hampir semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tidak cocok bagi patogen.
  - ✓ fungi mikoriza dapat melepaskan antibiotik yang dapat menghambat perkembangan patogen.
- Interaksi antar berbagai macam populasi mikroba
- Apabila dua populasi yang berbeda berasosiasi, maka akan timbul berbagai macam interaksi. Interaksi tersebut menimbulkan pengaruh positif, negatif, ataupun tidak ada pengaruh antar populasi mikroba yang satu dengan yang lain. Nama masing-masing interaksi adalah sebagai berikut:

Tabel 6.6. Interaksi Antar Berbagai Macam Populasi Mikorisa

Nama Interaksi	Pengaruh Interaksi	
	Populasi A	Populasi B
Netralisme	0	0
Komensalisme	0	+
Sinergisme/protokooperasi	+	+
Mutualisme/simbiosis	+	+
Kompetisi	-	-
Amensalisme/antagonisme	+	-
Predasi	+	-
Parasitisme	+	-

- Netralisme

Netralisme adalah hubungan antara dua populasi yang tidak saling mempengaruhi. Hal ini dapat terjadi pada kepadatan populasi yang sangat rendah atau secara fisik dipisahkan dalam mikrohabitat, serta populasi yang keluar dari habitat alamiahnya. Sebagai contoh interaksi antara mikroba allocthonous (nonindigenous) dengan mikroba autochthonous (indigenous), dan antar mikroba nonindigenous di atmosfer yang kepadatan populasinya sangat rendah. Netralisme juga terjadi pada keadaan mikroba tidak aktif, misal dalam keadaan kering beku, atau fase istirahat (spora, kista).

- Komensalisme

Hubungan komensalisme antara dua populasi terjadi apabila satu populasi diuntungkan tetapi populasi lain tidak terpengaruh. Contohnya adalah: Bakteri *Flavobacterium brevis* dapat menghasilkan ekskresi sistein. Sistein dapat digunakan oleh *Legionella pneumophila*. *Desulfovibrio* mensuplai asetat dan H<sub>2</sub> untuk respirasi anaerobik *Methanobacterium*.

- Sinergisme

Suatu bentuk asosiasi yang menyebabkan terjadinya suatu kemampuan untuk dapat melakukan perubahan kimia tertentu di dalam substrat. Apabila asosiasi melibatkan 2 populasi atau lebih dalam keperluan nutrisi bersama, maka disebut sintropisme. Sintropisme sangat penting dalam peruraian bahan organik tanah, atau proses pembersihan air secara alami.

- Mutualisme (Simbiosis)

Mutualisme adalah asosiasi antara dua populasi mikroba yang keduanya saling tergantung dan sama-sama mendapat keuntungan. Mutualisme sering disebut juga simbiosis. Simbiosis bersifat sangat spesifik (khusus) dan salah satu populasi anggota simbiosis tidak dapat digantikan tempatnya oleh spesies lain yang mirip. Contohnya adalah Bakteri *Rhizobium* sp. Yang hidup pada bintil akar tanaman kacang-kacangan. Contoh lain adalah Lichenes (Lichens), yang merupakan simbiosis antara algae sianobakteria dengan fungi. Algae (phycobiont) sebagai produser yang dapat menggunakan energi cahaya untuk menghasilkan senyawa organik. Senyawa organik dapat digunakan oleh fungi (mycobiont), dan fungi memberikan bentuk perlindungan (selubung) dan transport nutrisi / mineral serta membentuk faktor tumbuh untuk algae.

- Kompetisi

Hubungan negatif antara 2 populasi mikroba yang keduanya mengalami kerugian. Peristiwa ini ditandai dengan menurunnya sel hidup dan pertumbuhannya. Kompetisi terjadi pada 2 populasi mikroba yang menggunakan nutrisi / makanan yang sama, atau dalam keadaan nutrisi terbatas. Contohnya adalah antara protozoa *Paramecium caudatum* dengan *Paramecium aurelia*.

- Amensalisme (Antagonisme)

Satu bentuk asosiasi antar spesies mikroba yang menyebabkan salah satu pihak dirugikan, pihak lain diuntungkan atau tidak terpengaruh apapun. Umumnya merupakan cara untuk melindungi diri

terhadap populasi mikroba lain. Misalnya dengan menghasilkan senyawa asam, toksin, atau antibiotika. Contohnya adalah bakteri *Acetobacter* yang mengubah etanol menjadi asam asetat. *Thiobacillus thiooxidans* menghasilkan asam sulfat. Asam-asam tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri lain. Bakteri amonifikasi menghasilkan ammonium yang dapat menghambat populasi *Nitrobacter*.

- Parasitisme

Parasitisme terjadi antara dua populasi, populasi satu diuntungkan (parasit) dan populasi lain dirugikan (host / inang). Umumnya parasitisme terjadi karena keperluan nutrisi dan bersifat spesifik. Ukuran parasit biasanya lebih kecil dari inangnya. Terjadinya parasitisme memerlukan kontak secara fisik maupun metabolik serta waktu kontak yang relatif lama. Contohnya adalah bakteri *Bdellovibrio* yang memparasit bakteri *E. coli*. Jamur *Trichoderma* sp. memparasit jamur *Agaricus* sp.

- Predasi

Hubungan predasi terjadi apabila satu organisme predator memangsa atau memakan dan mencerna organisme lain (prey). Umumnya predator berukuran lebih besar dibandingkan prey, dan peristiwanya berlangsung cepat. Contohnya adalah Protozoa (predator) dengan bakteri (prey). Protozoa *Didinium nasutum* (predator) dengan *Paramecium caudatum* (prey).

TES FORMATIF 6 . Pilih jawaban yang paling benar !

- 1) Tergolong mikro flora adalah :
  - A. Protozoa
  - B. Nematoda
  - C. Bakteri
  - D. rotifera.
- 2) Populasi mikroorganisme dipengaruhi oleh, kecuali :
  - A. Adanya suplai makanan atau energi yang cukup
  - B. Temperatur yang tinggi
  - C. Ketersediaan air yang cukup,
  - D. Kondisi ekologi yang mendukung perkembangan mikroorganisme
- 3) Pernyataan di bawah ini semua benar, kecuali :
  - A. Mikoriza disebut juga jamur tanah karena habitatnya di dalam tanah dan berada di area perakaran tanaman (rizosfer).
  - B. Keistimewaan jamur mikoriza adalah kemampuannya membantu tanaman untuk menyerap unsur hara terutama unsur hara Phosphates (P).
  - C. Tanaman bermikoriza tidak tahan terhadap kekeringan.
  - D. Jamur mikoriza berperan untuk meningkatkan ketahanan hidup bibit terhadap penyakit dan meningkatkan pertumbuhan
- 4) Termasuk golongan makro flora adalah :
  - A. Akar tumbuhan tingkat tinggi
  - B. Fungi / cendawan
  - C. Algae / ganggang

- D. Aktinomisetes
- 5) Organisme tanah bisa merugikan terhadap tanaman tingkat tinggi, seperti :
  - A. Bakteri dan fungi bisa medatangkan penyakit pada tanaman
  - B. Siput menjadi hama tanaman
  - C. Cacing tanah memakan bahan organik
  - D. Persaingan dalam memperoleh unsur hara

## BAB 7 TANAH HUTAN

### A. Pengertian

Dalam ilmu kehutanan, tanah hutan adalah faktor yang lebih fokus dipelajari karena lingkungan tanah lebih mudah dikelola daripada lingkungan iklim. Ilmu tanah berkaitan bidang kehutanan merupakan hal penting yang harus dipahami, terutama dalam sistem silvikultur. Tanah yang sesuai akan menjadi tempat tumbuh tanaman yang sesuai pula. Dengan memahami tanah hutan maka pengoptimalan pertumbuhan tegakan juga dapat dilakukan untuk mendukung budidaya tanaman hutan. Pengetahuan tanah hutan juga berguna dalam upaya reklamasi lahan bekas tambang atau lahan yang mengalami kerusakan melalui teknik silvikultur.

Apakah tanah hutan itu ?. Secara umum, dipandang sebagai tanah yang terbentuk di bawah pengaruh vegetasi hutan. Pandangan ini didasarkan pada kenyataan :

- Dalamnya perakaran;
- Organisme yang spesifik;
- Lapisan serasah dan produk dekomposisinya yang menstimulasi pencucian basa-basa.

Pengertian tanah hutan secara lengkap adalah benda atau materi alam yang terdiri dari bahan padatan (mineral dan organik), air, serta udara yang ada di dalam hutan. Tanah hutan tropis adalah akumulasi tumbuhan alam yang bebas dan menduduki sebagian besar lapisan atas permukaan bumi.

