Buku Ajar

# Produktivitas Kualitas Tanah Dasar

Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, M.T.
Prof. Dr. Syafriadiman, M.Sc.

Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, M.T., Prof. Dr. Syafriadiman, M.Sc.
Produktivitas Kualitas Tanah Dasar

Buku Ajar

# Produktivitas Kualitas Tanah Dasar

Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002, tentang Hak Cipta

PASAL 2

(1) Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut perundang-undangan yang berlaku.

PASAL 72

(1) Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000.00 (Satu Juta Rupiah), atau paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (Lima Miliar Rupiah).

(2) Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pads ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000.00 (lima ratus juta rupiah).

Buku Ajar

# Produktivitas Kualitas Tanah Dasar

Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, M.T.
Prof. Dr. Syafriadiman, M.Sc.

Penerbit
**UR PRESS** Pekanbaru
2020

**Buku Ajar**
**PRODUKTIVITAS KUALITAS TANAH DASAR**

Penulis:
Dr. Saberina Hasibuan, S.Pi, M.T.
Prof. Dr. Syafriadiman, M.Sc.

Sampul dan Tata Letak : UR Press
Diterbitkan Oleh **UR PRESS**, **9 Februari** 2020

Alamat Penerbit
Badan Penerbit Universitas Riau
**UR PRESS** Jl. Pattimura No. 9, Gobah Pekanbaru 28132,
Riau, Indonesia
Telp. (0761) 22961, Fax. (0761) 857397
e-mail: unri_perss@yahoo.co.id
ANGGOTA IKAPI

Hak Cipta dilindungi Undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak
sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penulis

Isi di luar tanggung jawab percetakan

Cetakan Kedua : 9 Februari 2020

ISBN 987-979-792-451-5

HKI.2-01-000003018

## Kata Pengantar

Buku Ajar dengan judul Produktivitas Tanah Dasar disusun agar mahasiswa yang tengah mempelajari mata kuliah ini terutama dalam bidang perikanan dapat memahami dan mengembangkan ilmunya lebih dalam lagi. Sebagai suatu buku ajar maka tidak tertutup kemungkinan dibaca oleh para praktisi budidaya yang tengah memperluas wawasannya di bidang produktivitas tanah dasar kolam.

Materi yang disampaikan dalam Buku Ajar ini disusun secara sistematis sehingga diharapkan dapat dipahami dengan mudah. Penulisan buku ajar ini bertujuan untuk menjelaskan peranan tanah dasar kolam sebagai bagian dari media budidaya yang pengelolaan kualitasnya akan mempengaruhi kualitas air di atasnya terutama dalam mensuplai unsur hara.

Semoga Buku Ajar ini dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari Produktivitas Tanah Dasar khususnya kolam budidaya dengan baik. Penulis menerima kritik dan saran dalam perbaikan dan kesempurnaan buku ajar pada edisi berikutnya.

**Pekanbaru, 9 Februari 2020**

**Penulis**

## DAFTAR ISI

**KATA PENGANTAR**..... v
**DAFTAR ISI**..... vii
**DAFTAR TABEL**..... x
**DAFTAR GAMBAR**..... xii

**BAB I. Pembentukan Tanah**.....
Kompetensi Dasar..... 1
1.1. Pendahuluan..... 1
1.2. Faktor Pembentuk Tanah..... 1
1.3. Proses Pembentukan Tanah..... 4
1.4. Mineralogi..... 8
Penutup..... 13
Rangkuman..... 14
Soal Latihan..... 14
Bacaan yang dianjurkan..... 14

**BAB.II. Sifat Fisika Tanah**..... 16
Kompetensi Dasar..... 16
2.1. Pendahuluan..... 16
2.2. Tekstur Tanah..... 16
2.3. Warna Tanah..... 20
2.4. Kepadatan Tanah..... 21
2.5. Porositas Tanah..... 23
2.6. Luas Area Permukaan..... 24
Penutup..... 25
Rangkuman..... 25
Soal Latihan..... 25
Bacaan yang dianjurkan..... 26

**BAB.III. Identifikasi Tanah**..... 27
Kompetensi Dasar..... 27
3.1. Pendahuluan..... 27
3.2. Tanah..... 28
3.3. Klasifikasi Tanah..... 29
3.4. Profil Tanah..... 43
3.5. Profil Tanah Kolam..... 45
3.6. Tanah Mineral dan Tanah Organik..... 46
Penutup..... 48

Rangkuman..... 48
Soal Latihan..... 49
Bacaan yang dianjurkan..... 49

**BAB.IV. Tanah Kolam**..... 50
Kompetensi Dasar..... 50
4.1. Pendahuluan..... 50
4.2. Tanah Kolam..... 50
4.3. Sifat Kritis Tanah..... 53
4.4. Reaksi dan Proses..... 55
4.5. Tanah dan Produksi Budidaya..... 56
4.6. Manajemen Tanah Kolam..... 57
4.7. Analisis Tanah Kola..... 58
4.8. Prospek Budidaya..... 59
Penutup..... 59
Rangkuman..... 60
Soa Latihan..... 61
Daftar Bacaan yang dianjurkan..... 61

**BAB.V. Ketersediaan Hara Pada Tanah Kolam**..... 62
Kompetensi Dasar..... 62
5.1. Pendahuluan..... 62
5.2. Ketersediaan Hara Dalam Tanah..... 62
5.3. pH dan Dinamika Hara..... 66
5.4. Ketersediaan Fosfat dalam Tanah dan pH..... 67
5.5. Perilaku Al dalam Tanah..... 69
5.6. Potensial Redoks (Eh)..... 70
5.7. Diagram Eh-pH..... 71
5.8. Oksida dan Hidroksida Besi..... 71
5.9. Oksida dan Hidroksida Mn..... 72
5.10. Muatan Permukaan dan Pertukaran Kation..... 74
5.11. Pertukaran Kation antara Partikel Tanah dengan Akar Tanaman..... 79
Penutup..... 80
Rangkuman..... 80
Soal Latihan..... 81
Daftar Bacaan yang dianajurkan..... 81

**BAB.VI. Sifat Kimia Dan Biologi Tanah Kolam**..... 82
Kompetensi Dasar..... 82
6.1. Pendahuluan..... 82
6.2. Kapasitas Tukar Kation (KTK)..... 84
6.3. Kapasitas Pertukaran Anion (KPA)..... 85
6.4. Biologi Tanah..... 87
Penutup..... 99
Rangkuman..... 100
Soal Latihan..... 100
Daftar Bacaan yang dianjurkan..... 100

**BAB.VII. Bahan Organik Tanah, Respirasi Anaerobik Dan Oksidasi Reduksi** ..... 102
Kompetensi Dasar..... 102
7.1. Pendahuluan..... 102
7.2. Reaksi Oksidasi Reduksi..... 103
7.3. Potensial Oksidasi Reduksi..... 104
7.4. Pengukuran Praktis Potensial Redoks..... 111
7.5. Respirasi Anaerobik..... 114
7.6. Reduksi Tanah Kolam..... 119
Penutup..... 127
Rangkuman..... 127
Soal Latihan..... 129
Daftar Bacaan yang dianajurkan..... 130

**BAB.VIII. Pengelolaan Tanah Dasar Kolam**..... 131
Kompetensi Dasar..... 131
8.1. Pendahuluan..... 131
8.2. Pengapuran..... 131
8.3. Pengeringan..... 133
8.4. Pengolahan Tanah..... 133
8.5. Pengurangan Sedimen..... 135
8.6. Pemupukan ..... 135
8.7. Penggarukan Dasar Kolam..... 137
8.8. Penyucian..... 137
Penutup..... 138
Rangkuman..... 138
Soal Latihan..... 138
Daftar Bacaan yang dianajurkan..... 139

## DAFTAR TABEL


1. Elemen batuan induk, ion utama yang dikandungnya serta persen berat..... 9
2. Beberapa mineral penting dalam tanah..... 9
3. Tahap pelapukan mineral pada fraksi tanah < 2 mm..... 11
4. Beberapa contoh proses pembentukan tanah..... 11
5. Klasifikasi ukuran partikel..... 17
6. Batasan ukuran partikel..... 17
7. Hubungan antara warna tanah dengan kandungan bahan organik..... 21
8. Kriteria berat padatan tanah..... 23
9. Pengaruh pengolahan tanah terhadap nilai BD tanah..... 24
10. Faktor pembeda tanah..... 30
11. Padanan nama tanah menurut berbagai Sistem Klasifikasi (disederhanakan)..... 31
12. Pemilihan sifat tanah yang mempengaruhi manajemen budidaya kolam..... 54
13. Reaksi Fisika, Kimia, dan Biologi yang terpilih terjadi pada tanah kolam atau interfase tanah-air..... 57
14. Pengaruh kemasaman terhadap beberapa reaksi yang berlangsung dalam tanah..... 65
15. Beberapa reaksi oksidasi-reduksi yang penting dalam tanah.. 73
16. Tipe lempung, kisi, kandungan hara dan nilai KTK mineral tanah..... 85
17. Kriteria KTK untuk permukaan tanah (*top soil*)..... 85
18. Mineral tanah dan nilai ZPC..... 87
19. Perkiraan jumlah organisme yang umum ditemukan pada tanah..... 90
20. Sifat bahan organik tanah dan pengaruhnya pada tanah..... 91
21. Jumlah perkiraan dan biomassa hewan tanah dan mikroorganisme di horizon permukaan..... 92

22. Sifat Kimia dan Fisika eksremen cacing dan tanah..... 93
23. Analisis sifat Kimia tanah dan intrepretasinya..... 94
24. Standar potensial elektroda pada $25^0$C..... 107
25. Penentuan kebutuhan kapur pertanian dengan mengetahui total alkalinitas dan pH tanah..... 131

## DAFTAR GAMBAR


1. Segitiga tekstur tanah menurut USDA..... 18
2. Diagram penentuan secara cepat kelas tekstur tanah..... 19
3. Penentuan warna tanah dengan *Soil Munsell Color Chart*..... 21
4. Profil tanah..... 44
5. Skema profil tanah kolam (Munsiri *et al*., 1995)..... 46
6. Fungsi dasar dari kolam tanah..... 51
7. Diagram pie untuk proporsi ion utama dalam perairan tambak dari lima bidang tanah di Alabama..... 56
8. Kation yang terserap oleh tanaman dengan meningkatnya kemasaman tanah dan anion yang terserap pada kondisi kemasaman tanah yang ternetralisir..... 63
9. Pengaruh pH tanah terhadap ketersediaan hara..... 64
10. Penyerapan dan ketersediaan hara juga dipengaruhi oleh pH tanah..... 64
11. Perilaku amonium dipengaruhi oleh kemasaman (pH)..... 66
12. Pengaruh pH terhadap distribusi ion orthofosfat dalam larutan..... 68
13. Spesies fosfat dalam tanah bergantung pada pH tanah..... 68
14. (a) Konsentrasi total dari semua spesies Al dalam larutan sebagai fungsi dari pH. (b) Sebuah solusi yang awalnya berisi 1000 M $CaCl_2$ dan 100 M $AlCl_3$ (digunakan untuk memperkirakan suatu larutan tanah) menunjukkan penurunan tajam dalam konsentrasi $Al^{3+}$ dari pH 4,0 sampai pH 6,0, dan perubahan relatif dalam kegiatan anorganik yang berbeda dari spesies Al monomer..... 69
15. Potensial redoks pada kondisi tanah tergenang dan aktifitas ion..... 70
16. Eh-pH stabilitas diagram untuk oksida besi dan hidroksida..... 72
17. Eh-pH stabilitas diagram untuk oksida mangan dan hidroksida..... 73
18. Ilustrasi muatan negatif pada permukaan dan pertukaran ion... 75

19. Ilustrasi kapasitas pertukaran ion pada permukaan tanah..... 75
20. Kation-kation yang ditahan di permukaan koloid tanah (misalnya kation $Ca^{++}$) dapat ditukar dengan $H^{+}$ yang ada dalam larutan tanah..... 77
21. Penyerapan ion oleh akar tanaman dapat melalui proses-proses difusi, masa, dan pertukaran ion..... 77
22. Pertukaran ion antara partikel koloid tanah dengan bulu akar tanaman..... 79
23. Ilustrasi pertukaran kation pada partikel tanah dengan akar tanaman..... 80
24. Diagram pemilahan hewan..... 89
25. Diagram pemilahan tumbuhan..... 90
26. Hidrogen setengah sel atau elektroda terhubung ke yodium-iodida setengah sel, gas hidrogen pada 1 atm ditempatkan dalam larutan ion hidrogen 1M untuk membentuk hidrogen setengah sel elektroda hidrogen..... 105
27. Perbandingan oksidasi aerobik dari asam asetat dengan dua contoh respirasi anaerobik..... 117
28. Perubahan musiman $E_7$ (Volt) perairan danau..... 121
29. Distribusi $E_7$ (Volt) dalam lima danau lumpur dengan lapisan permukaan tanah teroksidasi..... 122
30. Perubahan $E_7$ (Volt) dari waktu ke waktu di tanah sistem tanah-air laboratorium aerobik dan anaerobik..... 122
31. Transfer senyawa antara tanah kolam dan air..... 125
32. Potensial redoks pada kedalaman 5 cm di dasar tanah kolam udang di Ekuador..... 125
33. Ilustrasi teknik untuk mendapatkan lapisan permukaan tanah aerobik dan anaerobik pada tanah dasar kolam..... 126
34. Hubungan antara respirasi tanah dan kelembaban tanah..... 132
35. Traktor dengan tambahan ban lebar digunakan selama pengolahan dasar kolam..... 134

## Standar Kompetensi

Setelah menyelesaikan mata kuliah ini mahasiswa dapat menjelaskan faktor-faktor pembentukan tanah, sifat-sifat fisika tanah, identifikasi tanah, tanah kolam, ketersediaan hara pada tanah kolam, sifat kimia dan biologi tanah kolam, bahan organik tanah, respirasi anaerobik dan oksidasi reduksi serta pengelolaan tanah dasar kolam.

# BAB I. Pembentukan Tanah

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan dan mengurai-kan faktor-faktor pembentukan tanah, komponen penyusun tanah, mineralogi tanah dan profil tanah secara luas dan kolam secara khusus.

## 1.1. Pendahuluan

Kebanyakan tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan mineral (kuarsa, feldspar, mika hornblende, klasit dan gipsum), meskipun ada yang berasal dari tumbuhan (gambut/*peat*; Histosol). Tanah adalah material tidak padat yang terletak dipermukaan bumi, sebagai media untuk menumbuhkan tanaman. Jenny (1941) dalam buku *Factors of Soil Formation* mengemukakan bahwa tanah terbentuk dari interaksi banyak faktor dan yang terpenting adalah : bahan induk (*parent material*); iklim (*climate*), organisme (*organism*); topografi (*relief*); waktu (*time*). Sehingga tanah (*soil*) merupakan fungsi dari :

$$S = f\ (cl, o, r, p, t, ...)$$

Jika 1 faktor saja yang mempengaruhi sedang yang lain konstan, misal iklim yang mempengaruhi pembentukan tanah maka fungsi tersebut dapat ditulis :

$$S \text{ atau } s = f\ (cl)\ o, r, p, t,...$$

## 1.2. Faktor Pembentuk Tanah

Faktor pembentuk tanah terdiri dari: **Bahan induk, iklim, organisme, topografi, waktu**

- **Bahan induk** berpengaruh terhadap pembentukan tanah melalui: perbedaan laju pelapukan, nutrisi yang terkandung dalam bahan induk tersebut, dan partikel yang terkandung (misal *sandstone* = pasir; *shales* = *clay*). Hasil pelindihan, translokasi dan transformasi oleh air maupun organisme menunjukkan bahwa tanah mengalami perkembangan. Pembentukan *clay* didukung oleh persentase yang tinggi dari mineral gelap mudah terdekomposisi dan sedikit kuarsa.
- **Iklim:** merupakan faktor dominan yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya waktu. Faktor iklim yang utama adalah presipitasi dan temperatur.
- **Organisme** : perbedaan vegetasi, makro dan mikro organisme yang ada di atas tanah maupun dalam tanah, manusia dalam manajemen lahannya.
- **Topografi (relief) :** berpengaruh terhadap pembentukan tanah melalui pengaruhnya terhadap air dan temperatur.
- **Time :** waktu yang diperlukan tanah dalam perkembangnya.

Pembentukan lapisan-lapisan/horison (genetik horison) ini berkembang sangat cepat pada daerah yang hangat, humid, berhutan, karena cukup air. Pada kondisi yang ideal, profil tanah dapat terbentuk selama 200 tahun, sedang pada kondisi yang kurang mendukung dapat terbentuk ribuan tahun.

Pembentukan tanah dapat saja dipengaruhi oleh satu faktor, misalnya *Climosequence* yaitu pembentukan tanah yang hanya dipengaruhi oleh faktor iklim, sedang faktor yang lain konstan. Istilah yang sama untuk *biosequences*, *toposequences*, *lithosequences*, dan *chronosequences*. Tanah dapat terbentuk dari pelapukan batuan padat (*in situ*) atau merupakan deposit dari material/partikel yang terbawa oleh air, angin, glasier (es), atau gravitasi. Apabila material yang terbawa tersebut masuk ke lahan (*land*), maka disebut *landform*. Penamaan *landform* berdasar pada cara transpor maupun bentuk akhir. Contoh : Alluvial berasal dari aliran air; morain berasal dari gerakan es dan membeku; dunes berasal dari gerakan angin terhadap pasir; colluvium berasal dari gravitasi.

Batuan akan terlapukkan secara fisik yang disebut disintegrasi (*disintegration*), maupun secara kimia disebut: dekomposisi (*decomposition/decayed*) dan diubah menjadi material yang lebih halus. Secara fisik misalnya pengaruh suhu, tekanan, dan akar tanaman. Secara kimia yang sangat berperan adalah keberadaan air, misal hidrolisis, oksidasi, reduksi, dehidrasi, dan lain-lainnya.

Laju pelapukan ini tergantung pada : (1) temperatur; (2) laju air perkolasi; (3) status oksidasi dari zona pelapukan; (4) luas permukaan bahan induk yang terekspose; dan (5) jenis mineral. Mineral adalah substansi anorganik yang homogen dengan komposisi tertentu, dan mempunyai ciri fisik berupa ukuran, warna, titik leleh, dan kekerasan. Mineral dapat digolongkan sebagai mineral primer maupun mineral sekunder.

Tipe batuan ada tiga yaitu : (1) batuan beku (*igneous rock*); (2) batuan sedimen (*sedimentary rock*); dan (3) batuan metamorphosis (*metamorphic rock*). Batuan beku berasal dari pemadatan magma yang membeku, dan dapat dibagi menjadi dua yaitu: batuan asam (*acidic rock*) dan batuan basa (*basic rock*). Batuan asam (*acidic rock*) memiliki kandungan kuarsa relatif tinggi; mineral silikat berwarna terang; Ca atau K/Na; dan batuan basa (*basic rock*) memiliki kandungan kuarsa rendah; kandungan mineral ferromagnesium berwarna gelap (hornblende, mika, piroksin) tinggi.

Batuan sedimen terjadi apabila partikel mineral atau substansi terlarut menjadi padat atau tersementasi (*cemented*) menjadi massa yang keras. Material yang mensementasi menentukan nama batuan sedimen. Misalnya *Calcareous* untuk karbonat (*lime*) (*calcareous limestone*); *Ferruginous* untuk oksida besi; *Siliceous* untuk silika ($SiO_2$).

Beberapa istilah umum yang digunakan dalam menyatakan batuan yang tersementasi, yaitu:

- *Conglomerates* dan breksi (*breccias*) terjadi dari berbagai fragment batuan yang tersementasi.
- *Sandstone* berasal dari pasir yang tersementasi (umumnya kuarsa dan sedikit partikel ukuran <0,05 mm).

- *Shales* merupakan pemadatan dari *clay* dan debu dengan berbagai jenis sementasi.
- *Limestone* merupakan kalsium karbonat atau campuran kalsiumdan magnesium karbonat, *clay*, debu, dan pasir dengan lebih dari 50% berupa karbonat.
- *Dolomit* seperti *limestones*, akan tetapi kandungan magnesium karbonatnya lebih tinggi.
- *Quartzites* pasir silika tersementasi (*silica-cemented sands*) dimana semennya sekeras pasir.
- Batuan *metamorfose* sama atau lebih keras dibanding batuan beku atau sedimen. Contoh batuan metamorfosa.
  *Gneiss* : berasal dari batuan beku warna terang.

  *Schist* : terdiri dari banyak batuan atau mineral terutama mika, terlihat berlapis.

  *Marble* : *limestone* atau *dolomite* yang menjadi keras karena cukup untuk bersinar (mudah terdekomposisi).

## 1.3. Proses Pembentukan Tanah

Proses pembentukan tanah dibagi menjadi 2 yaitu : (1) perubahan massa padat (batuan) menjadi material yang tidak padat atau halus; dan (2) perubahan material yang halus menjadi tanah seiring dengan berjalannya waktu (disebut dengan perkembangan tanah (*soil development*). Pembentukan tanah (*soil formation*) merupakan pembentukan material yang tidak padat dengan adanya proses pelapukan dan pembentukan profil tanah (termasuk perkembangan horison). Profil tanah adalah penampang tegak lurus/vertikal tanah yang menunjukkan lapisan-lapisan tanah atau horison. Horizon merupakan lapisan tanah yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi dan berbeda dengan lapisan yang berdekatan.

Proses pembentukan tanah dapat berupa: penambahan (*addition*), kehilangan (*losses*) perubahan bentuk (*transformation*), pemindahan lokasi (*translocation*). *Addition* dapat terjadi melalui penambahan air (hujan,

irigasi), nitrogen dari bakteri pengikat N, energi dari sinar matahari, dan sebagainya. *Losses* dihasilkan dari kemikalia yang larut dalam air, adanya erosi, pemanenan atau penggembalaan, denitrifikasi dan lain-lain. *Transformation* dapat terjadi karena banyak reaksi kimia dan biologi pada proses dekomposisi bahan organik, pembentukan material tidak larut dari material yang larut. *Translocation* dapat terjadi karena adanya gerakan air maupun organisme di dalam tanah misalnya clay bergerak ke lapisan yang lebih dalam atau gerakan garam terlarut ke permukaan karea evaporasi.

Proses pembentukan tanah menyangkut beberapa hal :

**1. Penambahan bahan-bahan dari tempat lain ke tanah misalnya :**

a. Penambahan air hujan, embun dan lain-lain

b. Penambahan $O_2$ dan $CO_2$ dari atmosfer

c. Penambahan N, Cl, S dari atmosfer dan curah hujan

d. Penambahan bahan organik dari sisa tanaman dan hewan

e. Bahan endapan

f. Energi sinar matahari

**2. Kehilangan bahan-bahan yang ada di tanah :**

a. Kehilangan air melalui penguapan (evapotranspirasi)

b. Kehilangan N melalui denitrifikasi

c. Kehilangan C (bahan organik) sebagai $CO_2$ karena dekomposisi bahan organik

d. Kehilangan tanah karena erosi

e. Kehilangan energi karena radiasi

**3. Perubahan bentuk (*transformation*) :**

a. Perubahan bahan organik kasar menjadi humus

b. Penghancuran pasir menjadi debu kemudian menjadi lempung

c. Pembentukan struktur tanah

d. Pelapukan mineral dan pembentukan mineral lempung

e. Pembentukan konkresi

**4. Pemindahan dalam solum :**

a. Pemindahan lempung, bahan organik, Fe, Al dari lapisan atas ke lapisan bawah

b. Pemindahan unsur hara dari lapisan bawah ke lapisan atas melalui siklus kegiatan vegetasi

c. Pemindahan tanah dari lapisan bawah ke lapisan atas atau sebaliknya melalui kegiatan hewan seperti tikus rayap, dan sebagainya

d. Pemindahan garam-garam dari lapisan bawah ke lapisan atas melalui air kapiler

**Berbagai kondisi yang menghambat perkembangan profil tanah :**

1. Curah hujan rendah (pelapukan rendah, material terlarut yang tercuci sedikit)
2. Kelembaban relatif rendah (pertumbuhan mikroorganisme seperti alga, fungi, lichenes rendah)

3. Bahan induk mengandung sodium karbonat atau kapur yang tinggi (material tanah rendah mobilitasnya)

4. Bahan induk mengandung kuarsa yang tinggi dengan kandungan debu dan *clay* rendah (pelapukan lambat, gerakan koloid rendah)

5. Kandungan *clay* tinggi (aerasi jelek, pergerakan air lambat)

6. Bahan induk resisten misal *quarzite* (pelapukan lambat)

7. Kelerengan tinggi (erosi menyebabkan hilangnya lapisan *top soil*; pengambilan air tanah rendah)

8. Tingginya air tanah (pencucian rendah, laju pelapukan rendah)

9. Suhu dingin (semua proses pelapukan dan aktivitas mikrobia lambat)

10. Akumulasi material secara konstan (material baru menyebabkan perkembangan tanah menjadi baru)

11. Erosi air dan angin yang berat (tereksposnya material baru)

12. Pencampuran oleh binatang dan manusia (pengolahan tanah, penggalian) akan meminimalisir pergerakan koloid ke bagian tanah lebih dalam

13. Adanya substansi racun bagi tanaman, misal garam yang berlebihan, logam berat, herbisida yang berlebihan

Pelapukan batuan secara kimia (dekomposisi) lebih dominan dibanding pelapukan secara fisik di daerah beriklim basah. Untuk daerah *cold arid* maka pelapukan fisik dominan.

Pelapukan fisik (disintegrasi) :

1. Pembekuan dan pencairan : air yang membeku mampu memecah batuan atau mineral. Air yang membeku mempunyai kekuatan tekanan 146 kg/cm$^2$.

2. Friksi antar batuan yang bergerak yang disebabkan oleh air, angin, es, gravitasi dan sebagainya.
3. Organisme : perkembangan perakaran mampu memecahkan batuan. Manusia mempercepat pelapukan dengan pengolahan tanah, pembajakan, penambangan dan lain-lain.

Pelapukan kimia menyebabkan mineral terlarut dan mengubah strukturnya sehingga mudah terfragmentasi. Perubahan daya larut (*solubility*) disebabkan oleh air (*solution*), hidrolisis, karbonasi, dan oksidasi-reduksi. Perubahan struktur disebabkan oleh hidrasi dan oksidasi-reduksi.

**Solution** : terlarutnya bahan padat ke cairan menjadi ion yang dapat larut yang dikelilingi oleh molekul cairan (air).

Contoh :

$$NaCl + H_2O \longrightarrow Na^+, Cl^-, H_2O \qquad (1)$$

(Garam mudah larut) Air (ion terlarut, dikelilingi air)

**Hidrolisis** : reaksi suatu substansi dengan air yang membentuk hidroksida dan substansi baru lain yang lebih mudah terlarut dari substansi asalnya. Hidrolisis merupakan salah satu reaksi pelapukan terpenting yang menyebabkan perubahan profil tanah.

Contoh :

$$KAlSi_3O_8 + HOH \longrightarrow HAlSi_3O_8 + KOH \qquad (2)$$

(*orthoclase*, sangat lambat (*clay* silikat) (sangat mudah larut)

keterlarutannya)

**Karbonasi** : reaksi senyawa dengan asam karbonat (asam karbonat merupakan asam lemah yang diproduksi dari gas $CO_2$ yang terlarut dalam air).

Contoh :

$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 \longrightarrow H^+ + HCO_3^-$ (3)

$CaCO_3 + H^+ + HCO_3^- \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$ (4)

(kalsit, sedikit larut) mudah larut

Hidrolisis dan karbonasi merupakan proses pelapukan kimia yang paling efektif dan juga dalam pembentukan tanah.

**Reduksi** : proses kimia dimana muatan negatif naik, sedang muatan positif turun. Misal $CaSO_4$ (keras) dilarutkan dalam air menjadi $CaSO_4 . 2H_2O$ (lebih lunak).

**Oksidasi** : kehilangan elektron atau penggabungan senyawa dengan oksigen. Mineral yang teroksidasi meningkat volumenya karena penambahan oksigen dan umumnya lebih lunak. Perubahan bilangan oksidasi juga menyebabkan ketidakseimbangan muatan listrik sehingga lebih mudah ”terserang” air dan asam karbonat. Oksidasi dan reduksi merupakan proses yang selalu sama.

Contoh :

$4FeO + O_2 \Leftrightarrow 2 Fe_2O_3$ (5)

[ferro oksida, Fe(II)] [ferri oksida, Fe (III)]

Besi dalam mineral primer dapat bereaksi dengan oksigen yang menyebabkan bertambahnya ukuran mineral sehingga mineral tersebut dapat pecah. Pertambahan ukuran didukung oleh proses hidrasi, dimana molekul besi oksida dikelilingi oleh oksigen. Total volume mineral menjadi sangat tinggi akan tetapi ikatannya lemah sehingga mudah terlapukkan.

**Hidrasi** : kombinasi kemikalia padat, seperti mineral atau garam, dengan air. Hidrasi menyebabkan perubahan struktur mineral, meningkatkan volumenya, kemudian menyebabkan mineral lebih lunak dan mudah terdekomposisi.

Contoh :

$$2\ Fe_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2\ Fe_2O_3.3H_2O \qquad (6)$$

hematite limonit

## 1.4. Mineralogi

Mineral merupakan unsur utama penyusun tanah dan berperan penting dalam menentukan sifat kimia dan fisika tanah. Mineral merupakan salah satu indikator penting mengenai pelapukan yang telah terjadi, sehingga keberadaan ataupun absennya suatu jenis mineral di dalam tanah dapat dijadikan suatu petunjuk bagaimana proses pembentukan tanah terjadi. Mineral di dalam tanah dapat dibedakan atas mineral primer yang disebut juga mineral fraksi pasir dan mineral sekunder atau mineral fraksi liat. Berdasarkan berat jenisnya, mineral primer dapat dibedakan atas mineral berat dan mineral ringan. Mineral berat adalah mineral primer yang mempunyai berat jenis >2,87, sedang yang berat jenisnya <2,87 disebut mineral ringan. Mineral berat dapat digolongkan dalam mineral-mineral grup olivin, piroksin, amphibol, mika, rutil, anatas, dan mineral opak. Sedang yang tergolong mineral ringan adalah mineral-mineral grup felspar dan grup silika. Berdasarkan kemudahan dalam melapuknya, mineral primer dapat dibedakan atas mineral mudah lapuk dan mineral tahan lapuk (resisten). Kelompok mineral mudah lapuk diantaranya adalah mineral-mineral felspar, ferromagnesia seperti olivin, piroksen, amphibol, dan gelas volkan, sedang yang tergolong pada mineral resisten antara lain opak, konkresi besi, zirkon, dan kuarsa.

Batuan induk terdiri dari berbagai macam mineral. Pada batuan beku yang belum terdekomposisi umumnya terdiri dari kuarsa dan feldspar. Tanah kuarsa merupakan mineral utama yang terdapat di pasir dan debu. Fraksi *clay* didominasi oleh mineral lempung montmorillonit, kaolinit, besi dan aluminium oksida, besi dan aluminium hidroksida. Batuan induk didominasi oleh 9 elemen, sebagaimana yang terlihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 tersebut menunjukkan oksigen jumlahnya terbanyak dan hanya satu-satunya unsur yang berupa anion dan diikuti oleh silikon serta aluminium. Sebagian dari 9 elemen di atas merupakan kation basa yang kehadirannya sangat membantu dalam membuffer kualitas tanah agar tetap subur seperti sodium, calcium, magnesium dan potassium. Elemen lainnya yang bila berada dalam jumlah yang banyak dapat menurunkan kualitas tanah dilihat dari kestabilan pH yaitu aluminium, hidrogen dan iron (besi) sehingga dapat mengganggu kehadiran unsur hara lainnya.

Tabel 1. Elemen batuan induk, ion utama yang dikandungnya serta persen berat

| **Elemen** | **Ion Utama** | **Persen Berat** |
|---|---|---|
| Oksigen | $O^{2-}$ | 60 |
| Silikon | $Si^{4+}$ | 20 |
| Aluminium | $Al^{3+}$ | 6 |
| Hidrogen | $H^{+}$ | 3 |
| Sodium | $N^{a+}$ | 3 |
| Kalsium | $Ca^{2+}$ | 2 |
| Besi | $Fe^{2+}$ dan $Fe^{3+}$ | 2 |
| Magnesium | $Mg^{2+}$ | 2 |
| Potassium | $K^{+}$ | 1 |

Proses pelapukan batuan baik secara fisika maupun kimia mengakibatkan hadirnya beberapa mineral dalam tanah, sebagaimana terlihat pada Tabel 2 dan Stage pelapukan mineral pada fraksi tanah < 2 mm terlihat pada Tabel 3 serta beberapa contoh proses pembentukan tanah terlihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Beberapa mineral penting dalam tanah

| Nama | Formula | Komentar |
|---|---|---|
| | **Mineral Primar** | |
| Quartz | $SiO_2$ | Keras, pengaruh cuaca lambat, material utama kebanyakan pasir |
| Feldspar :<br>- Orthoclase<br>- Plagioclase | (K, Na)$AlSi_3O8$<br>(Ca, Na)Al (Al,Si)$Si_2O_8$ | Keras, pengaruh cuaca lambat, atau menengah, tetapi memberikan nutrien penting dan hasil pelapukan berupa lempung (*clay*) |
| Micas :<br>- Muscovite<br>- Biotite | $KAl_3Si_3O_{10}(OH)_2$ KAl (Mg, Fe)$_4Si_3O_{10}(OH)_2$ | "Glitter" batu atau pasir basah. Sumber penting dari kalium dan tanah liat |
| Dark mineral (Augite, hornblende, Biotite, Mica, Others) | $Ca_2$(Al, Fe)$_4$ (Mg, Fe)$_4Si_6O_{24}$ | Termasuk beberapa mineral yang cukup cepat pengaruhnya terhadap cuaca, pembentuk tanah liat yang baik |
| Apatite | $3Ca_3(PO_4)_2.CaF_2$ | Mineral yang paling umum memasok fosfor |

| | | |
|---|---|---|
| Calcite, Dolomite, Gypsum | See secondary minerals | Dapat berupa primer atau sekunder |
| | **Mineral Sekundar** | |
| Calcite<br><br>Dolomite | $CaCO_3$<br><br>$(Ca, Mg)(CO_3)_2$ | Bahan ini sedikit larut dalam batu kapur atau dolomit batuan umumnya ditemukan di tanah kering, merupakan sumber kalsium atau magnesium |
| Gypsum | $CaSO_4.2H_2O$ | Lunak, minaral ini memiliki kelarutan menengah, ditemukan di daerah tanah kering |
| Iron Oxides | $Fe_2O_3.xH_2O$ | Sekelompok mineral dengan jumlah air yang berbeda, memberikan warna tanah kuning hingga merah; sumber besi |
| Quartz | $SiO_2$ | Bentuk endapannya berupa opal, batu akik, dan kayu membatu |
| Clay :<br><br>Kaolinite, Halloisite, Illite, Montmorillonite, Vermicullite | (Complex) | |

Tabel 3. Tahap pelapukan mineral pada fraksi tanah < 2 mm

| Tahap | Tipe mineral | Karakter Tanah |
|---|---|---|
| | **Tahap Awal** | |
| 1 | Gipsum | Mineral ini terdapat di fraksi debu dan *clay* pada tanah muda dan tanah di daerah arid (kering) dimana air kurang sehingga menghambat pelapukan kimia dan pencucian (*leaching*) |
| 2 | Kalsit | |
| 3 | Hornblende | |
| 4 | Biotit | |
| 5 | Albit | |
| | **Tahap Menengah (*Intermediete*)** | |
| 6 | Kuarsa | Tanah banyak ditemukan di daerah temperate; umumnya subur, rumput atau hutan sebagai vegetasi alaminya |
| 7 | Muskovit (termasuk illit) | |
| 8 | Vermikulit | |
| 9 | Monmorillonit | |
| | **Tahap Lanjut (*advanced stage*)** | |
| 10 | Kaolinit | Fraksi clay pada tanah yang terlapukkan lanjut di daerah tropik, kesuburan rendah |
| 11 | Gibsit | |
| 12 | Hematit (juga gutit) | |
| 13 | Anatase | |

Tabel 4. Beberapa contoh proses pembentukan tanah

| No | Proses | Arti | Keterangan |
|---|---|---|---|
| 1 | Eluviasi | Pemindahan bahan-bahan tanah dari suatu horizon ke horizon lain | Pemindahan dalam solum |
| | Iluviasi | Penimbunan bahan-bahan tanah dalam suatu horizon | Pemindahan dalam solum |
| 2 | Leaching | Pencucian basa-basa (unsur hara) dari tanah | Kehilangan bahan dari tanah |
| | Enrichment | Penambahan basa-basa (hara) dari tempat lain | Penambahan bahan ke tanah |
| 3 | Dekalsifikasi | Pemindahan $CaCO_3$ dari tanah atau horizon tanah | Pemindahan dalam solum |
| | Kalsifikasi | Penimbunan $CaCO_3$ dari tanah atau horizon tanah | Pemindahan dalam solum |
| 4 | Desalinisasi | Pemindahan garam-garam mudah larut dari tanah atau suatu horizon tanah | Pemindahan dalam solum |
| | Salinisasi | Penimbunan garam-garam mudah larut dari tanah atau suatu horizon tanah | Pemindahan dalam solum |
| 5 | Dealkalinasi (Solodisasi) | Pencucian ion-ion Na dari tanah atau horizon tanah | |
| | Alkalinisasi | Penimbunan ion-ion Na dari tanah atau horizon tanah | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | Lessivage | Pencucian (pemindahan) lempung dari suatu horizon ke horizon lain dalam bentuk suspensi (secara mekanik). Dapat terbentuk tanah Ultisol (Podzolik) atau Alfisol | Pemindahan dalam solum |
| | Pedoturbasi | Pencampuran secara fisik atau biologik beberapa horizon tanah sehingga horizon-horizon tanah yang telah terbentuk menjadi hilang. Terjadi pada tanah Vertisol (Grumusol) | Pemindahan dalam solum |
| 7 | Podzolisasi (Silikasi) | Pemindahan Al dan Fe dan atau bahan organic dari suatu horizon ke horizon lainsecara kimia. Si tidak ikut tercuci sehingga pada horizon yang tercuci meningkat konsentrasinya. Dapat terbentuk pada tanah (Spodosol) | Perubahan bentuk, pemindahan dalam solum |
| | Desilikasi (ferralisasi, laterisasi, latosolisasi) | Pemindahan silica secara kimia keluar dari solum tanah sehingga konsentrasi Fe dan Al meningkat secara relatif. Terjadi di daerah tropika di mana curah hujan dan suhu tinggi sehingga Si mudah larut. Dapat terbentuk tanah Oksisol (Laterit, Latosol) | Perubahan bentuk, pemindahan dalam solum |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 | Melanisasi | Pembentukan warna hitam (gelap) pada tanah karena pencampuran bahan organik dengan bahan mineral. Dapat terbentuk tanah Molissol | Penambahan bahan ke tanah, pemindahan dalam solum |
| | Leusinisasi | Pembentukan horison pucat karena pencucian bahan organik | Pemindahan dalam solum |
| 9 | Braunifikasi, Rubifikasi, Feruginasi | Pelepasan besi dari mineral primer dan dispersi partikel-partikel besi oksida yang makin meningkat. Berdasar besarnya oksidasi dan hidrasi dari besi oksida tersebut maka dapat menjadi berwarna coklat (Braunifikasi), coklat kemerahan (Rubifikasi) atau merah (Feruginasi) | Perubahan bentuk, pemindahan dalam solum |
| | Gleisasi | Reduksi besi karena keadaan anaerob (tergenang air) sehingga terbentuk warna kebiruan atau kelabu kehijauan | Perubahan bentuk, pemindahan dalam solum |
| 10 | Littering | Akumulasi bahan organik setebal kurang dari 30 cm di permukaan tanah mineral | Penambahan bahan ke tanah |
| | Humifikasi | Perubahan bahan organik kasar menjadi humus | Perubahan bentuk |

**Penutup**

Demikian perkuliahan pertama ini tersaji mengenai “Pembentukan Tanah” yang menguraikan dengan jelas mengenai faktor pembentuk tanah, proses pembentukan tanah dan mineral yang terkandung di dalam tanah. Perkuliahan ke dua akan kita lanjutkan dengan membahas “Sifat Fisika Tanah”.

**Rangkuman**

Tanah adalah material yang tidak padat yang terletak dipermukaan bumi, sebagai media untuk menumbuhkan tanaman. Jenny (1941) dalam buku *Factors of Soil Formation* mengemukakan bahwa tanah terbentuk dari interaksi banyak faktor, dan yang terpenting adalah : bahan induk (*parent material*); iklim (*climate*), organisme (*organism*); topografi (*relief*); waktu (*time*). Sehingga tanah (*soil*) merupakan fungsi dari : S = f (cl, o, r, p, t, ...). Proses pembentukan tanah dibagi menjadi 2 yaitu : (1) perubahan massa padat (batuan) menjadi material yang tidak padat atau halus; dan (2) perubahan material yang halus menjadi tanah seiring dengan berjalannya waktu. Mineral di dalam tanah dapat dibedakan atas mineral primer yang disebut juga mineral fraksi pasir dan mineral sekunder atau mineral fraksi liat. Berdasarkan berat jenisnya, mineral primer dapat dibedakan atas mineral berat dan mineral ringan. Mineral berat adalah mineral primer yang mempunyai berat jenis >2,87, sedang yang berat jenisnya <2,87 disebut mineral ringan. Mineral berat terdiri dari grup olivin, piroksin, amphibol, mika, rutil, anatas, dan mineral opak, sedang mineral ringan adalah grup felspar dan grup silika.

**Soal Latihan**

Jawablah semua pertanyaan di bawah ini dengan cermat dan jelas

1. Jelaskan faktor-faktor pembentukan tanah ?
2. Sebutkan tipe minerals ini, terdapat di fraksi debu dan *clay* pada tanah muda dan tanah di daerah arid dimana air kurang sehingga menghambat pelapukan kimia dan pencucian (*leaching*) ?
3. Jelaskan apa yang dimaksud Eluviasi, Iluviasi, Dekalsifikasi, Desalinisasi ?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Boyd. C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**. Chapman & Hall. United States of America. 340 pp.
2. Foth, H.D. 1984. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley & Sons Inc.777 pp.
3. Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.R. Saul., M.A. Diha., G.B. Hong dan H. Bailey., 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
4. DIKTI-Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1991. **Kimia Tanah**. 231 hal

# BAB II. Sifat Fisika Tanah

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan dan mengurai-kan parameter fisika tanah yang berhubungan dengan penggunaan kolam tanah sebagai wadah budidaya ikan.

