

BAB 3

KIMIA TANAH

Kompetensi Dasar:

Menjelaskan komponen penyusun, sifat fisika dan sifat kimia di tanah

A. Sifat Fisik Tanah

Tanah adalah suatu benda alami heterogen yang terdiri atas komponen-komponen padat, cair dan gas, dan mempunyai sifat serta perilaku yang dinamik. Benda alami ini terbentuk oleh hasil interaksi antara iklim dan jasad hidup terhadap bahan induk yang dipengaruhi oleh relief tempatnya terbentuk dan waktu Tanah memiliki sifat-sifat kimia, biologi dan fisika.

Fisika tanah adalah penerapan konsep dan hukum-hukum fisika pada kontinum tanah-tanaman-atmosfer. Sifat fisik tanah berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Sifat fisik tanah, seperti kerapatan isi dan kekuatan tanah sudah lama dikenal sebagai parameter utama dalam menilai keberhasilan teknik pengolahan tanah.

Sifat fisik tanah juga sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah yang lain dalam hubungannya dengan kemampuannya untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan kemampuan tanah untuk menyimpan air. Walaupun sifat fisika tanah telah lama dan secara luas dipahami sebagai salah satu faktor yang sangat menentukan keberhasilan tanaman, sampai dewasa ini perhatian terhadap kepentingan menjaga dan memperbaiki sifat fisik tanah masih sangat terbatas.

Sifat fisik tanah berhubungan dengan kondisi dan pergerakan benda serta aliran energi dalam tanah. Sifat fisika tanah dibentuk oleh empat komponen utama tanah yaitu: partikel-partikel mineral, bahan organik, air dan udara. Perbandingan keempat komponen tersebut sangat bervariasi berdasarkan jenis tanah, lokasi, dan kedalaman.

Sifat fisik tanah terbentuk akibat proses degradasi mineral batuan oleh asam-asam organik-anorganik. Degradasi mineral batuan merupakan proses perubahan permukaan bumi karena terjadi penyingkiran mineral batuan oleh proses fisika, kimia, dan biologi. Proses ini termasuk dalam proses eksogenik

yang terdiri dari pelapukan, erosi, dan pergerakan massa. Pelapukan berperan menyediakan bahan mentah tanah. Erosi berpengaruh dominan menghilangkan tanah yang telah terbentuk, serta pergerakan massa mampu menjalankan fungsi pelapukan dan erosi.

Mineral yang paling banyak menyusun batuan di kerak bumi adalah mineral primer (pembentuk batuan). Mineral-mineral tersebut terdiri dari mineral yang termasuk dalam grup silikat, yang mempunyai satuan dasar yang sama yaitu silikat tetrahedon, tetapi berbeda pada pola penyusunan satuan dasar tersebut (struktur). Perbedaan struktur yang menyebabkan perbedaan rumus dan komposisi kimia, ikatan kimia, dan ketahanan terhadap pelapukan. Mineral silikat kecuali kuarsa memiliki sifat seperti senyawa basa karena memiliki pH diatas 7,0.

Asam-asam organik yang berperan dalam pelapukan bagian dari bahan organik, merupakan hasil kegiatan jasad hidup yang terdapat di dalam maupun permukaan batuan. Senyawa ini umumnya merupakan hasil transformasi (sekresi, eksudat, dan dekomposisi). Senyawa ini umumnya merupakan hasil transformasi dapat mengalami disosiasi yang melepaskan proton (H^+) sehingga dapat menyerang mineral batuan. Sisa asamnya (anion organik) dapat membentuk senyawa kompleks dengan kation-kation pada tepi mineral atau kation yang terlepas dari mineral.

Pelapukan kimia di alam hanya dapat berlangsung apabila ada air, tetapi keberadaan asam-asam mampu mempercepat pelapukan mineral batuan. Pada tanah atau batuan paling atas yang merupakan lingkungan biologi, peranan asam organik dalam pelapukan daripada asam-asam anorganiknya.