Fungsi tanah hutan sama dengan fungsi tanah pada umumnya yang berkaitan dengan tanaman yaitu :

- 1) Penyedia air
  - 2) Penyedia hara bagi tumbuhan,
  - 3) Penyedia udara / oksigen.
  - 4) Penahan mekanis / berjangkarnya akar tanaman
- Beda tanah hutan dengan tanah pertanian :
    - Tanah hutan hasil kodrat alam, tanah pertanian buatan manusia.
    - Umumnya tanah hutan merupakan tanah sisa, tanah pertanian adalah tanah pilihan.
    - Pada tanah hutan urutan horisonnya jelas, tanah pertanian horisonnya tidak ada (rusak).
    - Menjaga kesuburan tanahnya mengandalkan alam, tanah pertanian dengan pupuk.
  - Beda tanah hutan dengan tanah lainnya :
    - Tegakan dan lantai hutan membentuk iklim mikro
    - Mikroorganisme dilantai hutan bermacam-macam sesuai dengan jenis pohonnya

- Hasil kerjasama mikroorganisme bisa bersifat positif terhadap tanah (hara tanah), dan juga negatif, karena menghasilkan asam-asam (dominan berupa Al dan Fe).
- Tanah hutan dan tegakan hutan membentuk siklus hara terbuka, ini kaitannya dengan curan hujan yang tinggi.
- Tanah hutan dibandingkan dengan tanah rumput :
  - Terbentuk pada daerah kurang hujan
  - Terletak pada horizon A1; tebal; warna kehitaman; bahan organik tinggi yang berasal dari akar serabut.
  - Sifat kimianya, kaya akan unsur basa, erat kaitannya dg curah hujan yang rendah, sehingga pencucian tidak intensif.
  - pH tanah mendekati netral, bahkan bersifat basa (nilai pH tinggi).

## B. Tanah Hutan Tropis

Tanah di kawasan tropis mempunyai variasi yang cukup tinggi baik sifat fisika maupun sifat kimianya. Variasi tersebut sebagai bagian yang tak terpisahkan dari variasi suhu dan curah hujan di kawasan tropis. Bahkan dapat disebutkan bahwa keragaman tanah di daerah tropis sebanding dengan keragaman kondisi iklimnya, baik lokal maupun regional. Selain itu hubungan timbal balik antara vegetasi alami dan tanah sangat dekat sehingga keragaman tipe vegetasi juga menunjukkan secara langsung dan tidak langsung pada keragaman sifat fisika dan kimia tanah. Keragaman sifat fisika dan kimia tanah di kawasan tropis tersebut dapat



dinyatakan sebagai sebaran kesuburan dan produktivitas tanah dari ekstrem sangat subur dan produktif hingga ekstrem infertil. Meskipun demikian jika ingin dibuat pernyataan umum tentang tanah kawasan tropis, terdapat persamaan pada warnanya yaitu merah terang atau kuning, umumnya mempunyai tekstur lempung dan berliat, juga ditemukan tekstur berpasir pada lapisan-lapisan atas, kandungan basa relatif rendah, fraksi liatnya cukup kaya dengan aluminium dan silika. Bagian terbesar tanah tropis merupakan tanah liat kuning atau merah yang sangat intensif terkena pencucian (leaching) dan sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim serta mempunyai kandungan hara yang rendah. Dalam beberapa sistem klasifikasi tanah yang umum, tanah tersebut digolongkan sebagai oksisol dan ultisol yang meliputi sekitar 51% tanah tropis.

Dalam sistem klasifikasi tanah umumnya tanah tropis 50 % digolongkan jenis oksisol dan ultisol. Sifat fisika dan kimia tanahnya bervariasi cukup tinggi. Variasi tersebut karena variasi suhu dan curah hujan dikawasan tropis. Keragaman tanah didaerah tropis sebanding dengan keragaman kondisi iklimnya, baik lokal maupun regional. Korelasi timbal balik antara vegetasi alami dan tanah sangat erat sehingga keragaman tipe vegetasi menunjukkan langsung / tidak langsung pada keragaman sifat fisika dan kimia tanah. Kesuburan dan produktifitas tanah dari ekstrim sangat subur dan produktif hingga ekstrim infertile.

Tanah kawasan tropis, terdapat kesamaan pada warnanya yaitu merah terang atau kuning, Umumnya

tekstur lempung dan berliat, juga tekstur berpasir pada lapisan-lapisan atas, Kandungan basa relative rendah dan fraksi liatnya cukup kaya dengan alumunium dan silica. Bagian terbesar tanah tropis merupakan tanah liat kuning atau merah yang sangat intensif karena pencucian (leaching) dan sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim dan kandungan hara rendah.

Kawasan tropika didominasi ordo Oxisols (22,5%) dari total luas lahan yang ada di kawasan tropika, Ultisols (10,6%), aridisol (18,4%), alfisols (16,3%), entisols (10,0%) dan Inceptisols (5,0%). Pada kawasan tropis di Amerika Selatan, 52,3% tanahnya adalah jenis tanah yang tercuci tingkat lanjut dan kandungan hara rendah, hanya 13,7% tanah di sana yang tergolong subur secara potensial. Sebaliknya di Amerika Tengah tanah yang subur secara potensial lebih luas, yaitu 44,1 %, sedangkan tanah yang tercuci dan kadar hara rendah hanya 7,9%. Di kawasan tropis Afrika dan Asia sekitar 50% tanahnya tergolong tidak subur dan hanya sekitar 27% yang tergolong subur. Dengan demikian, secara keseluruhan tanah di kawasan tropis adalah tanah miskin.

Secara garis besar, tanah dibagi menjadi dua macam yaitu tanah organik dan tanah mineral. Dari penamaan tersebut dijelaskan bahwa bahan induk penyusun tanahnya berbeda. Tanah organik adalah tanah yang didominasi dari pelapukan residu atau sisa makhluk hidup, sedangkan tanah mineral adalah tanah yang didominasi dari pelapukan batuan. Dari segi bahan organiknya sudah jelas bahwa tanah organik memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi daripada

tanah mineral. Oleh karena itu, tanah organik cenderung bewarna hitam atau gelap. Hal tersebut juga membuat berat volume tanah organik jadi lebih ringan loh dibanding tanah mineral.

Merujuk klasifikasi nama tanah USDA, tanah organik dapat disebut juga sebagai tanah histosols (berasal dari kata histo atau jaringan). Sedangkan tanah mineral dapat digunakan secara umum untuk penamaan tanah selain histosols seperti inceptisols, alfisols, ultisols dan lain sebagainya. Di Indonesia, tanah organik cenderung lebih familiar disebut sebagai tanah gambut yang banyak ada di sebagian besar daerah Kalimantan, Sumatera, dan Papua. Karakteristik tanah mineral dan sifat fisiknya sebagai berikut :

- bahan organik rendah hingga sedang,
- bobot isinya sedang,
- Permeabilitas sedang hingga cepat,
- Porositas baik,
- Kadar air rendah hingga tinggi,
- Agregat kurang mantap.

## C. Jenis – Jenis Tanah Di Indonesia

### 1. Tanah Vulkanik

Tanah vulkanik adalah tanah yang berasal dari aktivitas vulkanik gunung meletus. Material yang keluar dari gunung tersebut nantinya akan mengalami pelapukan. Hasil pelapukan inilah yang nantinya akan menjadi tanah vulkanik.

Tanah vulkanik ini sangat subur dan cocok untuk perkebunan maupun pertanian karena kandungan unsur hara dan mineralnya sangat tinggi. Tanah

vulkanik ini tersebar hampir di seluruh pulau Jawa, Bali, Sumatra, dan Sulawesi.

Tanah vulkanik ini ada 2 jenis, yaitu regosol dan andosol. Keduanya juga memiliki ciri yang berbeda. Regosol butirannya kasar, berwarna kuning hingga keabuan dan lebih cocok untuk ditanam tanaman palawija, buah-buahan, dan tembakau. Sedangkan andosol butirannya lebih halus, berwarna abu-abu, dan lebih cocok digunakan untuk pertanian.

## 2. Tanah Aluvial

Tanah aluvial adalah tanah yang berasal dari proses endapan atau sedimentasi. Sedimentasi yang terjadi bisa di daerah sungai, danau, bahkan karena air hujan yang menggenang. Umumnya tanah aluvial termasuk tanah yang subur. Ini karena unsur hara yang terdapat pada air secara perlahan terserap oleh tanah. Ketika kondisi air sudah surut atau menguap barulah kita bisa menemukan tanah aluvial ini. Biasanya tanah ini berwarna coklat hingga keabu-abuan.

Di Indonesia, persebaran tanah aluvial ini bisa dibbilang cukup merata. Tanah aluvial dapat ditemukan di sekitar sungai Bengawan Solo (Jawa), sekitar sungai Barito dan Kapuas (Kalimantan), dan sekitar sungai Mamberamo (Papua). Tanah aluvial cocok untuk pertanian maupun perkebunan seperti tanaman palawija, kelapa, dan lain-lain.

## 3. Tanah Gambut

Tanah gambut adalah tanah yang dibentuk oleh adanya penimbunan atau akumulasi bahan organik di lantai hutan yang berasal dari reruntuhan vegetasi di atasnya dalam kurun waktu lama. Akumulasi ini terjadi

karena lambatnya laju dekomposisi dibandingkan dengan laju penimbunan bahan organik di lantai hutan yang basah/tergenang tersebut. Gambut ini sebenarnya adalah tahap awal dari terbentuknya batu bara.