## 2.1. Pendahuluan

Sifat fisika tanah merupakan karakter fisik tanah yang perkembangannya dapat diikuti secara visual. Sifat fisika tanah yang berpengaruh pada pengelolaan tanah dasar kolam dapat berupa kelas tekstur tanah, warna tanah, bobot jenis partikel (*partikel density*), berat padatan tanah (*bulk density*), porositas tanah, dan luas area permukaan. Tanah dasar kolam yang memiliki kadar lempung > 30% akan lebih baik dalam bentuk fisiknya karena lebih mudah dibentuk (tanggul kolam), lebih halus dalam teksturnya sehingga bila diletakkan sebagai dasar kolam akan membentuk lapisan yang padat. Bila dilihat dari bobot jenis partikel akan lebih baik karena lebih berat bila dibandingkan dengan volume pori. Sebaran pori mikro lebih banyak bila dibandingkan dengan pori makro sehingga berat padatan tanahnnya lebih kecil. Tanah dengan kandungan lempung yang tinggi biasanya porositas tanah lebih kecil yang berarti kemampuan tanah untuk menahan air akan lebih tinggi sehingga akan terbentuk kolom air. Tanah dasar kolam dengan fraksi lempung tinggi akan memiliki luas area permukaan yang besar sehingga bila dihubungkan dengan muatan permukaan tanah yang cenderung negatif akan lebih baik dalam proses pertukaran kation, dan ini berarti lebih subur.

## 2.2. Tekstur Tanah

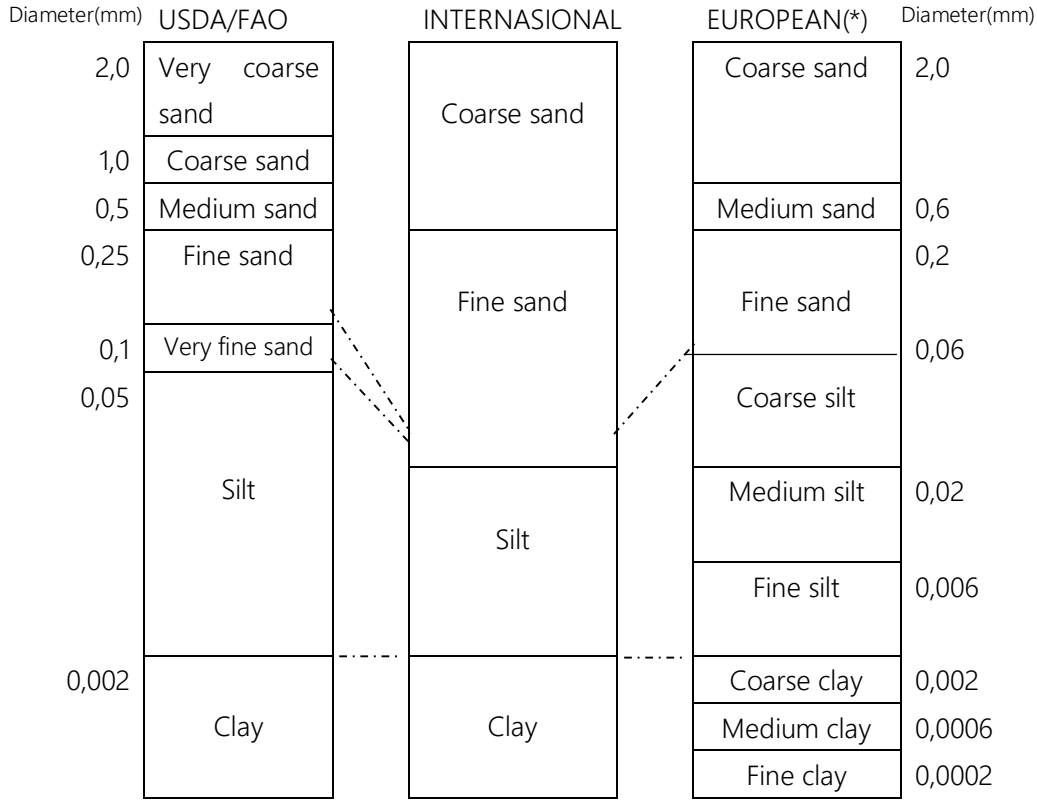
Tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung pada tanah (Badan Pertanahan Nasional). Ketiga jenis fraksi tersebut, partikel pasir mempunyai ukuran diameter paling besar yaitu 2-0,05 mm, debu dengan ukuran 0,05-0,002 mm dan liat dengan ukuran < 0,002 mm (penggolongan berdasarkan USDA) (Tabel 5 dan 6). Keadaan tekstur tanah sangat berpengaruh terhadap keadaan sifat-sifat tanah yang lain seperti struktur tanah, permeabilitas tanah, porositas dan lain-lainnya.

Tekstur tanah diartikan sebagai proporsi pasir, debu dan lempung. Partikel ukuran lebih dari 2 mm, bahan organik dan agen perekat seperti kalsium karbonat harus dihilangkan sebelum menentukan tekstur. Tanah bertekstur sama misal geluh berdebu mempunyai sifat fisika dan kimia yang hampir sama dengan syarat mineralogi lempung. Tekstur tanah ditentukan di lapangan dengan cara melihat gejala konsistensi dan rasa perabaan menurut bagan alir dan di laboratorium dengan metode pipet atau metode hidrometer. Tekstur tanah menentukan tata air, tata udara, kemudahan pengolahan dan struktur tanah. Tekstur tanah dasar kolam terbaik apabila tanah secara keseluruhan didominasi oleh ukuran < 2 µm (lempung).

Tabel 5. Klasifikasi ukuran partikel

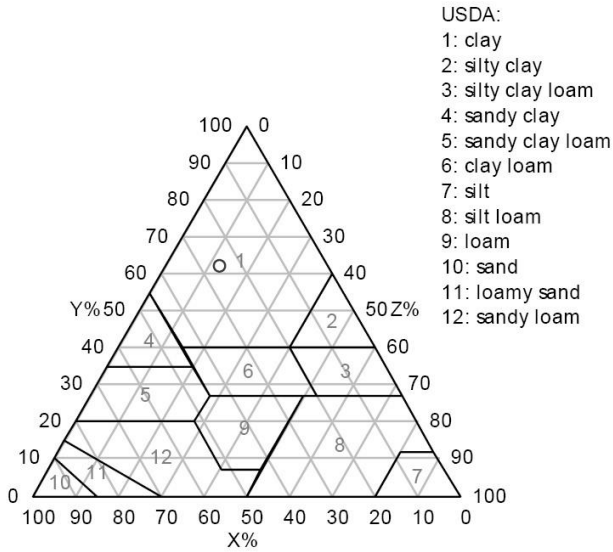
| Sumber | Pemisahan Fraksi Tanah | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Kerikil | Pasir | Debu | Lempung |
| USDA | > 2 mm | 2 mm - 50 µm | 50 µm - 2 µm | < 2 µm |
| ISSS | > 2 mm | 2 mm - 20 µm | 20 µm - 2 µm | < 2 µm |
| USPRA | > 2 mm | 2 mm - 50 µm | 50 µm - 5 µm | < 5 µm |
| BSI, MIT, DIN | > 2 mm | 2 mm - 60 µm | 60 µm - 2 µm | < 2 µm |

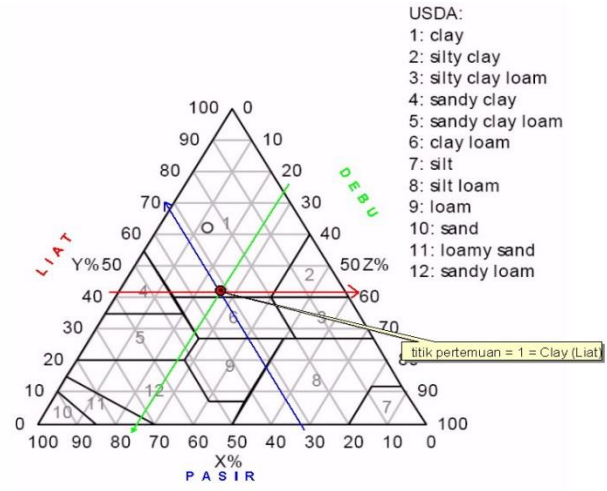
Tabel 6. Batasan ukuran partikel




*) : Termasuk: Soil Survey dari Inggris dan Standar British Wales Insitutisi Massachusetts Institute Technology. Sumber: Kohnke (1968)

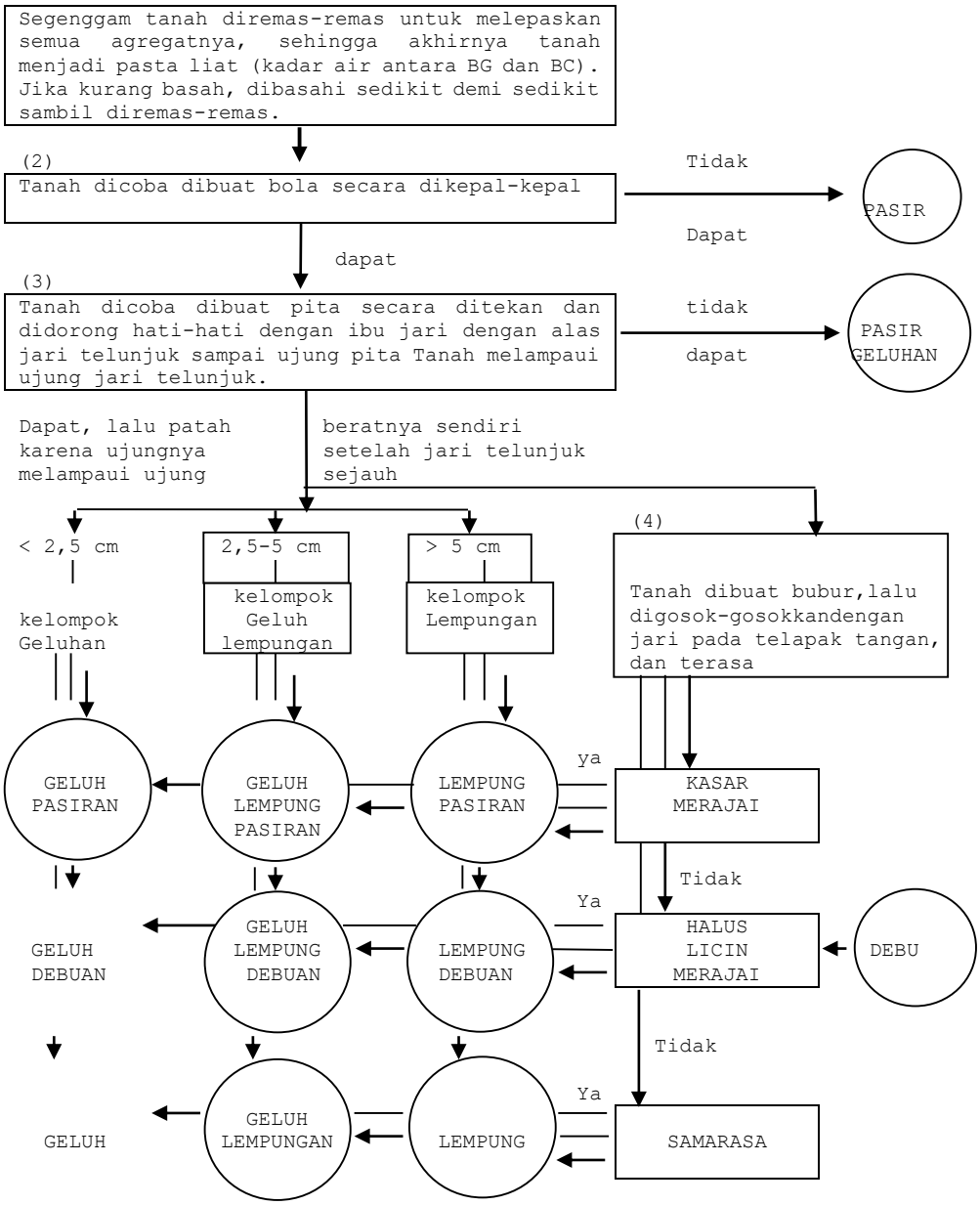
Segitiga tekstur merupakan suatu diagram untuk menentukan kelas testur tanah. Ada 12 kelas tekstur tanah yang dibedakan oleh jumlah persentase ketiga fraksi tanah tersebut. misalkan hasil analisis lab menyatakan bahwa persentase pasir (X) 32%, liat (Y) 42% dan debu (Z) 26%, berdasarkan diagram segitiga tekstur maka tanah tersebut masuk kedalam golongan tanah bertekstur lempung (*clay*), seandainya hasil analisis laboratorium menunjukkan persentase pasir 35%, liat 21% dan debu 44%, apa jenis tekstur tanahnya maka dari gambar segitiga tekstur tanah akan teridentifikasi sebagai *Clay* (lempung). Gambar Segitiga tekstur tanah menurut USDA adalah :




Gambar 1. Segitiga tekstur tanah menurut USDA

Selain penentuan kelas tekstur tanah di laboratorium dapat juga dilakukan secara cepat di lapangan dengan mengikuti langkah-langkah pada Gambar 2 di bawah ini.




Gambar 2. Diagram penetuan secara cepat kelas tekstur tanah

## 2.3. Warna Tanah

Secara langsung warna tanah mempengaruhi penyerapan sinar matahari dan salah satu faktor penentu suhu tanah. Secara tidak langsung warna tanah berhubungan dengan sifat-sifat tanah, misal informasi subsoil drainase, kandungan bahan organik pada permukaan (*surface*) horizon, pembeda antar horison. Warna tanah diukur menggunakan standar warna (*Soil Munsell Color Chart*).

Keterangan *Soil Munsell Color Chart* :

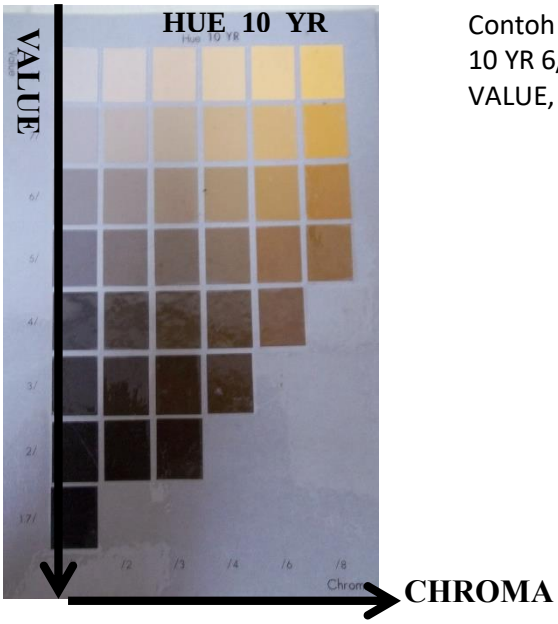
*Soil Munsell Color Chart* mengidentifikasi warna dengan menggunakan tiga variabel yaitu: hue, nilai (value), dan kroma. Hue adalah spektrum dominan - warna, yaitu, apakah warna adalah warna murni seperti kuning, merah, hijau, atau campuran warna murni, seperti kuning - merah. Campuran diidentifikasi numerik sesuai dengan jumlah kuning atau merah yang digunakan untuk menghasilkan campuran. Misalkan warna tanah adalah 5 YR yang berarti kuning dan merah. Peningkatan jumlah warna pertama (kuning) diikuti dengan penurunan warna kedua (merah). Nilai dan Chroma adalah istilah yang mengacu pada bagaimana Hue tersebut dimodifikasi dengan penambahan warna abu-abu.

Nilai adalah tingkat terang atau kecerahan warna yang tercermin pada warna abu-abu yang sedang ditambahkan ke Hue. Sebuah nilai tertentu (abu-abu) dibuat dengan mencampurkan pigmen putih murni (10) dengan pigmen hitam murni (0). Jika jumlah yang sama dari pigmen putih dan hitam dicampur, nilai sama dengan 5.

Chroma adalah jumlah nilai abu-abu tertentu yang dicampur dengan warna murni untuk warna tanah yang sebenarnya. Sebuah kroma dari 1 akan dibuat dengan menambahkan 1 unit Hue murni dengan jumlah tertentu abu-abu, sebuah kroma dari 5 akan berisi 5 unit Hue murni dengan jumlah abu-abu. Semakin rendah chroma, maka pembacaan nilanya akan semakin dekat ke warna abu-abu murni.

Warna tanah dapat juga disebabkan oleh adanya bahan organik, dan atau status oksidasi senyawa besi dalam tanah. Tanah yang dibentuk oleh bahan induk basalt sering berwarna sangat gelap jika tanah tersebut mengandung sedikit atau tidak ada bahan organik.

Status oksidasi besi terutama di lapisan bawah menggambarkan tanah yang aerasi dan drainase bagus, senyawa besi berada dalam bentuk oksidasi (ferri/ $Fe^{3+}$) dan memberikan warna merah atau kuning, sementara tanah yang aerasi dan drainase jelek, senyawa besi tereduksi dalam bentuk ferro ($Fe^{2+}$) akan memberikan warna abu-abu (gray). Penggunaan buku Munsell ini sangat membantu dalam mengelompokkan warna tanah yang sedang diidentifikasi, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3 di bawah ini.




Contoh Pembacaan Munsell : 10 YR 6/4 => 10 YR : HUE, 6 : VALUE, 4 : CHROMA

Gambar 3. Penentuan warna tanah dengan *Soil Munsell Color Chart*

Hubungan antara warna tanah dengan kandungan bahan organik menurut Illinois, USA terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hubungan antara warna tanah dengan kandungan bahan organik

| Notasi Munsell (Kondisi lembab) | Bahan Organik (%) | |
|---|---|---|
| | Range | Average |
| 10 YR 2/1 | 3,5 – 7,0 | 5,0 |
| 10 YR 3/1 | 2,5 – 4,0 | 3,5 |
| 10 YR 3/2 | 2,0 – 3,0 | 2,5 |
| 10 YR 4/2 | 1,5 – 2,5 | 2,0 |
| 10 YR 5/3 | 1,0 – 2,0 | 1,5 |

## 2.4. Kepadatan Tanah

- Kepadatan tanah (density) adalah berat padatan suatu obyek dibagi volume padatan.
- Kepadatan ada 2 : (1) berat jenis (partikel density) (2) Berat Volume (bulk density)
- **Partikel Density (PD)** atau **(BJ)** adalah berat padatan tanah (*solid, without pore*) dibagi dengan volumenya (*solid, without pore*)

  * PD atau BJ kebanyakan tanah adalah 2,6-2,7 g/cm$^3$

  * Kepadatan padatan (solid) tanah mendekati kepadatan kuarsa (2,6 g/cm$^3$) karena kebanyakan mineral tanah adalah mineral silikat

  * Adanya besi dan mineral berat lainnya (seperti olivin) cenderung meningkatkan PD.

- **Bulk Density (BD) :** berat padatan (pada kering konstan) dibagi total volume (padatan + pori)
  - BD tanah yang ideal berkisar antara 1,3-1,35 g/cm$^3$ .
  - BD pada tanah berkisar > 1,65 g/cm$^3$ untuk tanah berpasir ; 1,0-1,6 g/cm$^3$ pada tanah geluh yang mengandung BO tanah sedang – tinggi
  - BD mungkin lebih kecil dari 1 g/cm$^3$ pada tanah dengan kandungan BO tinggi.
  - BD sangat bervariasi antar horizon tergantung pada tipe dan derajat agregasi, tekstur dam BO tanah. Bulk density sanagt sensitif terhadap pengolahan tanah. Tillage benar, BD turun dan sebaliknya.

Berat padatan tanah (*Bulk Density*) atau BV adalah perbandingan antara massa tanah dengan volume partikel ditambah dengan ruang pori diantaranya. Massa tanah ditentukan setelah kering oven 105 $^0$C dan volumenya merupakan volume dari contoh tanah yang di ambil di lapangan, sehingga dinyatakan dalam g.cm$^{-3}$. Nilai bobot isi suatu tanah digunakan secara luas. Ini dibutuhkan untuk konversi presentase air dalam berat (% berat) ke kandungan air volume (% volume), untuk menghitung porositas jika bobot jenis partikelnya diketahui, dan untuk menduga bobot dari volume tanah yang sangat besar.

BV dari tanah lempungan (*clay*), geluh lempungan (*clay loam*), dan geluh debuan (*silt loam*) pada topsoil berkisar antara 1,00-1,60 g cm$^{-3}$ tergantung pada kondisi tanahnya. Pasir (sand) dan geluh pasiran (*sandy loam*) biasanya variasinya berkisar 1,20-1,80 g cm$^{-3}$. Kondisi tanah seperti ini sangat sering kecenderungannya nilai BV meningkat dengan kedalaman, sebagai pengaruh dari penggunaan tanah pertanian dan kandungan bahan organik yang menurun. Untuk tanah yang padat dari teksturnya, nilai BV bisa mendekati 2 g cm$^{-3}$. BV dibawah 1,75 g cm$^{-3}$ untuk pasir, 1,46-1,63 g cm$^{-3}$ untuk debu dan lempung.

Nilai berat padatan suatu tanah berubah-ubah tergantung kondisi struktur tanah, terutama dikaitkan dengan pemadatan. Untuk ini maka bobot isi sering digunakan sebagai ukuran struktur tanah. Barat padatan dapat diukur dengan metode : (1) silinder, (2) clod, (3) boring, (4) radioaktif (sinar gama) dan ring blok. Metode silinder sangat mudah dan sederhana serta praktis untuk tanah-tanah yang tidak bersifat mengembang mengerut, tetapi untuk tanah mengembang dan mengerut serta sulit diambil contohnya dengan silinder metode clod sangat cocok untuk digunakan. Sedang metode boring dan radioaktif biasanya digunakan secara langsung di lapangan. Khusus pada tanah-tanah yang mudah mengembang dan mengerut, volume tanah mudah berubah-ubah karena berubahnya kadar air dalan tanah. Sehingga dalam penetapannya diperhitungkan pada kondisi hisapan 1/3 bar.

Tabel 8. Kriteria berat padatan tanah

| Berat padatan (BV) $g.cm^{-3}$ | Kriteria BV | |
|---|---|---|
| < 0,09 | Rendah | (Ringan) |
| 0,90-1,2 | Sedang | (Sedang) |
| 1,20-1,4 | Tinggi | (Berat) |
| >1,4 | Sangat Tinggi | (Sangat berat) |

Bobot jenis partikel (*particle density*) dari suatu tanah menunjukan kerapatan dari pertikel dapat secara keseluruhan. Hal ini ditunjukkan sebagai perbandingan massa total dari partikel padatan dengan total volume tidak termasuk ruang pori diantara partikel. Bobot jenis partikel ini penting dalam penentuan laju sedimentasi, pergerakan partikel oleh air dan angin, serta perhitungan ruang pori dalam tanah apabila bobot isinya telah diketahui. Bobot jenis partikel tanah mineral berkisar antara 2,60-2,70 $g.cm^{-3}$, sedang bobot jenis partikel bahan organik umumnya berkisar antara 1,30-1,50 $g.cm^{-3}$.

**2.5. Porositas Tanah (n)**

- Distribusi, kontinuitas pori menentukan aliran air dan udar
- Persen pori 50% merupakan kondisi ideal tanah dimana setengahnya makro pori untuk meneruskan air karena adanya gravitasi dan setengahnya mikropori untuk menahan air dari tarikan gravitasi
- Tanah mineral porositas tanah normalnya 30-60%
- Jumlah pori ditentukan oleh tekstur dan tipe lempungnya
- Porositas (n%) = (1-BD/PD) X 100% atau (1-BV/BJ) X 100%

**Pengolahan Tanah**

- Dapat memperbaiki sifat tanah atau dapat juga berpengaruh negatif misal menimbulkan erosi

- Dapat meningkatkan BD atau kerapatan tanah dan menghancurkan struktur
- Efek *deep tillage* (90 cm) terhadap nilai BD tanah

Tabel 9. Pengaruh pengolahan tanah terhadap nilai BD atau BV tanah

| **Kedalaman (cm)** | **Nilai BD awal (gr/cm$^3$)** | **Nilai BD akhir (gr/cm$^3$)** |
|---|---|---|
| 0-30 | 1,45 | 1,38 |
| 30-60 | 1,59 | 1,49 |
| 60-90 | 1,62 | 1,46 |
| 90-120 | 1,54 | 1,53 |

## 2.6. Luas Area Permukaan

Sifat kimia, fisika dan mineralogi partikel tanah tergantung pada ukuran partikelnya. Semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaannya semakin besar. Jadi luas permukaan fraksi lempung > fraksi debu > pasir.

Sebagai contoh :

Partikel bentuk bola dengan berat 1 g dengan *bulk density* 2,65 g/cm$^3$ dipecah menjadi $10^6$ partikel yang lebih kecil berbentuk bola dengan berat masing-masing partikel $10^{-6}$ g.

Maka :

Luas permukaan untuk partikel dengan berat 1 g adalah sebagai berikut:

Volume = (1 g)/(2,65 g/cm$^3$) = 0,377 cm$^3$

**Volume bola = 4/3 . 3,14. r$^3$ sehingga r$^3$ = (0,377 x 3) /4 . 3,14 = 0,0901**

Radius = r = 0,448 cm = 4,48 x $10^{-3}$ m

Luas permukaan (*Surface Area*/SA) = 4 . 3,14 . $r^2$ = 2,52x$10^{-4}$ $m^2$

Setelah dipecah menjadi partikel yang lebih kecil ;

Volume = ($10^{-6}$)/(2,65 g/$cm^3$) = 3,77 x $10^{-7}$ $cm^3$

$$r^3 = \frac{3{,}77 \times 10^{-7}\ cm^3 \times 3}{3{,}14} = 9{,}01 \times 10^{-8}\ cm$$

r = 4,48 x 10-5 m

*Surface Area* (SA) dari masing-masing partikel kecil = 4.3,14 $r^2$

= 4x 3,14 x (4,48x$10^{-5}$ m)$^2$ = 2,52 x $10^{-8}$ $m^2$/partikel

Kolektif SA= 2,52 x $10^{-8}$ $m^2$/partikel x 106 = 2,52 x $10^{-2}$ $m^2$

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pemecahan partikel seberta 1 g menjadi $10^6$ partikel kecil yang dapat meningkatkan luas permukaan 100 kali lipat dari 2,52 x $10^{-4}$ $m^2$ menjadi 2,52 x $10^{-2}$ $m^2$.

**Penutup**

Demikian perkuliahan kedua ini tersaji mengenai "Sifat Fisika Tanah" yang menguraikan dengan jelas mengenai parameter fisika tanah yang berhubungan dengan penggunaan kolam tanah sebagai wadah budidaya ikan. Perkuliahan ke tiga dan keempat akan kita lanjutkan dengan membahas "Identifikasi Tanah".

**Rangkuman**

Sifat fisika tanah yang berhubungan langsung dengan tanah dasar kolam diantaranya adalah tekstur tanah, warna tanah, kepadatan tanah (BJ dan BV), porositas tanah, dan luas area permukaan. Tekstur tanah adalah keadaan tingkat kehalusan tanah yang terjadi karena terdapatnya perbedaan

komposisi kandungan fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung pada tanah. Warna tanah berhubungan dengan sifat-sifat tanah, misal informasi subsoil drainase, kandungan bahan organik pada permukaan (*surface*) horizon, pembeda antar horison. Warna tanah diukur menggunakan standar warna (*Soil Munsell Color Chart*). Luas permukaan partikel erat kaitannya dengan ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaannya semakin besar. Jadi luas permukaan fraksi lempung > fraksi debu > pasir.

**Soal Latihan**

Jawablah semua pertanyaan di bawah ini dengan cermat dan jelas

1. Mengapa kita harus tahu ukuran partikel tanah dan kelas tekstur tanah?
2. Adakah kaitan antara warna tanah dengan kandungan bahan organik dan mineral yang dikandungnya, jelaskan?
3. Mengapa luas area permukaan perlu dipelajari untuk tanah dasar kolam?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Boyd. C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**. Chapman & Hall. United States of America. 340 pp.
2. Foth, H.D. 1984. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley & Sons Inc.777 pp.
3. Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.R. Saul., M.A. Diha., G.B. Hong dan H. Bailey., 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
4. DIKTI-Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1991. **Kimia Tanah**. 231 hal.
5. Hardjowigeno, S., 2003. **Ilmu Tanah**. Akademika Pressindo. Jakarta.286 hal.

# BAB III. Identifikasi Tanah

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan dan melakukan identifikasi tanah serta memanfaatkan tanah tersebut sebagai media dan wadah budidaya ikan.

## 3.1. Pendahuluan

Tanah merupakan suatu benda alam yang tersusun dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yang menempati permukaan daratan, nempati ruangan, dan dicirikan oleh salah satu atau keduanya. Horizon-horizon, atau lapisan-lapisan, yang dapat dibedakan dari bahan asalnya sebagai suatu hasil dari proses penambahan, kehilangan, pemindahan, dan transformasi energi dan materi, atau berkemampuan mendukung tanaman berakar di dalam suatu lingkungan.

Seorang ahli tanah menganggap tanah sebagai tubuh alam yang berdimensi dalam dan luas. Tanah dapat juga dipandang sebagai hasil kerja gaya-gaya pembangunan dan penghancur. Pelapukan bahan organik merupakan kejadian destruktif, sedangkan pembentukan mineral baru seperti liat, dan perkembangan suatu horizon merupakan kejadian sintetik (Soepardi, 1983).

Selain definisi di atas definisi tanah di kelompokkan dalam tiga definisi yaitu:

(1) Berdasarkan pandangan ahli geologi;

(2) Berdasarkan pandangan ahli ilmu alam murni;

(3) Berdasarkan pandangan ilmu pertanian.

Seorang ahli geologi (berdasarkan pendekatan Geologis), mendefinisikan tanah sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus). Seorang ahli ilmu alam murni (berdasarkan pendekatan Pedologi), mendefinisikan tanah sebagai bahan padat (baik berupa mineral maupun 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.

## 3.2. Tanah

Seorang ahli pertanian (berdasarkan pendekatan Edapologi), mendefinisikan tanah sebagai media tempat tumbuh tanama dan seorang ahli perikanan mendefinisikan tanah sebagai tempat terbentuknya cekungan/genangan yang berisikan air media budidaya ikan. Selain keempat definisi diatas, definisi tanah yang lebih rinci diungkapkan ahli ilmu tanah sebagai berikut: 1) fungsi tanah secara fisik adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran sebagai penopang tumbuh tegaknya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan hara ke akar tanaman; 2) fungsi tanah secara kimiawi adalah sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi (baik berupa senyawa organik maupun anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial, seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, Cl); dan 3) fungsi tanah secara biologi sebagai habitat dari organisme tanah yang turut berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan senyawa-senyawa aditif bagi tanaman. Integritas dari ketiganya (fisik, kimiawi, dan biologi) secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomass dan produksi baik berupa tanaman untuk bidang pertanian dan sebagai media budidaya ikan yang menghasilkan biomass (tanaman air) dan produksi ikan.

Batas atas dari tanah adalah batas antara tanah dan udara, air dangkal, tumbuhan hidup, atau bahan tumbuhan yang belum mulai terlapuk.

Wilayah yang dianggap tidak mempunyai tanah, apalagi permukaannya secara permanen tertutup oleh air yang terlalu dalam (secara tipikal lebih dari 2,5 meter) untuk pertumbuhan tanaman-tanaman berakar. Dalam kenyataannya kolam tanah yang dibangun secara tradisional dan modern masih dalam kajian tanah dasar kolam dengan kedalaman ± 2,5 meter. Secara vertikal interaksi antara tanah dasar kolam dan air yang ada di atasnya merupakan satu kesatuan yang tak dapat dipisahkan. Batas-batas horizontal tanah adalah wilayah di mana tanah berangsur beralih ke air dalam, area-area tandus, batuan atau es. Pada sebagian wilayah pemisahan antara tanah dan bukan tanah sedemikian berangsur sehingga pembedaan yang jelas tidak dapat dilaksanakan.

Batas bawah yang memisahkan tanah dari bahan bukan tanah yang terletak di bawahnya, adalah yang paling sulit ditetapkan. Tanah tersusun dari horizon-horizon dekat permukaan bumi yang beerbeda kontras terhadap bahan induk di bawahnya, telah mengalami perubahan oleh interaksi antara iklim, relief, dan jasad hidup selama waktu pembentukannya. Untuk tujuan klasifikasi, batas bawah tanah ditetapkan pada kedalaman 200 cm dan mempelajari tubuh alam yang berasal dari hancuran batuan dan bahan organik ini dapat dilakukan dengan membuat penampang tegak atau profil tanah.

### 3.3. Klasifikasi Tanah

Kalasifikasi tanah adalah ilmu yang mempelajari cara-cara membedakan sifat-sifat tanah satu sama lain, dan mengelompokkan tanah kedalam kelas-kelas tertentu berdasarkan atas kesaman sifat yang dimiliki. Cara untuk mengumpulkan dan mengelompokkan tanah berdasarkan sifat dan ciri morfologi, mineralogi, fisika dan kimia tanahnya yang sama atau hampir sama. Selanjutnya diberi nama agar mudah dikenal, diingat, dipahami, dan digunakan serta dapat dibedakan satu dengan lainnya. Tanah yang diklasifikasikan merupakan benda alami yg terdiri dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yg terbentuk dipermukaan bumi dari hasil pelapukan bahan induk tanah oleh interaksi faktor iklim, relief

organisme dan waktu, berlapis-lapis dan mampu mendukung pertumbuhan tanaman, disepakati sedalam 2 m atau sampai batas aktifitas biologi tanah (Soil Survey Staff, 2010).

Tujuan klasifikasi tanah adalah: 1) menata pengetahuan tentang tanah; 2) mengetahui hubungan masing-masing individu yang satu dengan lainnya; 3) memudahkan mengingat sifat-sifat tanah; 4) mengelompokkan tanah untuk tujuan yang lebih praktis : menaksir sifat tanah, menentukan lahan terbaik, menduga produktivitas tanah, menentukan areal untuk penelitian; 5) mempelajari hubungan sifat-sifat tanah yang baru; dan 6) *agrotechnology transfer* (alih teknologi pertanian).

Sistem klasisikasi tanah yang berasal dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, mengusung tiga program dasar yaitu: 1) inventarisasi potensi sumberdaya tanah dan agroklimat; 2) peningkatan produktivitas sumberdaya lahan; dan 3) rehabilitasi dan konservasi sumberdaya tanah dan air. Kunci kaksonomi tanah yang asli adalah "*Soil Taxonomy*" : *A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey* (1975)", yaitu buku yang telah disarikan pada publikasi pertama diterbitkan oleh Pusat Penelitian tanah Bogor dan versi-versi lain yang pertama diterbitkan pada tahun 1983. Kunci-kunci klasifikasi tanah yang dipublikasikan oleh Pusat Penelitian Tanah Bogor diperoleh dari kopi Taksonomi Tanah yang telah dikomputerisasikan, terpelihara dalam bentuk yang lengkap dan selalu dimutakhirkan. Para penulis dari Kunci Taksonomi Tanah disebut sebagai "*Soil Survey Staff*". Istilah ini dimaksudkan untuk mencakup semua tenaga bidang klasifikasi tanah yang melaksanakan program "*National Cooperative Soil Survey*" dan yang berada dalam masyarakat internasional yang telah memberikan kontribusi nyata dalam perbaikan sistem taksonomi.

Inventarisasi potensi sumberdaya tanah, yang diwujudkan sebagai kegiatan survei dan pemetaan tanah merupakan kegiatan terpadu yang mencakup karakterisasi sifat-sifat tanah (baik di lapangan maupun di laboratorium), delineasi penyebaran jenis-jenis tanah mengikuti posisi geomorfiknya di lapangan, dan evaluasi potensinya secara rasional untuk berbagai tujuan penggunaan. Dalam inventarisasi sumberdaya tanah, sistem klasifikasi tanah merupakan sarana utama dalam karakterisasi dan memilah-

milah berbagai jenis tanah, juga penting untuk komunikasi dan korelasi di tingkat Nasional dan Internasional.

Sistem klasifikasi tanah yang digunakan dalam kegiatan inventarisasi sumberdaya tanah di Indonesia, telah mengalami beberapa tahap peningkatan, sesuai dengan kemajuan IPTEK dalam Ilmu Tanah. Dalam tahap awal (1955-1980) digunakan sistem klasifikasi Dudal dan Soepraptohardjo (DS), kemudian Satuan Tanah Peta Tanah Dunia FAO-Unesco (1972-1985), dan selanjutnya Taksonomi Tanah (1975-sampai sekarang). Untuk keperluan penggunaan di lapangan, supaya bersifat praktis, sistem klasifikasi Taksonomi Tanah telah disarikan dalam bentuk buku saku yang disebut Kunci Taksonomi Tanah ("*Key to Soil Taxonomy*").

Untuk mempelajari identifikasi tanah diperlukan faktor-faktor pembeda tanah, sebagaimana terlihat pada Tabel 10 dibawah ini.

Tabel 10. Faktor pembeda tanah

| Kategori | Faktor Pembeda |
|---|---|
| ORDO | Ada tidaknya horison penciri dan jenis/sifat dr horison tersebut |
| SUB ORDO | Keseragaman genetik : ada tidaknya sifat-sifat tanah dengan pengaruh air, regim kelembaban, binatang utama, pengaruh vegetasi, tingkat pelapukan bahan organic |
| GREAT GROUP | Kesamaan jenis, tingkat perkembangan dan susunan horison, Kejenuhan Basa, regim suhu dan kelembaban, adanya lapisan penciri lain (plintit, fragipan, duripan) |
| SUB GROUP | 1. Sifat-sifat inti dari great group (Typic)<br>2. Sifat-sifat tanah peralihan ke great group lain, subordo atau ordo<br>3. Sifat-sifat tanah peralihan ke bukan tanah |
| FAMILI | Sifat-sifat tanah yang penting untuk pertanian/perikanan dan engineering : sebaran ukuran butir , susunan mineral, regim temperature |
| SERI | Jenis dan susunan horison; warna, struktur , pH , sifat kinia dan mineral dari masing-masing horizon |

Peralihan penggunaan sistem klasifikasi dari sistem DS, ke sistem satuan tanah FAO-Unesco, dan akhirnya ke sistem Taksonomi Tanah, telah melalui diskusi yang panjang diantaranya pakar-pakar tanah di Indonesia. Namun mengingat sistem ini bersifat komprehensif, berdasarkan perkembangan IPTEK Ilmu Tanah yang mutakhir, dan telah disempurnakan oleh masyarakat Internasional melalui berbagai Komite Internasional, maka Pusat Penelitian Tanah pada Rapat Tahunan pada bulan Desember tahun 1981 telah memutuskan penggunaan Taksonomi Tanah sebagai sistem klasifikasi tanah utama, dan sistem DS serta Satuan Tanah FAO-Unesco sebagai sistem klasifikasi tanah pendamping. Selanjutnya pada Pertemuan Teknis Pembakuan Sistem Klasifikasi dan Metoda Survei Tanah di Cibinong Bogor, pada bulan Agustus 1988, para pakar tanah nasional telah sepakat menggunakan sistem klasifikasi "*USDA Soil Taxonomy*" sebagai sistem yang digunakan secara nasional.

Tabel 11 menunjukkan padanan nama-nama tanah menurut Dudal-Soepraptohardjo dengan sistem-sistem Pusat Penelitian Tanah (1982), FAO/UN/ESCO (1974) dan USDA Soil Taxonomy (1975).

Tabel 11. Padanan nama tanah menurut berbagai Sistem Klasifikasi (disederhanakan)

| No | Sistem Dudal-Soeprapto-hardjo | Modifikasi*) 1978-1982 (PPT) | FAO/UNESCO (1974) | USDA Soil Taxonomy (1975) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Tanah Aluvial | Tanah Aluvial | Fluvisol | Entisol |
| 2. | Andosol | Andosol | Andosol | Andisol |
| 3. | Brown Forest Soil | Kambisol | Cambisol | Inceptisol |
| 4. | Grumusol | Grumusol | Vertisol | Vertisol |
| 5. | Latosol | Kambisol<br>Latosol<br>Lateritik | Cambisol<br>Nitosol<br>Ferralsol | Inceptisol<br>Ultisol<br>Oxisol |
| 6. | Litosol | Litosol | Litosol | Entisol (Lithic Subgroup) |
| 7. | Mediteran | Mediteran | Luvisol | Alfisol/Inceptisol |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8. | Organosol | Organosol | Histosol | Histosol |
| 9. | Podsol | Podsol | Podsol | Spodosol |
| 10. | Podsolik Merah Kining | Podsolik | Acrisol | Ultisol |
| 11. | Podsolik Coklat | Kambisol | Cambisol | Inceptisol |
| 12. | Podsolik Coklat Kekelabuan | Podsolik | Acrisol | Ultisol |
| 13. | Regosol | Regosol | Regosol | Entisol/Inceptisol |
| 14. | Renzina | Renzina | Renzina | Rendoll |
| 15. | - | Ranker | Ranker | - |
| 16. | Tanah-Tanah Berglei | Gleisol<br><br>Gleisol/Humik Gleisol<br>Podsolik, Gleiik Gleisol, hidrik | Gleysol<br><br><br>Gleyic Acrisol | Aquic Sub ordo<br><br>Inceptisol (Aquept)<br>Inceptisol (Aquept)<br>Ultisol (Aquult)<br>Inceptisol (Aquept) |
| 17. | Planosol | Planosol | Planosol | Altisol (Aqualt) |

*) PPT : Pusat Penelitian Tanah

Dudal-Soepraptohardjo (1957) mengemukakan bahwa untuk keperluan survei tanah Indonesia telah dikembangkan sistem klasifikasi tanah berdasarkan atas konsep Baldwin *et al*. (1938) yang dimuat dalam buku "Soil and Men" dan konsep-konsep lain yang dikemukakan dalam "Soil Survey Manual" (USDA, 1951).

Dasar-dasar klasifikasi tanah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dasar kriteria untuk klasifikasi adalah sifat morfologi tanah
2. Klasifikasi dilakukan pada tingkat kategori yang berbeda-beda
3. Satuan peta tanah dapat terdiri dari beberapa satuan tanah untuk peta berskala kecil

4. Klasifkasi tanah harus dikaitkan dengan kegunaannya untuk survei tanah
5. Korelasi yang sistematik dan terus menerus merupakan kegiatan terpadu antara klasifikasi tanah dan survei tanah.

Dudal-Soepraptohardjo (1957), dalam tulisan tersebut tidak mengemukakan kategori apa saja yang dikembangkan dalam sistem klasifikasinya, tetapi hanya dikemukan jenis-jenis tanah (Soil group) yang ditemukan di Indonesia berikut sifat-sifat pencirinya. Jenis tanah menurut Dudal-Soepraptohardjo (1957) ini adalah :

1. Latosol

Tanah dengan pelapukan lanjut, sangat tercuci batas-batas horizon baur, kandungan mineral primer dan unsur hara rendah, pH rendah 4,5-5,5, kandungan bahan organik rendah, konsistensi rendah, stabilitas agregat tinggi, terjadi akumulasi seskuioksida akibat pencucian silika. Warna tanah merah, coklat kemerahan, coklat, coklat kekuningan, atau kuning tergantung dari bahan induk, umur, iklim dan ketinggian. Di Indonesia Latosol umumnya terdapat pada bahan induk volkanik baik berupa tufa ataupun batuan beku. Ditemukan dari muka laut hingga ketinggian 900 m, di daerah iklim tropika basah dengan curah hujan antara 2500 mm-7000 mm.

2. Andosol

Tanah berwarna hitam atau coklat tua, remah, kandungan bahan organik tinggi, licin (*smeary*) bila dipirid. Tanah di bawahnya berwarna coklat sampai coklat kekuningan, tekstur sedang, porous, pH 4,5-6,0. Pemadasan lemah dan sedikit akumulasi liat sering ditemukan di lapisan bawah. Andosol hanya ditemukan pada bahan volkanik yang tidak padu (*unconsilidated*), pada ketinggian dari muka laut sampai 3000 m, umumnya di daerah tinggi. Ditemukan pada iklim yang sama dengan Latosol, tetapi pada umnya pada iklim yang dingin dan curah hujan tinggi.

3. Podsolik Merah Kuning

Tanah yang sangat tercuci, lapisan atas berwarna abu-abu muda sampai kekuningan, lapisan bawah merah atau kuning, terdapat akumulasi liat hingga tekstur relatif berat, struktur gumpal, permeabilitas rendah, stabilitas agregar rendah, bahan organik rendah, kejenuhan basa rendah, pH rendah 4,2-4,8. Horizon eluviasi tidak selalu jelas. Bahan induk kadang-

kadang mempunyai karatan kuning, merah dan abu-abu. Bahan induk adalah batuan endapan bersilika, napal, batu pasir, batu liat. Tanah ini ditemukan pada ketinggian antara 50 m-350 m, iklim tropika basah dengan curah hujan antara 2500 mm-3500 mm.

4. Mediteran Merah Kuning

Tanah yang sangat melapuk, tekstur berat dan kadang-kadang lekat, struktur gumpal, bahan organik rendah, nisbah silika/seskuioksida ($SiO_2/R_2O_2$) relatif tinggi, agak masam sampai sedikit alkalis (pH 6,0-7,5), kejenuhan basa sedang sampai tinggi, kadang-kadang mengandung konkresi kapur dan besi. Bahan induk batu kapur, batu pasir berkapur, atau bahan volkanik. Ketinggian dari muka laut sampai 400 m, iklim tropika basah dengan bulan kering nyata, curah hujan antara 800 mm-2500 mm.

5. Regur

Tanah dengan warna kelabu tua sampai hitam, kandungan bahan organik relatif rendah, bila kering retak-retak cukup dalam. Lapisan bawah berwarna abu-abu , kekuningan, atau kebiru-biruan, tergantung dari keadaan drainase dan bahan induk. Tekstur liat berat, keras bila kering dan lekat bila basah. Reaksi tanah netral sampai alkalis, dan kadang-kadang ditemukan konkresi kapur. Kadang-kadang ada juga yang bereaksi masam. Tanah ini berkembang dari bahan induk mergel (*marl*), napal (*shale*) berkapur, batu kapur berliat (*argilaceus*), endapan aluvial tua, dan bahan volkanik. Ditemukan pada ketinggian dari muka laut sampai 200 m dari permukaan laut, dengan iklim tropika basah sampai subtropika, dan curah hujan dari 800-2000 mm/tahun. Dalam penerapan klasifikasi tanah ini, nama Regur ternyata tidak digunakan lebih lanjut, tetapi diganti dengan nama lain yaitu *Grumusol* (Soepraptoharjo, 1961).

6. Podsol

Tanah dengan lapisan bahan organik kasar yang tinggi, di atas lapisan berpasir yang sangat tercuci dan berwarna kelabu pucat. Di bawah lapisan berpasir adalah horizon berwarna coklat tua sampai kemerahan, yang merupakan horizon iluviasi oksida besi dan bahan organik, atau hanya bahan organik. Tanah podsol ini berkembang dari bahan endapan bersilika, seperti pasir, lempung berpasir, batu pasir, atau tufa volkanik masam. Ditemukan

pada aneka macam iklim dan ketinggian. Di Indonesia ditemukan pada ketinggian dari permukaan laut sampai 2000 m dari permukaan laut dengan curah hujan dari 2500-3500 mm/tahun.

7. Tanah sawah

Tanah sawah atau "Paddy Soil" adalah tanah dengan horozon permukaan berwarna pucat karena reduksi Fe dan Mn akibat genangan air sawah, dan senyawa tersebut pindah serta mengendap di bawah lapisan reduksi membentuk konkresi dan selaput di permukaan gumpalan struktur tanah dan lubang-lubang akar. Horizon yang agak memadas dapat terbentuk akibat akumulasi senyawa tersebut. Di bawah horizon ini adalah horizon-horizon tanah dengan sifat-sifat tanah asli seperti yang tidak di sawah. Karena sifat tanah sawah sangat beragam, tergantung dari sifat tanah asalnya, maka dalam penerapan sistem klasifikasi tanah ini istilah "Tanah Sawah" tidak banyak digunakan. Dalam hal ini tanah lebih sering diklasifikasikan sesuai dengan tanah aslinya.

8. Hidrosol

Hidrosol adalah tanah-tanah yang banyak dipengaruhi oleh air tanah. Nama tanah ini sangat umum, maka istilah ini tidak digunakan lebih lanjut. Termasuk tanah Hidrosol adalah Glei Humus; Hidromorf Kelabu; Planosol; Glei Humus Rendah; dan Laterit air tanah.

*Glei Humus*, tanah yang mengalami drainase buruk sampai sangat buruk, horizon permukaan berwarna gelap, horizon di bawahnya adalah horizon glei berwarna abu-abu sampai kebiru-biruan. Umunya bereaksi agak masam sampai netral.

*Hidromorf Kelabu*, tanah yang mengalami drainase agak buruk sampai buruk, horizon permukaan adalah horizon tercuci berwarna abu-abu pucat; horizon bawah bertekstur lebih berat dengan karatan abu-abu, kuning, dan coklat sebagai akibat genangan air tanah secara berkala. Umumnya bereaksi masam.

*Planasol*, tanah yang mirip Hidromorf Kelabu, tetapi terdapat perbedaan yang sangat nyata antara lapisan atas yang tercuci dengan lapisan bawah yang bertekstur liat.

*Glei Humus Rendah*, tanah yang mirip Planasol tetapi perbedaan tekstur lapisa atas dan lapisan bawah tidak terlalu nyata.

*Laterit Air Tanah*, tanah yang memiliki horizon atas adalah horizon tercuci berwarna abu-abu kekuningan; horizon bawah banyak mengandung karatan yang mengeras bila kering, banyak konkresi dan masam.

9. Calcisol

Calcisol merupakan nama umum untuk beberapa jenis tanah yaitu: Rendzina, Brow Forest Soil dan Mediteran Kalsimorfik.

*Rendzina*, tanah yang memiliki lapisan atas berwarna abu-abu tua sampai hitam, granuler, tekstur berat, lapisan bawah bahan berkapur, terutama mergel atau batu kapur, reaksi tanah netral sampai alkalis.

*Brown Forest Soil*, tanah yang memiliki lapisan atas berwarna gelap terdiri dari bahan organik granuler, lapisan bawah berwarna coklat, granuler, makin ke bawah berwarna lebih muda hingga ke bahan induk yang tidak terlalu dalam. Reaksi tanah netral sampai alkalis.

*Mediteran Kalsimorfik*, merupakan tanah yang memiliki di bawah lapisan permukaan organik adalah lapisan berwarna kekuningan dengan struktur gumpal bersudut atau gumpal, dan beralih ke bahan induk berkapur di bawahnya.

10. Regosol

Tanah berasal dari bahan lepas, yang bukan bahan aluvium, dengan perkembangan profil lemah atau tanpa perkembangan profil. Rendahnya perkembangan profil dapat karena erosi ataupun bahan induk yang masih muda. Ditemukan pada bahan induk abu volkan, mergel, dan bukit pasir pantai, pada iklim dan ketinggian yang beraneka ragam.

11. Litosol

Tanah dangkal di atas batuan keras, belum ada perkembangan profil, umumnya akibat erosi yang kuat. Ditemukan pada aneka macam bahan induk, iklim dan ketinggian. Umumnya di daerah lereng curam.

12. Aluvial

Tanah endapan aluvial atau koluvial muda atau agak muda dengan tanpa atau perkembangan profil lemah. Sifat tanah Aluvial sangat beragam tergantung sifat bahan asal yang diendapkan. Penyebaran tidak dipengaruhi ketinggian maupun iklim

13. Tanah Organik

Tanah terdiri dari lapisan gambut (bahan organik) yang relatif tebal, di atas horizon tanah mineral yang mengalami gleisasi. Tanah ini jenuh air sepanjang tahun. Reaksi tanah masam atau netral, tetapi di indonesia umumnya masam.Ditemukan di daerah rawa-rawa yang terus menerus tergenang, atau daerah yang lebih tinggi yang drainasenya sangat buruk dan curah hujan tinggi.

USDA memberikan penamaan tanah yang teridentifikasi secara menyeluruh ada 12 yaitu:

1. Alfisol
2. Andisol
3. Aridisol
4. Entisol
5. Gelisol
6. Histosol
7. Inceptosol
8. Mollisol
9. Oxisol
10. Spodosol
11. Ultisol
12. Vertisol

Alfisol

Sebaran tanah Alfisols berada di daerah semi kering hingga lembab. Tanah ini hasil dari proses pelapukan dan merupakan resapan mineral lempung dan unsur-unsur lain dari lapisan permukaan yang masuk ke lapisan tanah, di mana tanah ini dapat memegang dan memasok kelembaban dan nutrisi untuk tanaman. Tanah Alfisol ini terbentuk terutama di bawah hutan atau campuran tutupan vegetasi dan sangat produktif bagi sebagian besar tanaman. Sebaran tanah Alfisol di dunia berada di atas 10%.

Andisol

Tanah Andisol dibentuk dari proses pelapukan yang menghasilkan mineral dengan sedikit struktur kristal. Beberapa mineral yang dihasilkan memiliki kemampuan memegang air dan nutrien. Sebagai suatu grup, tanah Andisol cenderung tergolong sangat produktif. Tanah ini merupakan hasil dari glass vulkanik yang mudah terlapukkan dengan kelembaban yang kuat. Tanah ini secara umum berada di daerah dengan pengendapan menengah hingga tinggi, khususnya di daerah yang terkait dengan bahan vulkanik. Sebaran tanah Andisol di dunia berada di atas 1%.

Aridisol

Aridisol adalah tanah yang terlalu kering untuk pertumbuhan mesophytik tanaman. Kurangnya kelembaban sangat membatasi intensitas proses pelapukan dan pengembangan tanah pada bagian atas. Tanah Aridisol sering mengakumulasi gipsum, garam, kalsium karbonat, dan bahan lainnya yang mudah tercuci dari tanah di lingkungan yang lebih lembab. Tanah Aridisol umumnya terdapat di padang pasir dunia. Sebaran tanah Aridisol di dunia berada di atas 12%.

Entisol

Entisol adalah tanah yang menunjukkan bukti sedikit atau tidak ada pengembangan horizon pedogeriic. Tanah Entisol terjadi di daerah yang bahan induknya baru disimpan atau di daerah di mana tingkat erosi atau deposisi adalah rendah dibandingkan dengan laju perkembangan tanah, seperti bukit, lereng curam, dan dataran banjir. Tanah ini dapat terjadi di banyak lingkungan. Sebaran tanah Entisol di dunia berada di atas 16%.

Gelisol

Gelisols adalah tanah yang memiliki lapisan es di dekat permukaannya dan / atau memiliki bukti cryoturbasi (berputar) dan / segregasi es. Tanah Gelisol biasanya terjadi di lintang yang lebih tinggi atau elevasi yang tinggi. Sebaran tanah Gelisol di dunia berada di atas 9%.

Histosol

Histosol memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan tidak ada lapisan es. Kebanyakan jenuh sepanjang tahun, tetapi sedikit yang mengalami pengeringan dengan udara bebas. Histosol umumnya disebut rawa, dataran, gambut, atau mucks. Tanah Histosol dapat diibaratkan sebagai pabrik pembusukan tetapi proses menumpuk sampah hutan, atau lumut di air, lebih cepat daripada proses pembusukannya. Jika tanah tersebut dikeringkan dan terkena udara, proses dekomposisi oleh mikroba dapat dipercepat dan tanah mungkin dapat terbentuk secara dramatis. Sebaran tanah Histosol di dunia berada di atas 1%.

Inceptisol

Inceptisol adalah tanah yang berkembang di daerah semi kering hingga lingkungan lembab dan pada umumnya hanya menunjukkan derajat pelapukan tanah menengah. Inceptisol memiliki berbagai karakteristik dan terjadi dalam berbagai iklim. Sebaran tanah Inceptisol di dunia berada di atas 17%.

Mollisol

Mollisol adalah tanah yang memiliki horison permukaan berwarna gelap dengan kandungan bahan organik relatif tinggi. Tanah ini, pada dasarnya kaya dan cukup subur. Mollisol khas terbentuk di kawasan padang rumput dengan iklim musim yang memiliki penurunan kelembaban menengah. Mollisol adalah tanah yang luas di stepa Eropa, Asia, Amerika Utara dan Amerika Selatan. Sebaran tanah Mollisol di dunia berada di atas 7%.

Oxisol

Oxisol adalah tanah yang proses pelapukannya tinggi, terdapat di daerah tropis dan subtropis. Tanah ini didominasi oleh mineral dengan aktivitas rendah, seperti kuarsa, kaolinit, dan besi oksida. Tanah ini cenderung memiliki horizon yang jelas. Pembentukan tanah Oxisol khas terjadi pada permukaan tanah yang telah stabil untuk waktu yang lama. Mereka memiliki kesuburan alami rendah serta kapasitas rendah sehingga untuk mempertahankan kesuburannya perlu dilakukan penambahan kapur dan pupuk. Sebaran tanah Oxisol di dunia berada di atas 8%.

Spodosol

Spodosol terbentuk dari proses pelapukan bahwa bahan organik yang dikombinasikan dengan aluminium (dengan atau tanpa besi) dari lapisan permukaan dan mengendap dalam lapisan tanah. Pada daerah yang terganggu, horizon eluvial berwarna abu-abu yang diselubungi oleh ignimbrit kuarsa cokelat kemerahan atau subsoil hitam. Spodosol umumnya terjadi di daerah yang bertekstur kasar yang tersimpan di bawah hutan konifer daerah lembab. Mereka cenderung asam dan tidak subur. Sebaran tanah Spodosol di dunia berada di atas 4%.

Ultisol

Ultisol adalah tanah di daerah lembab. Tanah ini terbentuk dari pelapukan yang cukup intens dan proses pencucian yang menghasilkan subsoil yang kaya lempung dan didominasi oleh mineral, seperti kuarsa, kaolinit, dan oksida besi. Ultisols biasanya tanah asam di mana sebagian besar nutrisi terkonsentrasi di lapisan beberapa inci dari atas. Tanah ini memiliki kapasitas yang cukup rendah sehingga untuk mempertahankan kesuburannya perlu dilakukan penambahan kapur dan pupuk. Sebaran tanah Ultisol di dunia berada di atas 8%.

Vertisol

Vertisols memiliki kandungan mineral lempung yang tinggi, tanah ini mengalami perubahan dalam volume dengan perubahan kelembaban. Mereka memiliki celah-celah yang membuka dan menutup secara berkala, dan yang menunjukkan bukti gerakan tanah dalam profil. Tanah vertisol ini bila basah akan mengembang, dan kemampuan meloloskan air yang sangat perlahan sehingga mengalami sedikit pencucian. Tanah vertisol ini cukup tinggi kesuburan alaminya. Sebaran tanah Vertisols di dunia berada di atas 2%.

## 3.4. Profil Tanah

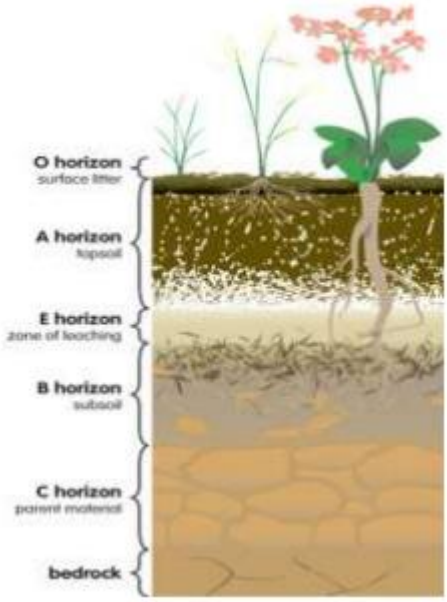
Horizon Tanah

Huruf kapital O, A, E, B, C, R merupakan simbol-simbol untuk horizon utama dan lapisan utama tanah. Huruf-huruf kapital ini merupakan simbol dasar, yang dapat diberi tambahan karakter-karakter lain untuk melengkapi penamaan horizon dan lapisan (Gambar 4).

Horizon O adalah lapisan yang didominasi oleh bahan organik. Sebagian jenuh air dalam periode yang lama, atau suatu ketika pernah jenuh air, tetapi sekarang telah didrainase, sebagian yang lain tidak pernah mengalami jenuh air. Sebagian besar horizon O tersusun dari serasah segar yang belum terdekomposisi atau sebagian telah terdekomposisi yang telah tertimbun di permukaan. Serasah seperti ini dapat berada di atas permukaan tanah mineral atau tanah organik.

Horizon A adalah horizon mineral yang terbentuk pada permukaan tanah atau di bawah suatu horizon O. Horizon ini memperlihatkan kehilangan seluruh atau sebagian besar struktur batuan asli dan menunjukkan salah satu atau kedua sifat berikut yaitu akumulasi bahan organik terhumifikasi yang bercampur sangat intensif dengan fraksi mineral, dan tidak di dominasi oleh sifat-sifat yang merupakan karakteristik horizon E atau B. Sifat-sifat yang merupakan akibat dari pengolahan tanah, pengembalaan ternak atau jenis-jenis gangguan lain yang serupa.

Horizon E adalah horizon mineral yang kenampakan utamanya adalah kehilangan liat silikat, besi, aluminium atau beberapa kombinasi senyawa-senyawa tersebut, meninggalkan suatu konsentrasi partikel-partikel pasir dan debu. Horizon ini memperlihatkan lenyapnya seluruh atau sebagian terbesar dari struktur batuan aslinya. Horizon E dibedakan dari horizon B di bawahnya dalam sequm tanah sama, oleh warna dengan value lebih tinggi atau chrome lebih rendah, atau kedunya, oleh tekstur yang lebih kasar atau oleh suatu kombinasi dari sifat-sifat tersebut.




Keterangan :

O : Horizon pencampuran bahan organik terhumifikasi dengan bahan mineral

A : Horizon Organik

E : Horizon pencucian (eluviasi)

B : Horizon penumpukan (iluviasi)

C : Bahan induk

R : Batuan induk

Gambar 4. Profil tanah. Sumber : ( http://klikdynasis.net/?id=AB148)

Horizon B adalah horizon-horison yang terbentuk di bawah suatu horizon A, E atau O. Horizon-horison ini didominasi oleh lenyapnya seluruh atau sebagian terbesar dari struktur batuan aslinya, dan memperlihatkan satu atau lebih sifat-sifat seperti: konsentrasi atau penimbunan secara aluvial dari liat silikat, senyawa besi, senyawa alumunium, humus, senyawa karbonat, gipsum, atau silika, secara mandiri atau dalam kombinasi. Tanda-tanda atau gejala adanya pemindahan atau penambahan senyawa karbonat. Konsentrasi oksidan-oksidan residu. Penyelaputan sesquioksida yang mengakibatkan horizon terlihat jelas mempunyai value warna lebih rendah, chrome lebih tinggi atau hue lebih merah tanpa proses iluviasi, senyawa besi yang terlihat jelas.

Horizon C adalah horison atau lapisan, tidak termasuk batuan dasar yang lebih keras dan tersementasi kuat, yang dipengaruhi sedikit oleh proses pedogenik, serta tidak memiliki sifat-sifat horizon O, A, E, atau B. Sebagian terbesar merupakan lapisan-lapisan mineral. Bahan lapisan C mungkin dapat serupa atau tidak serupa dengan gahan dari mana solum diperkirakan telah

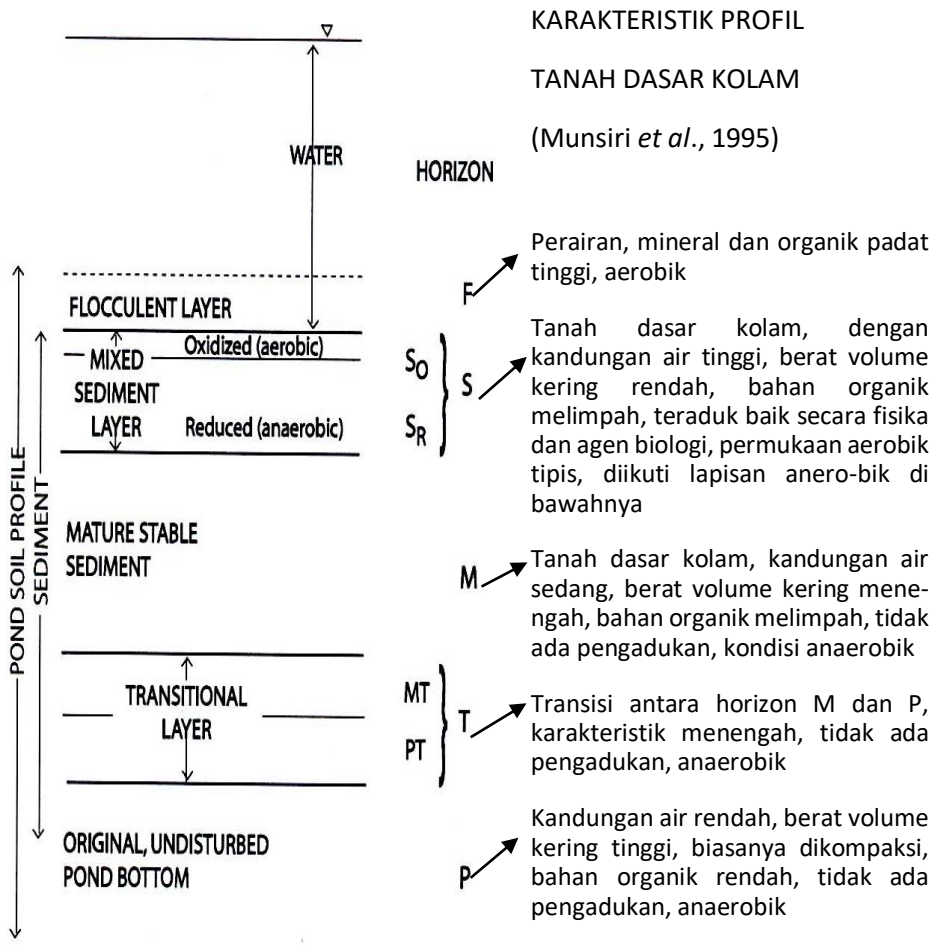
terbentuk. Suatu horizon C mungkin saja telah mengalami perubahan, walaupun tidak terdapat tanda-tanda adanya proses pedogenesis.

Horizon R adalah batuan dasar tersementasi kuat sampai mengeras, granit, basal, kuarsit, batu gamping, dan batu pasir adalah contoh batuan dasar yang diberi simbol dengan huruf R. Lapisan R cukup kompak jika lembab sehingga cukup sulit di gali dengan sekop walaupun lapisan tersebut dapat pecah berkeping-keping.

### 3.5. Profil Tanah Kolam

Munsiri *et al*. (1995) memberikan ilustrasi profil TDK (Gambar 5) sebagai berikut: 1) Lapisan penjonjotan = F (*flocculent layer*) 1 - <2 cm, 2) Lapisan campuran TDK = S (*mixed sediment layer*) 2-5 cm, 3) Lapisan TDK matang dan mantap = M (*matures stable sediment*) 5-15 cm, dan 4) Lapisan peralihan = T (*transitional layer*) 15-20 cm. 5) Lapisan dasar kolam asli dan tidak terusik (P = *parent layer/original undisturbed pond bottom*) > 20 cm mencerminkan kondisi tanah asli lokasi kolam berada. Lapisan F dan S berperan sangat penting dalam budidaya ikan, karena pada daerah ini terjadi proses pertukaran hara yang pada gilirannya akan berpengaruh terhadap kualitas air.

Lapisan F bersifat oksidatif dan S hanya beberapa milimeter di bawah permukaan tanah. Oksigen terlarut tidak dapat terdifusi secara cepat ke TDK karena harus melalui ruang pori tanah yang terisi air. Kebutuhan mikroorganisme terhadap oksigen terlarut yang meningkat dapat berakibat pada terbentuknya kondisi anaerobik. Jika pada lapisan aerobik permukaan tanah memiliki warna lebih terang maka pada lapisan anaerobik ini tanah berwarna abu-abu atau hitam, sebagai akibat hadirnya besi ferro. Permukaan TDK (setebal 1-5 cm) yang teroksidasi menunjukkan warna coklat atau warna tanah alami (asli). Boyd, 1992 menambahkan tanah kolam yang mengandung $H_2S$ akan mengeluarkan bau busuk dan mempunyai potensial redoks lebih rendah daripada hasil reduksi Fe.




Gambar 5. Skema profil tanah kolam (Munsiri *et al*., 1995)

### 3.6. Tanah Mineral dan Tanah Organik

Untuk membedakan antara tanah mineral dan tanah organik maka perlu dibedakan bahan tanah mineral dari bahan tanah organik. Dalam pembahasan di bawah ini akan dipaparkan secara jelas bahan tanah mineral dan bahan tanah organik.

**Bahan Tanah Mineral**

Bahan tanah mineral (dalam diameter kurang dari 2,0 mm) memenuhi salah satu sifat berikut:

1. Jenuh air kurang dari 30 hari (kumulatif) setiap tahun dalam tahun-tahun normal, dan mengandung kurang dari 20 persen (berdasarkan berat) karbon organik; atau
2. Jenih air selama 30 hari atau lebih secara kumulatif dalam tahun-tahun normal (atau telah didrainase) dan tidak termasuk perakaran hidup, mempunyai kandungan kadar karbon organik (berdasarkan berat) sebesar :
   a. Kurang dari 18%, apabila fraksi mineralnya mengandung liat 60% atau lebih; atau
   b. Kurang dari 12%, apabila fraksi mineralnya tidak mengandung liat; atau
   c. Kurang dari 12 ditambah (persentase liat dikalikan 0,1) persen, apabila fraksi mineralnya mengandung liat kurang dari 60%.

**Bahan Tanah Organik**

Bahan tanah yang mengandung karbon organik lebih tinggi dari jumlah seperti disebutkan pada bahan tanah mineral, dianggap sebagai bahan tanah organik. Dalam definisi bahan tanah mineral di atas, bahan yang mempunyai karbon organik lebih tinggi daripada yang disebut dalam butir 1, dimaksudkan mencakup apa yang disebut serasah atau horizon O. Bahan yang mempunyai karbon organik lebih tinggi daripada yang disebut dalam butir 2, disebut gambut atau tanah bergambut. Tidak semua bahan tanah organik berakumulasi di dalam atau di bawah air. Serasah daun-daunan dapat tertimbun di atas kontak litik, dan mendukung vegetasi hutan. Tanah dalam situasi ini adalah tanah organik, hanya dalam pengertian bahwa fraksi mineralnya secara nyata kurang dari setengah berat tanah, dan hanya menyusun persentasi kecil dari volume tanah.

Perbedaan antara tanah mineral dan tanah organik dapat dilihat dari kandungan karbon organiknya. Tanah-tanah yang kandungan karbon organiknya melampaui batas karbon organik yang didefinisikan untuk tanah mineral, memiliki fraksi koloidal yang didominasi oleh mineral berkisi pendek atau didominasi oleh kompleks humus-aluminium. Fraksi mineral dalam tanah-tanah ini dipercaya memberikan lebih banyak kontrol terhadap sifat-sifat tanah daripada fraksi organiknya.

Apabila suatu tanah memiliki horizon organik dan horizon mineral, ketebalan relatif dari bahan tanah organik dan bahan tanah mineral harus dipertimbangkan. Ketebalan horizon diukur dari permukaan tanah, baik itu merupakan permukaan suatu horizon mineral maupun horizon organik. Oleh karena itu, sebaran horizon O di permukaan dianggap suatu horizon organik, apabila horizon tersebut memenuhi persyaratan bahan tanah organik sebagaimana didefinisikan kemudian, dan ketebalannya ditambahkan pada sebaran horizon organik lain untuk menetapkan ketebalan total dari bahan tanah organik.

**Penutup**

Demikian perkuliahan ke tiga dan empat ini tersaji mengenai "Identifikasi tanah" yang menguraikan dengan jelas mengenai identifikasi tanah serta menjelaskan bahan tanah mineral dan orgnik. Perkuliahan ke lima akan kita lanjutkan dengan membahas "Tanah Kolam".

**Rangkuman**

Tanah dapat didefinisi dalam tiga kelompok yaitu:(1) Berdasarkan pandangan ahli geologi; (2) Berdasarkan pandangan ahli ilmu alam murni; dan (3) Berdasarkan pandangan ilmu pertanian. Berdasarkan pendekatan Geologis, tanah dapat didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus).

Fungsi tanah dapat dibagi menjadi tiga yaitu : 1) fungsi tanah secara fisik adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran sebagai penopang tumbuh tegaknya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan hara ke akar tanaman; 2) fungsi tanah secara kimiawi adalah sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi (baik berupa senyawa organik maupun anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial, seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn, B, Cl); dan 3) fungsi tanah secara biologi sebagai habitat dari organisme tanah yang turut berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan senyawa-senyawa aditif bagi tanaman. Integritas dari ketiganya (fisik, kimiawi, dan biologi) secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomass dan produksi baik berupa tanaman untuk bidang pertanian dan sebagai media budidaya ikan yang menghasilkan biomass (tanaman air) dan produksi ikan.

Tujuan klasifikasi tanah adalah: 1) menata pengetahuan tentang tanah; 2) mengetahui hubungan masing-masing individu yang satu dengan lainnya; 3) memudahkan mengingat sifat-sifat tanah; 4) mengelompokkan tanah untuk tujuan yang lebih praktis : menaksir sifat tanah, menentukan lahan terbaik, menduga produktivitas tanah, menentukan areal untuk penelitian; 5) mempelajari hubungan sifat-sifat tanah yang baru; dan 6) *agrotechnology transfer* (alih teknologi pertanian).

Frofil tanah kolam dapat dibagi atas : 1) Lapisan penjonjotan = F (*flocculent layer*) 1 - <2 cm, 2) Lapisan campuran TDK = S (*mixed sediment layer*) 2-5 cm, 3) Lapisan TDK matang dan mantap = M (*matures stable sediment*) 5-15 cm, dan 4) Lapisan peralihan = T (*transitional layer*) 15-20 cm. 5) Lapisan dasar kolam asli dan tidak terusik (P = *parent layer/original undisturbed pond bottom*) > 20 cm mencerminkan kondisi tanah asli lokasi kolam berada.

**Soal Latihan**

Jawablah semua pertanyaan di bawah ini dengan cermat dan jelas

1. Sebutkan dasar-dasar klasifikasi tanah menurut Dudal-Soepraptohardjo ?
2. Jelaskan simbol huruf kapital yang dipakai dalam penamaan horizon tanah ?
3. Gambarkan dan jelaskan profil tanah kolam?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Boyd. C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**. Chapman & Hall. United States of America. 340 pp.
2. Foth, H.D. 1984. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley & Sons Inc.777 pp.
3. Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.R. Saul., M.A. Diha., G.B. Hong dan H. Bailey., 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
4. Soil Survey Staff. 1990. **Key to Soil Taxonomy**, 4th Ed. Soil Management Support Service, Technical Monograph Number 19. Virginia Polytechnical Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA. 541 p.
5. Soil Survey Staff. 1998. **Kunci Taksonomi Tanah**. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian, Republik Indinesia. 716 halaman.

# BAB IV. Tanah Kolam

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan tanah kolam, reaksi dan proses-proses yang terjadi pada tanah kolam serta pertukaran substansi terlarut antara tanah dana air.

## 4.1. Pendahuluan

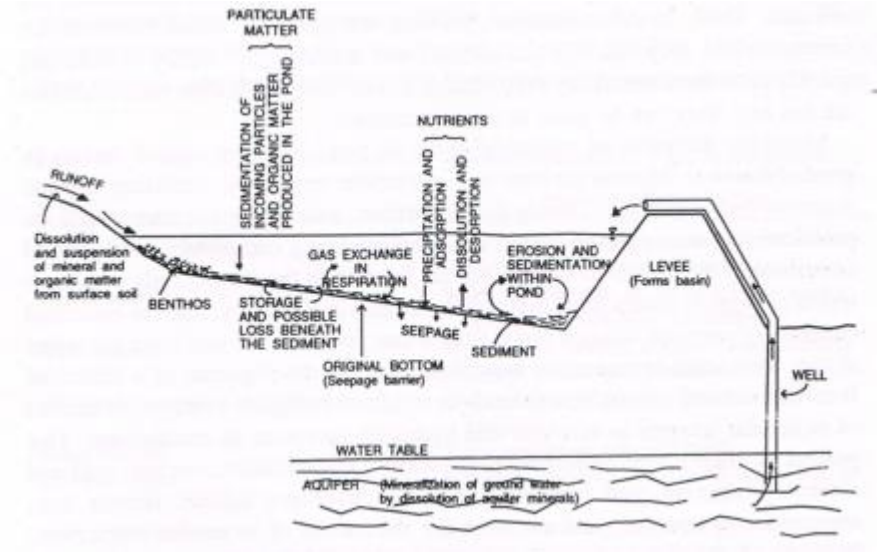
Air adalah media di mana budidaya dilakukan, dan banyak yang telah ditulis tentang pasokan air, kualitas air, dan manajemen kualitas air untuk kolam/tambak. Tanah juga merupakan faktor kunci dalam akuakultur, tapi lebih sedikit perhatian yang diberikan untuk kondisi tanah daripada pasokan air dan kualitas air. Sebagian kolam yang buili dari dan ir minyak. Banyak senyawa terlarut dan tersuspensi dalam air yang berasal dari kontak dengan tanah. Bawah tanah tambak adalah gudang untuk banyak senyawa yang menumpuk di ekosistem kolam, dan kimia dan proses biologi yang terjadi di lapisan permukaan tanah tambak mempengaruhi kualitas air dan produksi akuakultur. Pemahaman tentang sifat tanah dan reaksi dan proses dalam tanah dapat berguna dalam kolam budidaya.

## 4.2. Tanah Kolam

Bahan menyusun bagian bawah sungai, danau, dan kolam dikenal sebagai sedimen, lumpur, atau tanah. Istilah-istilah ini, sering digunakan secara bergantian, menggambarkan bahan dasar di kolam, dan mereka mungkin busur sama-sama diterima bagi sebagian besar pembaca. Kolam/tambak biasanya terbuat dari tanah asli darat, dan ketika kolam diisi

dengan air bagian bawah menjadi basah. Menurut kamus, campuran bahan padat dan air dapat disebut lumpur. Bahan padatan yang berada di air menuju dasar kolam dan menutupi bagian dasar kolam selanjutnya disebut sedimen. Pada kolam yang lebih tua, lapisan sedimen mungkin beberapa cm ketebalannya. Dengan demikian istilah sedimen yang sering digunakan lebih mengacu pada padatan yang menetap di dasar kolam. Ilmuwan tanah kolam dan agrikulturis lainnya merujuk ke bagian dari permukaan bumi di mana tanaman tumbuh dan melapuk sebagai tanah. Di situs lain tanah mungkin telah terbentuk dan disimpan sebagai sedimen. Namun demikian, lapisan permukaan bumi pada kedua situs disebut tanah untuk agriculturis. Budidaya yang menggunakan kolam tanah dapat diistilahkan sebagai tanah dasar tambak atau kolam. Namun, di beberapa tempat dilakukan identifikasi lapisan atas tanah kolam/tambak sebagai sedimen untuk membedakannya dari tanah kolam asli.

Fungsi dasar tanah tambak diilustrasikan pada Gambar 6. Tanggul kolam dibentuk dari tanah, tanah juga membentuk penghalang bagi rembesan air sehingga kolam mampu menahan air. Kolam tanah pada Gambar 6 menerima air dari limpasan dan sumur. Beberapa kolam dapat diisi dengan air limpasan, air dipompa dari sungai atau danau, atau air dari muara. Air permukaan dan air tanah yang digunakan untuk mengisi kolam. Tanggul kolam menjaga ketinggian air dalam kolam dan senyawa terlarut serta tersuspensi melalui kontak dengan tanah dan bahan geologi lainnya. Kontak lebih lanjut dan pertukaran antara air dan tanah terjadi saat air masuk ke kolam.




Gambar 6. Fungsi dasar dari kolam tanah

Senyawa terus menetap dari air kolam ke dasar tambak, misalnya. padatan tersuspensi di perairan permukaan yang masuk kolam, partikel tanah dan bahan organik yang terkikis dari dasar tambak dan bagian dalam tanggul oleh arus air dan gelombang, pupuk dan pakan dimakan dari input manajemen, dan sisa-sisa tumbuhan dan hewan yang diproduksi di dalam kolam. Senyawa ini juga dapat memasuki fase padat tanah dari fase berair melalui pertukaran ion, adsorpsi, dan curah hujan. Misalnya, kalium dalam air dapat ditukar dengan kation lain di tanah, fosfor dapat terserap oleh tanah, kalsium karbonat yang dapat memngendap dari larutan dan menjadi bagian dari matriks tanah dasar.

Senyawa yang masuk ke tanah dapat disimpan secara permanen, atau mereka dapat berubah menjadi senyawa lain secara fisik, kimia, atau biologis dan hilang dari ekosistem tambak. Untuk menggambarkan, fosfor diserap oleh tanah tambak dan masuk ke dalam sedimen dan hilang dari peredaran dalam kolam fosfor tersedia. Bahan organik diendapkan di dasar tambak biasanya terurai menjadi karbon anorganik dan dilepaskan ke air

sebagai karbon dioksida. Senyawa nitrogen dapat denitrified oleh mikroorganisme tanah kolam dan hilang ke atmosfer sebagai gas nitrogen.

Bakteri, jamur, ganggang, tanaman air, invertebrata kecil, dan organisme lain yang dikenal sebagai benthos hidup di tanah dasar kolam. Krustasea dan bahkan beberapa spesies ikan menghabiskan banyak waktu mereka di bagian bawah, dan banyak spesies ikan bertelur di sarang dibangun di bagian bawah. Benthos berfungsi sebagai makanan bagi beberapa spesies akuakultur; dan juga terlibat dalam pertukaran gas, produktivitas primer dan sekunder, dekomposisi, dan siklus hara.

Senyawa yang disimpan dalam kolam tanah dapat dilepaskan ke air melalui pertukaran, penguraian , dan dekomposisi. Pelepasan ion anorganik atau senyawa dari tanah ke dalam air melalui pertukaran atau penguraian hanya terjadi sampai kesetimbangan diperoleh antara fase padat dan larutan senyawa tersebut. Ekuilibrium konsentrasi senyawa terlarut adalah suatu pertimbangan penting dalam pengelolaan tambak. Ekuilibrium konsentrasi nutrisi mungkin terlalu rendah untuk pertumbuhan fitoplankton yang optimal, atau kesetimbangan konsentrasi logam berat mungkin cukup tinggi untuk menyebabkan toksisitas pada hewan air, dekomposisi mikroba sangat penting karena bahan organik dioksidasi menjadi karbon dioksida dan amonia dan nutrisi mineral lainnya dibebaskan. Dengan demikian, dalam dekomposisi, karbon, nitrogen, dan elemen lainnya dimineralisasi atau didaur ulang. Karbon dioksida dan amonia sangat larut dan cepat masuk ke air. Mereka dapat digunakan sebagai nutrisi, tetapi jika konsentrasi mereka terlalu tinggi mereka dapat menjadi racun bagi hewan air.

Aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam tanah tambak merupakan faktor penting dalam dinamika kolam. Mikroorganisme menggunakan molekul oksigen dalam oksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida. Selama dekomposisi, senyawa organik terlarut yang diproduksi dapat memasuki air kolam sebelum benar-benar teroksidasi dan berkontribusi terhadap fraksi  bahan organik terlarut di dalam air. Tanah dengan input besar bahan organik memiliki tingkat aktivitas mikroba, dan komunitas mikroba dapat menggunakan oksigen lebih cepat daripada yang dapat menembus tanah dari air di atas. Hal ini menyebabkan kondisi

anaerobik dan pengembangan flora mikroba yang dapat menggunakan senyawa organik atau senyawa anorganik yang teroksidasi tanpa molekul oksigen sebagai akseptor elektron dan hidrogen dalam metabolisme. Proses ini sering disebut respirasi anaerob. Denitrifikasi, asam organik dan produksi alkohol, dan pembentukan nitrit, hidrogen sulfida, besi, mangan manganous, dan metana adalah hasil respirasi anaerobik. Produk respirasi anaerob yang masuk ke air, dan beberapa beracun bagi hewan air. Singkatnya, kolam tanah bermanfaat bagi ekosistem tambak sebagai baskom untuk menahan air, gudang berbagai senyawa kimia, habitat tumbuhan dan hewan, dan pusat daur ulang nutrisi. Hal ini juga dapat mengarahkan kebutuhan oksigen besar, menjadi anaerobik, dan menjadi sumber senyawa terlarut beracun.