Tanah gambut berasal dari bahan induk organik, seperti dari hutan atau rumput rawa dinamakan juga tanah organosol. Sebagian besar masyarakat Indonesia atau petani menyebut jenis tanah ini sebagai tanah hitam. Sebab warnanya hitam dan berbeda dengan jenis tanah lainnya. Secara umum, gambut diartikan sebagai lapisan kerak Bumi yang sebagian besar tersusun atas material atau bahan organik yang tertimbun alami. Bahan organik tersebut tertimbun dalam keadaan basah, sehingga sifatnya tidak pampat, atau hanya sedikit mengalami perombakan. Adapun material bahan organik penyusun gambut terdiri atas timbunan sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah mengalami proses pelapukan atau belum. Tanah gambut adalah tanah yang mengandung lebih dari 30 persen bahan organik. Umumnya jenis tanah ini ditemui di kawasan payau dan rawa, sehingga selalu tergenang air. Ketebalan tanah ini bisa lebih dari 50 sentimeter. Ciri-ciri tanah gambut sebagai berikut :

- a. Terbentuk dari bahan induk, berupa bahan organik hutan atau rumput yang telah mengalami pelapukan
- b. Berwarna kehitaman atau gelap, sifatnya sangat asam
- c. Minim unsur hara, sehingga tidak subur untuk lahan pertanian
- d. Biasa dijumpai di lingkungan rawa dan payau

e. Bersifat lunak, karena tergenang air.

Tanah gambut dapat ditemukan di daerah rawa dan memiliki tingkat keasaman yang sangat tinggi, drainase yang buruk, dan pada umumnya tidak subur. Tanah gambut berwarna hitam karena tingginya kandungan karbon dari proses pembusukan tanaman. Walaupun tidak subur, tanah gambut masih cocok untuk ditanami beberapa jenis tanaman seperti karet dan kelapa, serta beberapa jenis tanaman palawija.

Tanah gambut di Indonesia bisa dijumpai di daerah pantai barat dan selatan Kalimantan, pantai timur Sumatra, dan pantai selatan Papua. Tanah gambut ini merupakan salah satu jenis tanah organosol. Tanah organosol adalah tanah yang berasal dari pelapukan bahan organik. Tanah organosol ada 2, yakni tanah gambut dan tanah humus.

Tanah humus adalah tanah yang terbentuk dari tumbuhan yang sudah mengalami pelapukan sempurna. Tanah humus hampir sama dengan tanah gambut memiliki warna coklat kehitaman, namun bedanya tanah humus sangat subur dan gembur serta memiliki kandungan mineral dan zat hara yang tinggi.

Umumnya tanah humus ini dapat ditemukan di daerah yang memiliki banyak pohon dengan daun yang lebat. Daun-daun dari pohon yang berguguran (serasah) nantinya akan membusuk atau terdekomposisi melalui proses humifikasi hingga akhirnya menjadi tanah humus.

Tanah humus banyak ditemui di daerah dengan iklim hutan hujan tropis, persebarannya cukup merata di Indonesia. Tanah humus dapat ditemukan di Pulau

Jawa, Sumatra, Kalimantan, Jawa, Papua, dan sebagian Sulawesi.

- Sifat kimia tanah gambut

Kandungan pH tanah pada tanah gambut di lahan sawit antara 3,40-4,04 (sangat masam). Kandungan C-organik tanah antara 53,29% - 56,07% (sangat tinggi). Kandungan N tanah kisarannya antara 1,77% - 2,03% (sangat tinggi); kandungan fosfor antara 48,14ppm-126,72ppm(sangat tinggi); kandungan kalium yang dapat dipertukarkan antara 0,17-0,31(rendah-sedang); kandungan Ca antara 4,22-6,58 (rendah-sedang) dan Mg kisarannya antara 2,01-3,59 (sedang-tinggi); kandungan KTK tanah antara 109,81-117,89 (sangat tinggi); kandungan KB antara 6,17%-9,58% (sangat rendah).

- Sifat fisika tanah gambut

Kedalaman gambut berkisar 82,4 cm (dangkal) sampaidengan 147 cm (agak dalam). Semakin tebal lapisan gambut maka kesuburan tanahnya semakin menurun sehingga tanaman sulit mencapai lapisan mineral yang berada di lapisan bawahnya. Kedalaman muka air tanah tergolong dangkal. Keadaan air tanah yang tergolong dangkal sesuai untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Bobot isi dengan kedalaman 0-30 cm mempunyai kriteria rendah yaitu antara 0,21- 0,38 g/cm<sup>3</sup>. Nilai bobot isi lapisan permukaan tanah gambut yang sudah digunakan untuk pertanian selama bertahun-tahun dapat mencapai 0,3-0,4g/cm<sup>3</sup>. Nilai dari berat volume bobot isi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kandungan bahan organik tanah, porositas dan kepadatan tanah adapun bahan organik memperkecil berat volume tanah, karena bahan organik

jauh lebih ringan dari pada tanah mineral dan bahan organik yang akan memperbesar porositas tanah.

#### 4. Tanah Podsol

Tanah podsol adalah tanah yang berasal dari sedimen kuarsa dan terbentuk karena pengaruh suhu yang rendah dan curah hujan yang tinggi. Tanah podsol dapat berwarna kuning, merah, ataupun kuning keabuan. Ciri tanah podsol adalah tanahnya tidak subur, dan bertekstur pasir hingga lempung.

Tanah podsol ini tersebar di daerah pegunungan Sumatra, Kalimantan, Maluku, Papua, dan Jawa bagian barat. Tanaman yang cocok dengan tanah ini adalah karet, kelapa sawit, jambu mete, dan kelapa. Tanah podsol ini tidak subur, miskin unsur hara karena tercuci oleh curah hujan yang tinggi. Tanah podsol memiliki kandungan alumunium dan besi yang tinggi, itulah sebabnya tanah podsol dapat berwarna kuning hingga kemerahan.

Ciri lain tanah podsol adalah lapisan pada tanahnya terlihat jelas perbedaannya. Lapisan atasnya biasanya berwarna abu pucat, sedangkan lapisan bawahnya berwarna kuning kemerahan. Hal ini disebabkan tanah telah mengalami podsolisasi, yaitu proses pemindahan bahan organik maupun mineral tanah dari lapisan bagian atas ke bawahnya. Proses ini terjadi karena curah air hujan yang tinggi.

Untuk tanah podsol di Indonesia, banyak yang dijumpai berwarna merah kekuningan. Ini karena curah hujan Indonesia yang tinggi menyebabkan besi yang terkandung di tanah podsol berkarat atau teroksidasi, sehingga memberi tampilan warna merah. Sedangkan



di daerah yang curah hujannya rendah memiliki warna kuning keabuan.

#### 5. Tanah Kapur

Tanah kapur adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan kapur. Sesuai dengan karakteristik kapur, tanah ini tidak subur dan tidak cocok ditanami tanaman yang membutuhkan banyak air. Tanah kapur ini cocok ditanami pohon yang kuat dan tebal seperti pohon jati.

Tanah kapur dapat ditemukan di daerah Indonesia yang kering, seperti sekitar Gunung Kidul, Yogyakarta dan daerah pegunungan kapur di sekitar Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Nusa Tenggara Timur.

#### 6. Tanah Litosol

Tanah litosol adalah tanah yang baru terbentuk karena proses pelapukan yang masih rendah. Ini karena batuan pada tanah ini belum mengalami pelapukan yang sempurna. Karena pelapukannya belum sempurna, tanah ini memiliki tekstur yang beragam, dari halus, berpasir, hingga berkerikil.

Tanah ini kurang subur, namun cocok untuk ditanami rumput ternak dan pohon-pohon besar. Ini karena tanah litosol yang masih muda, sehingga lapisan tanahnya masih sedikit dan lebih banyak batuan padat dan besar. Itulah mengapa tanah ini kurang cocok untuk akar tanaman pada umumnya. Pada tanah ini perlu dilakukan reforestasi ditanami pohon-pohon besar terlebih dahulu agar dapat mempercepat pelapukan batuan pada tanah ini. Setelah kondisinya sudah lebih baik dari sebelumnya, barulah tanahnya dapat digunakan untuk lebih banyak jenis tanaman. Jenis

tanah litosol dapat ditemukan di daerah curam sekitar Jawa Barat, Jawa Tengah, dan NTB.

#### 7. Tanah Latosol

Tanah latosol adalah tanah yang terbentuk karena pelapukan dengan intensitas tinggi. Tanah ini dapat ditemukan di wilayah dengan iklim hutan hujan tropis. Mirip dengan tanah podsol, tanah ini memiliki kandungan besi atau alumunium yang tinggi dan mengalami oksidasi, sehingga warnanya berwarna kemerahan. Bedanya dengan tanah podsol, tanah latosol memiliki humus di lapisan paling atasnya, sehingga dapat dikatakan subur. Namun apabila lapisan humus ini hilang, maka tanah ini langsung dinyatakan tidak subur. Ini karena di atas tanah latosol masih ditumbuhi pohon-pohon, yang mana ketika daunnya gugur akan mengalami pelapukan dan menjadi humus.

Di Indonesia memiliki iklim tropis, maka tanah latosol banyak dijumpai di tanah hutan-hutannya. Tanah latosol dapat ditemukan di Pulau Sumatra, Kalimantan, dan sebagian Pulau Jawa.

#### 8. Tanah Laterit

Tanah laterit adalah tanah yang sebelumnya subur, namun unsur haranya sudah hilang karena larut dan terbawa air hujan. Jika tanah latosol subur karena terdapat humus di atasnya, maka tanah laterit adalah tanah latosol yang sudah terbilas hujan.

Tanah ini memiliki warna merah karena kandungan besinya yang tinggi, itulah mengapa disebut juga sebagai tanah merah. Karena unsur haranya sudah terbilas, tanah ini kurang subur dan hanya cocok

ditanami tanaman tertentu seperti kopi, cengkeh, dan kelapa sawit. Tanah laterit ini juga cocok digunakan untuk beragam kerajinan seperti vas, genting, kendi, dan lain-lain. Tanah laterit dapat ditemukan di beberapa daerah seperti Jawa Timur, Jawa Barat, dan Kalimantan Barat.

#### 9. Tanah Mergel

Tanah mergel adalah tanah dari campuran kapur, pasir, dan tanah liat. Tanah ini berwarna putih keabuan dan memiliki kandungan mineral yang tinggi. Sama seperti tanah kapur, tanah ini juga kurang subur. Tanah mergel dapat terbentuk karena curah hujan yang tidak merata.

Tanah ini tidak subur karena memiliki kandungan organik dan zat hara yang sangat sedikit. Ini menyebabkan tanah mergel hanya cocok ditanami tanaman yang kuat seperti jati. Tanah mergel ini dapat ditemui di daerah pegunungan atau dataran rendah yang terdapat batuan kapur di sekitar Gunung Kidul, Kediri, dan Madiun.

*TES FORMATIF 7*

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Tanah hutan secara umum dipandang sebagai tanah yang terbentuk di bawah pengaruh vegetasi hutan. Pandangan ini didasarkan pada kenyataan :
  - A. Dalamnya perakaran
  - B. Organisme yang spesifik
  - C. Lapisan serasah dan produk dekomposisinya yang menstimulasi pencucian basa-basa.
  - D. Semua jawaban benar
- 2) Berikut adalah ciri umum tanah tropis kecuali ....
  - A. kandungan hara rendah
  - B. sebagian besar berwarna merah terang atau kuning
  - C. tergolong tanah miskin
  - D. sebagian besar aluvial
- 3) Termasuk serasah, kecuali ....
  - A. bunga
  - B. buah
  - C. batang
  - D. batuan
- 4) Berikut adalah beberapa hal yang Anda ketahui tentang humus ....
  - A. di lapisan bawah tanah
  - B. berasal dari pelapukan batuan
  - C. mempunyai daya serap yang baik terhadap kation
  - D. dapat dikenali secara morfologis organ-organ makhluk hidup pembentuk humus

- 5) Kecepatan dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh :
- A. organisme
  - B. suhu
  - C. kelembaban
  - D. semua jawaban benar



### CARA PENILAIAN

Cocokkanlah jawaban anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif yang terdapat di bagian akhir buku ajar ini. Hitunglah jawaban yang benar dari masing-masing tes formatif. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi kegiatan belajar.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

- 90 - 100% = baik sekali
- 80 - 89% = baik
- 70 - 79% = cukup
- < 70% = kurang



Perhatian :

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, maka anda dapat meneruskan dengan materi selanjutnya. Nilai Bagus ! Jika masih di bawah 80%, maka anda harus mengulangi materi kegiatan belajar, terutama bagian yang belum dikuasai.

### Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1 :

- 1) B Seorang petani
- 2) B Jacobs.Joffe
- 3) D Jawabab A, B,C, benar semua
- 4) C Harga tanah selalu meningkat
- 5) B Penyediaan kebutuhan papan

Tes Formatif 2 :

- 1) D Bahan organik
- 2) D Batuan metamorfose
- 3) D Jawaban A, B, C benar semua
- 4) C Kaolinit
- 5) C Tanah longsor

Tes Formatif 3 :

- 1) B Profil tanah
- 2) A Lapisan atas
- 3) D Bahan induk tanah
- 4) D Jawaban B dan C benar
- 5) A Lapisan tanah

Tes Formatif 4 :

- 1) D Semua jawaban diatas benar
- 2) C Tekstur tanah
- 3) C Lemah
- 4) B Kondisi kering udara
- 5) A Permeabilitas tanah

Tes Formatif 5 :

- 1) A Berbentuk kristal dan bermuatan negatif
- 2) D Sifat partikel tidak kristal
- 3) A Kemasaman aktif
- 4) D Membantu dalam pengendalian hama
- 5) C Difusi

Tes Formatif 6 :

- 1) C Bakteri
- 2) B Temperatur tinggi
- 3) C Tanaman bermikorisa tidaktahan terhadap kekeringan
- 4) A Akar tumbuhan Tingkat tinggi
- 5) C Cacing tanah memakan bahan organik

Tes Formatif 7 :

- 1) D Semua jawaban benar
- 2) D Sebagian besar aluvial
- 3) D Batuan
- 4) C Mempunyai daya serap yang baik terhadap kation
- 5) B Suhu

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, MT. 2023. Jenis Tanah dan Persebarannya Di Indonesia.<https://www.brainacademy.id/blog/jenis-tanah-dan-persebarannya>
- Aprilliya, I, dkk, 2021. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. <https://abdulkadir.blog.uma.ac.id/wpcontent/uploads/sites/620/2020/10/KULIAH-1-DASAR-ILMU-TANAH.pdf>
- Brady, N. C. 1985. The Nature and Properties of SOILS. Ninth Edition. MACMILLAN Publishing Co., New York.750p.
- Foth, H.D. 1990. Fundamentals of Soil Science. 8Ed. John Wiley & Sons. New York.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Madigan et al., 1995. Biology of microorganisms, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Metting,F.B. (1993). Soil Microbial Ecology.Applications in Agriculture and Environment Management.Marcel Dekker. Inc. NY
- Nafa A. Permatasari,dkk, 2021. Identifikasi beberapa sifat kimia tanah gambut pada kebun kelapa sawit rakyat di desa rasau jaya II kabupaten kubu raya.<https://media.neliti.com/media/publications/360332-none-a7293be5.pdf>
- Putri,V.K.M. Tanah Gambut: Pengertian dan Ciri cirinya.<https://www.kompas.com/skola/read/2022/05/31/080000769/tanah-gambut-pengertian-dan-ciri-cirinya>.



- Qayim, I. Hutan Tropis dan Faktor Lingkungannya.  
<https://pustaka.ut.ac.id/lib/wpcontent/uploads/pdfmk/BIOL441302-M1.pdf>
- Salam, A.K. 2020. Ilmu Tanah. Global Madani Press. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.  
<http://repository.lppm.unila.ac.id/30475/1/2020%20Ilmu%20Tanah.pdf>
- Trisnayanti, F.A. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Kansas State University.2022.[https://www.academia.edu/5354683/DASAR\\_DASAR\\_ILMU\\_TANAH](https://www.academia.edu/5354683/DASAR_DASAR_ILMU_TANAH).
- Yamani, A. 1996. Studi Tentang Produksi dan Kandungan Hara Serasah Pada Tegakan Hutan Alam dan Hutan Tanaman Di Areal HPH PT. Kiani Lestari Batu Ampar Kalimantan Timur. Tesis Program Studi Ilmu Kehutanan Program Pasacasarjana Magister, Universitas Mula-warman. Samarinda.

## GLOSARIUM

**Adsorpsi** adalah proses terikatnya sebuah ion pada permukaan aktif dengan muatan yang berbeda, misalnya terikatnya ion  $Cd^{2+}$  pada permukaan koloid tanah yang bermuatan negatif.

**Agregat Tanah** adalah satuan massa tanah yang terdiri atas fraksi pasir, fraksi debu, dan fraksi liat yang diikat oleh bahan organik atau mineral liat membentuk bangunan tiga dimensi.

**Air Gravitasi** adalah air tanah dalam pori tanah di atas kadar air kapasitas lapang yang keluar dari pori tanah akibat gaya gravitasi.

**Air Tanah** adalah air yang terdapat di dalam pori tanah yang terikat secara kohesi antara molekul air dan secara adhesi dengan partikel tanah.

**Air Tersedia** adalah jumlah air tanah yang dapat diserap oleh tanaman yang merupakan selisih antara kadar air kapasitas lapang dan kadar air titik layu permanent.

**Aktinomisetes** adalah mikroorganisme bermiselium yang menyerupai untaian benang yang termasuk dalam kelompok prokariot.

**Alfisols** adalah order tanah dengan sifat utama kejenuhan basa lebih tinggi daripada 35%.

**Aliran Massa** adalah pergerakan massa unsur di dalam tanah bersama dengan pergerakan massa air melalui saluran pori tanah.

**Aliran Permukaan** adalah pergerakan massa air di permukaan tanah miring akibat lebih tingginya kecepatan presipitasi dibandingkan dengan kecepatan infiltrasi air ke dalam tanah.

**Amonifikasi** adalah proses perubahan kimia dari gas  $\text{NH}_3$  menjadi ion  $\text{NH}_4^+$  yang dapat diserap oleh tanaman.

**Anion** adalah ion yang bermuatan negatif sehingga dapat berinteraksi secara elektrostatis dengan ion bermuatan positif.

**Asam Fulvik** adalah bahan humik tanah yang larut atau tidak mengendap dalam asam encer.

**Asam Humik** adalah bahan humik tanah yang tidak larut dalam asam encer.

**Bahan Humik** adalah sisa-sisa tanaman yang telah terdekomposisi dan terdiri atas tiga fraksi yang masing-masing terdiri atas campuran berbagai senyawa organik yang tidak terdeskripsi, yaitu: Humin, Asam Humik, dan Asam Fulvik.

**Bahan Induk Tanah** adalah batuan dengan kandungan berbagai mineral yang merupakan asal usul tanah dan setelah mengalami proses pelapukan akan menjadi tanah.