### 4.3. Sifat Kritis Tanah

Tanah terdiri dari batuan mineral dan bahan organik. Mereka adalah produk dari interaksi antara bahan induk, iklim, dan aktivitas biologis. Hal ini juga diketahui bahwa tanah berbeda dari satu tempat ke tempat lain di permukaan bumi, dan di bawah situs tertentu dari profil tanah terdiri dari lapisan horizontal yang merubah karakteristik dengan kedalaman di bawah permukaan tanah. Tanah telah dipelajari dengan sangat rinci, dan karakteristik tanah yang diinginkan untuk keperluan pertanian dan rekayasa telah diidentifikasi dan diklasifikasikan. Masih banyak yang belum diketahui tentang karakteristik yang diinginkan tanah untuk tambak, tetapi ada informasi yang tersedia untuk mengidentifikasi beberapa faktor kritis sebagaimana yang terlihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pemilihan sifat tanah yang mempengaruhi Manajemen Budidaya Kolam

| Properti | Proses yang mempengaruhi kolam |
|---|---|
| Ukuran partikel dan tekstur | Erosi dan sedimentasi, stabilitas kolam galian, rembesan, kesesuaian habitat dasar kolam |
| pH dan Asiditas | Ketersediaan nutrien, aktivitas mikrobiologi, produktivitas organisme dasar, toksisitas ion hidrogen |
| Bahan Organik | Stabilitas kolam galian, kebutuhan oksigen, suplai nutrien, kesesuaian habitat dasar kolam |
| Konsentrasi Nitrogen dan Rasio C:N | Dekomposisi bahan organik, ketersediaan nutrien |
| Potensial redoks | Produksi tokan, kelarutan mineral |
| Kedalaman sedimen | Mengurangi volume kolam, kesesuaian habitat dasar kolam |
| Konsentrasi Nutrien | Ketersediaan nutrien dan produktivitas |

Fraksi yang paling aktif dari tanah adalah partikel tanah liat, karena muatan listrik dan luas permukaan yang besar, dan bahan organik, karena ketersediaan biologis dan reaktivitas kimia yang tinggi. Ruang pori antara fragmen mineral dengan bahan organik kering di tanah diisi dengan udara dan air. Dalam tanah tergenang, udara dipindahkan sepenuhnya oleh air. Ini sangat menghambat pergerakan oksigen ke dalam kolam tanah, karena oksigen harus bergerak secara difusi atau dilakukan bersama dengan air yang merembes melalui tanah. Tanah yang bertekstur kasar bila terendam secara normal maka oksigen lebih baik daripada yang bertekstur halus. Tanah tambak sering bertekstur halus karena mereka biasanya memiliki kandungan liat setidaknya 20-30% untuk membatasi rembesan, dan mereka biasanya memiliki persentase yang lebih tinggi terhadap bahan organik daripada tanah darat di daerah sekitarnya. Tanah tambak biasanya sangat reaktif, memiliki permintaan oksigen yang tinggi, dan cenderung menjadi anaerobik.

Selain tekstur dan kandungan bahan organik, senyawa kimia tertentu dalam tanah mungkin memiliki efek terhadap perikanan budidaya. Tanah

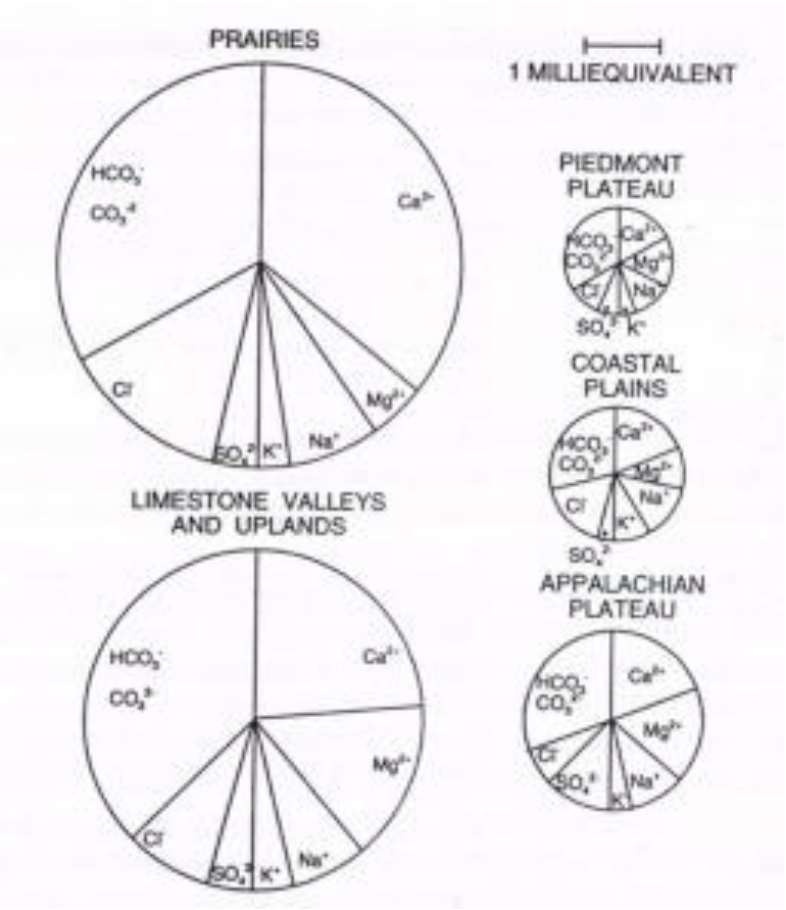
yang telah sangat lapuk dan mengandung jumlah yang cukup dari oksida aluminium hidroksida dan bersifat asam, dan perairan yang berinteraksi dengan tanah asam memiliki konsentrasi alkalinitas total yang rendah dan berpengaruh buruk dalam membuffer perubahan pH. Kehadiran pirit besi dalam kolam tanah aerobik dapat menyebabkan keasaman ekstrim karena asam sulfat diproduksi oleh oksidasi pirit. Kalsium karbonat bebas di tanah menyebabkan konsentrasi total alkalinitas dan total kesadahan tinggi pada permukaan air. Konsentrasi dan proporsi ion utama di permukaan air diatur oleh jenis batuan dan tanah yang berinteraksi dengan air dan jumlah curah hujan relatif terhadap penguapan. Di daerah dengan batauan mudah lapuk atau tanah yang subur, air permukaan biasanya lebih tinggi daripada proses mineralisasi Arcas yang sulit melapuk atau tidak subur. Pengaruh permukaan air dan iklim lebih tinggi terhadap pembentukan mineral dibandingkan iklim lembab. Dalam suatu wilayah tambak dengan jenis tanah yang berbeda mendapat pengaruh iklim akan memiliki derajat mineralisasi yang berbeda dan proporsi yang berbeda dari ion utama, seperti digambarkan pada Gambar 7. untuk kolam Alabama.

Empat sifat kualitas tanah yang paling penting untuk produksi akuakultur adalah tekstur, kandungan bahan organik, pH, dan ada tidaknya senyawa tertentu yang larut mungkin bermanfaat atau berbahaya bagi kualitas air. Ketika tanah kolam tergenang, perubahan yang paling nyata dalam komposisi mereka adalah hilangnya ruang pori dan akumulasi dari bahan organik secara bertahap.

### 4.4. Reaksi dan Proses

Beberapa reaksi penting dan proses yang mengendalikan interaksi tanah kolam dengan air terangkum dalam Tabel 11. Meskipun fenomena ini terjadi di tambak, semua belum diteliti secara mendalam. Kita sering harus bergantung pada temuan dari ilmu tanah dan disiplin lainnya ketika menggambarkan banyak dari mereka. Berikut ini adalah hambatan besar untuk memahami interaksi tanah - air kolam : (1) sebagian besar reaksi dan proses terjadi secara terus menerus dan secara bersamaan; (2) dua atau lebih reaksi dapat bersaing untuk reaktan yang sama; (3) proses dan reaksi yang berbeda saling tergantung dapat terjadi pada tingkat yang berbeda; dan (4)

sulit untuk memahami lebih dari satu atau dua reaksi atau proses pada satu waktu, dan sering komponen yang diperlukan hanya dapat diisolasi dan dipelajari dalam sistem laboratorium. Dalam hal ini, sebagian besar reaksi dan proses dibahas secara individual. Pembaca yang ingin memahami reaksi dan proses individual, tetapi mereka juga harus berusaha mengembangkan hubungan dari sistem interaksi tanah - air kolam secara keseluruhan. Pandangan seperti ini penting dalam menilai pengaruh tanah tambak dalam situasi pengelolaan tambak secara praktis.




Gambar 7. Diagram pie untuk proporsi ion utama dalam perairan tambak dari lima bidang tanah di Alabama. Diameter lingkaran sebanding dengan tingkat mineralisasi air dalam milieqiuvalen per liter. (Sumber: Arce dan Boyd).

## 4.5. Tanah dan Produksi Budidaya

Penelitian dan pengamatan praktis jelas mengungkapkan bahwa tanah tambak mempengaruhi kualitas air dan produksi. Dalam produksi akuakultur ekstensif, hasil yang lebih baik di daerah di mana kolam tanah berpH netral daripada menempatkannya di tanah tidak subur. Kolam dipupuk dengan tanah asam biasanya memiliki produksi ikan lebih rendah daripada yang dipupuk dengan kolam tanah mendekati netral atau sedikit basa. Kolam dengan konsentrasi bahan organik yang tinggi dapat mengembangkan zona anaerobik, dan metabolit beracun dapat menghambat pertumbuhan aktivitas mikroba atau bahkan menyebabkan kematian tanaman akuakultur. Banerjea membuat studi ekstensif dari kondisi tanah kolam di India dan menemukan bahwa pH dan konsentrasi karbon, nitrogen, dan fosfor dalam tanah mempengaruhi potensi tambak dalam produksi ikan.

## 4.6. Manajemen Tanah Kolam

Teknik yang tersedia untuk mengatasi sifat-sifat tanah di lokasi konstruksi kolam dan mengontrol rembesan dibahas oleh Yoo dan Boyd. Setelah kolam selesai dibangun dan produksi akuakultur dimulai, beberapa teknik secara luas digunakan untuk mengatasi kekurangan kondisi kolam tanah. Pupuk dapat diterapkan secara berkala untuk menggantikan fosfor yang terikat oleh tanah dasar. Kolam yang dikapur dapat meningkatkan kandungan pH tanah dasar sehingga air kolam akan memiliki alkalinitas total memadai dan kesadahan total untuk produksi hewan akuatik. Perangkat sirkulasi aerasi dan air dapat digunakan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air dan pada dasar tambak. Cekungan sedimentasi dapat digunakan untuk menghilangkan partikel tanah yang tersuspensi di air sebelum ditambahkan ke kolam. Pada selang waktu antar tanaman, dasar tambak sebaiknya sering dikeringkan dan digarap untuk meningkatkan aerasi

dan mempercepat dekomposisi bahan organik. Prosedur pengelolaan tanah tambak lebih dalam akan dibahas pada materi berikutnya.

Table 13. Reaksi Fisika, Kimia dan Biologi yang terpilih terjadi pada tanah kolam atau interfase tanah – air

| Fenohmena | Contoh |
|---|---|
| **Reaksi:** | |
| Dissolusi | $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \Leftrightarrow Ca^{2+} + 2HC0_3^-$ |
| Presipitasi | $Al^{3+} + H_2P_4^- + 2H_20 \Leftrightarrow Al(OH_3)H_2P0_4 + 2H^+$ |
| Hidrolisis | $Al^{3+} + 3H_20 \Leftrightarrow Al(0H)_3 + 3H^+$ |
| Netralisasi | $HCO_3^- + H^+ \Leftrightarrow H_20 + CO_2$ |
| Oksidasi | $NH_4^+ + 20_2 \Leftrightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_20$ |
| Reduksi | $SO_4^{2-} + 4H_2 \Leftrightarrow S^{2-} + 4H_2O$ |
| Formasikomplek | $Cu^{2+} + CO_3^{2-} \Leftrightarrow CuCO_3^0$ |
| Adsorpsi | Adsorpsi fosfor pada koloid tanah |
| Pertukaran Kation | K (tanah) $\Leftrightarrow K^+$ (air) |
| Hidrasi | $Al_2O_3 + 3H_2O \Leftrightarrow Al_20_2 + 3H_2O$ |
| **Proses:** | |
| Sedimentasi | Partikel tanah limpasan mengendap dasar kolam |
| Dekomposisi | Mikroorganisme memecah bahan organik tanah: $CH_2O + O_2 \Leftrightarrow CO_2 + H_20$. |
| Fotosintesis Oksigen: | Bentik alga menghasilkan bahan organik dan melepaskannya $6CO_2 + 6H,O \Leftrightarrow C_6H_{12}0_6 + 60_2$ |
| Difusi | Oksigen berdifusi ke tanah dasar dari air di atas |
| Merembes | Air yang membawa senyawa terlarut merembes ke bawah ke dalam kolam tanah tambak tanah |
| Erosi | Arus air di kolam mengikis tanah dasar |
| Suspensi | Partikulat terkikis dari bawah ditangguhkan dalam air kolam |

## 4.7. Analisis Tanah Kolam

Banyak prosedur yang tersedia untuk menganalisis sifat-sifat tanah untuk keperluan pertanian dan rekayasa. Uji tanah seringkali dibuat untuk pemilihan lokasi kolam. Ada beberapa analisis tanah digunakan dalam pengelolaan kolam/tambak. Sampel tanah dasar kolam kadang-kadang dianalisis untuk jenis dan kelimpahan organisme bentik, dan pengukuran respirasi tanah kolam. Analisis kimia yang paling populer adalah pH, bahan organik, dan kebutuhan kapur. Analisis hara tanah bisa memberikan pedoman yang dapat diandalkan untuk pemupukan kolam. Analisis tanah kolam/tambak untuk logam berat bisa digunakan untuk mengidentifikasi tingkat toksisitas.

## 4.8. Prospek Budidaya

Ketika Boyd terlibat dalam penelitian akuakultur pada tahun 1960, hampir tidak ada kepentingan dalam pengelolaan kualitas air. Kebanyakan peneliti prihatin dengan pemilihan spesies yang cocok, teknik kultur umum, penyakit dan parasit, dan gizi. Produksi relatif rendah, dan kualitas air bukanlah pembatas yang serius dalam sistem budaya, karena tingkat produksi meningkat, kualitas air menjadi pertimbangan yang lebih serius.

Banyak penelitian telah dilakukan pada kualitas air di tambak selama 10-15 tahun terakhir, dan beberapa prosedur manajemen yang sangat efektif telah dikembangkan, sehingga sebuah situasi di mana kualitas air dapat dipertahankan dalam kisaran yang diinginkan, tetapi di atas tingkat produksi tertentu, ikan dan udang tumbuh buruk dan memiliki kelangsungan hidup yang rendah. Boyd berpikir bahwa salah satu alasan utama untuk mengatasi keterbatasan yang baru diberlakukan terletak pada kondisi tanah kolam/tambak. Kelihatannya juga bahwa perlu diatasi mengenai penempatan pembuangan limbah tambak, selama air masih dapat dipertahankan dalam kolam dalam waktu yang lama dan produk-produk

limbah dari budidaya harus dapat terdegradasi dalam kolam daripada dibuang ke perairan alami. Pemeliharaan kondisi tanah yang baik akan lebih sulit di kolam yang tidak dapat dikeringkan setelah siap tanama. Boyd menduga bahwa akan ada banyak keprihatinan atas tanah tambak selama 10 sampai 20 tahun mendatang, sehingga diharapkan pengetahuan yang berkembang dengan mempelajari tanah dasar kolam/tambak sangat berguna bagi masyarakat akuakultur, pengetahuan kolam tanah yang memadai dapat membantu dalam memberikan jawaban atas banyak pertanyaan praktisi budidaya kolam yang menggunakan tanah sebagai media budidayanya.

**Penutup**

Demikian perkuliahan ke lima ini tersaji mengenai "Tanah Kolam" yang menguraikan dengan jelas mengenai tanah kolam, reaksi dan proses-proses yang terjadi pada tanah kolam serta pertukaran substansi terlarut antara tanah dana air. Perkuliahan ke enam dan tujuh akan kita lanjutkan dengan membahas "Ketersediaan Hara Pada Tanah Kolam".

**Rangkuman**

Tanah dapat didefinisi dalam tiga kelompok yaitu:(1) Berdasarkan pandangan ahli geologi; (2) Berdasarkan pandangan ahli ilmu alam murni; dan (3) Berdasarkan pandangan ilmu pertanian. Berdasarkan pendekatan Geologis, tanah dapat didefinisikan sebagai lapisan permukaan bumi yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami serangkaian pelapukan oleh gaya-gaya alam, sehingga membentuk regolit (lapisan partikel halus).

Fungsi tanah dapat dibagi menjadi tiga yaitu : 1) fungsi tanah secara fisik adalah sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya perakaran sebagai penopang tumbuh tegaknya tanaman dan menyuplai kebutuhan air dan hara ke akar tanaman; 2) fungsi tanah secara kimiawi adalah sebagai gudang dan penyuplai hara atau nutrisi (baik berupa senyawa organik maupun anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial, seperti: N, P, K, Ca, Mg, S, Cu,

Zn, Fe, Mn, B, Cl); dan 3) fungsi tanah secara biologi sebagai habitat dari organisme tanah yang turut berpartisipasi aktif dalam penyediaan hara tersebut dan senyawa-senyawa aditif bagi tanaman. Integritas dari ketiganya (fisik, kimiawi, dan biologi) secara integral mampu menunjang produktivitas tanah untuk menghasilkan biomass dan produksi baik berupa tanaman untuk bidang pertanian dan sebagai media budidaya ikan yang menghasilkan biomass (tanaman air) dan produksi ikan.

Tujuan klasifikasi tanah adalah: 1) menata pengetahuan tentang tanah; 2) mengetahui hubungan masing-masing individu yang satu dengan lainnya; 3) memudahkan mengingat sifat-sifat tanah; 4) mengelompokkan tanah untuk tujuan yang lebih praktis : menaksir sifat tanah, menentukan lahan terbaik, menduga produktivitas tanah, menentukan areal untuk penelitian; 5) mempelajari hubungan sifat-sifat tanah yang baru; dan 6) *agrotechnology transfer* (alih teknologi pertanian).

Frofil tanah kolam dapat dibagi atas : 1) Lapisan penjonjotan = F (*flocculent layer*) 1 - <2 cm, 2) Lapisan campuran TDK = S (*mixed sediment layer*) 2-5 cm, 3) Lapisan TDK matang dan mantap = M (*matures stable sediment*) 5-15 cm, dan 4) Lapisan peralihan = T (*transitional layer*) 15-20 cm. 5) Lapisan dasar kolam asli dan tidak terusik (P = *parent layer/original undisturbed pond bottom*) > 20 cm mencerminkan kondisi tanah asli lokasi kolam berada.

**Soal Latihan**

1. Jelaskan bagaimana zat hara bisa berkumpul di tanah kolam dan terlepas ke air kolam ?
2. Jelaskan sifat tanah yang mempengaruhi manajemen budidaya kolam ?
3. Sebutkan proses apa saja yang terjadi pada tanah dasar kolam ?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Boyd. C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**. Chapman & Hall. United States of America. 340 pp.
2. Foth, H.D. 1984. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley & Sons Inc.777 pp.
3. Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.R. Saul., M.A. Diha., G.B. Hong dan H. Bailey., 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
4. Hardjowigeno, S., 2003. **Ilmu Tanah**. Akademika Pressindo. Jakarta.286 hal.
5. Jusop, S., 1981. **Asas Sains Tanah**. Universitas Pertanian Malaysia. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur. 273 hal.
6. Nyakpa, M. Y., A. M. Lubis, M. A. Pulung, A.G. Amrah, A. Munawar, G. B. Hong dan N. Hakim. 1988. **Kesuburan Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 258 hal.

# BAB V. Ketersediaan Hara pada Tanah Kolam

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan ketersediaan hara dalam tanah kolam, dan pengaruh pH terhadap ketersediaan hara.

## 5.1. Pendahuluan

Unsur hara yang larut dalam larutan-tanah berasal dari beberapa sumber seperti pelapukan mineral primer, dekomposisi bahan organik, deposisi dari atmosfer, aplikasi pupuk, air irigasi, rembesan air tanah dari tempat lain, dan lainnya. Unsur hara yanga berada di daratan ini akhirnya akan mengikuti aliran air menuju genangan air seperti kolam, rawa-rawa, danau, sungai dan terbawa aliran air menuju ke laut.

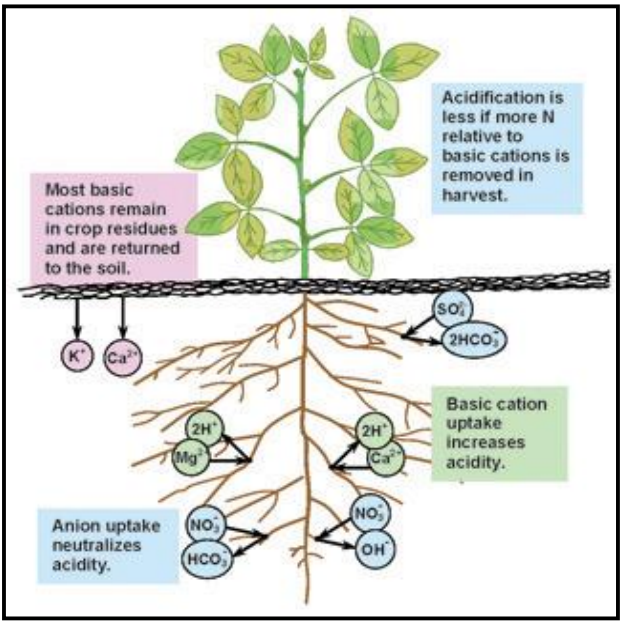
Ion-ion nitrat dan khlorida sangat mudah larut dan lazimnya tidak membentuk senyawa yang tidak-larut dengan komponen tanah. Akibat-nya nitrat dan khlorida yang ditambahkan ke tanah akan tetap berbentuk anion dalam larutan tanah hingga diserap oleh akar tanaman atau jasad renik, tercuci, atau mengalami reaksi denitrifikasi nitrat. Anion sulfat dalam tanah-tanah netral dan alkalis mempunyai perilaku yang serupa dengan nitrat, tetapi dalam tanah-tanah masam cenderung untuk dijerap oleh koloid tanah. Kebanyakan unsur hara lainnya membentuk beberapa tipe senyawa yang kurang melarut dan cenderung mempertahankan konsentrasi kesetimbangan dalam larutan tanah. Dengan demikian kation-kation larut air akan berkesetimbangan dengan kation tukar; kation-kation seperti Cu dan Zn mempunyai ciri-ciri asam Lewis (sebagai aseptor elektron) dapat membentuk kompleks dengan bahan organik tanah; ion ferri dan Al

membentuk hidroksida atau oksida hidrous yang tidak melarut; fosfor membentuk senyawa Fe-fosfat, Al-fosfat dan Ca-fosfat yang tidak melarut.

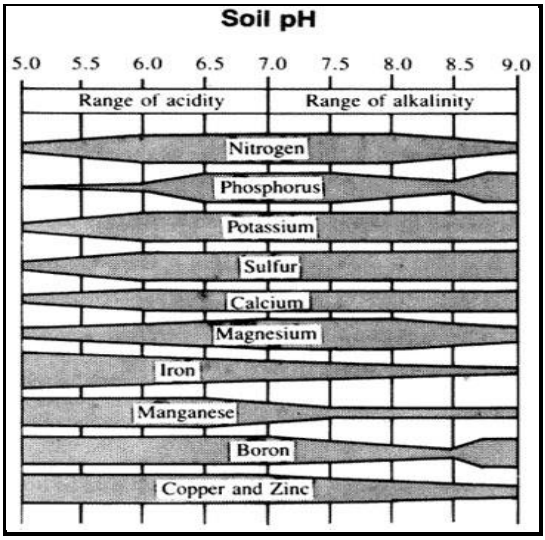
## 5.2. Ketersediaan Hara Dalam Tanah

Kondisi pH tanah merupakan faktor penting yang menentukan kelarutan unsur yang cenderung berkesetimbangan dengan fase padatan, sebagaimana terlihat pada Tabel 14. Kelarutan oksida-oksida hidrous dari Fe dan Al secara langsung tergantung pada konsentrasi hidroksil ($OH^-$) dan menurun ketika pH meningkat. Kation hidrogen ($H^+$) bersaing secara langsung dengan kation-kation asam Lewis lainnya membentuk tapak kompleksi, dan oleh karenanya kelarutan kation kompleks seperti Cu dan Zn akan meningkat dengan menurunnya pH. Konsentrasi kation hidrogen menentukan besarnya KTK tergantung-muatan (*dependent charge*) dan dengan demikian akan mempengaruhi aktivitas semua kation tukar. Kelarutan Fe-fosfat, Al-fosfat dan Ca-fosfat sangat tergantung pada pH, demikian juga kelarutan anion molibdat ($MoO_4$) dan sulfat yang terjerap. Anion molibdat dan sulfat yang terjerap, dan fosfat yang terikat Ca kelarutannya akan menurun kalau pH meningkat. Selain itu, pH juga mengendalikan kelarutan karbonat dan silikat, mempengaruhi reaksi-reaksi redoks, aktivitas jasad renik, dan menentukan bentuk-bentuk kimia dari fosfat dan karbonat dalam larutan tanah. Pengasaman mineral silikat dapat menggeser "muatan patahan" dari negatif menjadi positif. Beberapa reaksi penting yang terpengaruh oleh pH.

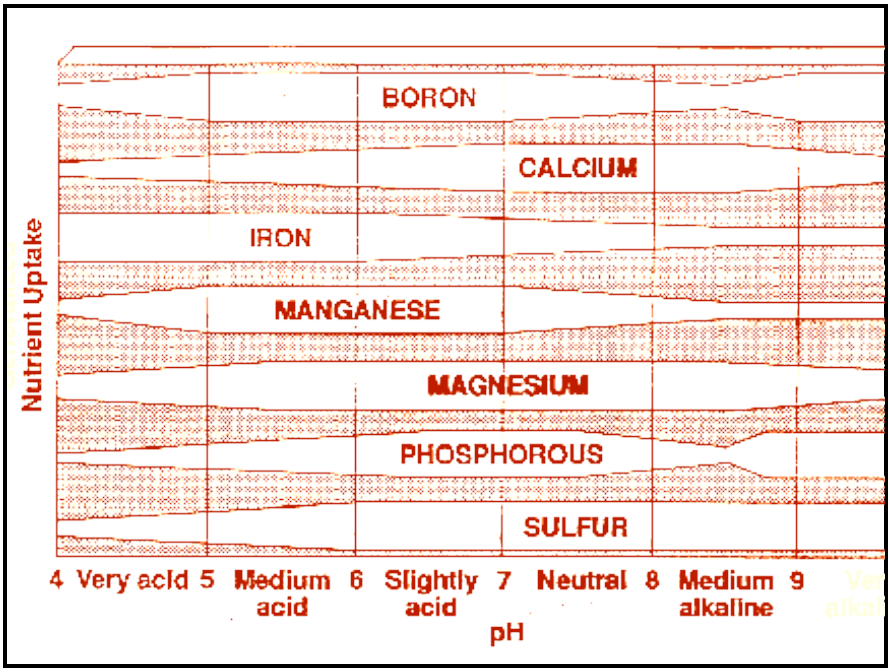
Pengaruh pH tanah terhadap ketersediaan hara dalam tanah bagi tanaman. Pita lebar menyatakan bentuk hara elebih tersedia (lebih mudah diserap) oleh akar tanaman, pada berbagai nilai pH terlihat pada Gambar 8, 9 dan 10 di bawah ini.




Gambar 8. Kation yang terserap oleh tanaman dengan meningkatnya kemasaman tanah dan anion yang terserap pada kondisi kemasaman tanah yang ternetralisir.
Sumber: elkhorn.unl.edu/epublic/pages/publicationD.js...




Gambar 9. Pengaruh pH tanah terhadap ketersediaan hara.
Sumber: http://extension.missouri.edu/p/G9102




Gambar 10. Penyerapan dan ketersediaan hara juga dipengaruhi oleh pH tanah.

Sumber: http://www2.mcdaniel.edu/Biology/botf99/nutrition/soils.htm

Tabel 14. Pengaruh kemasaman terhadap beberapa reaksi yang berlangsung dalam tanah

| No | Gugusan yang terpengaruhi | Reaksi-reaksi umum |
|---|---|---|
| 1. | Hidroksida dan | $xAl_3^+ + 3xOH^- \Leftrightarrow AlxOH(3x-y)^{y+} + yOH^- \Leftrightarrow xAl(OH)_3$ |
| | Oksida | $xFe_3^{++}\ 3xOH^- \Leftrightarrow FexOH(3x-y)y^+ + yOH^-$ |
| | | $xFe(OH)_3 \Leftrightarrow 0.5xFe_2O_3 + 3x\ H_2O$ |
| 2. | Karbonat | $CaCO_3 + 2H^+ \Leftrightarrow Ca^{++} + CO_2 + H_2O$ |
| 3. | Kompleks*) | $CuCh + 2H^+ \Leftrightarrow Cu^{++} + H_2Ch$ |
| 4. | Fosfat | $Fe(OH)_2H_2PO_4 + OH^- \Leftrightarrow Fe(OH)_3 + H_2PO_4^-$ |
| | | $Al(OH)_2H_2PO_4 + OH^- \Leftrightarrow Al(OH)_3 + H_2PO_4^-$ |

| | | |
|---|---|---|
| | | $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2 + 14H^+ \Leftrightarrow 10Ca^{++} + 6H_2PO_4^- + 2H_2O$ |
| 5. | Silikat | $Mg_2SiO_4 + 4\,H^+ \Leftrightarrow 2Mg^{++} + Si(OH)_4$ |
| | | $SiO_2 + H_2O + OH^- \Leftrightarrow OSi(OH)_3^-$ |
| 6. | KTK (tergantung pH) | $M^+X^- + H^+ \Leftrightarrow M^+ + HX$ (**) |
| 7. | Muatan pada patahan silikat | Si — O — Al $^{0.5-}$ + $H^+$ ⇔ Si — OH — Al $^{0.5+}$<br>$Al\text{-}OH^{0.5-} + H^+ \Leftrightarrow Al\text{-}OH_2^{\ 0.5+}$ |
| 8. | Sistem redoks | $Mn_2^+ + H_2O + O_2 \Leftrightarrow 2\,H^+ + MnO_2$<br>$2Fe_2^+ + 5\,H_2O + O_2 \Leftrightarrow 4H^+ + 2Fe(OH)_3$<br>$H_2S + 2O_2 \Leftrightarrow 2H^+ + SO_4^=$<br>$NH_4^+ + 2O_2 \Leftrightarrow 2\,H^+ + NO_3^- + H_2O$ |
| 9. | Ion dalam larutan | $HPO_4^= + H^+ \Leftrightarrow H_2PO_4^-$<br>$H_2CO_3 \Leftrightarrow HCO_3^- + H^+ \Leftrightarrow CO_3^= + 2\,H^+$<br>$Cu^{++} + OH^- \Leftrightarrow CuOH^+$ |

Keterangan: *) Ch adalah khelat, mencerminkan elektron donor. (**) X merupakan loka muatan yang tergantung pH, terutama karboksilat dan fenolat, $M^+$ merupakan kation tukar.
(a). denitrifikasi nitrat, kombinasi reaksi 1 dan 4
(b). reduksi $MnO_2$ menjadi $Mn^{++}$, reaksi no. 5
(c). reduksi $Cu^{++}$ menjadi $Cu^+$, reaksi no. 7
(d). reduksi oksida hidrous $Fe^{+++}$ menjadi $Fe^{++}$, no. 8
(e). reduksi $SO_4^=$ menjadi $H_2S$, reaksi no. 9
(f). produksi $CH_4$, reaksi no. 10
(g). produksi $H_2$, reaksi no. 12

pH tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan hara dalam larutan tanah. Jumlah terbesar unsur hara esensial tersedia pada kisaran kondisi pH antara 5,2 dan 6,5. Di atas dan di bawah kisaran ini, sebagian hara terikat kuat oleh partikel tanah dan tidak tersedia bagi tanaman, misalnya Fe dan Mn. Unsur hara ini tampaknya akan mengalami defisiensi ketika pH

tanah meningkat di atas 6,5. Pada kondisi pH lebih dari 8,0 sebagian besar unsur mikro menjadi defisiensi sedangkan Al mencapai tingkat toksik.

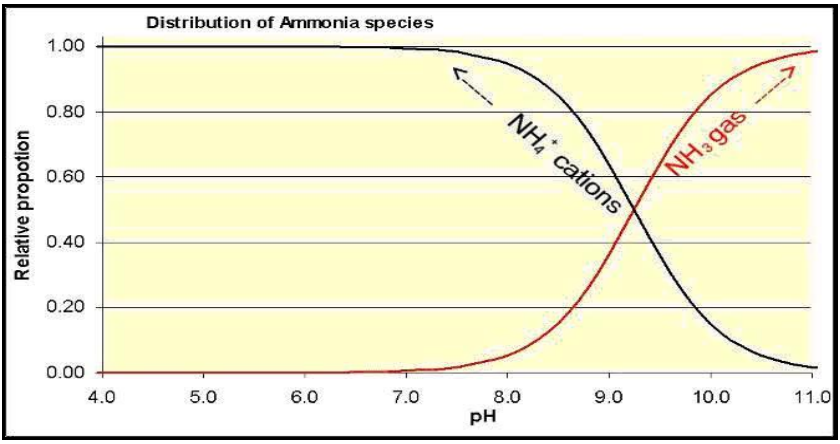
### 5.3. pH dan Dinamika Hara

**Keseimbangan ammonia - ammonium**

Dalam larutan tanah, gas ammonia terlarut ($NH_3$) ternyata berkesetimbangan dengan kation ammonium ($NH_4^+$).

$$NH_4^+ \Leftrightarrow NH_3 + H^+ \qquad (7)$$

Rasio $NH_4^+$ menjadi $NH_3$ dalam keseimbangan ini sangat tergantung pH. Pada pH rendah (lebih asam) yang terbentuk $NH_4^+$ mendominasi, sedangkan pada pH tinggi (sangat basa) terbentuk gas $NH_3$ dalam jumlah berlebih. Proporsi $NH_3$ dan $NH_4^+$ adalah sama pada pH 9,2, sebagaimana terlihat pada Gambar 11.




Gambar 11. Perilaku amonium dipengaruhi oleh kemasaman (pH). Distribusi amonium / amonia menurut larutan pH tanah.

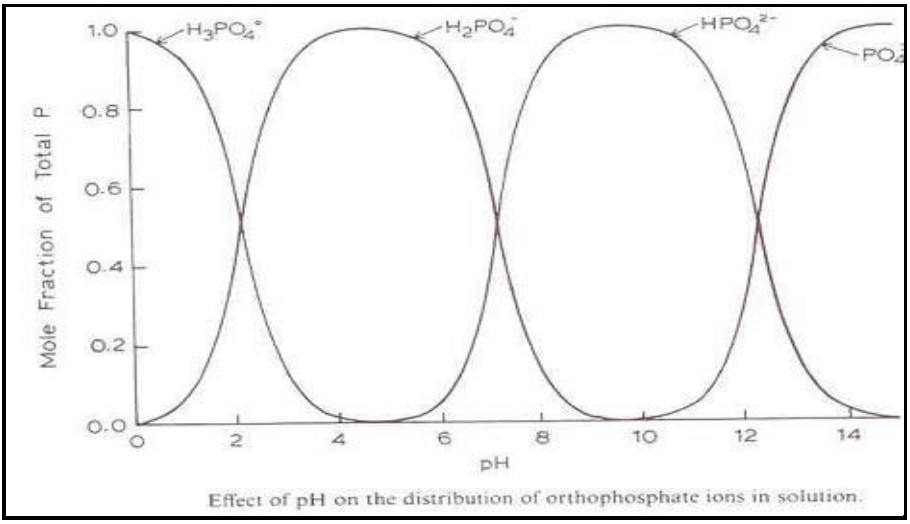
Sumber:http://www.grdc.com.au/director/events/researchupdates?item_id=C78E39F79B4950C90E77BB1013190914

## 5.4. Ketersediaan Fosfat dalam Tanah dan pH

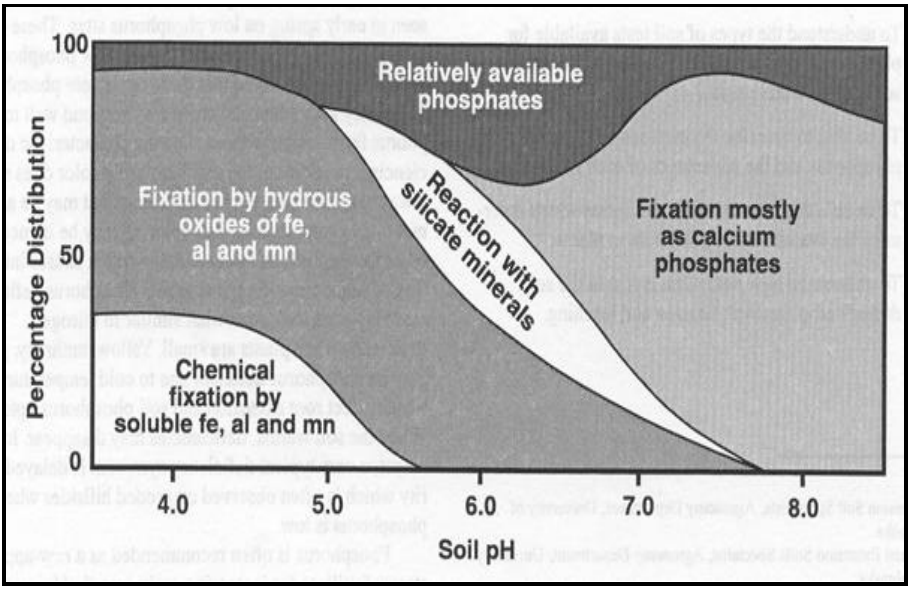
Ada tiga macam bentuk P dalam tanah, yaitu P-tanah, P-bahan organik, dan P-larutan tanah. P dalam tanah dan P bentuk bahan organik tidak tersedia untuk digunakan tanaman. P dalam tanah harus menjalani serangkaian reaksi kimia sebelum dapat memasuki larutan tanah. P-bahan organik harus termineralisasi oleh mikroorganisme sebelum menjadi P yang tersedia bagi tanaman. P dalam larutan tanah berarti tersedia bagi tanaman, namun pada waktu tertentu kurang dari 1% dari semua P dalam tanah menjadi tidak tersedia akibat pencucian P.

Akar tanaman menyerap fosfat dari larutan tanah dalam bentuk ion orthophosphate : $HPO_4^{-2}$ atau $H_2PO_4^-$. Proporsi di mana kedua bentuk P diserap ditentukan oleh pH tanah, ketika pada pH tanah lebih tinggi maka $HPO_4^{-2}$ yang diambil, sebagaimana terlihat pada Gambar 12. Mobilitas fosfor dalam tanah sangat terbatas dan karena itu, akar tanaman dapat mengambil fosfor hanya dari lingkungan sekitar mereka. Apabila konsentrasi fosfor dalam larutan tanah rendah, tanaman menggunakan serapan sebagian besar aktif melawan gradien konsentrasi (yaitu konsentrasi fosfor lebih tinggi pada akar dibandingkan dengan larutan tanah). Serapan aktif adalah proses yang memakan energi, sehingga kondisi yang menghambat aktivitas akar, seperti suhu rendah, kelebihan air dan lain-lain, menghambat serapan fosfor juga.

Hubungan secara umum antara pH tanah dengan ketersediaan P dalam tanah, dibuat berdasarkan spesies senyawa fosfat pada berbagai nilai pH. Pada tanah dengan pH tinggi, kebanyakan P bersenyawa dengan kalsium menjadi Ca-P. Pada tanah dengan pH rendah, P bersenyawa dengan Fe dan Al menjadi Fe-P dan Al-P. Keterseediaan P yang maksimum terjadi pada kondisi pH 6,5-7,0, terlihat pada Gambar 13.



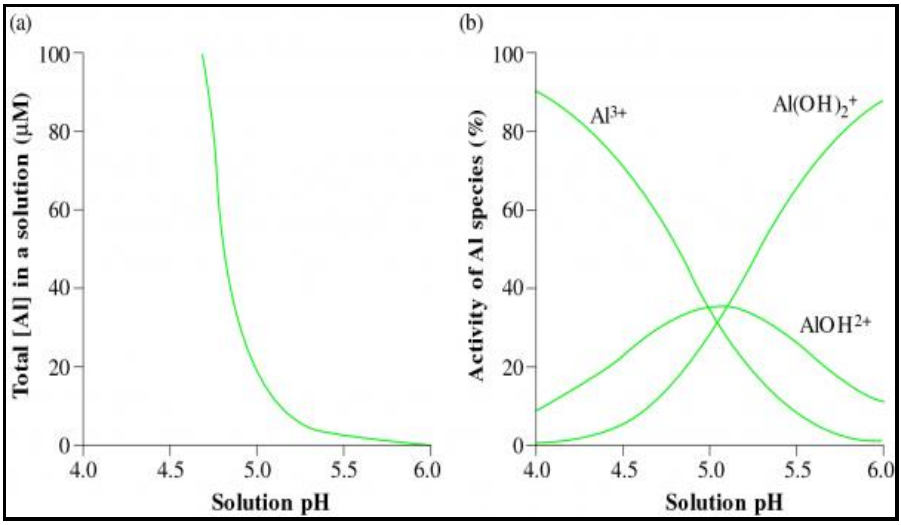

Gambar 12. Pengaruh pH terhadap distribusi ion orthofosfat dalam larutan. Sumber: http://www.smart-fertilizer.com/articles/phosphorus




Gambar 13. Spesies fosfat dalam tanah bergantung pada pH tanah. Sumber: http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1130447043&topicorder=3&maxto=15&minto=1

## 5.5. Perilaku Al dalam Tanah

Kelarutan Al menurun dengan drastis dengan meningkatnya pH tanah, dan konsentrasi monomerik Al anorganik dalam larutan tanah juga dipengaruhi oleh adanya anion organik dan anorganik. pH tanah mempengaruhi kelarutan Al, dan spesiasi Al dalam larutan tanah juga berubah dengan pH. Pada kondisi pH = 4.0, sebagian besar monomerik Al anorganik berbentuk $Al^{3+}$. Spesies ini menurun dengan meningkatnya pH sedangkan aktivitas spesies Al hidroksi ($AlOH^{2+}$, $Al(OH)_2^+$) mengalami peningkatan. Pada kondisi pH alkalis, ion-ion aluminat ( $Al(OH)_4^-$, $Al(OH)_5^{2-}$) masuk ke dalam larutan tetapi tidak toksik bagi akar tanaman (Kinraide 1990).




Gambar 14. (a) Konsentrasi total dari semua spesies ion Al dalam larutan sebagai fungsi dari pH. (b) Sebuah solusi yang awalnya berisi 1000 M $CaCl_2$ dan 100 M $AlCl_3$ (digunakan untuk memperkirakan suatu larutan tanah) menunjukkan penurunan tajam dalam konsentrasi $Al^{3+}$ dari pH 4,0 sampai pH 6,0 dan perubahan relatif dalam kegiatan anorganik yang berbeda dari spesies Al monomer. Sumber: http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1/?q=content/16-5-2-aluminium-and-manganese-toxicities

Al terlarut dalam larutan tanah sangat berpengaruh cepat terhadap pertumbuhan akar tanaman, dampaknya sering tampak dalam waktu dua hari. Secara mikroskopis , penurunan pertumbuhan akar dapat terlihat dalam waktu beberapa jam paparan Al, dan perubahan aktivitas Golgi apparatus terjadi dalam periode 5 jam penempatan akar dalam larutan yang mengandung Al. Untuk bersifat toksik, ujung akar harus terpapar Al (Ryan *et al*. 1993).