**Bahan Nir-Humik** adalah sisa-sisa tanaman di dalam tanah yang belum terdekomposisi sehingga mudah dikenali.

**Bahan Organik** adalah bahan humik dan bahan nir-humik di dalam tanah yang bersal dari sisa-sisa

tanaman dan hewan, yang tersusun sebagian besar dari unsur C, H, dan O. **Bakteri** adalah mikroorganisme bersel satu yang termasuk kelompok Prokariot, berperan penting dalam mendekomposisi sisa tanaman dan merupakan makhluk hidup dengan populasi paling tinggi di dalam sistem tanah

**Batuan** adalah adalah bahan induk tanah yang mengandung berbagai jenis mineral yang merupakan sumber unsur hara di dalam tanah.

**Batuan Basaltik** adalah batuan kristalin yang berwarna hitam atau kelabu tua dengan butiran halus yang setelah melapuk akan membentuk tanah berliat merah, lengket, dan subur.

**Batuan Gamping** adalah salah satu jenis batuan sedimenter yang mengandung butiran kapur.

**Batuan Granit** adalah batuan kristalin yang berwarna merah jambu atau kelabu muda yang mengandung kuarsa yang akan membentuk tanah berpasir atau berwarna pucat (mengandung kuarsa) atau kelam (mengandung feromagnesia) yang akan membentuk tanah berliat merah, lengket, dan subur

**Batuan Kristalin** adalah batuan yang mengandung berbagai mineral berbentuk kristal, terdiri dari batuan granit, batuan gabro, dan batuan basaltik.

**Batuan Lempeng** adalah batuan yang terdiri dari kuarsa berukuran liat dan debu plus feldspars, yang mengandung K, Fe, Mg, dan Ca.

**Batuan Pasir** adalah batuan yang mengandung akumulasi butiran kuarsa yang diikat menjadi satu. hidup.

*Cat Clay* adalah tanah yang mengandung pirit ( $\text{FeS}_2$ ) yang umumnya memiliki pH yang sangat rendah akibat oksidasi pirit.

*Contour Cropping* adalah penanaman tanaman berdasarkan kontur (ketinggian yang sama) untuk mengurangi kecepatan erosi tanah.

**Cukup Hara** adalah rentang konsentrasi unsur hara di dalam tanah yang dapat mencukupi kebutuhan tanaman tertentu.

**Daerah Perakaran** adalah wilayah tanah yang dipengaruhi oleh perakaran tanaman tertentu..

**Debu** adalah fraksi tanah yang memiliki ukuran butir antara 0.002 – 0.005 mm.

**Defisien Hara** adalah rentang konsentrasi unsur hara di dalam tanah yang tidak dapat mencukupi kebutuhan tanaman tertentu.

**Degradasi Tanah** adalah perusakan sifat fisika, kimia, dan/atau biologi tanah akibat berbagai proses destruktif yang bersifat alami dan/atau antropogenik (akibat aktivitas manusia).

**Dekomposer** adalah makhluk hidup, umumnya mikroorganisme, yang berperan mendekomposisi bahan organik di dalam tanah.

**Dekomposisi** adalah proses perubahan senyawa organik membentuk senyawa yang lebih sederhana dengan membebaskan sebagian unsur penyusunnya dan energi yang dikatalisasi oleh enzim yang diproduksi sebagian besar oleh mikroorganisme.

**Denitrifikasi** adalah proses perubahan kimia dari  $\text{NO}_3^-$  di dalam air tanah menjadi  $\text{N}_2$  yang kemudian

menguap ke atmosfer.

**Desorpsi** adalah proses pembebasan ion yang terjerap oleh adsorben menjadi ion bebas di dalam air tanah.

**Deteksi Gejala Defisiensi** adalah salah satu teknik analisis tanah dengan menggunakan gejala kekurangan unsur hara pada berbagai bagian tanaman khususnya daun tanaman.

**Difusi** adalah proses pergerakan unsur hara di dalam tanah dari wilayah dengan konsentrasi tinggi ke wilayah dengan konsentrasi lebih rendah.

**Disolusi** adalah proses pembebasan unsur dari bentuk endapan menjadi ion bebas yang larut di dalam air tanah.

**Dispersi** adalah disintergrasi partikel-partikel tanah akibat hilangnya gaya pengikat antara partikel-partikel tersebut. Misalnya, dispersi tanah akibat tingginya kandungan Na di dalam tanah.

**Dolomit** adalah salah satu jenis bahan kapur dengan formula kimia  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  yang di dalamnya mengandung Ca dan Mg.

**Eluviasi** atau disebut **Horizon E** adalah lapisan yang sangat tercuci di Horizon A yang telah kehilangan banyak liat, Fe, dan Al dan berwarna pucat.

**Enzim Tanah** adalah senyawa biokimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme, akar tanaman, and cacing tanah yang berfungsi sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi biokimia tanah tanpa dirinya ikut bereaksi.

**Epipedon Histik** adalah horizon penciri permukaan yang merupakan lapisan tebal serasah tanaman (20-40 cm) namun tidak dapat dikelompokkan ke dalam tanah organik.

**Epipedon Molik** adalah Horizon A yang tebal berwarna coklat sangat tua atau hamper hitam karena tingginya kandungan humus dan merupakan horizon diagnostik untuk tanah Mollisols.

**Epipedon Okrik** adalah Horizon A yang tipis berwarna pucat, yang menunjukkan kekurangan bahan organik.

**Epipedon Umbrik** adalah Horizon A yang tebal berwarna coklat sangat tua atau hamper hitam karena tingginya kandungan humus namun memiliki kejenuhan basa yang rendah dan tingkat keasaman yang tinggi.

**Evaporasi** adalah proses penguapan air dari permukaan tanah.

**Evapotranspirasi** adalah proses penguapan air dari permukaan tanah dan vegetasi.

**Fotosintesis** adalah proses pembentukan hidrokarbon di dalam klorofil daun tanaman yang merupakan sintesis antara CO<sub>2</sub>, air, dan energi matahari.

**Fragipan** adalah horizon tanah yang sangat padat sehingga menghambat penetrasi air dan akar tanaman hasil penyusunan yang rapat antara pasir dan debu dan ikatannya yang lemah mengakibatkan horizon ini bersifat rapuh bila kering atau lembab, tetapi kuat bila dalam keadaan basah.

**Fungisida** adalah senyawa kimia yang berfungsi untuk mengendalikan perkembangan jamur.

**Ganggang** adalah salah satu mikroorganisme tanah yang termasuk kelompok prokariot, tidak jelas antara flora atau fauna.

**Gaya Adhesi** adalah gaya tarik menarik antara dua buah zat yang berbeda yang besarnya ditentukan

dengan Hukum Coloumb. Misalnya, gaya tarik menarik antara molekul air dengan permukaan tanah. **Gaya Kapiler** adalah gaya yang ditimbulkan oleh kombinasi antara gaya kohesi dan gaya adhesi yang dapat mengakibatkan gerakan air melalui saluran pori tanah.

**Gaya Kohesi** adalah gaya tarik menarik antara zat sejenis yang besarnya ditentukan berdasarkan Hukum Coloumb. Misalnya, gaya tarik menarik antara molekul air.

**Herbisida** adalah senyawa kimia yang berfungsi untuk membasmi atau mengendalikan tanaman pengganggu yang disebut gulma.

**Hidrasi** adalah proses asosiasi unsur atau senyawa dengan molekul air sehingga unsur atau senyawa tersebut terlapisi oleh air. Misalnya, haloisit ( $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), yang memiliki 4 molekul air untuk setiap molekulnya.

**Hidrolisis** adalah proses kimia yang melibatkan air terhadap sebuah unsur atau senyawa. Misalnya, hidrolisis ion  $\text{Al}^{3+}$  akan menghasilkan ion  $\text{AlOH}^+$  dan  $\text{H}^+$ .

**Horizon A** adalah Horizon paling atas dari tanah yang terletak di bawah Horizon O dan berkembang dari Horizon B, umumnya disebut topsoil.

**Horizon Albik** adalah horizon tanah berwarna putih yang terletak di bawah lapisan humus yang gelap dan asam dari Spodosols atau di atas Horizon Spodik yang berwarna coklat tua dengan humus dan/atau sesquioksida melapisi partikel pasir

**Horizon Argilik** adalah horizon tanah yang



mengandung liat dalam jumlah yang lebih besar daripada Horizon A dan juga biasanya lebih besar daripada Horizon C.

**Horizon Penciri** adalah seperangkat sifat fisika dan sifat kimia tertentu pada horizon permukaan atau horizon sub-permukaan yang menjadi ciri khas suatu jenis tanah.

**Horizon Permukaan** adalah horizon tanah yang umumnya memiliki simbol A (mungkin dengan Horizon O di atasnya), sebagian memiliki seperangkat sifat fisika dan kimia tertentu yang bermanfaat sebagai Horizon Penciri.

**Horizon Sub-Permukaan** adalah horizon di bawah permukaan tanah yang secara normal memiliki simbol B dengan diikuti huruf kecil yang menunjukkan jenis perkembangan yang lebih spesifik dari tanah yang bersangkutan, sebagian memiliki seperangkat sifat fisika

dan kimia tertentu yang bermanfaat sebagai Horizon Penciri.

**Horizon Tanah** adalah bagian tanah, biasanya memanjang horizontal, yang menunjukkan keseragaman sifat fisika dan kimia tanah tertentu, misalnya dalam warna tanah, tekstur, dan/atau struktur tanah.

**Horizon B** adalah horizon tanah yang terletak di bawah Horizon A dan di atas Horizon C, biasanya disebut subsoil.

**Horizon C** adalah horizon yang terdiri dari pecahan batuan yang terletak di atas Horizon R, yang dengan pelapukan akan berkembang menjadi tanah di Horizon

B, disebut juga dengan batuan induk.

**Horizon Kalsik** adalah horizon tanah yang terbentuk di wilayah agak kering, tersusun dari kalsium karbonat yang tercuci dari lapisan atas.

**Horizon Kambik** adalah horizon tanah yang terbentuk terkait dengan proses pencucian berbagai bahan dari lapisan atas (A) ke lapisan bawah (B), menunjukkan tingkat pelapukan masih sedang dan endapan bahan cucian dari lapisan atas masih sedikit.

**Horizon Kandik** adalah horizon tanah yang memiliki liat beraktivitas rendah (kaolinit) sehingga tidak mengikat unsur hara dengan baik.

**Horizon Natrik** adalah horizon tanah yang terbentuk karena terjadinya dispersi liat akibat tingginya Na di dalam tanah.

**Horizon O** adalah horizon berupa lapisan bahan organik di atas permukaan tanah yang terletak di atas Horizon A.

**Horizon Oksik** adalah subsoil yang sangat miskin dengan hampir tanpa mineral primer selain kuarsa

**Horizon Petrokalsik** adalah horizon tanah yang terbentuk di bentukan lahan yang telah tua di wilayah kering. Lapisan ini telah mengeras seperti batu dan tersusun dari kalsium karbonat yang tercuci dari lapisan atas terutama dari  $\text{CaCO}_3$ .

**Horizon R** adalah horizon batuan masif yang merupakan asal muasal dari Horizon C yang merupakan pecahan batuan.

**Horizon Spodik** adalah subsoil berwarna coklat kemerahan sampai hitam, disebabkan oleh pelapisan permukaan butiran pasir oleh oksida besi dan

aluminium bersama dengan humus.

**Humin** adalah Bahan Humik atau bahan organik yang telah terdekomposisi dan tidak larut dalam alkali .

**Humus** adalah sisa bahan organik tanah yang telah resisten di dalam tanah.

**Ikatan Hidrogen** adalah ikatan kimiawi yang terjadi antara kutub negatif gugus fungsional sebuah senyawa dengan kutub positif gugus fungsional senyawa lainnya.

**Iluviassi** adalah proses pengendapan unsur atau partikel liat yang tercuci dari Horizon A di Horizon B.

**Infiltrasi** adalah proses masuknya air ke dalam tanah melalui pori tanah.

**Insektisida** adalah senyawa kimia yang dimanfaatkan untuk membasmi atau mengendalikan serangga pengganggu.

**Intersepsi Akar** adalah pergerakan unsur hara dengan jarak dekat ke permukaan akar tanaman yang diakibatkan oleh perkembangan akar tanaman menuju ke massa tanah dengan konsentrasi unsur hara tinggi.

**Ion Bebas** adalah kation atau anion yang tidak berasosiasi dengan spesies lain di dalam air tanah. Misalnya,  $Cd^{2+}$  atau  $H_2PO_4^-$ .

**Ion Dapat Dipertukarkan** adalah ion yang terjerap pada permukaan kompleks jerapan yang dapat digantikan oleh ion lain dengan muatan yang sama dalam larutan tanah.

**Ion Khelat** adalah ion bebas yang berasosiasi dengan spesies organik membentuk spesies baru yang larut di dalam air tanah. Misalnya  $Cu^{2+}$  berasosiasi dengan asam fulvik menjadi  $Cu\text{Fulvic}$  atau dengan EDTA

menjadi  $\text{Cu-EDTA}$   
**Ion Kompleks** adalah ion bebas yang berasosiasi dengan spesies inorganik lain membentuk spesies baru yang larut di dalam air tanah. Misalnya  $\text{Cu}^{2+}$  berasosiasi dengan  $\text{SO}_4^{2-}$  menjadi  $\text{CuSO}_4$ .

**Jamur** adalah salah satu mikroorganisme tanah eukariot.

**Kadar Air** adalah persentase jumlah air yang mengisi pori-pori per satuan berat tanah.

**Kadar Air Kapasitas Lapang** adalah kadar air setelah seluruh air gravitasi keluar dari pori tanah pada potensial air sekitar 10 – 35 kPa.

**Kadar Air Titik Layu Permanen** adalah kadar air tanah pada saat sangat kering dan tanaman mengalami kelayuan permanen (tidak dapat balik) karena tidak dapat menyerap air pada potensial air sekitar 1,520 kPa.

**Kalsit** adalah salah satu bahan kapur dengan formula kimia  $\text{CaCO}_3$ .

**Kapasitas Sangga Tanah** adalah kemampuan tanah untuk mengimbangi perubahan sifat tanah tertentu. Misalnya Kapasitas Sangga Tanah terhadap perubahan pH, kapasitas sangga tanah terhadap penurunan K larut.

**Kapasitas Tukar Anion** adalah kemampuan tanah untuk menyerap anion yang diekspresikan dalam satuan  $\text{cmol (-) kg}^{-1}$ .

**Kapasitas Tukar Kation** adalah kemampuan tanah untuk menyerap kation yang diekspresikan dalam satuan  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ .

**Karbonasi** adalah reaksi penggantian kation dalam struktur mineral silikat primer oleh ion  $\text{H}^+$  yang berasal

dari  $\text{H}_2\text{CO}_3$  yang merupakan hasil reaksi antara molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{CO}_2$ .

**Kation** adalah ion yang bermuatan positif. Misalnya,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ .

**Kation Dapat Dipertukarkan** adalah kation yang terjerap pada permukaan koloid tanah yang dapat dipertukarkan oleh kation lain di dalam larutan tanah.

**Kejenuhan Aluminium** adalah kejenuhan Al-dd yang dijerap oleh koloid tanah yang merupakan persentase Al-dd terhadap KTK tanah.

**Kejenuhan Basa (KB)** adalah kejenuhan kation-kation basa yang dijerap oleh koloid tanah yang merupakan persentase jumlah basa-basa terjerap dari KTK.

**Kelas Tekstur** adalah pengelompokan sifat fisika tanah yang menunjukkan komposisi fraksi pasir, fraksi debu, dan fraksi liat tanah dan ditentukan dengan menggunakan Segitiga Tekstur.

**Kerapatan Isi (*Bulk Density*)** adalah perbandingan antara Massa Partikel Tanah dengan Volume Total tanah.

**Kerapatan Partikel (*Particle Density*)** adalah perbandingan antara Massa Partikel Tanah dengan Volume Padatan tanah

**Klorosis** adalah pemucatan warna hijau daun akibat defisiensi N pada tanaman.

**Kompleksasi** adalah proses pembentukan ion kompleks yang merupakan reaksi antara ion bebas dan agen pengelat. Misalnya,  $\text{Cd}^{2+}$  dan  $\text{Cl}^-$  membentuk  $\text{CdCl}_3^-$  tanah.

**Konsistensi Tanah** adalah derajat kekerasan tanah pada

saat kering, keremahannya bila lembab, dan kelengketan atau elastisitasnya bila basah.

**Konsumsi Mewah (*Luxary Comsumption*)** adalah fenomena serapan unsur hara oleh tanaman di atas batas optimal tetapi tanpa peningkatan pertumbuhan dan/atau hasil tanaman.

**Larutan Penyangga** adalah larutan yang dapat menahan perubahan pH sampai derajat tertentu akibat pengenceran/pengentalan atau penambahan sedikit asam atau sedikit basa.

**Liat** adalah frasi tanah yang paling halus dengan ukuran butir  $< 2 \mu\text{m}$  atau  $0.002 \text{ mm}$ .

**Logam Berat** adalah kelompok logam dengan berat jenis  $> 5 \text{ g cm}^3$ .

**Mikoriza** adalah simbiosis mutualisme antara jamur dengan akar tanaman.

**Mineral Liat Bukan Silikat** adalah mineral sekunder tak bersilikat yang dihasilkan melalui pengendapan kombinasi antara beberapa produk pelapukan mineral primer dan/atau mineral sekunder.

**Mineral Liat Silikat** adalah mineral sekunder yang masih mengandung Si yang dihasilkan dari pengendapan kombinasi beberapa komponen kimia hasil pelapukan mineral primer.

**Mineral Liat Tipe 1:1** adalah mineral liat silikat yang satuan kristalnya tersusun dari 1 lembar Al-Oktahedral dan 1 lembar Si-Tetrahedral. Misal, Kaolinit.

**Mineral Liat Tipe 2:1** adalah mineral liat silikat yang satuan kristalnya tersusun dari 1 lembar Al-Oktahedral dan 2 lembar Si-Tetrahedral.

**Mineral Primer** adalah mineral yang masih asli seperti saat awal terbentuk, belum mengalami proses pelapukan.

**Mineral Sekunder** adalah mineral yang merupakan hasil rekombinasi berbagai species kimia yang dihasilkan selama proses pelapukan mineral primer.

**Muatan Negatif Tanah** adalah muatan koloid tanah yang muncul dari bahan mineral dan/atau bahan organik yang dapat berinteraksi dengan ion bermuatan positif atau kation.

**Muatan Permanen** adalah muatan negatif tanah yang besarnya tidak tergantung pada perubahan pH tanah.

**Muatan Positif Tanah** adalah muatan koloid tanah yang muncul dari bahan mineral dan/atau bahan organik tanah yang dapat berinteraksi dengan ion bermuatan negatif atau anion.