Mendasari kesetimbangan efek pH tersebut adalah sebagai berikut: nilai untuk pK bertepatan dengan pH larutan di mana campuran reaksi akan menjadi 50%. Peningkatan konsentrasi ion $H^+$ karena penurunan kekuatan pH dan kesetimbangan tersebut terhadap $Al^{3+}$, dengan demikian menyebabkan keracunan Al.

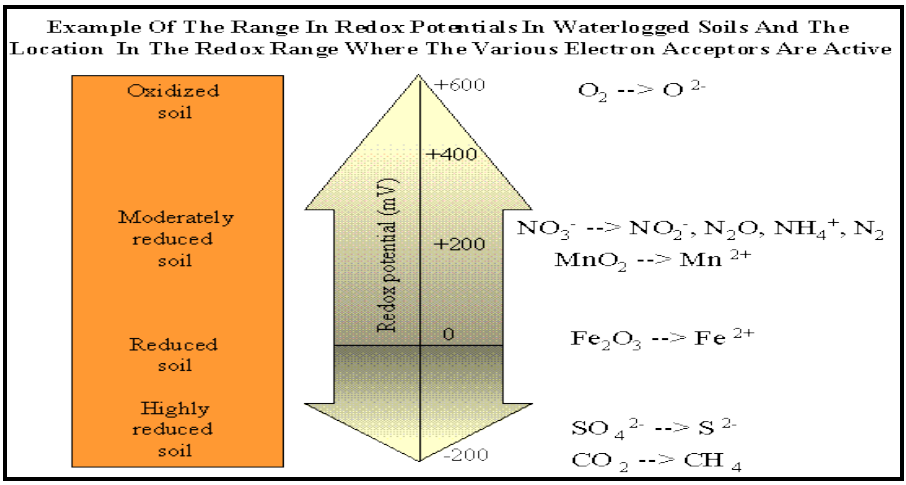
$Al^{3+} + H_2O \Leftrightarrow AlOH^{2+} + H^+$ pK = 5.00 (8)

$Al^{3+} + 2H_2O \Leftrightarrow AlOH^{2+} + 2H^+$ pK = 10.10 (9)

(Based on Kinraide 1990)

## 5.6. Potensial Redoks (Eh)

Faktor lain yang sangat penting dalam menentukan konsentrasi hara dalam larutan tanah adalah potensial redoks (Eh). Faktor ini berhubungan dengan keadaan aerasi tanah yang selanjutnya sangat tergantung pada laju respirasi jasad renik dan laju difusi oksigen. Eh mempengaruhi kelarutan unsur hara mineral yang mempunyai lebih dari satu bilangan oksidasi (valensi). Unsur-unsur ini adalah C, H, O, N, S, Fe, Mn, dan Cu. Kandungan air yang mendekati atau melebihi kondisi kejenuhan merupakan sebab utama dari buruknya aerasi karena kecepatan difusi oksigen melalui pori yang terisi air jauh lebih lambat daripada pori yang berisi udara.




Gambar 15. Potensial redoks pada kondisi tanah tergenang dan aktivitas ion. Contoh rentang potensial redoks dalam tanah dan lokasi di kisaran redoks di mana berbagai akseptor elektron aktif (R. W. Miller, 1981.

Sumber : http://www.soils.wisc.edu/courses/SS325/oxides.htm

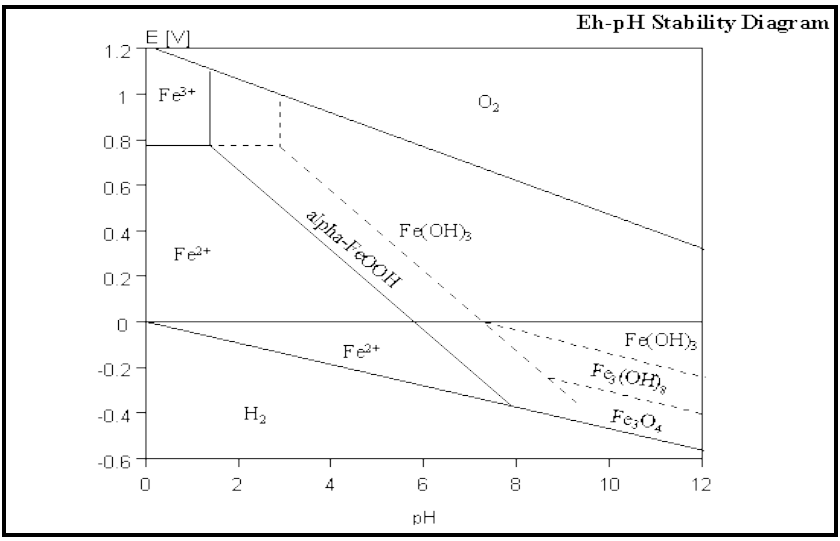
Sebuah potensial redoks tinggi sama dengan kondisi lingkungan dengan aerasi yang baik dan potensial redoks rendah sama dengan kondisi lingkungan jenuh. Tanah jenuh menjadi habis oksigen, karena cepat dikonsumsi oleh organisme aerobik dan tidak dapat diisi ulang dengan cepat difusi. Kemudian, organisme anaerobik fakultatif dan melanjutkan proses dekomposisi. Dengan tidak adanya oksigen, akseptor elektron lainnya mulai berfungsi, tergantung pada kecenderungan mereka untuk menerima elektron. Ketika banjir terjadi pengurangan oksigen yang tersisa akan mengambil tempat pertama, diikuti dengan pengurangan nitrat, maka mangan, besi, sulfat, dan karbon dioksida. Reduksi oksigen terjadi oleh konsumsi $O_2$ organisme aerobik, $NO_3$ berfungsi sebagai akseptor elektron biokimia yang melibatkan N-organisme yang pada akhirnya menyebabkan N berkurang, pengurangan Mn dapat dimulai di hadapan $NO_3^-$, sedangkan pengurangan Fe tidak bisa diinisiasi di hadapan $NO_3^-$, dan bakteri pereduksi sulfat yang terlibat untuk mengurangi $SO_4^{2-}$.

## 5.7. Diagram Eh-pH

Diagram stabilitas Eh-pH untuk berbagai spesies oksida besi dan hidroksida besi merupakan contoh yang bagus. Diagram ini dapat digunakan untuk memprediksi spesies besi apa yang direduksi atau yang dioksidasi. Reduksi atau oksidasi memang dapat terjadi di luar batas-batas ini, tetapi hanya mungkin kalau dimediasi oleh organisme dengan menggunakan energi metabolik.

## 5.8. Oksida dan Hidroksida Besi

Oksida besi dan hidroksida sangat stabil dalam kondisi aerobik, tapi mereka menjadi lebih mudah larut dalam kondisi anaerob (potensial redoks rendah). Mereka mampu membentuk kompleks logam-organik, dimana kation logam terikat oleh kelompok-kelompok fungsional seperti-COOH, ⇔ CO,-OH,-$OCH_3$,-$NH_2$,-SH untuk senyawa organik menghasilkan pembentukan struktur cincin menggabungkan ion logam. Kompleks ini sangat stabil dan disebut kelat.



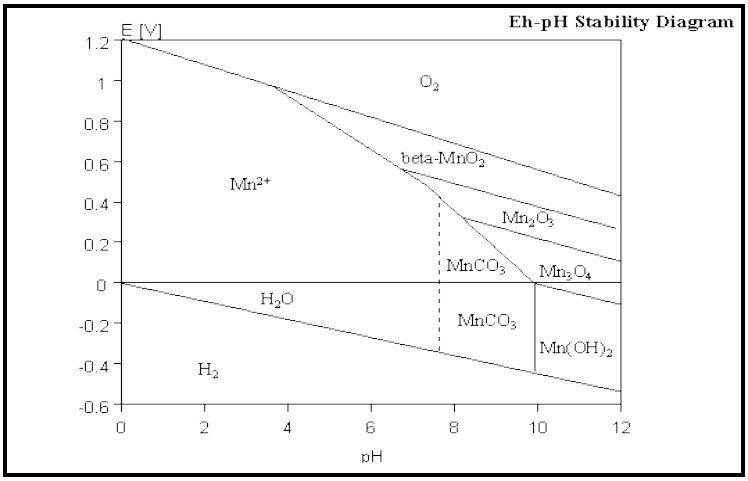

Gambar 16. Eh-pH stabilitas diagram untuk oksida besi dan hidroksida (Scheffer F., dan Schachtschabel P. 1989. Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag, Stuttgart.
Sumber : http://www.soils.wisc.edu/courses/SS325/oxides.htm

## 5.9. Oksida dan Hidroksida Mn

Pelapukan mineral primer, seperti biotit, piroksen, amphibole, mengandung $Mn^{2+}$, memproduksi dalam lingkungan aerobik coklat / hitam $Mn^{4+}$. Reaksi dapat ditulis sebagai:

$$Mn^{2+} + H_2O \Leftrightarrow MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \quad (10)$$

Pyrolusite (MnO2) adalah oksida mangan sangat stabil. Seringkali mangan dikaitkan dengan ion lain seperti Ba, Ca, K, Na, Li, $NH_4$, Co, Cu dan Ni, sehingga oksida mangan dan hidroksida memiliki bentuk variabel. Misalnya, birnessite (Na, Ca, K, Mg, $Mn^{2+}$) $Mn_6^{4+}$ $O_{14}$*$H_2O$, lithiophorite ($LiAl_2Mn^{2+}$ + $Mn_{24}$ $O_9$ * $3H_2O$), atau hollandite ($BaMn_8O_{16}$). Oksida mangan menunjukkan bahkan kecenderungan yang lebih besar daripada besi oksida terjadi pada konkret. Sebuah alasan mungkin pengurangan $Mn^{4+}$ menjadi $Mn^{2+}$, yang relatif larut, lebih mudah larut mudah daripada misalnya $Fe^{2+}$. Zona mikromorfologi kaya mangan di peds yang hitam, seringkali juga mengandung sejumlah besar oksida besi. Namun, konkresi kaya zat besi telah terbukti menjadi rendah dalam oksida mangan. Mineral oksida mangan memiliki warna hitam, yang kadang-kadang sulit untuk berbeda dari warna hitam atau bahan organik.




Gambar 17. Eh-pH stabilitas diagram untuk oksida mangan dan hidroksida. (Scheffer F., dan Schachtschabel P. 1989. Lehrbuch der Bodenkunde. Enke Verlag, Stuttgart. Sumber : http://www.soils.wisc.edu/courses/SS325/oxides.htm

Ikhtisar beberapa reaksi redoks yang penting disajikan berikut ini. Informasi dalam tabel ini menyatakan bahwa kalau tanah yang semula dalam kondisi oksidasi menjadi lebih reduksi maka akan dapat terjadi reaksi-reaksi sebagai mana terlihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Beberapa reaksi oksidasi-reduksi yang penting dalam tanah

| No. | Eh (mV) | Reaksi |
|---|---|---|
| 1. | 968 | $2NO_3^- + 8H^+ + 6e \Leftrightarrow N_2 + 4H_2O$ |
| 2. | 815 | $O_2 + 4H^+ + 4e \Leftrightarrow 2H_2O$ |
| 3. | 771 | $Fe_3^+ + e \Leftrightarrow Fe^{++}$ |
| 4. | 421 | $NO_3^- + 2H^+ + 2e \Leftrightarrow NO_2^- + H_2O$ |
| 5. | 401 | $MnO_2 + 4H^+ + 2e \Leftrightarrow Mn^{++} + 2H_2O$ |
| 6. | 345 | $NO_2^- + 8H^+ + 6e \Leftrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$ |
| 7. | -135 | $Cu^{++} + e \Leftrightarrow Cu^+$ |
| 8. | -185 | $Fe(OH)_3 + 3H^+ + e \Leftrightarrow Fe^{++} + 3H_2O$ |
| 9. | -214 | $SO_4= + 10H^+ + 8e \Leftrightarrow H_2S + 4H_2O$ |
| 10. | -245 | $CO_2 + 8H^+ + 8e \Leftrightarrow CH_4 + 2H_2O$ |
| 11. | -278 | $N_2 + 8H^+ + 6e \Leftrightarrow 2NH_4^+$ |
| 12. | -414 | $2H^+ + 2e \Leftrightarrow H_2$ |

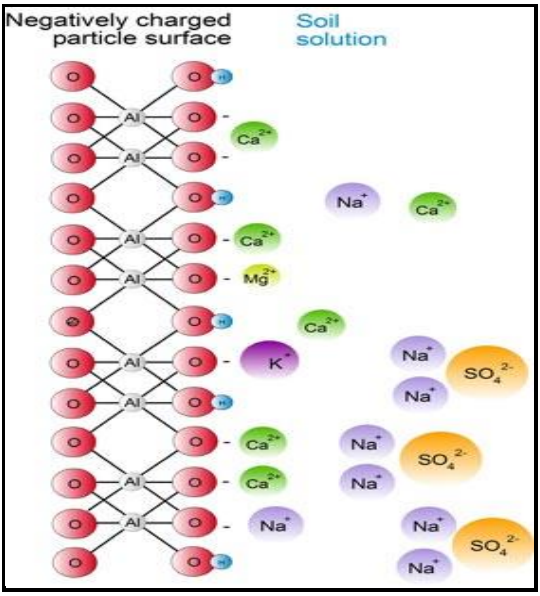
Sumber: Garrels dan Christ (1965)

Reaksi-reaksi lainnya berhubungan dengan batas atas stabilitas air (reaksi No.2), nisbah $Fe^{+++}$ dengan $Fe^{++}$ dalam larutan tanah (reaksi No.3), proses nitrifikasi (reaksi No.4 dan 6), dan proses fiksasi nitrogen (reaksi No.11). Denitrifikasi dan reduksi Mn masih dapat berlangsung dalam tanah yang basah tetapi tidak jenuh air. Reaksi lainnya umumnya memerlukan kondisi jenuh dan tergenang. Reduksi feri-oksida akan menghasilkan pelepasan fosfat yang terfiksasi oleh oksida, yang dapat

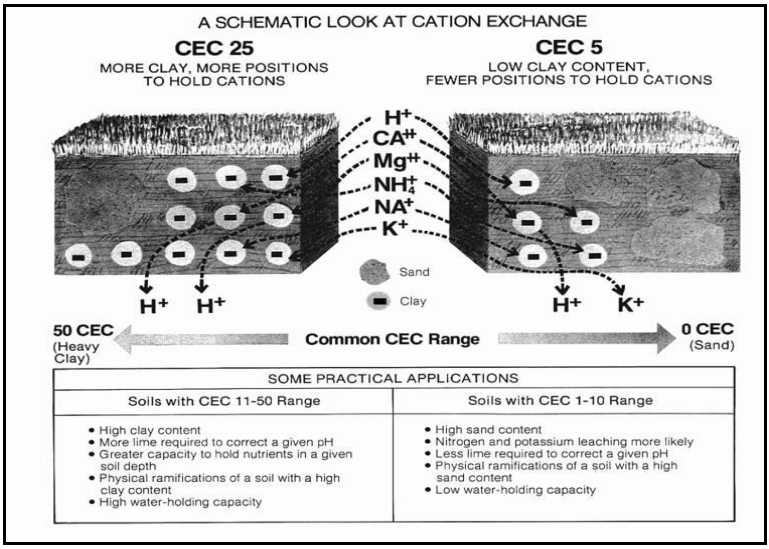
memberikan sumbangan kepada nutrisi tanaman seperti padi yang dapat tumbuh pada kondisi tergenang. Potensial baku (Eh) hanya menjelaskan apa yang mungkin terjadi secara termodinamika. Laju aktual dari reaksi sangat tergantung pada sistem enzim jasad renik. Akan tetapi pentingnya pengaruh potensial redoks tanah terhadap komposisi larutan tanah sangatlah jelas.

## 5.10. Muatan Permukaan dan Pertukaran Kation

Partikel koloid tanah, seperti mineral liat aluminosilikat, mempunyai muatan negatif di permukaannya. Muatan negatif inilah yang mampu menahan kation dalam bentuk kation tukar (kation dapat ditukar) (Gambar 18 dan 19). Besarnya muatan negatif ini selanjutnya dapat dinyatakan dengan nilai KTK tanah, biasanya tanah-tanah liat mempunyai nilai KTK lebih besar dibandingkan tanah-tanah pasir.




Gambar 18. Ilustrasi muatan negatif pada permukaan dan pertukaran ion. Sumber: http://www.terragis.bees.unsw.edu.au/terraGIS_soil/sp_exchangeable_sodium_percentage.html



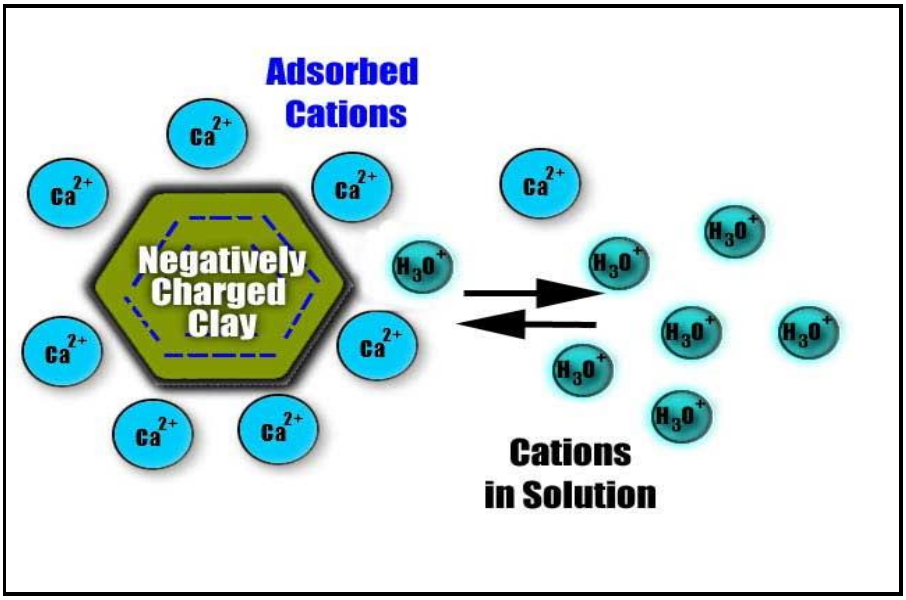

Gambar 19. Ilustrasi kapasitas pertukaran kation pada permukaan tanah.

Sumber:http://www.spectrumanalytic.com/support/library/ff/CEC_BpH_and_percent_sat.htm

Tanah terdiri dari banyak komponen. Sebuah persentase yang signifikan dari sebagian tanah liat. Bahan organik, sedangkan sebagian kecil dari sebagian besar lahan juga penting karena beberapa alasan. Kedua fraksi tanah memiliki sejumlah besar muatan negatif pada permukaan mereka, sehingga mereka menarik unsur kation dan berkontribusi untuk KTK tingg. Pada saat yang sama, mereka juga mengusir nutrisi anion ("seperti" biaya). Nilai KTK yang lebih besar menunjukkan bahwa tanah memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menahan kation. Oleh karena itu, membutuhkan tingkat yang lebih tinggi pupuk atau kapur untuk mengubah KTK tanah tinggi. Ketika KTK tanah tinggi memiliki tingkat tes yang baik, ia menawarkan cadangan nutrisi yang besar. Namun, ketika miskin, dapat mengambil sejumlah besar pupuk atau kapur untuk memperbaiki uji tanah. Sebuah KTK tanah tinggi memerlukan tingkat kation tanah yang lebih tinggi, atau uji tanah, untuk memberikan nutrisi tanaman yang memadai. Nilai KTK tanah rendah berarti sedikit nutrisi yang tersedia, dan kemungkinan akan dikenakan pencucian / *mobile* "anion" nutrisi. Tanah ini dapat mengambil manfaat dari aplikasi pemecahan beberapa nutrisi. KTK tanah tertentu

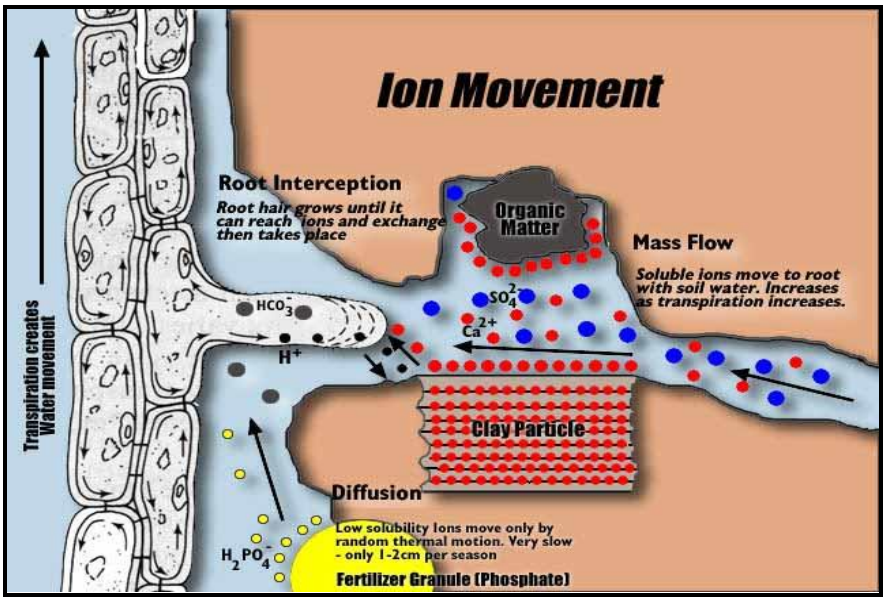
tergolong tidak baik atau buruk, perlu diketahui namun cara untuk mengetahui itu adalah alat manajemen yang sangat berharga.

KTK tanah merupakan ukuran banyaknya titik-titik pada permukaan partikel tanah yang dapat menahan kation degan ikatan elektrostatika. Kation-kation yang ditahan secara elektrostatika ini dapat dengan mudah ditukar oleh kation lain yang ada dalam larutan tanah, sehingga mudah dapat diserap oleh akar tanaman.




Gambar 20. Kation-kation yang ditahan di permukaan koloid tanah (misalnya kation $Ca^{++}$) dapat ditukar dengan $H^{+}$ yang ada dalam alrutan tanah.

Sumber: http://www2.mcdaniel.edu/Biology/botf99/nutrition/soils.htm




Gambar 21. Penyerapan ion oleh akar tanaman dapat melalui proses-proses difusi, aliran masa, dan pertukaran ion.

Sumber: http://www2.mcdaniel.edu/Biology/botf99/nutrition/soils.htm

KTK atau CEC adalah penting dipelajari untuk mengetahui jumlah nutrien yang tersedia bagi tanaman seperti kalsium ($Ca^{2+}$), magnesium ($Mg^{2+}$) dan kalium ($K^{+}$) dalam tanah. Dalam kondisi asam (pH <5,5) seperti di tanah tropis dengan kandungan organik yang tinggi, aluminium ($Al^{3+}$) juga dapat hadir sebagai kation tukar (Gamnar 20 dan 21). Beberapa kation akan memiliki preferensi atas muatan permukaan negatif koloid tanah. Secara umum ini akan terkait dengan muatan dari kation dan jari-jari terhidrasinya. Misalnya urutan sebagai berikut preferensi diamati untuk kation dengan valensi yang berbeda:
$Al^{+3} > Ca^{+2} = Mg^{+2} > K^{+} = NH_4^{+} > Na^{+}$

Dalam kasus kation dengan muatan yang sama atau valensi urutan preferensi mengikuti urutan penurunan jari-jari terhidrasi:
$K^{+} > Na^{+} > Li^{+}$

Semakin besar muatan maka semakin besar gaya tarik-menarik dan semakin besar jarak antara muatan yang lebih rendah kekuatan tarik-

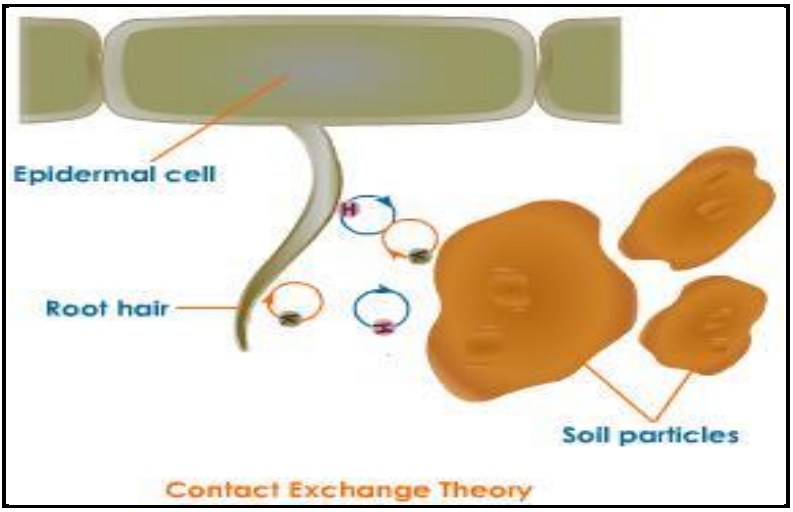
menarik. Pada tanah yang mudah lapuk seperti tanah-tanah yang berada di Southeastern Amerika Serikat dan daerah tropis dengan curah hujan tinggi kation monovalen dan divalen mudah melarut dan kompleks pertukaran menjadi didominasi oleh $Al^{+3}$ (kejenuhan basa rendah).

Situs pertukaran kation ditemukan di lapangan terutama tanah liat dan materi permukaan bahan organik. Tanah yang mengandug bahan organik (OM) akan memiliki lebih besar KTK pada pH hampir netral daripada kondisi asam. Penambahan dari bahan organik kemungkinan akan meningkat KTK tanah itu.

KTK tanah juga dapat menurun seiring waktu melalui pengasaman dan dekomposisi bahan organik. Ketika respires tanaman (serta makhluk lain termasuk jamur / bakteri dalam tanah) melepaskan $CO_2$ yang kemudian dapat bergabung dengan air tanah untuk menghasilkan $H_2CO_3$ -> terdisosiasi menjadi:

$$H^+ + HCO_3 \text{ --> } H^+ \text{ dan } CO_3 \qquad (11)$$

$H^+$ menggantikan anion yang ada di situs permukaan mineral dan selanjutnya akan melepaskan unsur tersebut ke larutan tanah yang kemudian dapat dijemput oleh akar (Gambar 22).

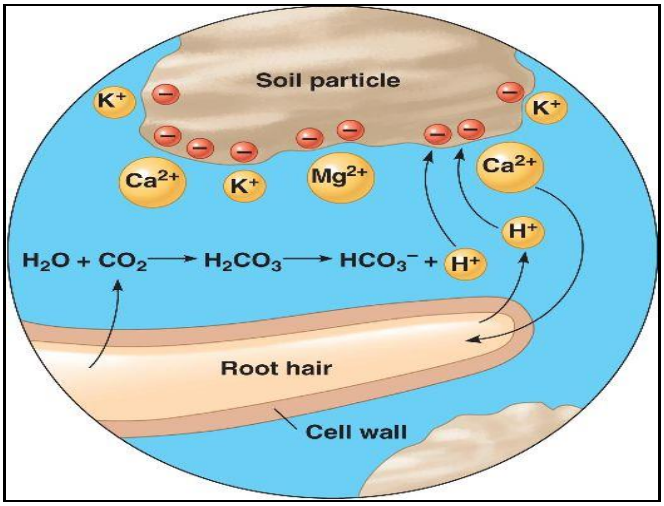



Gambar 22. Pertukaran ion antara partikel koloid tanah dengan bulu akar tanaman.

Kedua kation dan anion memiliki kecenderungan untuk teradsorpsi pada permukaan dinding sel, dan pertukaran dengan ion hadir dalam larutan tanah. Proses pertukaran antara ion dan ion dalam larutan dikenal sebagai pertukaran ion. Sumber: http://www.tutorvista.com/content/biology/biology-iv/plant-nutrition/passive-absorption.php

## 5.11. Pertukaran Kation antara Partikel Tanah dengan Akar Tanaman

Tanah liat biasanya alkali dan mengikat mineral bermuatan positif (kation seperti $Ca^{2+}$). Ion hidrogen ($H^+$) membantu melepaskan nutrien sehingga menjadi tersedia. Tanaman mensekresi $H^+$ oleh respirasi selular, bereaksi dengan $CO_2$, $H_2O$ untuk membentuk asam karbonat ($H_2CO_3$) dalam tanah, yang selanjutnya terionisasi untuk menambahkan $H^+$ ke dalam tanah (Gambar 23).




Gambar 23. Ilustrasi pertukaran kation pada partikel tanah dengan akar tanaman.

Sumber:http://bio1903.nicerweb.com/Locked/media/ch37/soil_availability.html

**Penutup**

Demikian perkuliahan ke enam dan tujuh ini tersaji mengenai "Ketersediaan Hara Pada Tanah Kolam" yang menguraikan dengan jelas mengenai ketersediaan hara dalam tanah kolam, dan pengaruh pH terhadap ketersediaan hara. Perkuliahan ke delapan dan sembilan akan kita lanjutkan dengan membahas "Sifat Kimia Dan Biologi Tanah Kolam".

**Rangkuman**

Unsur hara yang larut dalam larutan-tanah berasal dari beberapa sumber seperti pelapukan mineral primer, dekomposisi bahan organik, deposisi dari atmosfer, aplikasi pupuk, air irigasi, rembesan air tanah dari tempat lain, dan lainnya. Dinamika ketersediaan hara dalam larutan tanah dipengaruhi oleh pH. Keseimbangan Ammonia-Amonium, kelarutan fosfat, perilaku Al, dan potensial redoks yang sangat penting dalam menentukan konsentrasi hara dalam larutan tanah. Kandungan air yang mendekati atau melebihi kondisi kejenuhan merupakan sebab utama dari buruknya aerasi karena kecepatan difusi oksigen melalui pori yang terisi air jauh lebih lambat daripada pori yang berisi udara. Oksida besi dan hidroksida sangat stabil dalam kondisi aerobik, tapi mereka menjadi lebih mudah larut dalam kondisi anaerob (potensial redoks rendah). Nilai KTK yang lebih besar menunjukkan bahwa tanah memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menahan kation.

**Soal Latihan**

1. Sebutkan dan jelaskan anion yang diambil oleh tanaman pada kondisi tanah yang sedikit netral dan kation basa yang berada pada kondisi tanah yang asidik meningkat?
2. Jelaskan pengaruh pH tanah terhadap ketersediaan hara?
3. Jelaskan apa yang mempengeruhi ketersediaan fosfat dalam tanah?
4. Jelaskan perilaku Al dalam tanah?

5. Jelaskan apa yang saudara ketahui tentang muatan permukaan dan pertukaran ion?
6. Jelaskan bagaimana proses pertukaran kation antara partikel tanah dengan akar tanaman?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Schwertmann, 1985. **The Effect of Pedogenic Environments on Iron Oxides Minerals**. In: Advances in Soil Science, Vol. 1, Springer-Verlag, New York, Inc.
2. Boyd. C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**. Chapman & Hall. United States of America. 340 pp.
3. Foth, H.D. 1984. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley & Sons Inc.777 pp.
4. Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M.R. Saul., M.A. Diha., G.B. Hong dan H. Bailey., 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
5. Hardjowigeno, S., 2003. **Ilmu Tanah**. Akademika Pressindo. Jakarta.286 hal.
6. Jusop, S., 1981. **Asas Sains Tanah**. Universitas Pertanian Malaysia. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur. 273 hal.
7. Nyakpa, M. Y., A. M. Lubis, M. A. Pulung, A.G. Amrah, A. Munawar, G. B. Hong dan N. Hakim. 1988. **Kesuburan Tanah**. Penerbit Universitas Lampung. 258 hal.
8. DIKTI-Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1991. **Kimia Tanah**. 231 hal.

# BAB VI. Sifat Kimia dan Biologi Tanah Kolam

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan sifat kimia dan biologi tanah kolam, dan pengaruh penggenangan terhadap sifat kimia tanah.

## 6.1. Pendahuluan

Sifat kimia tanah kolam menggambarkan kesuburan tanah atau kandungan hara yang terdapat di tanah kolam. Tanpa melihat darimana asalnya, semua hara akan mengelompok dalam pangkalan yang tertentu. Unsur hara berinteraksi dengan sifat fisik, kimia dan biologi tanah, kemudian diserap oleh tanaman atau berpindah antar pangkalan hara dalam tanah.

Pangkalan hara dalam tanah adalah:

1. Larutan tanah: bentuk hara terlarut dalam lengas tanah dan sifatnya tersedia segera untuk diserap oleh akar bagi tanaman.
2. Bahan organik: selalu mengalami proses perombakan dan oleh karena itu akan melepaskan hara.
3. Organisme tanah: hara diambil untuk metabolisme atau menjadi komponen penyusun tubuhnya, sehingga mengalami imobilisasi sementara.
4. Mineral tanah: hara yang berada dalam pangkalan ini memiliki sifat antara cukup terlarut sampai sedikit terlarut.
5. Permukaan jerapan: hara dipegang permukaan tanah oleh berbagai mekanisme, berkisar antara cepat tersedia sampai sangat lambat tersedia.
6. Pertukaran kation: tipe yang sangat penting dari jerapan permukaan tanah.

Gerakan Hara dalam tanah dapat dijelaskan dengan cara: difusi, aliran masa, pertukaran ion di dalam tanah. Hara dalam tanah akan bergerak menuju permukaan akar dengan mekanisme berikut: *root interception, mass flow atau diffusion*. Pemasokan dan pengangkutan hara dapat terjadi melali: 1) intersepsi akar semata-mata berkaitan dengan pemasokan hara (*solely a supply mechanism*); 2) aliran massa dan difusi merupakan pemasokan dan pengangkutan hara (*mechanisms of supply and transport*); dan 3) memahami bagaimana hara bergerak, sangat penting untuk memahami dampaknya bagi lingkungan, juga dalam penyerapan hara.

**Intersepsi akar**

Akar tumbuh menembus tanah, bersinggungan dengan permukaan partikel tanah, permukaan akar bersinggungan dengan ion hara yang terjerap, kemudian terjadi pertukaran secara langsung (*contact exchange*). Meskipun angkanya kecil, tetapi sumbangannya penting agar hara mencapai akar. Hal ini nampak jelas terutama bagi hara dengan kadar tinggi dalam tanah misalnya Ca dan Mg, atau hara yang dibutuhkan dalam jumlah kecil bagi tanaman seperti Zn dan Mn dan hara mikro lainnya.

Intersepsi dipengaruhi oleh semua yang mempengaruhi pertumbuhan akar: tanah yang kering, tanah mampat, pH tanah yang rendah, keracunan Al dan Mn, kekahatan hara, kegaraman, aerasi buruk, penyakit akar, serangga, nematoda, temperatur sangat tinggi atau sangat rendah. Pertumbuhan tanaman berpengaruh paling besar terhadap proses intersepsi, meskipun juga berpengaruh terhadap dua mekanisme lainnya. Hara yang masuk melalui intersepsi tergantung pada kadar hara dalam tanah, volume tanah yang dijelajahi akar, akar menempati 1-2% volume tanah, pada permukaan tanah akar lebih rapat.
Proses intersepsi atau pertukaran langsung dapat digambarkan sebagai berikut:

- [rambut akar] $H^+$ dengan $K^+$ [lempung/BO]
- pertukaran => => =>
- [rambut akar] $K^+$ dengan $H^+$ [lempung/BO]

Hal ini terjadi karena akar juga memiliki KTK yang bersumber dari gugus karboksil (seperti dalam bahan organik): $COOH \Leftrightarrow COO^- + H^+$. Besarnya KPK

akar pada monokotil 10-30 meq/100 g dengan sifat kation monovalen lebih cepat diserap, sedangkan akar dikotil memiliki KPK 40-100 meq/100 g dengan sifat kation divalen lebih cepat diserap.

**Aliran masa (*mass flow*)**

Hara terlarut terbawa bersama aliran air menuju akar tanaman, aliran air dipengaruhi oleh transpirasi, evaporasi dan perkolasi. Jumlahnya proporsional dengan laju aliran (volume air yang ditranspirasikan) dan kadar hara dalam larutan tanah. Aliran masa memasok hampir seluruh hara mobil yang diperlukan tanaman yaitu: $NO_3^-$, $SO_4^{2-}$, $Cl^-$, dan $H_3BO_3$. Seringkali memasok hara Ca dan Mg yang berlebihan. Dengan demikian dapat memenuhi kebutuhan Cu, Mn, and Mo, serta memenuhi sebagian kebutuhan Fe and Zn.

Faktor yang mempengaruhi aliran masa adalah :

1. kadar lengas tanah: tanah yang kering tidak ada gerakan hara,
2. temperatur: temperatur yang rendah mengurangi transpirasi dan evaporasi,
3. ukuran sistem perakaran: mempengaruhi serapan air.

Pengaruh kerapatan akar terhadap pasokan hara oleh aliran masa lebih ringan dibanding terhadap intersepsi akar dan difusi.

**Difusi (*diffusion*)**

Ion bergerak dari wilayah yang memiliki kadar hara tinggi ke wilayah yang lebih rendah kadar haranya. Akar menyerap hara dari larutan tanah. Kadar hara di permukaan akar lebih rendah dibandingkan kadar hara tersebut larutan tanah di sekitar akar. Ion bergerak menuju permukaan akar. Mekanisme ini sangat penting bagi hara yang berinteraksi kuat dengan tanah. Terutama untuk memasok hara P dan K, juga hara mikro Fe dan Zn.

## 6.2. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

- Adalah kapasitas lempung untuk menyerap dan menukar kation
- Ion bermuatan positif dinetralisir oleh ion bermuatan negatif disebut dengan *electric double layer*

- *Kation yang tertukar disebut : exchangeable cations*, sedang proses pertukaran disebut *cation exchange*.
- Partikel tanah yang bertanggung jawab terhadap penyerapan dan pertukaran kation disebut *exchange complex*
- Contoh :

$$\text{Soil-Ca} + 2\,H^{+} \Leftrightarrow \text{Soil-2H} + Ca^{2+} \qquad (12)$$

Adsorbed Ca  Adsorbed $H^{+}$

- KTK dipengaruhi oleh: (1) kandungan lempung; (2) tipe lempung; dan (3) kandungan bahan organik.

Tabel 16. Tipe lempung, kisi, kandungan hara dan nilai KTK mineral tanah

| Tipe Lempung | Kisi | Kandungan Hara | KTK (pH 7) (me/100g dr lempung) |
|---|---|---|---|
| Kaolinit dan Haloisit | 1:1 | Sedikit | < 10 |
| Illit | 2:1 | Menyediakan K | 15-40 |
| Montmorillonit | 2:1 | Mg, K, Fe dll | 80-100 |
| Vermikulit | 2:1 | Mg, K, Fe dll | Sekitar 100 |
| Bahan Organik | - | - | Sekitar 200 |

**Tanah kandungan BO rendah :**

CEC (me/100 gr) = {CEC (me/100 gr tanah): % clay} X 100

Tabel 17. Kriteria KTK untuk permukaan tanah (*top soil*)

| KTK (me/100 gr tanah) | Pengharkatan |
|---|---|
| > 40 | Sangat Tinggi |
| 25-40 | Tinggi |
| 15-25 | Sedang |
| 5-15 | Rendah |
| <5 | Sangat Rendah |

KTK sangat penting untuk mengetahui :

1. Kesuburan tanah
2. Aplikasi pupuk
3. Pengambilan hara
4. Kualitas lingkungan

## 6.3. Kapasitas Pertukaran Anion (KPA)

KPA adalah Kapasitas lempung untuk menyerap dan menukar anion.

Lempung akan bermuatan positif hanya terjadi dalam kondisi asam, ketika dimana pH tanah dibawah ZPC Clay atau karena patahnya ikatan mineral lempung.

Jenis Anion : $SiO_4^{4-}$, $H_2PO_4^-$, $SO_4^{2-}$, $NO_3^-$ dan $Cl^-$

- Partikel kasar seperti pasir, debu dan bahan organik belum terdekomposisi secara kimia. Lembam (*Inert*) berarti luas permukaan rendah dan tidak memperlihatkan sifat koloid.
- Lempung dan humus luas permukaan besar dan menunjukkan permukaan yang secara kimia mengandung mengandung muatan elektrik.
- Partikel lempung membawa muatan negatif sebagai hasil satu atau lebih beberapa reaksi berbeda. Dua sumber utama muatan negatif adalah *isomorphous subtitution* dan *dissociation of exposed hydroxyl groups*.

*Isomorphous substitution*

- Adalah subtitusi atom dalam struktur kristal tanpa mempengaruhi struktur kristal tersebut
- Misal : unit sel kaolinit mempunyai rumus : $Al_2O.2SiO_2.2H_2O$
- Perhitungan berikut menunjukkan bagaimana muatan positif dinetralkan oleh muatan negatif

| $Al^{3+}$ | $Si^{4+}$ | $H^{+}$ | $O^{2-}$ |
|---|---|---|---|
| 2X | 2X | 4X | 9X |
| $18^{+}$ | | | $18^{-}$ |

- *Permanent negative charges* : Apabila penggantian salah satu ion menyebabkan adanya satu muatan negatif (tdk netral) dan tidak bergantung pH.

*Dissociation of Exposed Hydroxyl Groups*

- Adalah grup OH yang ada dalam permukaan lapisan Al oktahedra.Umumnya pada lempung tipe 1:1, sesquioksida dan lempung amorf. OH akan berhubungan dengan cairan tanah dan terdisosiasi, melepaskan proton.
- contoh:

$$- Al - OH. \Leftrightarrow - Al - O^{-} + H^{+} \quad (13)$$

Netral octahedron muatan negative octahedron

- Muatan tergantung pH terjadi pada pH tinggi dan menurun pada pH rendah.

*Zero Point of Charge* (ZPC)

- Adalah pH dimana mineral tidak bermuatan atau muatan positif dan negative jumlahnya sama *(isolectric point)*
- pH terus menurun maka akan dicapai suatu titik dimana muatan negatif sama dengan nol.
- ZPC pada beberapa mineral.

Tabel 18. Mineral tanah dan nilai ZPC

| Mineral | ZPC |
|---|---|
| Hematit | 2,1 |
| Gutit | 3,2 |
| Gibsit | 4,8 |
| Al $(OH)_3$ Amorf | 8,3 |
| Fe $(OH)_3$ Amorf | 8,5 |

- Pada kondisi ZPC partikel lempung dalam larutan tanah tidak saling tolak dan cenderung membentuk partikel yang lebih besar. Agregat akan terpresipitasi dan membetuk struktur tanah.

- Sebaliknya, partikel bermuatan negatif akan saling tolak menolak menyebabkan penyebaran partikel. Jika lempung terdispersi, tanah menggenang (*puddled*) dan sensitif terhadap erosi air. Tanah yang tergenang konsistensi lekat dan menjadi keras jika kering sehingga tidak baik untuk pertumbuhan akar tanaman.

- Agregasi lempung dapat dilakukan secara alami (adanya Al dan Fe) dan buatan misal pemberian kapur.

## 6.4. Biologi Tanah

Organisme tanah adalah organisme yang bertanggung jawab terhadap penghancuran dan sintesa organik. Biologi tanah adalah kehidupan dalam tanah, menyangkut kegiatan jasad hidup dalam tanah dan peranannya, serta peranan bahan organik (BO) dengan segala sifat dan

cirinya. Jasad hidup (organisme) tanah dikelompokkan menjadi organisme menguntungkan dan organisme merugikan atau tumbuhan (flora) tanah dan binatang (fauna) tanah.

**Klasifikasi Fauna Tanah**

**Berdasarkan ukuran tubuh (Wallwork,1974) :**

- Mikro Fauna, hewan tanah yang ukuran tubuhnya 20-200 µ, misal ; Protozoa, Acarina, Nematoda, Rotifera, tardigrada dsb.
- Meso Fauna, hewan tanah yang ukuran tubuhnya 200 µ -1 cm, misal ; Acarina, Collembola, nematoda, Rotifera, Araneida, Larva serangga, isopoda dsb
- Makro Fauna, hewan tanah yang ukuran tubuhnya ≥ 1 cm. Misal : Megascolesidae, Mollusca, Insecta, Vertebrata kecil dan sebagainya (Gambar 24 dan 25)**.**

**Faktor yang mempengaruhi aktivitas organisme tanah**

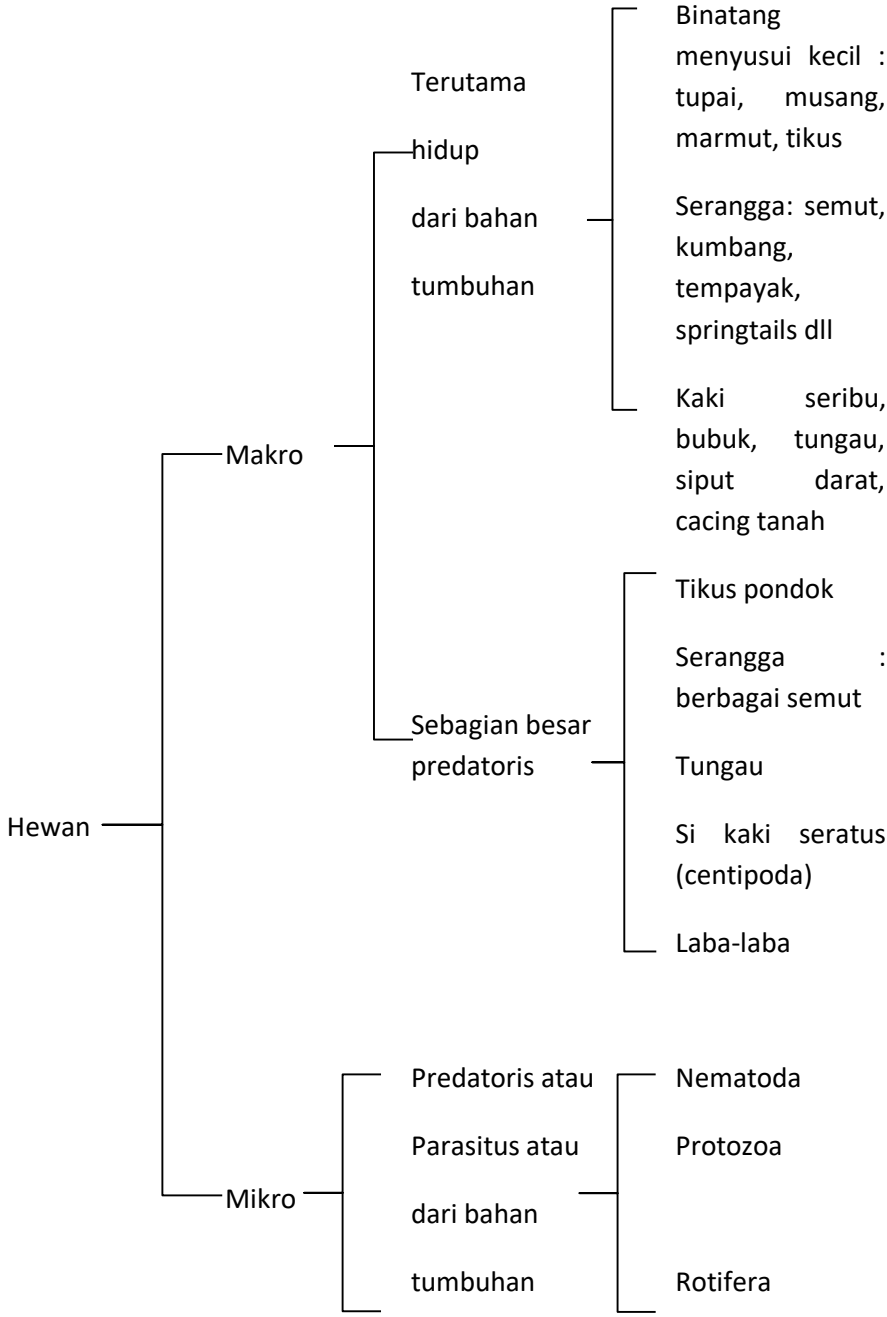
- Iklim (curah hujan, suhu, kelembaban dan lain-lain)
- Tanah (kemasaman, kelembaban, suhu, hara, dan lain-lain)
- Vegetasi (hutan, padang rumput, belukar, dan lain-lain)

Keragaman organisme dan bobot biomassa dari organisme sangat besar.

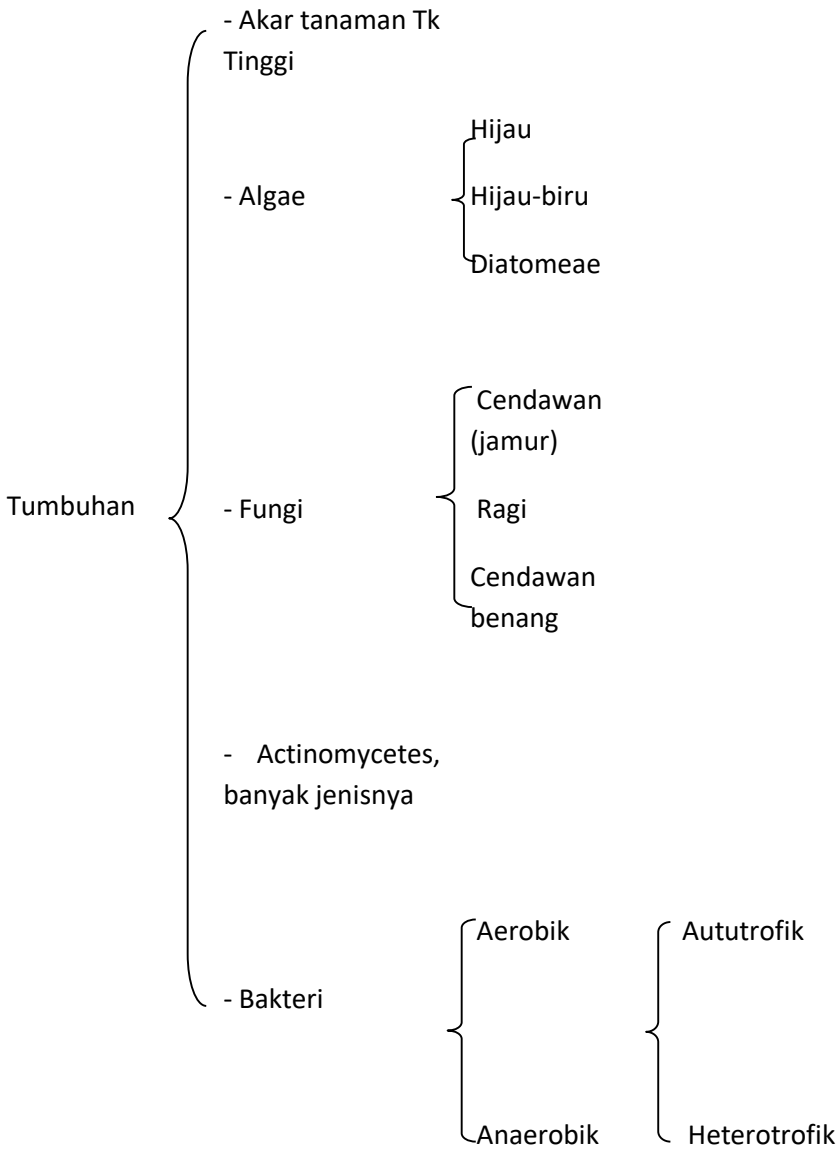
**Aktivitas organisme tanah dicirikan oleh :**

1. Jumlahnya dalam tanah
2. Bobot tiap unit isi atau luas tanah (biomassa)
3. Aktivitas metabolik

Sebanyak 60-80% dari metabolisme total dalam tanah adalah hasil kegiatan mikroflora tanah.




Gambar 24. Diagram pemilahan hewan




Gambar 25. Diagram pemilahan tumbuhan

Tabel 19. Perkiraan jumlah organisme yang umum ditemukan pada tanah[a]

| Organisme[b] | Estimasi Jumlah/g |
|---|---|
| Bacteria | 3.000.000 – 500.000.000 |
| Actinomycetes | 1.000.000 – 20.000.000 |
| Fungi | 5.000 – 900.000 |
| Yeasts | 1.000 – 100.000 |
| Algae | 1.000 – 500.000 |
| Protozoa | 1.000 – 500.000 |
| Nematodes | 50 – 200 |

[a] Dari Martin dan Focht.

[b] Jumlah untuk bakteri, actinomycetes, jamur dan ragi didasarkan pada jumlah piring. Organisme lain yang ditemukan dalam tanah termasuk virus, arthropoda, dan cacing tanah

Tabel 20. Sifat bahan organik tanah dan pengaruhnya pada tanah

| Sifat | Penjelasan | Pengaruhnya pada tanah |
|---|---|---|
| Warna | Warna gelap khas dari banyak tanah disebabkan oleh bahan organik | Dapat memfasilitasi pemanasan |
| Retensi air | Bahan organik dapat menyimpan hingga 20 kali beratnya dalam air | Membantu mencegah pengeringan dan menyusut. Semoga signifikan memper-baiki sifat penahan |

| | | |
|---|---|---|
| | | kelembaban tanah berpasir |
| Kombinasi dengan mineral lempung | Semen partikel tanah menjadi unit-unit struktural yang disebut agregat | Izin pertukaran gas menstabilkan struktur permeabilitas meningkat |
| Chelasi | Bentuk kompleks stabil dengan $Cu^{2+}$, $Mn^{2+}$, $Zn^{2+}$, dan kation polivalen lainnya | Dapat meningkatkan ketersediaan bahan gizi mikro untuk tanaman tinggi |
| Kelarutan dalam air | Kelarutan bahan organik adalah karena hubungannya dengan tanah liat. Juga, garam kation divalen dan trivalen dengan bahan organik yang tidak larut. Bahan organik terisolasi sebagian larut dalam air | Bahan organik sedikit hilang dalam pencucian |
| Aksi Buffer | Bahan organik yang membuffer dalam kisaran kemasaman ringan, netral dan alkalin | Membantu menjaga keseragaman reaksi dalam tanah |
| Pertukaran kation | Jumlah keasaman fraksi terisolasi dari humus berkisar 300 - 1400 cmol/kg | Peningkatan KTK pada tanah. Dari 20 - 70% KTK tanah (seperti Molisol) yang disebab-kan oleh bahan organik |

| | | |
|---|---|---|
| Mineralisasi | Hasil dekomposisi bahan organik $CO_2$, $NH_4^+$, $NO_3^-$, $PO_3^{4-}$, dan $SO_2^{4-}$ | Sumber elemen nutrien untuk pertumbuhan tanaman |
| Kombinasi dengan molekul organik | Mempengaruhi bioaktivitas, kegigihan dan bio-degradasi pestisida | Memodifikasi tingkat aplikasi pestisida untuk kontrol yang efektif |

Sumber : Stevenson, 1982

Tabel 21. Jumlah perkiraan dan biomassa hewan tanah dan mikroorganisme di horizon permukaan

| Organisme | Kelimpahan | | Biomassa |
|---|---|---|---|
| | (per meter$^3$) | (per gram) | (Kg/HFS) |
| Hewan tanah | | | |
| Cacing tanah | 200 – 2000 | <1 | 110 – 1100 |
| Nematoda | $10^7$ - $10^8$ | $10^4$ - $10^5$ | 11 – 110 |
| Lain-lain | $10^4$ - $10^6$ | Variable | 17 – 170 |
| Mikroorganisme | | | |
| Bakteri | $10^{14}$ – $10^{15}$ | $10^8$ - $10^9$ | 450 – 4500 |
| Actinomycetes | $10^{13}$ - $10^{14}$ | $10^7$ - $10^8$ | 450 – 4500 |
| Fungi | $10^{11}$ - $10^{12}$ | $10^5$ - $10^6$ | 1120 – 11200 |
| Alga | $10^{10}$ - $10^{11}$ | $10^4$ - $10^5$ | 56 – 560 |
| Protozoa | $10^{10}$ - $10^{11}$ | $10^4$ - $10^5$ | 17 – 170 |

Sumber : Brady, 1990.

Catatan: Nilai Biomassa berdasarkan berat hidup perhektar alur slice (HFS)

**Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan Bakteri:**

**Kebutuhan Oksigen ($O_2$) ;**

a. Beberapa bakteri pergunakan gas $O_2$ (aerob)

b. Beberapa bakteri pergunakan senyawa $O_2$ (anaerob)

c. Beberapa bakteri pergunakan kedua bentuk di atas (fakultatif)

d. Ketiga bentuk tersebut biasanya terdapat sekaligus di tanah

**Hubungan dengan Kelembaban :**

a. Kelembaban optimum sama dengan yang dibutuhkan oleh tanaman tingkat tinggi.
b. Kelembaban pengaruhi kadar $O_2$

**Kisaran Temperatur :**

a. $70^0 – 100\,^0$F
b. Temperatur tanah jarang mematikan bakteri

**Kebutuhan bahan organik**

a. Sebagai sumber energi (bakteri heterotrofi)
b. Bakteri autotrofik tidak perlukan BO sebagai bahan energi

**Hubungan dengan Ca yang dapat dipertukarkan dan pH**

a. Ca tinggi dan pH : 6-8 umumnya terbaik
b. Ca dan pH menentukan jenis bakteri
c. Bakteri tertentu berfungsi pada pH amat rendah (±0,3) dan yang lain pada pH tinggi
d. Ca yang dapat dipertukarkan lebih penting daripada pH

Tabel 22. Sifat Kimia dan Fisika eksremen cacing dan tanah

| Sifat Kimia & Fisiko Kimia | Kotoran | Lapisan 0-15 cm | Lapisan 20-40 cm |
|---|---|---|---|
| N Total (%) | 0,35 | 0,25 | 0,08 |
| C Organik (%) | 5,17 | 3,35 | 1,11 |
| Nitart (ppmN) | 21,9 | 4,7 | 1,7 |
| P (ppm $P_2O_5$) | 150 | 20,8 | 8,3 |
| Ca tt (ppm Ca) | 2793 | 1993 | 481 |
| Ca Total (%) | 1,19 | 0,88 | 0,91 |
| Mg tt (ppm Mg) | 492 | 162 | 69 |
| KTK (me/100 g) | 4,67 | 3,82 | 1,63 |
| KB (%) | 92,9 | 74,1 | 55,5 |

Keterangan: tt : tertukarkan

Tabel 23, Analisis sifat Kimia tanah dan interpretasinya

| Anali-sis | Metoda Yang Direkomen-dasikan | Unit | Peng-harkatan | Kisaran | Interpretasi Umum |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | 1:2,5 tanah:air suspensi | - | Sangat Tinggi | >8,5 | Tanah-tanah Alkalin: Ca, Mg tersedia; bisa jadi sedikit Na; mungkin keracunan B |
| | | | Tinggi | 7,0-8,5 | P dan B tersedia menurun, hingga defisiensi pada nilai |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | tinggi, pH dibawah 7,0 terjadi peningkatan defisiensi Co, Cu, Fe, Mn, Zn |
| | | | Mene-ngah | 5,5-7,0 | Kisaran yang paling banyak dipakai untuk masa tanam, kisaran yang rendah beberapa unsur bersifat masam |
| | | | Rendah | <5,5 | Tanah masam, memung-kinkan keracunan Al dan kelebihan Co, K, NMg, Mo, P, S (B rendah pada pH 5) |
| CEC | a. Tanpa buffer 1 M KCl pada pH tanah<br>b. Na atau $NH_4$ asetat pada pH 8,2-7,0 | me/100 g tanah | Sangat tinggi | >40 | Tanah peruntukan budidaya yang secara normal baik |
| | | | Tinggi | 25-40 | Hanya sedikit jumlah yang dibutuhkan |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | untuk kapur dan pupuk K |
| | | | Mene-ngah | 15-25 | Secara normal masih cocok untuk budidaya, perlu dipupuk |
| | | | Rendah | 5-15 | Tanah Marginal, sedikit nutrien tersedia |
| | | | Sangat Rendah | <5 | Sangat tidak cocok untuk budidaya |
| BSP | Dihitung dari: Total basa yang dipertukarkan/ CEC | % | Tinggi | >60 | Pada umumnya tanah subur |
| | | | Sedang | 20-60 | Pada umumnya dibutuhkan sedikit pupuk |
| | | | Rendah | <20 | |
| | | | Eutric | >50 | |
| | | | Dystric | <50 | |
| **Kation Dapat Dipertukarkan** | | | | | |
| Ca | Sebagai CEC | me/100g tanah | Tinggi | >10 | Respon pada pemupukan Ca pada tingkatan <0,2 me/100g tanah, |
| | | | Rendah | <4 | Jika tingkatan Na Tinggi, respon yang terjadi |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | tingkatan Ca tinggi |
| Mg | Sebagai CEC | me/100g tanah | Tinggi | >4,0 | Defisiensi Mg sering kali terjadi, tanah masam, |
| | | | Rendah | <0,5 | Dengan Ca, Mg yang tinggi, sedikit tersedia untuk tanaman |
| K | Sebagai CEC | me/100g tanah | Tinggi | >0,6 | Respon menunjuk-kan pemupukan dengan K tidak disukai, K yang tinggi bisa jadi Na tinggi, tetapi tergantung pula pada tipe tanahnya, tekstur |
| | | | Rendah | <0,2 | Respon pemupukan K baik |
| EPP | Dihitung: $K^+$/CEC | me/100g tanah | Tinggi | >25% | Sangat melampaui batas, ESP>15% |
| | | | Rendah | <2% | Sangat melampaui bi bawah batas |
| Na | Sebagai CEC | me/100g tanah | Tinggi | >1 | Alkali atau tanah sodik |
| ESP | Dihitung: $Na^+$/CEC | % | Tinggi | >15 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | >15 | 50% terjadi pengurangan hasil untuk tanaman yang sensitif |
| | | | | 15-25% | 50% terjadi pengurangan hasil untuk tanaman yang semitoleran |
| | | | | 35% | 50% terjadi pengurangan hasil untuk tanaman yang toleran |
| Al:CEC | 1 M KCl tdk perlu buffer | % | Tinggi | <85 | Toleran hanya pada sedikit tanaman |
| | | | Sedang | 30-85 | Pada umumnya toksit |
| | | | Rendah | >30 | Bersifat sensitif pada tanaman |
| **Rasio Kation Dapat Dipertukarkan** | | | | | |
| Ca:Mg | Sebagai CEC | - | | >5:1 | Memungkin-kan untuk Mg dan (dengan pH tingi) Penghalang bagi P |
| | | | | 3-5:1 | Kirana Normal |
| | | | | <3:1 | Memungkin-kan untuk menghalagi P dan defisiensi Ca |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mg:K | Sebagai CEC | | | <1:2 | Pengambilan Mg bisa jadi efektif |
| P | | Ppm | Tergantung pada Metoda | | |
| N Organik | Mikro Kjeldahl | % berat | Tinggi<br>Mene-ngah<br>Rendah | >0,5<br>0,2-0,5<br><0,2 | Interpretasi tergantung pada tanah dan lokasinya |
| C Organik | Walkley-Black | % berat | Tinggi<br>Menengah<br>Rendah | >10<br>4-10<br><4 | Interpretasi tergantung pada tanah dan lokasinya |
| Bahan Organik | C Organik x 1,72 | | - | 0,5-1<br><0,5 | Sedikit<br>Sangat sedikit |
| C:N | Dihitung | - | - | 10:1 | Normal |
| Karbo-nat bebas | Diperlakukan dengan Asam | % berat | - | >40<br>>25 | Kalkareus, Masalah pada ketersediaan P dan mikronutrien pada tanah kalkareus<br>Horizon kalsik |
| Gyp-sum | Bower dan Huss (1948) | % berat | - | <2<br>2-25<br>>25 | Baik untuk pertumbuhan tanaman<br>Tidak memberikan effek jika dalam bentuk tepung<br>Dapat mengurangi hasil secar substansial |
| S | | ppm | Tergantung pada Metoda | | |

**Penutup**

Demikian perkuliahan ke delapan dan sembilan ini tersaji mengenai "Sifat Kimia dan Biologi Tanah Kolam" yang menjelaskan sifat kimia dan biologi tanah kolam, dan pengaruh penggenangan terhadap sifat kimia tanah. Perkuliahan ke sepuluh, sebelas, dua belas dan tiga belas akan kita lanjutkan dengan membahas "Bahan Organik Tanah, Respirasi Anaerobik Dan Oksidasi Reduksi Pada Tanah Kolam".

**Rangkuman**

Kapasitas Tukar Kation dipengaruhi oleh kandungan lempung, tipe lempung dan kandungan bahan organik tanah, KTK sangat penting untuk mengetahui kesuburan tanah, aplikasi pupuk, pengambilan haradan kualitas lingkungan. Kapasitas Pertukaran Anion adalah kapasitas lempung untuk menyerap dan menukar anion. Lempung akan bermuatan positif hanya terjadi dalam kondisi asam, ketika dimana pH tanah dibawah *Zero Point of Charge* (ZPC) *clay* atau karena patahnya ikatan mineral lempung. ZPC adalah pH dimana mineral tidak bermuatan atau muatan positif dan negative jumlahnya sama *(isolectric point.* Pada kondisi ZPC partikel lempung dalam larutan tanah tidak saling tolak dan cenderung membentuk partikel yang lebih besar.

Organisme tanah adalah organisme yang bertanggung jawab terhadap penghancuran dan sintesa organik. Biologi tanah adalah kehidupan dalam tanah, menyangkut kegiatan jasad hidup dalam tanah dan peranannya, serta peranan bahan organik (BO) dengan segala sifat dan cirinya. Kebutuhan bahan organik adalah sebagai sumber energi (bakteri heterotrofi) dan bakteri autotrofik tidak perlukan BO sebagai bahan energi.

**Soal Latihan**

1. Jelaskan dengan rinci tentang KTK, KPA, dan ZPC ?
2. Sebutkan mineral yang memiliki KTK > 40 me/ g ?
3. Jelaskan tentang chelasi, aksi buffer, dan mineralisasi ?
4. Apa arti rasio Al: CEC ?

5. Mengapa BO memiliki KTK tertinggi ?
6. Jelaskan fungsi organisme tanah ?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Schwertmann. 1985. **The Effect of Pedogenic Environments on Iron Oxides Minerals**. In: Advances in Soil Science, Vol. 1, Springer-Verlag, New York, Inc.
2. Boyd, C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquacultur.** Chapman & Hall, United States of Americ. 340 pp.
3. Foth, H. D. 1984. **Fundamentals of Soil Science.** John Wiley & Sons Inc.777 pp.
4. Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubi, S. G. Nugroho, M. R. Saul, M. A. Diha, G. B. Hong dan H. Bailey. 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah.** Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
5. Hardjowigeno, S. 2003. **Ilmu Tanah.** Akademika Pressindo. Jakarta. 286 hal.
6. Jusop, S. 1981. **Asas Sains Tanah.** Universitas Pertanian Malaysia, Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur. 273 hal.
7. Nyakpa, M. Y., A. M. Lubis, M. A. Pulung, A. G. Amrah, A. Munawar, G. B. Hong dan N. Hakim. 1988. **Kesuburan Tanah.** Penerbit Universitas Lampung. 258 hal.
8. DIKTI-Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1991. **Kimia Tanah**. 231 hal.

# BAB VII. Bahan Organik Tanah, Respirasi Anaerobik dan Oksidasi reduksi

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan bahan organik tanah, respirasi anaerobik dan oksidasi reduksi pada tanah kolam.

## 7.1. Pendahuluan

Reaksi oksidasi-reduksi adalah penting dalam tambak budidaya karena banyak proses biologis yang mempengaruhi kondisi tanah, kualitas air, dan produksi hewan akuatik secara biologis melalui oksidasi dan reduksi. Fotosintesis adalah reaksi reduksi yang umum terjadi, dimana karbon anorganik, karbon dioksida berkurang menjadi karbon organik dalam bentuk karbhohydrat dengan penangkapan energy. Respirasi aerobik adalah reaksi oksidasi dimana karbon dalam bahan organik dioksidasi menjadi karbon dioksida dengan pelepasan energi. Respirasi mikroorganisme dalam pengurai bahan organik di tanah kolam/tambak pada dasarnya adalah mengkonsumsi oksigen lebih cepat daripada oksigen yang dapat menembus massa tanah, dan hanya lapisan permukaan bersifat aerobik. Kolam tanah secara vertikal bertingkat sesuai dengan akseptor elektron yang digunakan oleh mikroba dalam respirasi. Di bawah lapisan tipis, lapisan permukaan aerobik dimana oksigen adalah akseptor elektron terminal dalam respirasi. Pada lapisan dimana nitrat, besi dan mangan, sulfat, dan karbon dioksida, yang masing-masing digunakan sebagai akseptor elektron atau oksigen dalam respirasi. Fermansi juga terjadi pada tanah anaerob.

Produk respirasi anaerobik adalah senyawa organik larut, karbon dioksida, amonia, nitrit, gas nitrogen, besi forrous, mangan manganous, hidrogen sulfida, hidrogen, dan metan. Senyawa ini diangkut dalam profil

tanah dan ke dalam air di atas tanah dengan cara difusi, rembesan, dan gangguan pada sedimen. Beberapa substansi berkurang, seperti nitrit dan hidrogen sulfida, yang sangat beracun bagi hewan air.

Oksidasi-reduksi potensial atau potensial redoks merupakan indeks tingkat oksidasi atau reduksi dalam sistem kimia. Potensial redoks kolam tanah kadang-kadang diukur pada kolam budidaya udang dan ikan sebagai indeks yang menggambarkan kondisi tanah. Banyak petani ikan dan praktisi budidaya yang tidak memahami prinsip-prinsip oksidasi-reduksi atau tidak tahu bagaimana menginterpretasikan pengukuran potensial redoks. Selanjutnya, para teknisi budidaya dan ilmuwan jarang memiliki lebih pengetahuan yang memadai tentang prinsip oksidasi-reduksi. Pada Bab ini dijelaskan potensial redoks sesederhana mungkin, membahas respirasi anaerobik, dan komentar tentang peran potensial redoks dalam akuakultur.

## 7.2. Reaksi Oksidasi Reduksi

Suatu reaksi oksidasi sederhana adalah:

$$H_2^0 + Cl_2^0 \rightarrow 2H^+ + 2Cl^- \qquad (14)$$

Dalam reaksi ini, hidrogen teroksidasi karena kehilangan elektron dan menjadi lebih positif dalam valensinya. Klorin berkurang karena keuntungan elektron yang hilang dengan hidrogen dan menjadi lebih negatif dalam valensinya. Dua persamaan dapat ditulis untuk menunjukkan transfer elektron:

$$H_2^0 \Leftrightarrow 2H^+ + 2e^- \qquad (15)$$

$$Cl_2^0 + 2e^- \Leftrightarrow 2Cl^- \qquad (16)$$

Hidrogen adalah agen yang mereduksi dan klorin adalah oksidator. Agen pengoksidasi selalu tereduksi, dan agen mereduksi selalu teroksidasi.

Jumlah elektron yang diperoleh oleh agen pengoksidasi harus sama dengan jumlah elektron yang tereduksi oleh agen reduksi.

Sebuah reaksi oksidasi-reduksi lebih komplek terlihat di bawah ini:

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_20 \qquad (17)$$

Pada reaksi ini, $Fe^{2+}$ dalam $FeSO_4$ dioksidasi menjadi $Fe^{3+}$ dalam $Fe_2(SO_4)_3$, dan $Mn^{7+}$ dalam $KmnO_4$ direduksi menjadi $Mn^{2+}$ dalam $MnSO_4$. Persamaan oksidasi dan reduksi secara terpisah mengilustrasikan adanya transfer elektron sebagai berikut:

$$10Fe^{2+} \rightarrow 10Fe^{3+} + 10e^- \qquad (18)$$

$$2Mn^{7+} + 10e^- \rightarrow 2Mn^{2+} \qquad (19)$$

Ion ferrous (II) adalah agen pereduksi dan ion mangan (VII) adalah agen pengoksidasi. Perhatikan lagi bahwa senyawa pereduksi teroksidasi dan oksidator berkurang, dan bahwa elektron yang hilang oleh agen pereduksi diterima oleh agen pengoksidasi. Dalam penambahan transfer elektron, beberapa reaksi oksidasi-reduksi ion hidrogen, ion hidroksil, atau air diperlukan untuk melanjutkan reaksinya, Ion hidrogen yang diperlukan dalam persamaan 17 dan menghasilkan air.

Oksigen adalah oksidator kuat, dan hidrogen adalah agen pereduksi kuat. Kedua elemen digunakan sebagai standar terhadap kekuatan agen pengoksidasi dan pereduksi lainnya yang akan dibandingkan. Suatu reaksi dapat diidentifikasi sebagai reaksi oksidasi-reduksi dengan transfer elektron dan perubahan valensi. Oksidasi dapat juga melibatkan hilangnya hidrogen atau mendapatkan oksigen, dan hilangnya oksigen dan akuisisi hidrogen dan oksigen tidak merupakan oksidasi atau reduksi.

## 7.3. Potensial Oksidasi Reduksi

Prinsip-prinsip hukum aksi massa, perubahan energi bebas reaksi, dan konstanta kesetimbangan dapat diterapkan untuk oksidasi-reduksi. Kekuatan pendorong untuk reaksi oksidasi-reduksi dapat dinyatakan dalam hal arus listrik terukur. Pertimbangkan reaksi oksidasi-reduksi khas seperti:

$$I_2 + H_2 = 2H^+ + 2I^- \qquad (20)$$

Yodium direduksi menjadi iodida, dan hidrogen teroksidasi menjadi ion hidrogen. Reaksi dapat dibagi menjadi dua bagian, satu menunjukkan hilangnya elektron (e-) dalam oksidasi dan satu menunjukkan penambahan elektron dalam pengurangan sebagai berikut:

$$I_2 + 2e^- \Leftrightarrow 2I \qquad (21)$$

$$H_2 \Leftrightarrow 2H^+ + 2e^- \qquad (22)$$

Persamaan 21 dan 22, disebut setengah sel dapat ditambahkan untuk memberikan Persamaan 2, Persamaan 19, disebut sel karena dapat dipisahkan menjadi dua reaksi menjadi setengah-sel.

Standar reaksi energi bebas untuk Persamaan 21 dan 22 adalah:

$$\Delta Fr^0{}_{(6,8)} = 2\Delta F_f^0 I^- - \Delta Fr_f^0 I_2 - 2\Delta F_f^0 e^- \qquad (21)$$

$$\Delta Fr^0{}_{(6,9)} = 2\Delta F_f^0 H^+ + 2\Delta F_f^0 e^- - 2\Delta F_f^0 H_2 \qquad (22)$$

$\Delta F_f^0 e^-$ jumlah jangka yang membatalkan selama penambahan sisi kanan.

$$2\Delta Ff^0\, H^+ + 2\Delta_f^0 I^- - \Delta F_f^0 H_2 - \Delta F_f^0 I_2 \qquad (23)$$

Jika sama dengan $\Delta Fr^0$ untuk persamaan 20, karena bentuk $\Delta F_f^0 e^-$ dibatalkan karena dua setengah sel yang ditambahkan, sehingga diizin untuk

menilai nol pada $\Delta F_f^0 e$. Juga berasal dari Tabel 3,2, $\Delta Ff^0$ $H^+$ = $\Delta F_f^0 H_2$ = 0, Sehingga, $\Delta Fr^0$ = 0 untuk reaksi dalam persamaan 22.

### 7.3.a. Standar Hidrogen Elektron

Persamaan 22 disebut hidrogen setengah sel dan sering ditulis sebagai berikut:

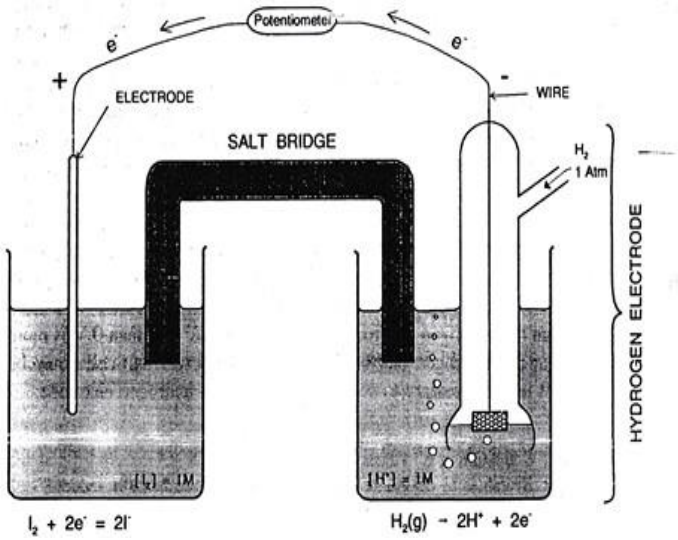
$$1/2H_2 \Leftrightarrow H^+ + e^- \qquad (24)$$

Hidrogen setengah sel adalah ekspresi yang sangat berguna. Setiap reaksi oksidasi-reduksi dapat ditulis sebagai dua reaksi setenga sel dengan fungsi setengah sel hidrogen baik sebagai setengah sel electron menyumbangkan atau penerima elektron:

$$Fe^{3+} + e^- \Leftrightarrow Fe^{2+}, 1/2H_2 \Leftrightarrow H^+ + e^- \qquad (25)$$

$$Fe(s) \Leftrightarrow Fe^{2+} + 2e^-, \qquad 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow H_2(g) \qquad (26)$$

Pada Persamaan 25, hidrogen adalah reduktor karena menyumbangkan elektron dan mengurangi $Fe^{3+}$ menjadi $Fe^{2+}$. Pada Persamaan 26, $H^+$ adalah oksidan karena menerima elektron dan mengoksidasi Fe(s) menjadi $Fe^{2+}$.




Gambar 26. Hidrogen setengah sel atau elektroda terhubung ke yodium - iodida setengah sel, gas hidrogen pada 1 atm ditempatkan dalam larutan ion hidrogen 1M untuk membentuk hidrogen setengah sel elektroda hidrogen.

Aliran elektron antara setengah sel dapat diukur sebagai arus listrik. Bahan kimia, reaksi yang melibatkan pengurangan $I_2$ oleh $H_2$ (Persamaan 20) dapat digunakan untuk membuat sel-sel dua setengah di mana aliran elektron dapat diukur (Gambar 26). Sel ini terdiri dari larutan l M ion hidrogen dan larutan l M yodium. Sebuah elektrnode Platinum dilapisi dengan platinum hitam.

Sebuah elektroda platinum mengkilap ditempatkan dalam larutan yodium untuk membentuk elektroda lainnya. Sebuah kawat platinum terhubung antara dua elektroda memungkinkan aliran bebas elektron antara dua setengah sel. Sebuah jembatan garam dihubungkan antara dua larutan memungkinkan ion untuk bermigrasi dari satu sisi ke sisi lain dan menjaga aliran listrik. Aliran elektron diukur dengan potensiometer. Aliran elektron dalam sel ditunjukkan pada Gambar 25 adalah dari elektroda hidrogen pada larutan yodium. Yodium - iodida setengah sel awalnya lebih teroksidasi daripada elektroda hidrogen, dan elektron bergerak ke larutan iodin dan mengurangi $I_2$ ke $I^-$. Oksidasi $H_2$, $H^+$ adalah sumber dari electron. Elektron

terus mengalir dari elektroda hidrogen pada iodin-iodida setengah sel sampai kesetimbangan tercapai.

Tegangan untuk sel pada Gambar 25 adalah awalnya 0,62 V. Tegangan ini disebut potensial elektroda standar ( $E_0$ ) untuk sel. Nilai $E_0$ menurun sebagai hasil reaksi, dan pada kesetimbangan $E_0$ = 0 V. Potensial elektroda standar mengacu pada tegangan yang berkembang antara elektroda hidrogen standar (setengah sel ) dan lainnya setengah sel dalam kondisi standar ( unit kegiatan dan $25^0$C). Elektron-elektron ditransfer antara faktor setengah sel untuk mendorong reaksi oksidasi-reduksi hingga setimbang dan tidak selalu mengalir dalam arah yang ditunjukkan pada Gambar 25. Dalam beberapa kasus hidrogen standar yang lebih teroksidasi daripada setengah sel yang lain, dan elektron akan mengalir menuju elektrode hidrogen dan reduksi akan terjadi pada elektroda hidrogen. Hal ini diperlukan untuk memberikan tanda pada $E_0$. Tanda positif biasanya diterapkan ketika elektron mengalir dari elektroda hidrogen dan menuju setengah sel yang lain seperti pada Gambar 25. Tanda positif berarti setengah-sel yang lain lebih teroksidasi daripada elektroda hidrogen, karena elektrode hidrogen lebih teroksidasi daripada setengah sel yang lain, elektron mengalir menuju elektroda hidrogen dan tanda negatif diterapkan pada $E_0$. Tanda kadang-kadang diterapkan pada $E_0$ dengan cara yang berlawanan, dan tanda $E_0$ dapat menyebabkan kebingungan, nilai $E_0$ telah ditentukan selama setahun setenga sel dan ditabulasikan dalam karya referensi, dipilih Balf-Reaksi sel dan nilai Eo disediakan pada Tabel 24. Eo dari elektroda hidrogen adalah 0 V, dan nilai ini adalah referensi setengah sel yang lainnya akan dibandingkan. Setengah sel dengan Eo lebih besar dari 0 V dan lebih teroksidasi daripada elektroda hidrogen, dan sebuah Eo kurang dari 0 V lebih kurang dibandingkan elektroda hidrogen. Eo dari dua setengah sel dapat dibandingkan, tidak perlu membandingkan hanya dengan elektroda hidrogen.

Contoh 7.1: Evaluasi dari Nilai Eo

Mengacu pada nilai Eo untuk menentukan apakah $Mn^{4+}$ lebih teroksidasi atau lebih tereduksi dari $O_2$ (g) dan $Fe^{3+}$.

Tabel 24. Standar potensial elektroda pada $25^0C$

| Reaksi | $E^0$ (V) |
|---|---|
| $O_2(g) + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow O_2(g) + H_2O$ | +2,07 |
| $Mn^{4+} + e^- \Leftrightarrow Mn^{3+}$ | +1,65 |
| $2HOCl + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow Cl_2(aq) + 2H_2O$ | +1,60 |
| $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \Leftrightarrow Mn2+(g) + 4H_2O$ | +1,51 |
| $Cl_2(aq) + 2e^- \Leftrightarrow 2Cl^-$ | +1,39 |
| $Cl_2(g) + 2e^- \Leftrightarrow 2Cl^-$ | +1,36 |
| $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \Leftrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ | +1,33 |
| $O_2(ag) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O$ | +1,27 |
| $2NO_3^- + 12H^+ + 10e^- \Leftrightarrow N_2(g) + 6H_2O$ | +1,24 |
| $MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \Leftrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$ | +1,23 |
| $O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O$ | +1,23 |
| $Fe(OH)_3(s) + 3H^+ + e^- \Leftrightarrow Fe^{2+} + 3H_2O$ | +1,06 |
| $NO_2^- + 8H^+ + 6e^- \Leftrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$ | +0,89 |
| $NO_2^- + 10H^+ + 8e^- \Leftrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$ | +0,88 |
| $NO_3^- + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow NO_2^- + H_2O$ | +0,84 |
| $Fe^{3+} + e^- \Leftrightarrow Fe^{2+}$ | +0,77 |
| $I_2(aq) + 2e^- \Leftrightarrow 2I^-$ | +0,62 |
| $MnO_4 + 2H_2O + 3e^- \Leftrightarrow MnO_2(s) + 4OH^-$ | +0,59 |
| $SO_4^{2-} + 8H^+ + 6e^- \Leftrightarrow S(s) + 4H_2O$ | +0,35 |
| $SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- \Leftrightarrow H_2S(g) + 4H_2O$ | +0,34 |
| $N_2(g) + 8H^+ + 6e^- \Leftrightarrow 2NH_4^+$ | +0,28 |
| $Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \Leftrightarrow 2Hg(l) + 2Cl$ | +0,27 |
| $SO_4^{2-} + 9H^+ + 8e^- \Leftrightarrow HS + 4H_2O$ | +0,24 |
| $S_4O_4^{2-} + 2e^- \Leftrightarrow 2S_2O_3^{2-}$ | +0,18 |
| $S(s) + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow H_2S(g)$ | +0,17 |
| $CO_2(g) + 8H^+ + 8e^- \Leftrightarrow CH_4(g) + 2H_2O$ | +0,17 |
| $H^+ + e^- \Leftrightarrow ½H_2(g)$ | 0,00 |
| $6CO_2(g) + 24H^+ + 24e^- \Leftrightarrow C_6H_{12}O_6$ (glukosa) $+ 6H_2O$ | -0,01 |
| $SO_4^{2-} + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow SO_3^{2-} + H_2O$ | -0,04 |
| $Fe^{2+} + 2e^- \Leftrightarrow Fe(s)$ | -0,44 |

Sumber: Snoeyink dan Jenkins.

Eo = A,242 V untuk KCl jenuh dan 0,282 V untuk IM KCI dalam elektroda kalomel.

$Mn^{4+} + e^- \Leftrightarrow Mn^{3+}$ $E^o = 1,65V$ (27)

$O_2(g) + 4H^+ + e^- \Leftrightarrow H_2O$ $E^o = 1,23V$ (28)

$Fe^{3+} + e^- \Leftrightarrow Fe^{2+}$ $E^o = 0,77V$ (29)

Nilai-nilai Eo menunjukkan bahwa $Mn^{4+}$ adalah yang paling teroksidasi dan $Fe^{3+}$ adalah yang teroksidasi dari tiga substansi.

Contoh 7.2: Evaluasi Nilai Eo

Nilai E mengungkapkan jika dua senyawa bisa eksis bersama-sama, Sebagai contoh, oksigen terlarut dan hidrogen sulfida ada bersama-sama?