**Muatan Tergantung pH** adalah muatan negatif atau muatan positif tanah yang besarnya berubah kuantitas dengan perubahan pH tanah.

**Muatan Tidak Tergantung pH** adalah muatan negatif atau muatan positif tanah yang besarnya tidak terpengaruh pada perubahan pH tanah.

**Muck** adalah Histosols yang telah terdekomposisi dengan baik.

**Mulsa** adalah bahan organik atau sintetik penutup tanah yang berfungsi untuk mengurangi penguapan air.

**Nekrosis** adalah matinya jaringan tanaman sehingga warnanya menjadi coklat karena defisiensi unsur hara tertentu.

**Nematoda** adalah binatang non-arthropoda yang tidak memiliki segmentasi, tidak berwarna, banyak terdapat

di dalam tanah. Umumnya binatang ini berukuran kecil dan hidup saprofit (hidup dari sisa tanaman yang telah mati) dan sebagian di antaranya juga parasitik dan hidup di akar tanaman sehingga dapat merugikan tanaman.

**Nisbah C/N** adalah nilai C-Organik dibagi dengan nilai N-Total tanah, menunjukkan Tingkat dekomposisi bahan organik tanah.

**Nitrifikasi** adalah proses perubahan ion  $\text{NH}_4^+$  menjadi  $\text{NO}_2^-$  kemudian menjadi  $\text{NO}_3^-$ .

**Oksidasi** adalah proses kimia unsur tertentu melepaskan elektron sehingga bilangan oksidasinya meningkat dan menyebabkan senyawa lain bereduksi.

**Olah Tanah** adalah cara mekanik untuk menurunkan kerapatan isi tanah sehingga porositas tanah meningkat untuk pengudaraan dan pengairan tanah.

**Olah Tanah Intensif** adalah olah tanah dengan intensitas tinggi dengan satu atau beberapa teknik mekanik.

**Olah Tanah Konvensional** adalah olah tanah yang dilakukan berdasarkan kebiasaan yang berlaku umum, biasanya merupakan olah tanah intensif.

**Padatan Tanah** adalah salah satu fase tanah dengan komposisi tertinggi, mencakup sampai dengan 50% dari volume tanah.

**Pasir** adalah salah satu fraksi tanah yang memiliki ukuran butir 0.005 – 2 mm.

**Patogen** adalah mikroorganisme tanah yang dapat berpengaruh buruk terhadap tanaman.

**Peat** adalah Histosols yang masih kurang terdekomposisi.



**Pedon** adalah satuan terkecil tanah yang darinya dapat diperoleh informasi seluruh sifat tanah baik sifat fisika, kimia, dan biologi.

**Pelapukan** adalah proses penghancuran fisika, kimia, dan/atau biologi mineral tanah yang menghasilkan komponen-komponen yang lebih sederhana.

**Pelapukan Biologis** adalah pelapukan mineral tanah yang diakibatkan oleh senyawa biokimia yang dikeluarkan oleh akar tanaman.

**Pelapukan Fisika** adalah proses pelapukan mineral tanah yang diakibatkan oleh tenaga mekanik. Misalnya, pemecahan batuan akibat perkembangan akar tanaman.

**Pelapukan Kimia** adalah pelapukan secara kimia yang diakibatkan oleh senyawa kimia yang terdapat atau berkembang di dalam tanah.

**Pemadatan Tanah** adalah proses peningkatan kerapatan isi tanah yang terjadi karena kerja tenaga mekanik.

**Pembenah Tanah (*Soil Conditioner*)** adalah bahan yang dapat secara langsung atau tidak langsung memperbaiki sifat fisika, kimia, dan/atau biologi tanah.

**Pemupukan** adalah introduksi unsur hara dari luar sistem tanah untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah bagi tanaman.

**Pencemaran Tanah** adalah masuknya bahan asing ke dalam tanah yang dapat merusak sifat kimia, fisika, dan/atau biologi tanah.

**Pencucian** adalah proses fisika terbawanya ion atau senyawa kimia atau partikel tanah oleh air perkolasi.

**Pengapuran** adalah penambahan bahan kapur yang bertujuan meningkatkan pH tanah agar kondisi tanah

lebih cocok secara fisika, kimia, dan/atau biologis bagi tanaman.

**Pengasaman** adalah penambahan bahan asam yang dapat menurunkan pH tanah agar kondisinya lebih cocok secara fisika, kimia, dan biologis bagi tanaman..

**Pengendapan** adalah proses pengikatan unsur oleh agen kimia sehingga unsur dan agen kimia tersebut menyatu dalam bentuk endapan kimia bila konsentrasinyamencapaititikjenuh.

**Penjerapan** adalah proses pengikatan suatu unsur di permukaan aktif yang berlawanan muatan sehingga unsur tersebut tidak mobil.

**Perkolasi** adalah pergerakan air di dalam pori tanah yang saling berhubungan yang membentuk saluran pori.

**Pertukaran Anion** adalah proses pergantian anion yang terjerap di permukaan koloid positif dengan anion bebas yang berada di dalam larutantanah.

**Pertukaran Ion** adalah proses pertukaran ion yang terjerap di permukaan padatan tanah dengan ion lain dengan muatan berlawanan yang larut di dalam larutantanah.

**Pertukaran Kation** adalah proses pergantian kation yang terjerap di permukaan koloid negatif tanah dengan kation yang berada di dalam larutantanah.

**Pestisida** adalah bahan kimia yang digunakan untuk membasmi atau mengendalikan hama penyakit dan gulma tanaman.

**Point of Zero Charge (PZC)** adalah suatu nilai pH pada saat KTK atau KTA tanah0.

**Pori Tanah** adalah ruang kosong yang terletak di antara partikel tanah atau di antara agregat tanah.

**Pori Interagregat** adalah pori tanah yang terdapat di antara agregat-agregat tanah.

**Pori Intraagregat** adalah pori tanah yang terdapat di antara partikel tanah di dalam suatu agregat.

**Porositas Tanah** adalah jumlah kesuluruhan ruang pori di dalam tanah.

**Produser** adalah makhluk hidup dalam siklus unsur hara yang dapat menghasilkan karbohidrat dan turunannya yaitu tanaman.

**Profil Tanah** adalah penampang melintang dari tubuh tanah yang menggambarkan horizonisasi tanah.

**Protozoa** adalah binatang bersel satu yang banyak terdapat di tanah yang basah dan berhumus, hidup di sekitar partikel tanah, berperan dalam mendekomposisi bahan organik tanah.

**Reaksi Tanah (pH)** adalah indikator tingkat konsentrasi ion  $H^+$  di dalam tanah dengan nilai antara 0 – 14, yang dapat menunjukkan tingkat kesuburan tanah.

**Reduksi** adalah proses kimia penerimaan elektron oleh spesies kimia tertentu sehingga mengalami penurunan bilangan oksidasi.

**Redoks** adalah kombinasi proses oksidasi dan reduksi yang di dalamnya sebuah spesies kimia mengeluarkan elektron sehingga mengalami peningkatan bilangan oksidasi dan satu spesies kimia lainnya menerima elektron sehingga mengalami penurunan bilangan oksidasi.

**Respirasi** adalah proses oksidasi atom karbon di dalam hidrokarbon dengan  $O_2$  sebagai penerima elektron dan

mengalami reduksi.

**Regolith** adalah bagian batuan yang telah mengalami penghancuran.

**Rhizobium** adalah bakteri yang dapat bersimbiosis dengan akar tanaman legume dan dapat memfiksasi N<sub>2</sub> dari udara.

**Rizosfir** adalah wilayah di sekitar perakaran tanaman yang memiliki sifat-sifat khas di antaranya tingginya kandungan CO<sub>2</sub> dan aktivitas enzim tanah.

**Segitiga Tekstur** adalah bangunan segitiga yang masing-masing sisinya menunjukkan persentase liat, debu, dan pasir yang digunakan untuk menentukankelastekstur tanah.

**Solum Tanah** adalah Horizon A dan Horizon B tanah.

**Struktur Tanah** adalah kombinasi pasir dan debu tanah sebagai kerangka dan liat dan bahan organik sebagai pengikat sehingga membuat bangunan tiga dimensi dengan ruangruang pori di dalamnya.

**Tanah organik** adalah tanah yang didominasi dari pelapukan residu atau sisa makhluk hidup.

**Tanah aluvial** adalah tanah yang berasal dari proses endapan atau sedimentasi.

**Tanah mergel** adalah tanah dari campuran kapur, pasir, dan tanah liat.

**Tanah mineral** adalah tanah yang didominasi dari pelapukan batuan.

**Tanah alkalin** adalah tanah yang memiliki pH tinggi di atas 7.0.

**Tanah asam** adalah tanah yang memiliki pH rendah di bawah 7.0.

**Tanah gambut** adalah tanah yang mengandung bahan

organik dalam jumlah tinggi yang berkembang karena tergenang oleh air laut, terdiri dari Gambut Pedalaman (*Inland Peat*) , Gambut Transisi (*Transitional Peat*), dan Gambut Pasang Surut (*Coastal Peat*).

**Tanah hutan ?.** Secara umum, dipandang sebagai tanah yang terbentuk di bawah pengaruh vegetasi hutan.

**Tanah hutan tropis** adalah akumulasi tumbuhan alam yang bebas dan menduduki sebagian besar lapisan atas permukaan bumi.