Penyelesaian: Setengah sel dan nilai Eo dari Tabel 6.1 adalah:

$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O$ $E^o = 1,27$ V (30)

$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- \Leftrightarrow H_2S(g) + 4H_2O$ $E^o = 0,34$ V (31)

Eo untuk oksigen setengah sel lebih besar daripada untuk reaksi setengah sel yang menghasilkan hidrogen sulfide. Jika oksigen terlarut hadir, setiap hidrogen sulfida dihasilkan akan teroksidasi menjadi sulfat. Kedua substrat seharusnya tidak terjadi di lingkungan yang sama.

**7.3.b. $E^o$ dan $\Delta Fr^o$**

Hubungan antara tegangan dalam reaksi sel dan perubahan energi bebas standar:

$$\Delta Fr^o = -nE^oF \quad (32)$$

Dimana:

Eo = tegangan reaksi di mana semua senyawa berada pada unit aktivitas

n = jumlah elektron yang ditransfer dalam reaksi sel F = konstanta Faraday (23,06 kkal V gram equivalen$^{-1}$)

Contoh 7.3: Bukti Persamaan 32

Eo diukur untuk reaksi dalam Persamaan 21 adalah 0,62 V (Tabel 24). Ini akan menunjukkan bahwa Persamaan 32 memberikan nilai yang sama $\Delta F_r^o$ yang dihitung oleh Persamaan (3,3) $\Delta F_f^o = \sum \Delta F_f^o$ produk - $\sum \Delta F_f^o$ reaktan yang menggunakan nilai tabular $\Delta F_f^o$.

Penyelesaian: Dari persamaan 32, $\Delta F_r^o$ adalah:

$$\Delta F_r^o = 2 \times 0{,}62 \text{ V} \times 23{,}06 \text{ kcal g-V}^{-1} = 28{,}6 \text{ kcal}$$

$\Delta F_r^o$ dapat dihitung dari nilai $\Delta F_f^o$ dengan persamaan 3.3:

$$\Delta F_r^o = 2\Delta F_f^o H^+ + 2\Delta F_f^o I^- - \Delta F_f^o I_2 - \Delta F_f^o H_2$$

Penggunaan nilai $\Delta F_f^o$ dari Tabel 3.2 sebagai berikut :

$$\Delta F_r^o = 0 + 2(13{,}35) - (-3{,}93) - 0 = 28{,}6 \text{ kcal}$$

Sehingga $\Delta F_r^o$ dihitung dari $E^o$ yang sama dengan $\Delta F_r^o$ dihitung dengan nilai $\Delta F_f^o$.

Dia dapat diperlihatkan pada persamaan 3.4, yang ketika itu reaksinya seimbang:

$$\Delta F_r^o = -RT \ln K$$

Substitusi Persamaan 32 dengan Persamaan 3.4 adalah:

$$E° = -\frac{RT}{nF} \ln K \quad (33)$$

Persamaan 33 adalah untuk kondisi standar. Sebuah ekspresi umum untuk kondisi lain:

$$-nEF = -nE°F + RT\ ln \frac{(C)^c\ (D)^d}{(A)^a (B)^b} \quad (34)$$

atau

$$-E_h = E - \frac{RT}{nF}\ ln \frac{(C)^c\ (D)^d}{(A)^a (B)^b} \quad (35)$$

Eh adalah tegangan yang diukur dalam sel atau potensial redok (volt), Istilah RT / nF dapat disederhanakan untuk 25°C sebagai berikut:

$$\frac{(0{,}001987\ kcal^0 A^{-1})\ (298{,}15^0 A)\ (2{,}303)}{n\ (23{,}06\ kcal\ V - g\ ekuivalen^{-1})} = \frac{0{,}0592}{n}$$

Sehingga:

$$E_h = E^0 - \frac{0{,}0592}{n} \log\ Q \quad (36)$$

Dimana:

$$Q = \frac{(C)^c\ (D)^d}{(A)^a (B)^b}$$

Ingat, Q adalah hasil ekuilibrium yang digunakan dimana AF, dan E tidak sama dengan nol (yaitu, kondisi nonequilibrium). Persamaan 36 umumnya disebut Persamaan Nernst.

Contoh 7.4: Perhitungan Redoks Potensial

Potensial redoks akan dihitung untuk air pada 25°C dengan pH = 7 dan konsentrasi oksigen terlarut dari 8 mg $L^{-1}$.

Penyelesaiannya:

$$\frac{8\ mg\ L^{-1} O_2}{32000\ mg\ mole} = 10^{-3,60} M$$

$(H^+) = 10^{-7}$ M pada pH 7

Reaksinya adalah:

$$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- = 2H_2O$$

Untuk yang Eo = 1,27 V (Tabel 6,1),

$$E_h = E^0 - \frac{0,0592}{n} \log Q$$

Dimana:

log Q = $\frac{1}{(O_2)\,(H^+)^4}$ ($H_2O$ diberi sebagai unit)

Sehingga:

$$E_h = 1,27 - \frac{0,0592}{4} \log \frac{1}{(10^{-34})\ 10^{-28})}$$

$$= 1,27 - \frac{0,0592}{4} \log \frac{1}{10^{-34,6}}$$

$$= 1,27 - (0,0148)\ (31,6) = 0,802 \text{ V}$$

pH memiliki efek pada potensial redok, dan Eh sering disesuaikan dengan nilai yang tepat untuk pH 7. Untuk menyesuaikan Eh sampai pH 7, kurangi 0,0592 V untuk setiap unit pH di bawah netral dan tambahkan 0,0592 V untuk setiap unit pH di atas netral. Banyak peneliti yang menyesuaikan nilai Eh pada pH 7 dan melaporkan potensial redoks menggunakan simbol $E_7$ bukannya Eh.

Contoh 7.5: Pengaruh pH pada Eh

Berapakah Eh pada pH 5, 6, 7, 8, dan 9 untuk reaksi:

$$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O$$

Ketika oksigen terlarut adalah 8 mg $L^{-1}$ (10-3,60 M) dan suhu air 25°C? Penyelesaian : Metode perhitungan $E_h$ ditunjukkan dengan reaksi pada Contoh 7.4:

$$E_h = +1{,}27 - \frac{0{,}0592}{4}\log\frac{1}{(10^{-3{,}6})(H^{+4})}$$

($H^+$ = $l0^{-5}$, $10^{-6}$, $l0^{-7}$, $l0^{-8}$ dan $l0^{-9}$ M untuk pH 5, 6, 7, 8, dan 9). Substitusi ke persamaan sebelumnya memberikan nilai-nilai Eh, sebagai berikut: pH 5, 0,921 V; pH 6, 0,862 V; pH 7, 0,802 V; pH 8, 0,743 V; pH 9, 0,684 V. Perhatikan bahwa Eh meningkat sebesar 0,059 V untuk setiap unit peningkatan pH.

Perubahan temperatur akan menyebabkan Eh berubah, seperti dapat dilihat dalam Persamaan 35. Pengaruh suhu pada Eh tidak sama besar seperti pengaruh pH, dan potensial redoks terkadang tidak disesuaikan untuk suhu, standar suhu untuk potensial redoks adalah 25°C.

Contoh 7.6: Pengaruh Temperatur terhadap Eh. Eh akan dihitung untuk air pada pH 7 dan 0°C yang memiliki 8 mg $L^{-1}$ oksigen terlarut.

Penyelesaian : Persamaan 20 harus digunakan untuk suhu selain 25°C:

$$E_h = 1{,}27 - \frac{(0{,}001987)(273{,}15)}{4(23{,}06)} \ln \frac{1}{(10^{-3{,}6})(10^{-28})}$$

$$= 0{,}842 \text{ V}$$

Pada suhu 25 °C, Eh adalah 0,802 V (contoh 6.4). Dengan demikian, penurunan suhu dari 25°C menjadi 0 °C disebabkan E7 menurun sebesar 0,040 V.

### 7.4. Pengukuran Praktis Potensial Redoks

Meskipun elektroda hidrogen standar setengah sel terhadap yang setengah sel lainnya umumnya dibandingkan, hampir tidak pernah digunakan sebagai elektroda acuan dalam pengukuran potensial redoks praktis. Elektroda referensi yang paling umum untuk pengukuran redoks adalah elektrode kalomel:

$$Hg_2Cl_2 + 2e^- \Leftrightarrow 2Hg^+ + 2Cl^- \qquad (37)$$

Sebuah elektroda kalomel KCl jenuh memiliki $E^o$ = 0,242V pada 25°C, standar elektrode potensi untuk elektroda kalomel populer adalah KCl jenuh adalah 0,242 V kurang dari nilai $E^o$ yang ditabulasikan pada potensi elektrode standar untuk elektrode hidrogen.

Contoh 7.7: Potensi Elektroda Standar untuk elektrode kalomel.

Nilai $E^o$ dari Tabel 6, akan disesuaikan untuk menunjukkan potensi yang akan diperoleh dengan elektroda kalomel KCl jenuh:

(1) $O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O$ $E^o = 1,27$
(2) $Fe3^+ + e^- \Leftrightarrow Fe^{2+}$ $E^o = 0,77$
(3) $NO^3- + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow NO^{2-} + H_2O$ $E^o = 0,84$

Penyelesaiannya:

| Half-Cell | $E^o$ | | Faktor Koreksi | | Potential Kalomel (V) |
|---|---|---|---|---|---|
| (1) | 1,27 | - | 0,242 | = | 1,028 |
| (2) | 0,77 | - | 0,242 | = | 0,528 |
| (3) | 0,80 | - | 0,242 | = | 0,598 |

Potensial redoks adalah alat yang berharga dalam banyak upaya kimia: dapat digunakan untuk mengikuti perkembangan reaksi kimia dan untuk menentukan titik akhir titrasi, prinsip redoks memiliki banyak aplikasi industri, korosi logam diatur oleh reaksi oksidasi-reduksi, dan konsep ini berguna dalam menjelaskan berbagai fenomena kimia dan biologi.

Penggunaan praktis potensial redoks dalam sistem alam sering mengalami kesulitan. Dalam perairan yang tidak ditemukan konsentrasi senyawa pereduksi tinggi, potensial redoks diatur oleh konsentrasi oksigen terlarut. Meskipun oksigen berkurang karena mengoksidasi senyawa pereduksi di dalam air, oksigen terus digantikan oleh difusi oksigen dari atmosfer atau dengan oksigen yang dihasilkan dalam fotosintesis, dan potensial redoks mungkin cukup konstan. Dalam lapisan hypolimnion badan air, antar muka tanah - air dalam tubuh air yang tidak terstratifikasi, dan dalam tanah dasar dan sedimen, oksigen terlarut dengan konsentrasi rendah atau bahkan tidak ada, dan kondisi reduksi yang berkembang.

Kekuatan yang menyebabkan penurunan potensial redoks adalah konsumsi oksigen oleh respirasi mikroba, ketika molekul oksigen habis, mikroorganisme tertentu dapat memanfaatkan senyawa anorganik yang teroksidasi secara relatif atau organik sebagai akseptor elektron dalam metabolism. Pada berbagai senyawa, konsentrasi relatif tereduksi dan senyawa yang relatif teroksidasi sangat bervariasi baik secara spasial dan temporal, dan biasanya tidak mungkin untuk mengisolasi komponen sistem tertentu. Akibatnya, yang terbaik bisa dilakukan adalah untuk memasukkan probe redoks ke tempat yang diinginkan dan memperoleh hasil (data). Pembacaan ini kemudian dapat diinterpretasikan sebagai potensi yang dibangun oleh oksigen terlarut dalam air. Potensi oksigen secara praktis mempengaruhi potensial redoks pada permukaan air yang oksigenasi.

$$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O \qquad (38)$$

Pada suhu 25°C dan pH 7, potensi oksigen seharusnya sekitar 0,802 V (802 V) terhadap elektroda hidrogen standar (lihat Contoh 7.4). Potensi oksigen air permukaan sumur - oksigen adalah sekitar 0-560 V (560 V) bila diukur dengan elektroda kalomel KCl jenuh. Potensial redoks turun di perairan aerobik atau tanah, dan nilai-nilai di bawah -0,250 V telah diamati pada tanah tambak. Perangkat yang tersedia secara komersial untuk mengukur potensial redoks tidak semua menyediakan bacaan yang sama untuk potensial redoks air sumur - beroksigen atau sampel semua air tereduksi atau tanah. Hal ini membuat sulit untuk menginterpretasikan potensi redoks yang diukur dalam perairan tambak atau tanah. Namun demikian, penurunan nilai potensial redoks yang diperoleh dalam air dengan kadar oksigen jenuh dengan menggunakan instrumen tertentu menunjukkan bahwa kondisi reduksi berkembang, dan kemampuan reduksi meningkat terhadap lingkungan sebagai potensial redoks. Penanganan alat yang baik diharapkan dapat menghalagi masuknya udara atau air beroksigen ke dalam medium di mana Potensial redoks yang akan diukur.

Contoh 7.8: Pengaruh konsentrasi Oksigen terlarut pada Redoks Potensial (Eh) air pada 25°C dan pH 7 akan dihitung untuk konsentrasi oksigen terlarut dari l, 2, 4, dan 8 mg $L^{-1}$.

Penyelesaian: Molar konsentrasi oksigen terlarut dapat dihitung dengan membagi miligram per liter dengan nilai 32.000 mg $O_2$ $moL^{-1}$: 1 mg $L^{-1}$ = 10-4,5 M, 2 mg $L^{-1}$ = 10-4,2 M, 4 mg $L^{-1}$ = 10-3,9 M, 8 mg $L^{-1}$ = 10-3,6 M.

Gunakan konsentrasi molar oksigen terlarut untuk memecahkan permasalah tersebut dengan persamaan:

$$E_h = +1{,}27 - \frac{0{,}0592}{4}\log\frac{1}{(O_2)(10^{-28})}$$

Eh adalah sebagai berikut: 1 $mgL^{-1}$ = 0,789 V, 2 $mgL^{-1}$ = 0,793 V; 4 $mgL^{-1}$ = 0,793 V; 8 $mgL^{-1}$ = 0,802 V. Pembacaan sesuai untuk elektroda kalomel adalah 1 $mgL^{-1}$ = 0,547 V, 2 $mgL^{-1}$ = 0,551 V; 4 $mgL^{-1}$ = 0,556 V; 8 $mgL^{-1}$ = 0,560 V.

Hal ini dapat dilihat dari Contoh 6.8 bahwa hanya sejumlah kecil oksigen terlarut dalam air akan mempertahankan Eh mendekati 0,8 V (mendekati 0,56 V untuk elektroda kalomel) sistem alam tidak mengurangi oksigen terlarut sampai habis.

## 7.4. Respirasi Anaerobik

Dalam lapisan tanah aerobik, oksigen adalah akseptor elektron terminal dan karbon dioksida merupakan produk karbon akhir untuk respirasi mikroba. Pada tanah anaerobik, mikroorganisme tertentu yang disebut anaerob menguraikan bahan organik tanpa adanya oksigen. Oksigen sebenarnya racun bagi beberapa mikroorganisme (*anaerob obligat*), dan beberapa organisme lainnya dapat beradaptasi dengan alur respirasi dengan memainkan fungsi mereka terhadap ada atau tidaknya oksigen (*anaerob*

*faculative*). Akseptor elektron terminal untuk respirasi anaerobik mungkin senyawa organik atau anorganik. Karbon dioksida dapat diproduksi dalam respirasi anaerob, tetapi senyawa karbon akhir termasuk alkohol, format, laktat, propionat, asetat, metana, dan substansi lainnya.

### 7.4.a. Fermentasi

Fermentasi merupakan salah satu jenis respirasi anaerobic. Organisme yang mampu melakukan fermentasi menghidrolisis senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat digunakan dalam proses yang identik dengan glikolisis untuk menghasilkan piruvat. Dengan tidak adanya siklus Krebs, piruvat tidak dapat dioksidasi menjadi karbon dioksida dan air dengan molekul oksigen yang berfungsi sebagai terminal elektron dan hidrogen akseptor. Dalam fermentasi, ion hidrogen dihilangkan dari bahan organik selama pembentukan piruvat yang digabungkan dengan salah satu metabolisme karbohidrat.

Produksi etanol dari glukosa adalah fermentasi yang terkenal di mana setiap molekul glukosa diubah menjadi dua molekul etanol dan dua molekul karbon dioksida:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 4H^+ \quad (39)$$

(Glukosa) (Pyruvat)

$$2C_3H_4O_3 \rightarrow 2C_2H_4O + 2CO^2 \quad (40)$$

(Acetaldehyd)

$$2C_2H_4O + 4H^+ \rightarrow CH^3CH_2OH \quad (41)$$

(Ethanol)

Dalam konversi glukosa menjadi piruvat, dua molekul ATP terbentuk per molekul glukosa. Hidrogen ion yang dilepaskan dalam pembentukan piruvat bergabung dengan asetaldehida untuk menghasilkan etanol. Etanol hanya salah satu dari banyak senyawa organik yang dapat diproduksi oleh fermentasi. Sebagai contoh, beberapa mikroorganisme mengubah glukosa menjadi asam laktat:

$$C_6H_{12} \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 4H^+ \quad (42)$$

(Glukosa)

$$2C_3H_4O_3 + 4H^+ \rightarrow 2C_3H_6O_3 \quad (43)$$

(asam Laktat)

Dalam produksi asam laktat, tidak ada karbon dioksida yang dilepaskan dalam produksi etanol. Enzim mengkatalisis reaksi fermentasi. Dalam produksi etanol, karboksilase mengkatalisis konversi piruvat menjadi asetaldehida dan alkohol dehidrogenase sebagai katalisis pembentukan etanol dari asetaldehida. Asam laktat dehidrogenase bertanggung jawab untuk mengkatalisis reaksi dimana asam laktat dibentuk dari piruvat. Enzim lain berfungsi untuk mengkatalisis pembentukan piruvat dari glukosa dan senyawa organik sederhana lainnya. Reaksi fermentasi juga memproduksi gas hidrogen. Gas hidrogen ternyata terbentuk ketika NADH dioksidasi pada tekanan hidrogen rendah dengan pembebasan hidrogen:

$$NADH + H^+ \Leftrightarrow NAD^+ + H_2 \quad (44)$$

**7.4.b. Penerima Elektron Anorganik**

Banyak mikroorganisme mampu menggunakan bahan anorganik teroksidasi disamping molekul oksigen sebagai akseptor electron. Bakteri yang menggunakan nitrat sebagai akseptor elektron dapat menghidrolisis

senyawa kompleks dan mengoksidasi produk hidrolitik menjadi karbon dioksida. Nitrat direduksi menjadi nitrit, amonia, nitrogen, atau *nitrousoxide*. Banyak bakteri hidrolitik juga mampu melakukan fermentasi. Pada zona dimana nitrat mereduksi oleh bakteri terjadi, bagian dari karbon organik dioksidasi sepenuhnya menjadi karbon dioksida dan sebagian diubah menjadi produk fermentasi organik.

Besi dan mangan direreduksi oleh bakteri seterusnya dimanfaatkan untuk mengoksidasi besi dan mangan sebagai oksidan dalam cara yang sama seperti nitrat mengurangi bakteri menggunakan nirat. Mereka menyerang produk fermentasi organik dan mengoksidasinya menjadi karbon dioksida. Besi ferrous ($Fe^{2+}$) dan mangan manganous ($Mn^{2+}$) yang dirilis sebagai produk respirasi.

Bakteri pereduksi Sulfat dan bakteri penghasil metana tidak dapat menghidrolisis senyawa organik kompleks atau penguraian karbohidrat sederhana dan asam amino dari kegiatan hidrolitik. Mereka hanya dapat memanfaatkan asam lemak rantai pendek dan alkohol sederhana dihasilkan oleh bakteri fermentasi sebagai karbon organik. Produk fermentasi diangkut ke dalam zona reduksi sulfat, dan bakteri menggunakan sulfat sebagai oksidan untuk mengoksidasi produk fermentasi karbon dioksida. Sulfida dilepaskan sebagai produk sampingan.

Produk fermentasi juga bergerak ke zona produksi metana. Dalam reaksi paling umum untuk pembentukan metana, senyawa organik sederhana difermentasi dan karbon dioksida digunakan sebagai elektron (hidrogen) akseptor. Karbon dioksida dapat diperoleh dari lingkungan atau diproduksi dalam fermentasi:

$$CH_3COOH + 2H_2O \rightarrow 2CO_2 + 8H^+ \quad (45)$$

$$8H^+ + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O \quad (46)$$

Pengurangan dari dua reaksi memberikan:

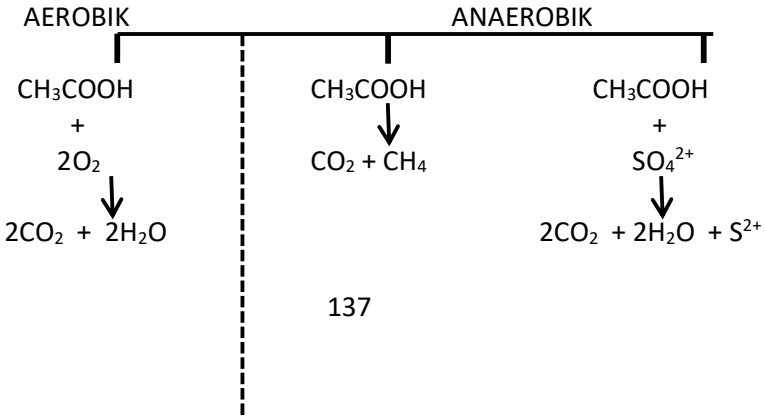
$$CH_3COOH \rightarrow CH_4 + CO_2 \quad (47)$$

Beberapa bakteri juga dapat menggunakan karbon dioksida sebagai oksidan untuk mengoksidasi hidrogen:

$$4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O \qquad (48)$$

Produksi metana adalah proses penting karena hidrogen yang terakumulasi dari fermentasi harus dibuang untuk mencegah menghambat proses fermentasi. Dalam fermentasi, karbon organik sepenuhnya dimetabolisme dan senyawa organik perantara dapat terakumulasi.

Konsentrasi nitrat, besi besi, sulfat yang tinggi, dan senyawa anorganik lainnya teroksidasi dalam pori air lebih terdekomposisi, karena mereka dapat digunakan oleh banyak mikroorganisme sebagai alternatif elektron akseptor (oksidan) dalam ketiadaan oksigen. Energi yang dihasilkan dalam respirasi anaerob (fermentasi atau dengan alternatif akseptor elektron anorganik) jauh lebih rendah dibandingkan respirasi aerobik (Gambar 27). Namun, kedua jenis respirasi anaerobik terjadi pada kolam tanah, dan bahan organik yang terdegradasi efisien dalam banyak kasus, karena tambak biasanya tidak memiliki akumulasi bahan organik. Sebagai contoh, Munsiri dan Boyd (tidak dipublikasikan) mengukur konsentrasi karbon organik dalam segmen yang panjangnya 2,5 cm dipotong dari core membentang dari permukaan tanah kolam asli dikedalaman 2 – 2,3 m, dan kolam berusia 52 tahun pada Unit Riset Perikanan di Auburn University. Terlepas dari usia tambak, lapisan permukaan sedimen (0-10 cm) mengandung 3-4% karbon organik dan tanah tambak bagian bawah mengandung 2-3% karbon organik, tanah kolam asli mengandung kurang dari 0,5% karbon organik. Hanya 8-15% dari karbon organik dalam sedimen dikaitkan dengan fraksi cahaya yang menyatu pada bahan organik.



| | |
|---|---|
| Jumlah energi yang dilepaskan besar $\Delta F^o_e$ = -206,4 kcal | Jumlah energi yang dilepaskan kecil $\Delta F^o_e$ = -9,0 kcal untuk produksi metan $\Delta F^o_e$ = -10,9 kcal untuk produksi sulfat |

Gambar 27. Perbandingan oksidasi aerobik dari asam asetat dengan dua contoh respirasi anaerobik.

Beberapa pengamatan menunjukkan peningkatan karbon organik dalam tanah tambak bagian atas yang berasal dari tanah dasar tambak asli, namun peningkatan persentase karbon organik adalah menengah. Akumulasi bahan organik terutama terdiri dari karbon organik yang selanjutnya dimineralisasi menjadi humus. Tentu saja, ada jumlah yang lebih besar dari karbon organik dalam tambak yang berumur lebih tua daripada yang baru, karena lapisan sedimen tebal di kolam tua.

Gagasan bahwa budidaya tanah tambak memiliki konsentrasi bahan organik yang tinggi karena tanah ini tergenang dan mengurangi oksigen, pemahaman ini adalah konsep yang salah. Kesalahpahaman ini hasil dari tiga pengamatan yang disalahartikan. *Pertama* lahan basah sering mengandung banyak bahan organik tanah, dan tanah organik terbentuk di lahan basah. Bahan organik di lahan basah berasal dari tanaman lahan basah yang tinggi komponen struktural dan rendah kandungan nitrogen. Residu tanaman ini menumpuk di lahan basah karena mereka memiliki rasio C: N rendah dan membusuk perlahan-lahan. Residu sering bersifat asam karena asam organik, dan ini lebih lanjut menghambat dekomposisi mikroba. Residu organik dalam tambak memiliki bahan struktural kecil dan rasio C : N tinggi. Penggunaan kapur pada kolam dengan tanah asam dimaksudkan agar kapur melawan keasaman. *Kedua*, tanah tambak anaerobik sering gelap, dan bahan organik tanah membuat gelap. Meskipun pernyataan ini benar, warna gelap disebagian tanah tambak bersifat anaerobik dan menghasilkan besi yang terbentuk ketika mikroorganisme menggunakan besi sebagai akseptor elektron alternative. *Ketiga*, pengukuran respirasi aerobik tambak tanah jauh lebih lambat ketika tanah berisi air daripada ketika tanah dibiarkan kering periode antar tanam. Ada keraguan pada respirasi anaerobik yang jauh lebih tinggi daripada respiratioa aerobik ketika kolam yang penuh air, dan ada data

yang tidak menunjukkan tingkat aktual tambak dengan bahan organik tanah yang termineralisasi. Namun demikian, pengeringan merangsang respirasi aerobik, dan pengeringan antara tanaman dapat sangat mengurangi jumlah bahan organik di lapisan permukaan dalam persiapan untuk panen berikutnya. Masalah terjadi pada tambak ketika tingkat pengiriman bahan organik tanah besar dan permintaan oksigen terlalu tinggi untuk lapisan permukaan aerobik tanah yang harus dijaga oleh pergerakan oksigen terlarut dari air kolam ke dalam pori air. Ketika ini terjadi, racun, senyawa anorganik berkurang masuk ke air kolam. Permukaan tanah yang teroksidasi di dalam tanah kolam adalah analog dengan terjadinya termoklin di danau, sehigga terjadi pemisahan zona yang melakukan proses aerobik dari zona anaerobik.

### 7.6. Reduksi Tanah Kolam

Oksigen terlarut, karbon dioksida, dan gas lainnya bergerak sangat lambat dalam tanah jenuh air. Dekompsisi bahan organik oleh mikroorganisme aerobik menghabiskan suplai oksigen dan menurunkan potensial redoks. Setelah tanah menjadi anaerob, dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik membawa nilai potensial redoks lebih rendah. Oleh karena itu, bahan organik dan respirasi mikroba adalah sumber mengurangi daya ($H^+$) yang menyebabkan potensial redoks menurun pada tanah tambak.

Reaksi oksidasi-reduksi yang paling penting terjadi dalam akuakultur tanah tambak adalah respirasi aerobik, fermentasi, reduksi nitrat, besi dan mangan, reduksi sulfat, dan produksi metana. Setengah sel untuk reaksi-reaksi ini adalah:

Respirasi aerobik (potensial oksigen berhubungan dengan adanya oksigen terlarut untuk respirasi aerobik).

$$O_2(aq) + 4H^+ + 4e^- \Leftrightarrow 2H_2O; \qquad E^o = 1{,}27\ V \qquad (49)$$

Respirasi anaerob (dimulai ketika oksigen terlarut habis, hal ini juga berhubungan denganpotensi oksigen).

Reduksi Nitrat dan denitrifikasi:

$NO_3^- + 2H^+ + 2e^- \Leftrightarrow NO_2^- + H_2O$; $E^o = 0,85$ V (50)

$NO_3^- + 10H^+ + 8e^- \Leftrightarrow NH_4^+ + 3H_2O$; $E^o = 0,88$ V (51)

$2NO_3^- + 12H^+ + 1Oe^- \Leftrightarrow N_2(g) + 6H_2O$; $E^o = 1,24$ V (52)

$NO_2^- + 8H^+ + 6e^- \Leftrightarrow NH_4^+ + 2H_2O$; $E^o = 0,89$ V (53)

Reduksi Besi dan Mangan:

$Fe3^+ + e^- \Leftrightarrow Fe^{2+}$; $E^o = 0,77$ V (54)

$Fe(OH)_3(s) + 3H^+ + e^- \Leftrightarrow Fe^{2*} + 3H_2O$; $E^o = 1,06$ V (55)

$MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \Leftrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$; $E^o = 1,23$V (56)

Produksi Sulfat:

$SO_4^{2-}- + l0H^+ + 8e^- \Leftrightarrow H_2S(g) + 4H_2O$; $E^o = 0,31$ V (57)

Produksi Methan:

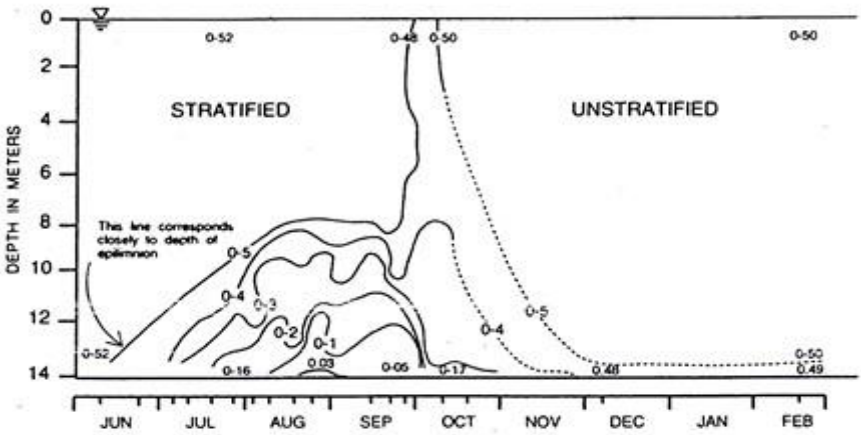
$CO_2 + 8H^+ + 8e^- \Leftrightarrow CH_4(g) + 2H_2O$; $E^o = 0,17$ V (58)

Reaksi yang ditunjukkan oleh Persamaan 50-58 memiliki $E^o$ kurang dari potensial oksigen, beberapa pengurangan dimulai sebelum oksigen terlarut habis seluruhnya.

Pengukuran potensial redoks terhadap senyawa tertentu akan tidak sama seperti $E^o$ untuk reaksi yang terkontrol. Hasil ini karena $E^o$ adalah untuk elektrode hidrogen standar terhubung ke yang lain setengah-sel pada kondisi standar. Dalam pengukuran potensial redoks praktis, konsentrasi oksidan dan reduktan jauh kurang dari l M, suhu jarang 25 $^oC$, dan elektroda kalomel digunakan sebagai pengganti dari elektroda hidrogen standar. Namun demikian, pengukuran potensial redoks, akseptor elektron yang digunakan oleh mikroorganisme anaerobik mengubah senyawa yang menerima elektron pada potensial rendah dan lebih rendah.

### 7.6.a. Redoks dalam Lingkungan Perairan

Penyelidikan yang paling menyeluruh tentang redoks dalam lingkungan perairan telah dilakukan oleh Mortimer. Dia menggunakan elektroda kalomel dalam mengukur potensial redoks ($E_7$) danau di Inggris dan dalam sistem lumpur - air di laboratorium. Ia menemukan bahwa $E_7$ air sumur - oksigen adalah sekitar 0,5 V. Potensial redoks adalah sekitar 0,5 V seluruh volume air danau sampai stratifikasi termal dikembangkan. Pada hypolimnion danau memiliki nilai $E_7$ serendah 0,03 V (Gambar 28). Reduksi nitrat biasanya diamati pada $E_7$ = 0,4 V dan oksigen terlarut 2 mg $L^{-1}$. Besi biasanya terdeteksi dalam air danau saat $E_7$ jatuh di bawah 0,25 V, ini berhubungan dengan konsentrasi oksigen terlarut sekitar 0,5 mg $L^{-1}$. Konsentrasi total zat besi, amonia, dan fosfat meningkat secara drastis di perairan hypolimnion selama periode stratifikasi termal senyawa tersebut dilepaskan dari tanah anaerob bawah oleh aktivitas mikroba. Ketika danau terstratifikasi di musim gugur, konsentrasi oksigen terlarut meningkat, $E_7$ meningkat, dan konsentrasi fosfat dan senyawa lain berkurang. Akumulasi fosfat dalam hypolimnion yang dihasilkan dari konversi besi (III) dalam senyawa fosfat besi menjadi besi (II), sehingga meningkatkan kelarutan fosfat.

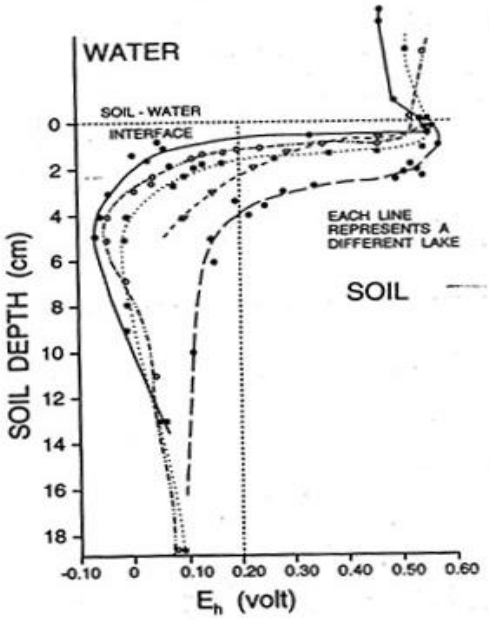



Gambar 28. Perubahan musiman $E_7$ (Volt) perairan danau. (Sumber: Mortimer)

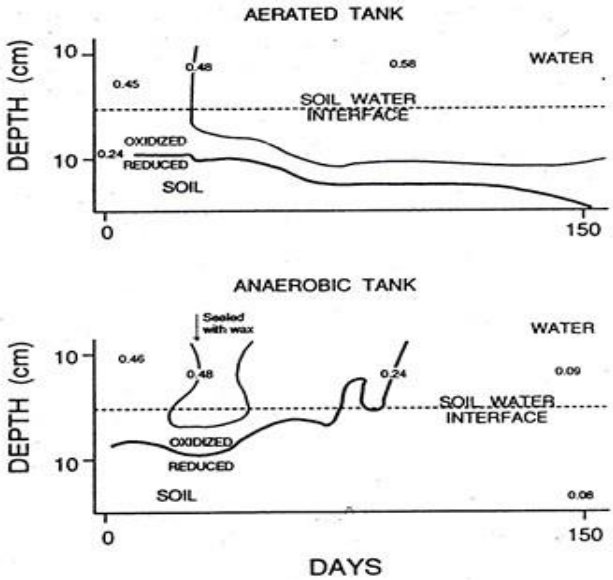
Selama musim dingin, distribusi $E_7$, di lumpur dari beberapa danau, seperti dilansir Mortimer, disajikan pada Gambar 29. Air dioksidasi, namun nilai potensial redoks cepat jatuh dalam tanah dan mengurangi kondisi eksis di kedalaman tanah dari 1 sampai 4 cm. Tidak satu pun dari danau ini yang sangat subur, sehingga sebagian besar danau atau tanah dasar kolam/tambak ternyata adalah anaerobik, lapisan permukaan aerobik tipis. Nilai untuk $E_7$ cenderung meningkat lagi di bawah kedalaman sekitar 5 cm di tiga danau. Kondisi ini bisa jadi disebabkan oleh berkurangnya bahan organik dan mikroorganisme di kedalaman ini.

Mortimer juga mengukur potensial redoks di laboratorium sistem tanah-air terbuka ke atmosfer atau disegel untuk mencegah masukan oksigen atmosfer. Potensial redoks sistem disegel dan membukanya ditunjukkan pada Gambar 30. Konsentrasi tinggi dari besi, mangan, fosfat, amonia, nitrit diamati pada air sistem tertutup dibandingkan dengan yang terbuka. Konsentrasi sulfat juga menurun dalam tangki yang disegel karena sulfat direduksi menjadi sulfida. Pada kondisi ini terjadi perubahan dalam kualitas air yang dihasilkan dari pelepasan senyawa dari tanah yang anaerob.

Berdasarkan hasil danau dan studi laboratorium. Mortimer memberikan nilai $E_7$ untuk potensial yang teroksidasi dari pasangan berikut, terdeteksi: $NO_3^-$ menjadi $NO_2^-$, 0,45-0,4O V; $NO_2^-$ menjadi $NH_4^+$, 0,40-0,35 V; $Fe^{3+}$ menjadi $Fe^{2+}$, 0,30-0,20 V; $SO_4^{2-}$ menjadi $S^{2-}$ ($H_2S$), 0,10-0,06 V.




Gambar 29. Distribusi $E_7$ (volt) dalam lima danau lumpur dengan lapisan permukaan tanah teroksidasi. (Sumber: Mortimer)




Gambar 30. Perubahan $E_7$ (volt) dari waktu ke waktu di tanah sistem tanah-air laboratorium aerobik dan anaerobik. (Sumber: Mortimer)

Konsentrasi oksigen terlarut terkait dengan kisaran tersebut adalah 4, 0,4, 0,1, dan 0 $mgl^{-1}$. Mortimer menyarankan bahwa penampilan besi sebagai indikator yang baik untuk mengurangi kondisi aerobik. Besi merupakan indikator yang baik untuk mengurangi kondisi di tanah budidaya tambak karena senyawa forrous merubah warna tanah abu-abu menjadi hitam pekat. Tanah teroksidasi biasanya memiliki kerak cokelat atau mempertahankan warna asli mereka. Dalam air kolam konsentrasi oksigen terlarut adalah indikator terbaik untuk menentukan status oksidasi-reduksi air. Ranges dalam potensial redoks untuk pengurangan nitrat, besi besi, nitrit, dan sulfat dilaporkan oleh Mortimer beberapa apa berbeda dengan beberapa penulis lainnya. Menurut Takai dan Kamura, Turner dan Patrick, dan Chien, pengurangan senyawa anorganik dalam tanah bawah adalah berurutan sebagai berikut : $NO_3^+$ menjadi $NO_2^-$ dan $MN_4^+$ menjadi $Mn_2^+$ pada 0,2 hingga 0,3 V; $Fe^{3+}$ menjadi $Fe^{2+}$ 0,05 V; $SO_4^{2-}$ ke $S^{2-}$ ($H_2S$) di -0,15-0,20 V; $CO_2$ menjadi $CH_4$ pada -0,25 V. Patrick dan Mahapatra menemukan bahwa aerobik lumpur memiliki potensial redoks 0,4-0,7 V dan anaerobik lumpur memiliki nilai $E_7$ serendah - 0,25 -0,30 V, jauh lebih rendah daripada nilai yang dilaporkan oleh Mortimer (l94l , l942 ), perbedaan ini mungkin terkait dengan jenis elektroda referensi dan teknik pengukuran.

**7.6.b. Redoks Potensial Tanah Kolam**

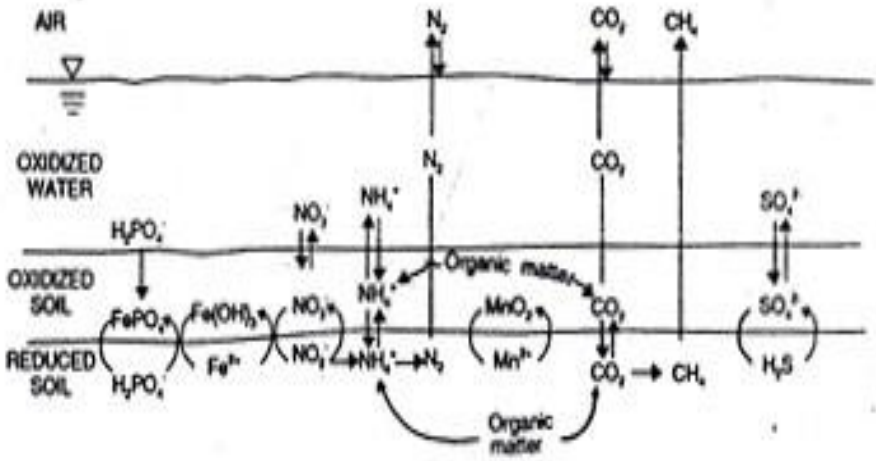
Ada sedikit informasi diterbitkan pada potensial redoks dalam tanah tambak, dan sulit untuk menafsirkan data yang dilaporkan. Shigeno mengukur potensial redoks 0,14 sampai -0,46 V 2 cm di atas tanah tambak udang di Jepan. Dia melaporkan bahwa warna hitam besi besi terlihat di tanah pada -0,215 V. Chien mengukur potensial redoks dalam tanah tambak udang di Taiwan, nilai rata-rata adalah sebagai berikut : kedalaman 0,5 cm, -0,113 V; kedalaman l cm, -0,162 V, kedalaman 1,5 cm, -0,180 V, nilai terendah dilaporkan adalah -0,250V. Chien menemukan bahwa konsentrasi sulfida, amonia, dan nitrit di kolam sedimen meningkat sebagai potensial redoks menurun. Dia menyarankan bahwa pengukuran potensial redoks mungkin menjadi alat yang berguna untuk mengevaluasi kondisi

tanah tambak. Chien dikategorikan kolam tanah sesuai dengan potensial redoks sebagai berikut : teroksidasi , 0,40-0,70 V; reduksi sedang , 0,10-0,40 V, reduksi, -0,10-0,10 V, dan sangat reduksi, -0,l0-0,30 V. Masuda dan Boyd mengukur potensial redoks di kolam air tawar, mereka melaporkan bahwa permukaan air sumur – yang teroksigenasi memiliki potensial redoks 0,049-0,l5l V, dan air sekitar 2 cm di atas antarmuka tanah-air memiliki nilai redoks - 0,023 hingga 0,135 V, potensial redoks pada kedalaman 5 cm dalam sedimen berkisar antara -0,113-0,173 V. Masuda dan Boyd mengukur pada kedalaman 5 cm dari pori air tanah dalam kolam menemukan 30-60 mg $L^{-1}$ besi ferrous, 2-25 mg $L^{-1}$ sulfida. Konsentrasi beberapa senyawa bisa mencapai 20-28 kali lebih besar dalam pori air tanah tambak dengan potensial redoks dibawah -0,100 V daripada di permukaan air kolam dengan potensial redoks 0,050 V dan lebih tinggi. Kegagalan mereduksi senyawa ini menyebabkan ia berdifusi ke permukaan air tambak pada lapisan permukaan aerobik (Gambar 31). Reduksi senyawa yang teroksidasi di lapisan aerobik dan tidak masuk ke air kolam. Di tambak udang Ekuador, potensial redoks diukur pada kedalaman 5 cm tanah dari 36 kolam yaitu 0,00-0,050 V pada saat tambak diisi air, dan potensial redoks kemudian umumnya menurun (Gambar 32) dengan nilai terendah -0,400 V terjadi setelah tiga sampai empat bulan aplikasi pakan ke kolam untuk meningkatkan pertumbuhan udang.