**Tanah kapur** adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan kapur.

**Tanah laterit** adalah tanah yang sebelumnya subur, namun unsur haranya sudah hilang karena larut dan terbawa air hujan.

**Tanah latosol** adalah tanah yang terbentuk karena pelapukan dg intensitas tinggi.

**Tanah litosol** adalah tanah yang baru terbentuk karena proses pelapukan masih rendah.

**Tanah Miskin** adalah tanah yang sudah tidak mampu menyediakan unsur hara dalam jumlah cukup untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

**Tanah Muda** tanah yang masih mengandung mineral muda dalam jumlah cukup signifikan sehingga dapat menyumbangkan unsur hara dalam jumlah signifikan.

**Tanah podsol** adalah tanah yang berasal dari sedimen kuarsa dan terbentuk karena pengaruh suhu yang rendah dan curah hujan yang tinggi.

**Tanah Salin (*White Alkali*)** adalah tanah dengan garam terlarut dalam jumlah yang berpengaruh buruk terhadap tanaman.

**Tanah Sodik (*Black Alkali*)** adalah tanah yang dicirikan oleh kandungan Na yang cukup tinggi

**Tanah Subur** adalah tanah yang masih mampu menyediakan unsur hara dalam jumlah cukup untuk pertumbuhan tanaman.

**Tanah Sulfat Masam** adalah tanah yang mengandung pirit ( $\text{FeS}_2$ ) yang umumnya memiliki pH yang sangat rendah akibat oksidasi pirit.

**Tanah Tua** adalah tanah yang sudah tidak subur karena tidak memiliki mineral muda dalam jumlah signifikan sehingga tidak memiliki cukup unsur hara yang disumbangkan.

Tanah vulkanik adalah tanah yang berasal dari aktivitas vulkanik gunung meletus.

**Tekstur Tanah** adalah komposisi fraksi pasir, fraksi debu, dan fraksi liat tanah.

**Topsoil** adalah lapisan atas tanah yang umumnya adalah Horizon A, mungkingtermasuk Horizon O.

**Udara Tanah** adalah gas yang mengisi pori tanah yang tidak ditempati oleh air tanah.

**Unsur Hara** adalah unsur yang diperlukan oleh tanaman untuk melengkapi pertumbuhan dan perkembangannya.

**Unsur Hara Esensial** adalah unsur yang diperlukan oleh tanaman karena dalam tanaman memiliki fungsi yang tidak dapat digantikan oleh unsur lain.

**Unsur Hara Makro** adalah unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah banyak.

**Unsur Hara Makro Pelengkap** adalah unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah banyak. Yang termasuk Unsur Hara Makro

Pelengkap adalah N, P, K, S, Ca, Mg, dan K.

**Unsur Hara Makro Utama** adalah unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam jumlah banyak. Yang termasuk Unsur Hara Makro Utama adalah C, H, dan O.

**Unsur Hara Mikro** adalah unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman namun dalam jumlah sedikit.

**Unsur Hara Mikro Kelompok Logam** adalah unsur hara mikro yang termasuk kelompok logam, di antaranya adalah Fe, Mn, Zn, Cu, dan Mo.

**Unsur Hara Mikro Kelompok Nir-Logam** adalah unsur hara mikro yang tidak termasuk kelompok logam, di antaranya adalah Si, B, dan Cl.

**Warna Tanah** adalah salah satu sifat fisika tanah yang dapat ditentukan dengan menggunakan *Munsell Soil Color Chart* menyangkut tiga sifat tanah yaitu: *Hue*, *Value*, dan *Chroma*.

## INDEKS

### A

Air Gravitasi, 200  
 Air hujan, 92  
 Air Tanah, 83, 133, 200  
 Analisis mekanis, 51  
 Asam Fulvik, 200  
 Asam Humik, 200  
 Aseptor elektron, 154  
*Azotobacter*, 165, 166

### B

Bahan Induk Tanah, 200  
 Bahan organik, 21, 24, 45, 93, 107,  
 114, 116, 120, 149, 171, 187,  
 196  
 Bahan Organik, 24, 114, 117, 118,  
 119, 124, 200  
 Bakteri, 147, 148, 149, 157, 158,  
 176, 177, 178, 179, 180, 197,  
 200  
 Batuan Basaltik, 201  
 Batuan Gamping, 201  
 Batuan Granit, 201  
 Batuan Kristalin, 201  
 Batuan Lempeng, 201  
 Batuan Pasir, 201  
 Biologi Tanah, iii

### C

C-Organik, 207

### D

Daerah Perakaran, 201  
 Debu, 33, 49, 56, 61, 70, 201

Dekomposer, 201  
 Drainase, 65, 79

### H

Hifa fertil, 159  
 Hifa vegetatif, 159  
 Humus, 21, 24, 32, 38, 90, 108,  
 114, 205  
 Hutan Primer, 101  
 Hutan Sekunder, 101

### I

Infiltrasi, 85, 205

### J

Jamur, 31, 158, 159, 160, 161, 162,  
 163, 164, 165, 178, 179, 205

### K

Kadar Air Tanah, 82  
 Kerapatan Isi, 66, 206  
 Kompos, 121  
 Komposisi Tanah, 19  
 Konsistensi Tanah, 61, 62, 206

### L

Lempung, 49, 52, 56, 107  
 Liat, 49, 57, 61, 70, 86, 87, 88, 89,  
 90, 107, 206  
 Logam berat, 173



**M**

Melekat sekali, 54  
 Membentuk bola, 53, 54, 55  
 Mikoriza, 163, 164, 166, 168, 174,  
 179, 206  
 Mulsa, 207

**N**

Nematoda, 207

**O**

Organisme tanah, 141, 142, 180

**P**

Padatan Tanah, 208  
 Pasir, 19, 33, 48, 49, 56, 61, 70,  
 107, 208  
 Pemasatan Tanah, 208  
 Pencucian, 48, 124, 208  
 Perkolasi, 209  
 Pola asosiasi, 167

**R**

Rasa berat, 54, 55

Rasa halus, 54  
 Rasa kasar, 53  
 Rasa licin, 53, 54  
 Regolith, 210  
 Respirasi, 119, 210  
 Rizosfir, 210

**S**

Sangat lekat, 54, 55  
 Sedikit melekat, 53  
 Sel mikroba, 146, 152  
 Semut, 31  
 Senyawa anorganik, 154  
 Spora aseksual, 160  
 Struktur Tanah, 57, 59, 210  
 Sumber energi, 24, 154  
 Sumber karbon, 154  
 Suspensi, 95

**T**

Tekstur Tanah, 48, 107, 211  
 Topografi, 33

**W**

Warna Tanah, 79, 212

## PROFIL PENULIS



Ir. H. Ahmad Yamani, M.P, IPM lahir di Banjarmasin pada 02 Juli 1960. Mulai Pendidikan di SDN Rajawali di kota Banjarmasin lulus tahun 1973. Kemudian melanjutkan ke STN I Mojokerto (Jawa Timur) lulus tahun 1977 dan STM Raden Patah dikota yang sama lulus tahun 1981. Pendidikan Sarjana pada Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat lulus tahun 1987 dan program Magister Kehutanan di Universitas Mulawarman lulus tahun 1996 dalam bidang Manajemen Hutan.

Diangkat sebagai dosen sejak 1989 di Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat mengajar beberapa mata kuliah untuk program Sarjana dan Pasca Sarjana : Pengelolaan Sumberdaya Alam; Ilmu Tanah Hutan; Kesuburan Tanah dan Pemupukan ; Kesesuaian Lahan; Klasifikasi Tanah; dan Mikrobiologi Tanah serta Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Sebagai peneliti, sudah banyak melakukan kegiatan penelitian pada masalah tanah hutan dan juga melaksanakan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat yang di publikasikan pada jurnal nasional dan internasional dengan

dukungan dari Universitas Lambung Mangkurat; Kementerian Pendidikan, Riset dan Teknologi. Di bidang Manajemen pernah menjabat sekretaris program studi; Ketua Jurusan Manajemen Hutan dan Wakil Dekan Bidang Akademik pada Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat. Pada tahun 2017 mendirikan Yayasan Pendidikan Islam “Majma’ul ‘Alimin” yang mengelola pendidikan belajar menulis dan membaca Al-Quran, hingga sekarang menjabat sebagai pendiri sekaligus pembina yayasan tersebut.

## SINOPSIS ILMU TANAH HUTAN

Untuk membangun hutan diperlukan pengetahuan mendasar ilmu tanah hutan. Sebagaimana diketahui salah satu factor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah factor edhafis yakni factor yang berkaitan dengan tanah. Berkenaan dengan hal tersebut penting kiranya kepada para mahasiswa dan yang berkepentingan dengan bidang ilmu kehutanan dibekali dan menguasai pengetahuan dasar-dasar ilmu tanah, khususnya tanah di lantai hutan. Dalam buku ini menelaah tanah dari berbagai aspek dasar ilmu tanah yang mencakup fisik tanah, kimia tanah dan biologi tanah. Selain itu juga memuat bagaimana proses pembentukan tanah, komposisi dan profil tanah serta dari aspek tanah hutan. Pembahasannya didukung oleh hasil penelitian para ahli dibidangnya dan hasil penelitian penulis sendiri.

Buku ini sangat penting dimiliki dan dibaca serta dipahami oleh mahasiswa sarjana dan pascasarjana serta praktisi sebagai dasar untuk memahami dan mendalami bidang kehutanan pada khususnya dan pertanian pada umumnya.