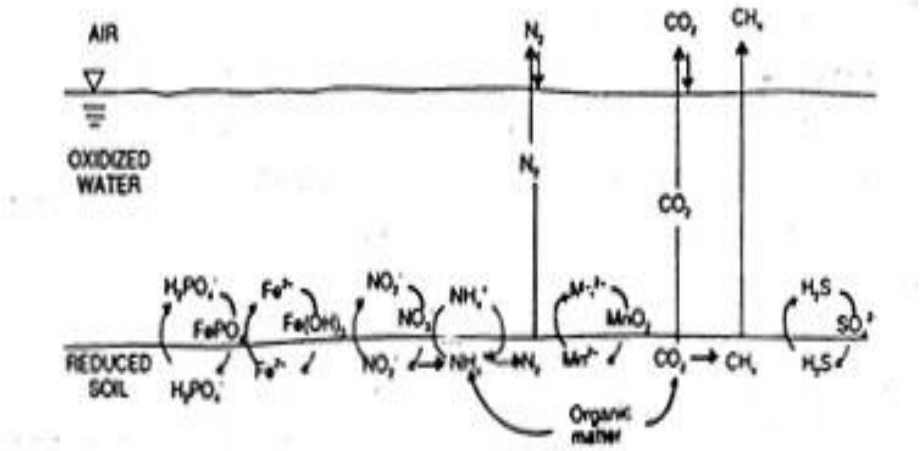
Patrick dan Delaune mempelajari potensial redoks di laboratorium sistem tanah-air. Mereka memplot perubahan $E_7$ dengan kedalaman seperti yang ditunjukkan pada Gambar 33 dan menyimpulkan bahwa titik tengah antara dua titik perubahan maksimum garis kemiringan menggambarkan $E_7$ adalah titik pemisah antara permukaan lapisan aerobik dan anaerobik lapisan permukaan. Mereka menemukan divisi ini terjadi pada sekitar 0,200 V di sebagian besar tanah. Patrick dan Delaune juga melaporkan bahwa pada tanah lumpur-lempung konsentrasi bahan organik tampaknya rendah dan mangan berkurang pada kedalaman 8 mm, besi berkurang pada kedalaman 12 mm, dan mengurangi sulfida pada kedalaman 14 mm. Nilai $E_7$ = 0,200 V berhubungan erat dengan kedalaman dan ditemukannya reduksi besi. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa dengan nilai $E^o$ tinggi akan berkurang pada

kedalaman yang lebih rendah di dalam substansi tanah dengan nilai $E^o$ rendah.

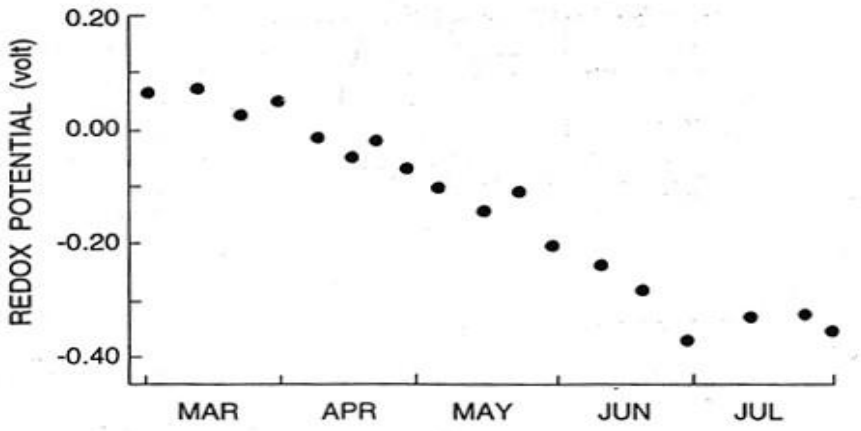
**A. Tanah Dasar Dengan Lapisan Permukaan Teroksidasi**



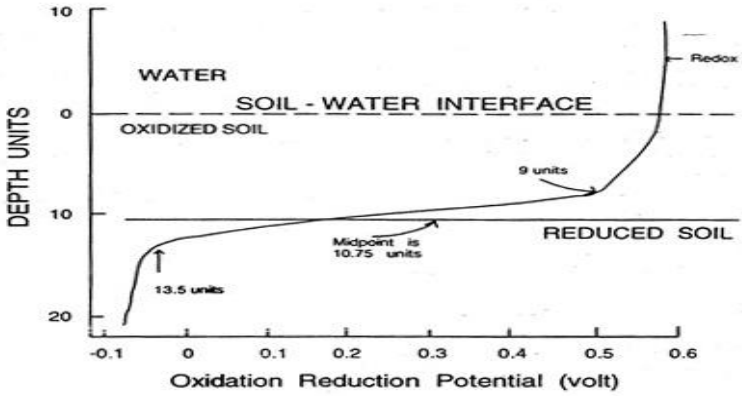

B. **Reduksi Komplit Tanah Dasar**




Gambar 31. Transfer senyawa antara tanah kolam dan air, (A) tanah dengan lapisan permukaan oksidasi, (B) tanah dengan lapisan permukaan tereduksi.




Gambar 32. Potensial redoks pada kedalaman 5 cm di dasar tanah kolam udang di Ekuador. (Sumber: Gilberto Escobar, Guayaquil, Ecuador).




Gambar 33. Ilustrasi teknik untuk mendapatkan lapisan permukaan tanah aerobik dan anaerobik pada tanah dasar kolam.

### 7.6.c. Penggunaan Potensial Redoks Dalam Pengelolaan Kolam

Beberapa masalah yang berhubungan dengan penggunaan potensial redoks sebagai indikator kondisi tanah dalam pengelolaan kolam budidaya:

1. Perbedaan potensial redoks meter akan memberikan pembacaan yang berbeda untuk sampel yang sama atau lokasi dasar kolam;

2. Potensial redoks menurun dengan cepat dengan kedalaman di tanah (Gambar 29 dan 30), dan sulit untuk memasukkan elektroda perangkat komersial untuk kedalaman yang diketahui secara tepat;

3. Air mengandung oksigen terlarut yang dapat mencemari tanah ketika probe redoks dimasukkan;

4. Penurunan potensial redoks dengan kedalaman adalah fenomena biasa dalam tanah yang jenuh air. Jika lapisan permukaan teroksidasi ada pada antarmuka lumpur-air, difusi senyawa berkurang dari tanah anaerob yang masuk ke dalam air tidak mungkin. Oleh karena itu, keberadaan lapisan anaerobik di bawah antarmuka tanah-air normal, dan biasanya tidak berpengaruh pada kualitas air yang berdiri di atas tanah; dan

5. Ada beberapa data yang berhubungan dengan potensial redoks tanah dengan kelangsungan hidup dan pertumbuhan spesies akuakultur.

Walaupun pengukuran rutin potensial redoks tidak dianjurkan sebagai suatu teknik untuk menilai kondisi tanah dasar kolam budidaya, reaksi oksidasi-reduksi yang terjadi di tanah tambak berpengaruh terhadap produksi akuakultur. Jika tanah dasar sangat berkurang karena masukan yang tinggi - organik - materi, lapisan anaerobik akan naik ke permukaan tanah. Pada permukaan sedimen/tanah – air interface jarang yang anaerobik, tapi mungkin ada lingkungan mikro yang anaerobik. Retardasi pertumbuhan ikan di kolam tercatat ketika lingkungan mikro anaerobik terdeteksi di lapisan permukaan tanah dengan teknik untuk mengukur pengurangan nitrat. Boyd melaporkan bahwa bahan organik dan partikel tanah yang tererosi dari tambak udang kadang-kadang disimpan di daerah pusat tambak udang. Deposit ini sering diekspos pada permukaan air kolam yang anaerobik, dan reduksi senyawa yang masuk ke air kolam. Aerasi kolam lele juga mengganggu daerah dasar tambak, dan konsentrasi nitrit di kolam aerasi sering lebih tinggi daripada di kolam yang tidak diaerasi. Kondisi ini

dihasilkan dari gangguan dasar tambak oleh arus air yang diciptakan oleh aerator yang membawa nitrit dari lapisan anaerobik tanah ke dalam air.

Volume air tambak di tambak biasanya dioksigenasi atau di aerasi. Untuk mempertahankan potensial redoks yang tinggi dalam air, dan senyawa yang tereduksi dengan cepat akan teroksidasi. Jika tingkat pengiriman senyawa berkurang dari tanah anaerob ke air melebihi laju oksidasi substansinya, konsentrasi senyawa yang tinggi tidak diinginkan dan berkurang kehadirannya di perairan tambak yang teroksigenasi. Pada budidaya udang dan krustasea lainnya, hewan menghabiskan sebagian besar waktu mereka di atau dekat bagian bawah kolam atau membenamkan ke tanah dasar. Crustacea dianggap jauh lebih sensitif terhadap kondisi tanah dari ikan.

**Penutup**

Demikian perkuliahan ke sepuluh sampai ke tiga belas ini tersaji mengenai "Ketersediaan Hara Pada Tanah Kolam" yang menguraikan dengan jelas mengenai bahan organik tanah, respirasi anaerobik dan oksidasi reduksi pada tanah kolam. Perkuliahan ke empat belas akan kita lanjutkan dengan membahas "Pengolahan Tanah Dasar Kolam".

**Rangkuman**

Respirasi mikroorganisme dalam pengurai bahan organik di tanah kolam/tambak pada dasarnya adalah mengkonsumsi oksigen lebih cepat daripada oksigen yang dapat menembus massa tanah, dan hanya lapisan permukaan bersifat aerobik. Kolam tanah secara vertikal bertingkat sesuai dengan akseptor elektron yang digunakan oleh mikroba dalam respirasi. Produk respirasi anaerobik adalah senyawa organik larut, karbon dioksida, amonia, nitrit, gas nitrogen, besi forrous, mangan manganous, hidrogen sulfida, hidrogen, dan metan. Oksigen adalah oksidator kuat, dan hidrogen adalah agen pereduksi kuat. Kedua elemen digunakan sebagai standar terhadap kekuatan agen pengoksidasi dan pereduksi lainnya yang akan

dibandingkan. Suatu reaksi dapat diidentifikasi sebagai reaksi oksidasi-reduksi dengan transfer elektron dan perubahan valensi. Oksidasi dapat juga melibatkan hilangnya hidrogen atau mendapatkan oksigen, dan hilangnya oksigen dan akuisisi hidrogen dan oksigen tidak merupakan oksidasi atau reduksi.

pH memiliki efek pada potensial redok, dan Eh sering disesuaikan dengan nilai yang tepat untuk pH 7. Untuk menyesuaikan Eh sampai pH 7, kurangi 0,0592 V untuk setiap unit pH di bawah netral dan tambahkan 0,0592 V untuk setiap unit pH di atas netral. Banyak peneliti yang menyesuaikan nilai Eh pada pH 7 dan melaporkan potensial redoks menggunakan simbol $E_7$ bukannya Eh. Lapisan tanah aerobik, oksigen adalah akseptor elektron terminal dan karbon dioksida merupakan produk karbon akhir untuk respirasi mikroba. Pada tanah anaerobik, mikroorganisme tertentu yang disebut anaerob menguraikan bahan organik tanpa adanya oksigen. Oksigen sebenarnya racun bagi beberapa mikroorganisme (*anaerob obligat*), dan beberapa organisme lainnya dapat beradaptasi dengan alur respirasi dengan memainkan fungsi mereka terhadap ada atau tidaknya oksigen (*anaerob faculative*). Akseptor elektron terminal untuk respirasi anaerobik mungkin senyawa organik atau anorganik. Karbon dioksida dapat diproduksi dalam respirasi anaerob, tetapi senyawa karbon akhir termasuk alkohol, format, laktat, propionat, asetat, metana, dan substansi lainnya. Fermentasi merupakan salah satu jenis respirasi anaerobik. Organisme yang mampu melakukan femrentasi menghidrolisis senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat digunakan dalam proses yang identik dengan glikolisis untuk menghasilkan piruvat.

Konsentrasi nitrat, besi besi, sulfat yang tinggi, dan senyawa anorganik lainnya teroksidasi dalam pori air lebih terdekomposisi, karena mereka dapat digunakan oleh banyak mikroorganisme sebagai alternatif elektron akseptor (oksidan) dalam ketiadaan oksigen. Energi yang dihasilkan dalam respirasi anaerob (fermentasi atau dengan alternatif akseptor elektron anorganik) jauh lebih rendah dibandingkan respirasi aerobik. Oksigen terlarut, karbon dioksida, dan gas lainnya bergerak sangat lambat dalam tanah jenuh air. Dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme aerobik menghabiskan suplai oksigen dan menurunkan potensial redoks.

Setelah tanah menjadi anaerob, dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik membawa nilai potensial redoks lebih rendah. Oleh karena itu, bahan organik dan respirasi mikroba adalah sumber mengurangi daya ($H^+$) yang menyebabkan potensial redoks menurun pada tanah tambak. Reaksi oksidasi-reduksi yang paling penting terjadi dalam akuakultur tanah tambak adalah respirasi aerobik, fermentasi, reduksi nitrat, besi dan mangan, reduksi sulfat, dan produksi metana. Setengah sel untuk reaksi-reaksi ini adalah: respirasi aerobik (potensial oksigen berhubungan dengan adanya oksigen terlarut untuk respirasi aerobik).

**Soal Latihan**

1. Jelaskan apa yang dimaksud oksidasi dan reduksi ?
2. Sebutkan oksidator kuat dan pereduksi kuat ?
3. Jelaskan mengapa kekuatan yang menyebabkan penurunan potensial redoks adalah konsumsi oksigen oleh respirasi mikroba ?
4. Jelaskan mengapa organisme yang mampu melakukan Fermentasi dikatan sebagai salah satu jenis respirasi anaerobi ?
5. Jelaskan mengapa pada zona dimana nitrat mereduksi oleh bakteri terjadi, bagian dari karbon organik dioksidasi sepenuhnya menjadi karbon dioksida dan sebagian diubah menjadi produk fermentasi organik ?
6. Jelaskan kesalahanpahaman apa yang terjadi terhadap opini bahwa budidaya tanah tambak memiliki konsentrasi bahan organik yang tinggi karena tanah ini tergenang dan mengurangi oksigen ?
7. Jelaskan apa yang dapat menurunkan nilai potensial redoks di kolam ?
8. Sebutkan reaksi oksidasi-reduksi yang paling penting terjadi dalam akuakultur tanah tambak ?
9. Apa yang dapat disimpulkan dari penyelidikan yang dilakukan oleh Mortimer tentang redoks di lingkungan perairan ?

10. Jelaskan pembangian yang dilakukan oleh Chien tentang dikategorikan kolam tanah berdasarkan nilai potensial redoks ?
11. Berapa nilai Eh yang ditemukan Patrick dan Mahapatra pada aerobik lumpur dan anaerobik lumpur, apa pendapat saudara ?
12. Jelaskan secara gambar tentang transfer senyawa antara tanah kolam dan air di tanah dengan lapisan permukaan oksidasi damn tanah dengan lapisan permukaan tereduksi ?
13. Gambarkan lapisan permukaan tanah aerobik dan anaerobik pada tanah dasar kolam yang mungkin terjadi ?
14. Sebutkan beberapa masalah yang berhubungan dengan penggunaan potensial redoks sebagai indikator kondisi tanah dalam pengelolaan kolam budidaya?

**Daftar Bacaan yang dianjurkan**


1. Schwertmann. 1985. **The Effect of Pedogenic Environments on Iron Oxides Minerals.** In: Advances in Soil Science. Vol. 1. Springer-Verlag, New York, Inc.
2. Boyd, C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture.** Chapman & Hall, United States of America. 340 pp.
3. Foth, H. D. 1984. **Fundamentals of Soil Science.** John Wiley & Sons Inc.777 pp.
4. Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M, Lubis, S. G. Nugroho, M. R. Saul, M. A. Diha, G. B. Hong dan H, Bailey. 1986. **Dasar-dasar Ilmu Tanah.** Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
5. Hardjowigeno, S. 2003. **Ilmu Tanah.** Akademika Pressindo, Jakarta. 286 hal.
6. Nyakpa, M. Y., A. M. Lubis, M. A. Pulung, A. G. Amrah, A. Munawar, G. B. Hong dan N, Hakim. 1988. **Kesuburan Tanah.** Penerbit Universitas Lampung. 258 hal.
7. DIKTI-Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1991. **Kimia Tanah.** 231 hal.

# BAB VIII. Pengelolaan Tanah Dasar Kolam

Kompetensi Dasar : Mahasiswa mampu menjelaskan dan melakukan pengelolaan tanah dasar kolam dengan cara pengapuran, pengeringan, pengolahan, pengurangan sedimen, pemupukan, pengerukan dasar kolam, dan penyucian.

## 8.1. Pendahuluan

Pengelolaan tanah dasar kolam diarahkan pada upaya untuk meningkatkan produktivitas tanah kolam. Tanah kolam akan berubah produktivitasnya seiring dengan meningkatnya umur penggunaan tanah kolam. Pada lahan yang baru dibuka dan dibangun kolam tanah, biasanya kesuburan asli tanah masih rendah sehingga perlu dilakukan pengelolaan tanah dasar kolam seperti pengapuran dan pemupukan. Pada tanah kolam yang berumur tua (>25 tahun) pada umumnya dilakukan pengurangan massa tanah (subsitusi tanah kolam lama dengan tanah baru). Pengelolaan tanah kolam yang baik dapat dilihat dari efek yang ditimbulkan pada interaksi antara tanah dan air.

## 8.2. Pengapuran

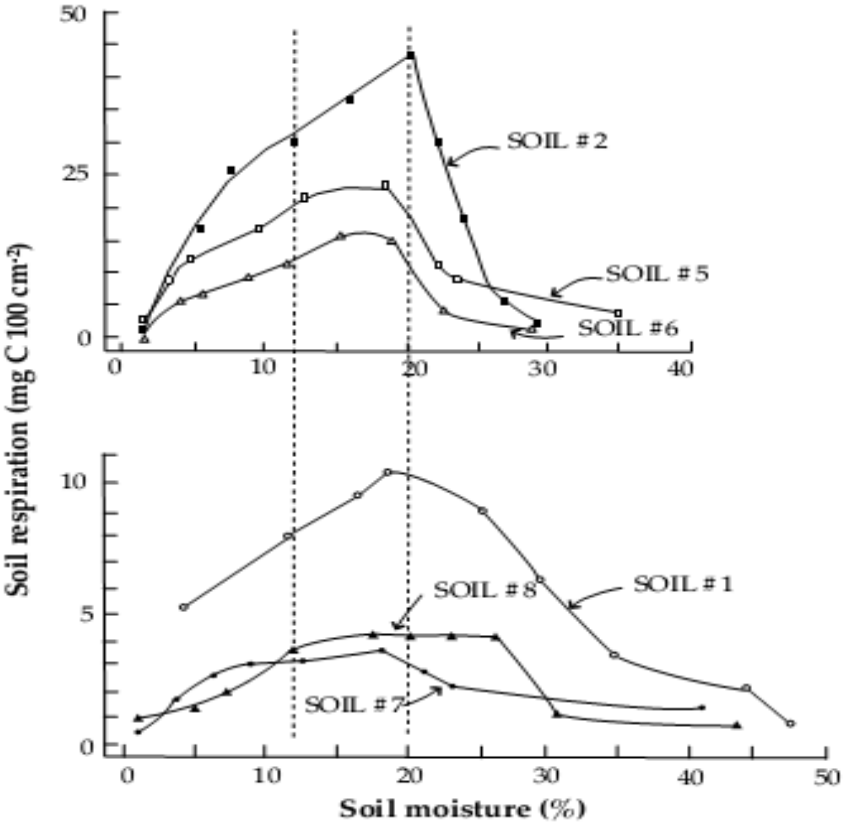
Sampel tanah dasar kolam dapat dianalisis untuk mengetahui kebutuhan kapur, namun jika hal ini tidak mungkin dilakukan maka nilai kebutuhan kapur dapat ditentukan dengan mengacu pada pedoman umum, sebagaimana yang terlihat pada Tabel 25 di bawah ini.

Tabel 25. Penentuan kebutuhan kapur pertanian dengan mengetahui total alkalinitas dan pH tanah

| Total Alkalinitas ($mgl^{-1}$) | pH Tanah (Standar unit) | Kapur Pertanian (kg $ha^{-1}$) |
|---|---|---|
| Dibawah 5 | Dibawah 5 | 3.000 |
| 5-10 | 5,0-5,4 | 2.500 |
| 10-20 | 5,5-5,9 | 2.000 |
| 20-30 | 6,0-6,4 | 1.500 |
| 30-50 | 6,5-7,0 | 1.000 |

Pengapuran tambak atau kolam dilakukan adalah untuk menetralisir keasaman tanah dan meningkatkan total alkalinitas dan konsentrasi total kesadahan air. Penggunaan kapur yang terkontrol dapat meningkatkan kondisi produktivitas organisme dan meningkatkan produksi hewan akuatik. Kolam air tawar dengan nilai total alkalinitas kurang dari 40 atau 50 mg $L^{-1}$, dan tambak dengan nilai total alkalinitas di bawah 60 mg $L^{-1}$, dan setiap kolam dengan pH tanah di bawah 7 biasanya akan mendapatkan manfaat dari pengapuran (Boyd dan Tucker, 1998).

Alkalinitas total atau pH tanah dapat digunakan untuk memperkirakan dosis kapur pertanian. Jika keduanya tersedia tetapi nilai berbeda jauh, maka gunakan variabel yang memberikan dosis kapur pertanian terbesar. Untuk mengilustrasikanyan, anggaplah alkalinitas total adalah 15 $mgl^{-1}$ tetapi pH tanah 5,1 di kolam air tawar. Bila mengacu pada pH 5,1 maka dosis kapur pertanian adalah 2,500 kg $ha^{-1}$ harus digunakan. Untuk tambak dengan alkalinitas total 80 mg $l^{-1}$ dan tanah pH 5,5 maka dosis kapaur yang digunakan 2.000 kg $ha^{-1}$ karena pH.




Gambar 34. Hubungan antara respirasi tanah dan kelembaban tanah. Sumber: Boyd dan Pipoppinyo (1994).

Tebarkan kapur pertanian secara merata di seluruh dasar kolam yang kering, atau sebaliknya, mungkin tersebar merata di atas permukaan air. Kapur pertanian harus diterapkan pada awal panen, dan harus diterapkan setidaknya satu minggu sebelum penebaran ikan kembali. Kapur pertanian tidak akan bereaksi dengan baik pada tanah kering, sebaliknya bila diaplikasikan di atas dasar tambak kosong dengan tanah yang masih tampak basah dan cukup lembab, pemberian kapur dapat meningkatkan reaksi kapur pertanian dengan tanah, tetapi tidak ada penelitian lebih lanjut yang memverifikasi manfaat penggarapan.

## 8.3. Pengeringan

Tujuan dari pengeringan dasar kolam antara tanaman adalah untuk mengurangi kadar air tanah sehingga udara bisa masuk ruang pori antara partikel tanah. Aerasi yang lebih baik akan meningkatkan suplai oksigen dan meningkatkan dekomposisi aerobik bahan organik. Dengan pengeringan selama dua sampai tiga minggu, sebagian besar bahan organik labil tersisa di tanah dasar dari tanaman sebelumnya akan terurai dan senyawa anorganik berkurang akan teroksidasi (Boyd dan Pippopinyo, 1994). Manfaat utama dari praktek ini adalah untuk mengurangi kebutuhan oksigen di tanah dasar kolam sebanyak mungkin sebelum memulai panen berikutnya.

Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan tanah dasar tergantung pada tekstur tanah, suhu udara , kondisi angin, curah hujan, dan infiltrasi air dari kolam yang berdekatan atau permukaan air dangkal. Tanah ringan bertekstur kering lebih cepat daripada tanah bertekstur berat. Hangat, cuaca kering dan kondisi berangin mempercepat pengeringan, sementara cuaca hujan atau infiltrasi air ke dalam kolam menghambat pengeringan. Tingkat dekomposisi dalam tanah akan meningkat hingga kadar air optimum kemudian menurun jika tanah dikeringkan (Gambar 34). Karena hubungan yang digambarkan dalam Gambar 34, biasanya tidak berguna untuk mengeringkan dasar kolam selama periode beberapa minggu, Pada tanah dengan kandungan liat tinggi atau di lapisan dalam berlumpur atau lempung sedimen, tanah akan retak-retak pada saat pengeringan. Permukaan blok tanah dapat teroksidasi dan cukup kering, tetapi jika blok yang rusak, tanah bagian dalam akan tetap hitam dan basah. Pengeringan pada tanah ini biasanya tidak akan banyak manfaat, karena permukaan tanah yang kering berfungsi sebagai penghalang terjadinya penguapan lebih lanjut. Pengolahan dengan garu dapat memecah blok tanah atau menembus tanah padat untuk meningkatkan pengeringan dan aerasi.

## 8.4. Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah kolam dapat dilakukan dengan pengeringan kolam agar aerasi tanah meningkatkan dan mempercepat dekomposisi bahan

organik dan oksidasi senyawa berkurang. Penggunaan kapur pertanian seperti batu gamping atau kapur bakar dapat dicampur ke dalam tanah dalam proses pengolahan. Akumulasi bahan organik dari senyawa lain di lapisan permukaan tanah juga bisa tercampur dengan tanah yang lebih dalam sehingga mengurangi konsentrasi senyawa di lapisan permukaan.

Gambar 35. Traktor dengan tambahan ban lebar digunakan selama pengolahan dasar kolam.

Dasar kolam tidak boleh digarap ketika tanah kolam terlalu basah untuk mendukung mesin pengolahan. Bekas roda yang disebabkan oleh mesin akan mengisi sedimen lembut dan cenderung berada dalam kondisi anaerobik. Traktor digunakan untuk mengolah tanah kolam, ban ganda atau ban ekstra lebar yang dianjurkan untuk mencegah terjadinya bekas roda (Gambar 35).

Kedalaman tanah terolah biasanya harus 5 sampai 10 cm, sehingga garu yang digunakan untuk membajak tanah dasar kolam dapat digunakan. Rototiller membutuhkan lebih banyak energi daripada garu, dan mereka merusak tekstur tanah. Bajak papan Mould, sering disebut bajak balik, yang dapat digunakan untuk membalik tanah atas. Mereka bisa berguna jika permukaan tanah memiliki konsentrasi satu atau lebih senyawa yang sangat tinggi dan tanah yang lebih dalam memiliki kualitas yang lebih baik. Pengolahan dapat menjadi kontraproduktif di kolam aerasi di mana mekanik

berat digunakan. Pengolahan tanah akan melonggarkan partikel tanah dan arus air yang diinduksi oleh aerator akan menyebabkan erosi dasar tambak. Jadi, jika dasar kolam dikering anginkan, digarap maka harus dilakukan dengan roller yang berat sebelum mengisi ulang kolam.

### 8.5. Pengurangan Sedimen

Sedimen terakumulasi di kolam karena beberapa alasan. Mungkin ada beban sedimen eksternal yang besar dari pasokan air keruh. Erosi tanggul dapat mengakibatkan sejumlah besar sedimen di wilayah perairan dalam bahkan di mana tidak ada masukan sedimen secara eksternal yang besar. Jika kolam dibiarkan kosong antar waktu tanam, hujan yang jatuh di tanah dasar kolam dapat menyebabkan erosi bagian dalam tanggul dan tepi air dangkal dan bahan tererosi akan menetap di bagian dalam dari dasar tambak. Penggunaan mekanik aerator dapat menyebabkan erosi di depan aerator di mana arus airnya kuat, dan deposisi partikel tererosi akan terjadi di daerah kolam dengan arus air lemah.

Akumulasi sedimen lunak di tambak adalah tidak diinginkan karena beberapa alasan. Sedimen ini akan mengisi area yang lebih dalam dan dapat menyebabkan kolam kehilangan volume. Sedimen lembut ini dapat menjebak pelet pakan dan pupuk butiran. Zona anaerobik sering terjadi pada sedimen lunak dan sedimen lunak ini tidak baik sebagai habitat bagi organisme bentik. Panen ikan juga terhambat oleh sedimen lunak karena menghambat operasi pemukatan. Sedimen yang lunak harus dihilangkan secara periodik sebelum mencapai ketebalan yang mengganggu aktivitas budidaya.

Sedimen dapat digali dengan berbagai peralatan seperti sekop dan buldoser. Sebagian petani sering berpikir apakah sedimen di dasar tambak tidak mengandung banyak bahan organik, sehingga petani tidak biasa untuk membuang sedimen ke luar kolam. Sedimen sering kali dimasukkan kembali ke daerah yang terkikis. Tentu saja, material lepas harus dipadatkan atau dilindungi dari erosi dengan menutupinya dengan vegetasi, batu, atau bahan lainnya. Ketika sedimen harus dibuang di luar kolam, pembuangan harus dilakukan secara bertanggung jawab untuk mencegah hal yang tidak sedap

dipandang, atau melalukan pengrusakan secara ekologis melalui tumpukan tanah dan mengalami erosi.

**8.6. Pemupukan**

Kolam yang dibangun di atas tanah dengan konsentrasi bahan organik yang tinggi, maka proses dekomposisi dalam tanah organik lambat karena pH biasanya rendah dan jumlah relatif karbon nitrogen (rasio karbon:nitrogen) yang tinggi. Walaupun kandungan bahan organik tinggi, tanah tersebut sering menjadi anaerob selama budidaya ikan atau udang. Penerapan kapur pertanian dapat meningkatkan pH dan pupuk nitrogen anorganik sebagai pemasok nitrogen akan meningkatkan degradasi bahan organik tanah selama periode antar tanam.

Nitrat juga dapat digunakan untuk mengoksidasi tanah basah yang tidak dapat dikeringkan. Urea dapat tersebar di dasar kolam dengan dosis 200 hingga 400 kg $ha^{-1}$ pada awal periode budidaya untuk mempercepat dekomposisi bahan organik. Kapur pertanian tidak harus diterapkan sampai beberapa hari setelah urea diterapkan untuk mencegah pH tinggi. Urea dihidrolisis menjadi amonia, dan jika pH di atas 8, banyak amonia akan menyebar ke udara. Tanah dasar kolam dapat digarap dengan memasukkan kapur dan urea ke dalam tanah untuk menghindari penguapan ammonia. Pengolahan tanah dasar kolam juga menyediakan aerasi yang lebih baik pada massa tanah sehingga mendorong aktivitas bakteri.

Dalam beberapa kolam ada daerah yang tidak akan kering sehingga cukup untuk meningkatkan dekomposisi bahan organik dan oksidasi senyawa anorganik berkurang. Natrium, kalium, dan natrium nitrat dapat diterapkan untuk tanah basah untuk mendorong dekomposisi organik oleh bakteri denitrifikasi dan oksidasi besi, mangan manganous, dan hidrogen sulfida. Tingkat aplikasi bisa mencapai 20 sampai 40 g $m^{-2}$ di daerah basah. Pupuk nitrat lebih mahal daripada urea dan tidak direkomendasikan pada tanah kolam yang dapat dikeringkan secara memadai. Produktivitas organisme bentik mungkin rendah di kolam dengan konsentrasi karbon organik di bawah 0,5-1,0%. Pupuk organisasi dapat diterapkan untuk tanah tersebut untuk meningkatkan konsentrasi bahan organik. Pupuk kandang Ayam dan

pupuk andang lainnya telah diterapkan dengan dosis 1.000 sampai 2.000 kg $ha^{-1}$ sampai ke dasar kolam. Namun, penerapan bahan organik yang berkualitas tinggi lebih efisien seperti tanaman pangan, misalnya, dedak padi, bungkil kedelai, jagung yang dihancurkan pada 500-1,000 kg $ha^{-1}$, mengandung protein yang rendah sebagai pakan ternak. Ketika penggunaan bahan organik dimasukkan ke dasar tambak menunjukkan peningkatan kesuburan, selanjutnya kolam harus diisi dengan air hingga10 sampai 20 cm dan plankton tumbuh dengan subur. Tinggi air kolam harus ditingkatkan dan selama satu atau dua minggu sangat baik untuk mengembangkan komunitas benthik sebelum kolam di tebar ikan.

### 8.7. Penggarukan Dasar Kolam

Selama periode budidaya tanah dasar kolam/tambak ditutupi dengan air, masalah tanah dasar yang paling umum adalah hilangnya lapisan teroksidasi. Mengaduk dari permukaan sedimen dapat meningkatkan kontak dengan air beroksigen dan membantu menjaga lapisan teroksidasi. Beberapa metode telah digunakan untuk memperkenalkan air beroksigen ke dalam sedimen permukaan, tetapi dua teknik paling praktis tampaknya menggunakan penggarukan dalam kolam kecil dan menyeret rantai di bagian bawah kolam yang lebih besar. Sebuah rantai dengan panjan 2-3cm cukup berat untuk tujuan ini. Praktek ini harus diterapkan dengan interval satu atau dua hari agar lebih efektif. Bahan organik yang berasal dari ganggang mati, partikel berupa kotoran, atau pakan yang tidak dimakan sering terakumulasi di sudut atas kolam dan mengendap ke bawah sehingga merusak permukaan sedimen. Jika memungkinkan, bahan ini harus dihilangkan dari tanah dasar kolam secara menyeluruh.

### 8.8. Penyucian

Tanah dasar kolam/tambak dapat menjadi sarang bagi berkembangnya hewan patogen akuatik atau vektor yang hidup antara tanaman dan menyebabkan penyakit pada tanaman berikutnya. Kegiatan yang dapat dilakukan untuk menekan pertumbuhan hewan patogen ini adalah dengan menggunakan disinfektan ke dasar kolam sebelum menyusulnya wabah penyakit.

Pengeringan dapat menghilangkan sebagian besar organisme penyakit, namun kombinasi dari pengeringan dan penerapan disinfektan kimia lebih efektif. Dua perawatan paling umum adalah klorinasi dengan kalsium hipoklorit untuk membunuh organisme melalui kontak klorin dan aplikasi kapur (kalsium oksida atau kalsium hidroksida) untuk meningkatkan pH tanah serta membunuh organisme penyakit dan vektor. Kalsium hipoklorit mahal, sehingga pengobatan dengan menggunakan kapur lebih layak. Penerapan 1.000 kapur kg $ha^{-1}$ adalah jumlah minimum yang diperlukan untuk meningkatkan pH cukup tinggi untuk desinfeksi, dan 1.500 sampai 2.000 kg $ha^{-1}$ adalah tingkat yang lebih handal. Kapur tidak boleh diterapkan setelah kolam kering, untuk itu tidak akan larut dan meningkatkan pH. Penyebaran kapur yang seragam pada permukaan tanah dasar kolam, dan distribusi kapur dari atas permukaan tanah hingga ke bawah dan penetrasi ke dalam massa tanah dapat difasilitasi dengan menambahkan beberapa senti meter air di atas permukaan tanah kolam.

Pengapuran sebagai fungsi desinfeksi juga akan meningkatkan pH tanah masam, tetapi membunuh bakteri menguntungkan maupun yang pathogen. Dimana tanah tambak bersifat masam, maka pengapuran tidak akan memacu aktivitas bakteri kecuali pH ditingkatkan menjadi 8 atau 8,5 sehingga pembentukan kembali populasi mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Ini biasanya memakan waktu hanya tiga atau empat hari, dan selanjutnya kolam diistirahatkan selama dua atau tiga minggu untuk degradasi bahan organi.

**Penutup**

Demikian perkuliahan ke empat belas ini tersaji mengenai “Pengelolaan Tanah Dasar Kolam” yang menguraikan dengan jelas mengenai pengelolaan tanah dasar kolam dengan cara pengapuran, pengeringan, pengolahan, pengurangan sedimen, pemupukan, pengerukan dasar kolam, dan penyucian.

## Rangkuman

Pengelolaan tanah dasar kolam dengan cara pengapuran, pengeringan, pengolahan, pengurangan sedimen, pemupukan, pengerukan dasar kolam, dan penyucian merupakan hal telah terbiasa dilakukan petani. Pengapuran tambak atau kolam dilakukan adalah untuk menetralisir keasaman tanah dan meningkatkan total alkalinitas dan konsentrasi total kesadahan air. Alkalinitas total atau pH tanah dapat digunakan untuk memperkirakan dosis kapur pertanian. Jika keduanya tersedia tetapi nilai berbeda jauh, maka gunakan variabel yang memberikan dosis kapur pertanian terbesar.

## Soal Latihan

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pengelolaan tanah dasar kolam dengan cara pengeringan dan pengolahan ?
2. Apakah sauadara setuju tanah dasar kolam perlu dilakukan pengurangan/Removal ?
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan pengelolaan tanah dasar kolam dengan cara penyucian, pengapuran dan pemupukan ?

## Daftar Bacaan yang dianjurkan


1. Boyd, C. E. 1995. **Bottom Soils, Sediment, and Pond Aquaculture**, Chapman & Hall, United States of America, 340 pp.
2. Nyakpa, M. Y., A. M. Lubis, M. A. Pulung, A.G. Amrah, A. Munawar, G. B, Hong dan N. Hakim, 1988. **Kesuburan Tanah**. Penerbit Universitas Lampung, 258 hal.

**REPUBLIK INDONESIA**
**KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA**

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta yaitu Undang-Undang tentang perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra (tidak melindungi hak kekayaan intelektual lainnya), dengan ini menerangkan bahwa hal-hal tersebut di bawah ini telah tercatat dalam Daftar Umum Ciptaan:

| | | | |
|---|---|---|---|
| I. | Nomor dan tanggal permohonan | : | C002015001525, 21 Mei 2015 |
| II. | Pencipta | | |
| | Nama | : | **Dr. SABERINA HASIBUAN, S.Pi., M.T.** |
| | Alamat | : | Jalan Hang Lekir, Gang Hang Lekir No.3-A Rt.003 Rw.003, Kel. Sukamulya, Kec. Sail Pekanbaru, Riau. |
| | Kewarganegaraan | : | Indonesia |
| III. | Pemegang Hak Cipta | | |
| | Nama | : | **Dr. SABERINA HASIBUAN, S.Pi., M.T.** |
| | Alamat | : | Jalan Hang Lekir, Gang Hang Lekir No.3-A Rt.003 Rw.003, Kel. Sukamulya, Kec. Sail Pekanbaru, Riau. |
| | Kewarganegaraan | : | Indonesia |
| IV. | Jenis Ciptaan | : | Buku |
| V. | Judul Ciptaan | : | **PRODUKTIVITAS KUALITAS TANAH DASAR** |
| VI. | Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia | : | 09 Desember 2013, di Pekanbaru |
| VII. | Jangka waktu perlindungan | : | Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung hingga 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia. |
| VIII. | Nomor pencatatan | : | 073608 |

Pencatatan Ciptaan atau produk Hak Terkait dalam Daftar Umum Ciptaan bukan merupakan pengesahan atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang dicatat. Menteri tidak bertanggung jawab atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang terdaftar. (Pasal 72 dan Penjelasan Pasal 72 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta)

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b.
DIREKTUR HAK CIPTA, DESAIN INDUSTRI,
DESAIN TATA LETAK SIRKUIT TERPADU, DAN RAHASIA DAGANG

Yuslisar Ningsih, S.H., M.H.
NIP. 195511291982032001

HKI. 2-01-000003018

*" Dedicated to my beloved family*

*for their love and continuing support "*

## BIOGRAFI PENULIS

**Saberina Hasibuan,** Penulis lahir di Pekanbaru, 9 September 1969 dari pasangan Banggor Hasibuan dan Deli Erna Siregar. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD N 48 Pekanbaru pada tahun 1982, tahun 1985 penulis menyelesaikan pendidikan di SMP N 4 Pekanbaru, dan tahun 1988 lulus SMA N 8 Pekanbaru. Awal tahun 1988 penulis diterima di Universitas Riau dan lulus tahun 1993 dengan menumpuh program studi Manajemen Sumberdaya Peraira. Tahun 1994 penulis diterima sebagai calon Pegawai Negeri Sipil Staf Pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Riau melalui jalur Beasiswa Tunjangan Ikatan Dinas dan tahun 1995 dipindahkan ke Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan di universitas yang sama.

Tahun 1996 penulis berkesempatan melanjutkan pendidikan S2 di Institut Teknologi Bandung pada Fakultas Teknik Lingkungan dengan Jurusan Teknologi Pengelolaan Lingkungan dan selesai pada tahun 1998 dengan dana BPPS-DIKTI. Penulis juga mengambil pendidikan non formal AA/Pekerti tahun 2000. Kecintaan penulis terhadap ilmu lingkungan budidaya perikanan diperdalam dengan mengambil S3 di UGM tahun 2005 pada program studi Ilmu Tanah dengan tema penelitian: Rekayasa Tanah Dasar Kolam Inceptisol melalui Penambahan Ultisol dan Vertisol untuk Meningkatkan Pertumbuhan Alga Dasar Pakan Larva Nila Merah (*Oreochromis* sp.) dengan beasiswa dari PT, Chevron Pasific Indonesia serta selesai tahun 2011.

Penulis saat ini aktif mengajar mata kuliah Manajemen Kualitas Air, Toksikologi Akuakultur, Pengelolaan Kualitas Tanah Kolam, Media Budidaya dan Planktonologi Air Tawar. Selain mengajar penulis juga aktif meneliti dan dipublikasikan di berbagai jurnal. Penulis pernah mendapatkan berbagai macam dana penelitian secara kompetitif yaitu Dana penelitian dari Universitas Riau (DIPA UR) pada tahun 1995, dari tahun 1998-2003, Dana Penelitian dari Pemerintah Daerah Prov, Riau tahun 2004, dan Dana DIPA DIKTI untuk penelitian Hibah Pascasarjana tahun 2008, Hibah Doktor tahun 2009 dan Penelitian Berbasis Laboratorium tahun 2013. Penulis juga menjadi Anggota Profesi yaitu Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), dan Himpunan Gambut Indonesia. Pengalaman penulis dalam menyusun buku ajar diantaranya Prinsip Dasar Pengelolaan Kualitas Air, penerbit CV. Mina Mandiri tahun 2005; dan Perolehan Karbon dan Pendeteksiannya pada Tanaman Fitoplankton dan Alga, penerbit Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau tahun 2013.

Penerbit
Universitas Riau Press
*Buku Riau Terdepan*

ISBN 978-979-792-451-5
9 789797 924515 >