Pengaruh asam-asam organik dalam pelapukan mineral batuan berupa reaksi pelarutan. Proses pelarutan ini merupakan reaksi terbaginya zat padat, mineral ke dalam air atau larutan asam organik. Reaksi kimia yang utama pada pelarutan adalah hidrolisis, kemudian hidrolisis yang dipacu dengan adanya asam yaitu asidolisis dan kompleksolisis. Reaksi asidolisis lebih menekankan pada peran ion H^+ yang berasal dari pemprotonan asam dan kompleksolisis menekankan peran sisa asam atau anion organik.

Pelapukan dan genesis tanah menyebabkan batuan lapuk, mineral yang terdapat dalam batuan hancur. Mineral tersebut hancur membentuk zarah yang ukurannya beragam, mulai dari pasir (2,00-0,05 mm), debu (0,05-0,002 mm), sampai lempung (< 0,002 mm). Ketiga partikel tersebut mempengaruhi sifat fisik

tanah, seperti: tekstur, struktur, agregat tanah, permeabilitas, aerasi, dan sifat fisik tanah lainnya.

B. Sifat-Sifat Kimia Tanah

Komponen kimia tanah berperan terbesar dalam menentukan sifat dan ciri tanah umumnya dan kesuburan tanah pada khususnya. Bahan aktif dari tanah yang berperan dalam menjerap dan mempertukarkan ion adalah bahan yang berada dalam bentuk koloidal, yaitu; liat dan bahan organik. Kedua bahan koloidal ini berperan langsung atau tidak langsung dalam mengatur dan menyediakan hara bagi tanaman.

1. Koloid Tanah

Kolid tanah adalah bahan mineral dan bahan organik yang sangat halus sehingga mempunyai luas permukaan yang sangat tinggi per satuan berat (massa). Koloid tanah yang berperan yaitu koloid anorganik (koloid liat atau mineral) dan koloid organik (humus). Kedua koloid ini mempunyai sifat dan ciri yang jauh berbeda. Koloid berukuran $< 1 \mu$, sehingga tidak semua fraksi liat termasuk koloid. Koloid merupakan bagian tanah yang sangat aktif dalam reaksi-reaksi fisikokimia di dalam tanah.

Partikel-partikel koloid yang sangat halus yang disebut micell (microcell), umumnya bermuatan negatif, karena itu ion-ion bermuatan positif (kation) tertarik pada koloid tersebut sehingga terbentuk lapisan ganda ion. Bagian dalam dari lapisan ganda ion ini terdiri dari partikel koloid yang bermuatan negatif (anion) sedang bagian luar merupakan kerumunan kation yang tertarik oleh partikel-partikel koloid tersebut.

2. Koloid Liat

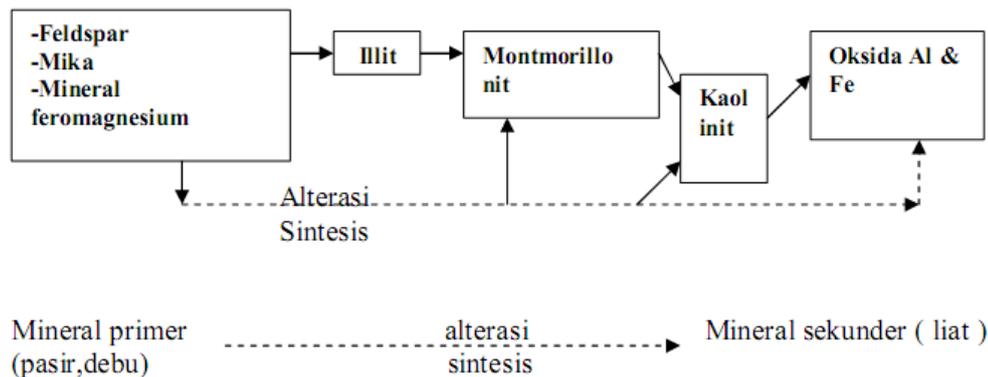
Ukuran fraksi liat (mineral liat) adalah kurang dari 2 mikron sedangkan liat yang bersifat koloid berukuran $< 2 \mu$, berarti tidak semua fraksi liat dapat dikatakan koloid. Mineral liat dalam tanah terbentuk karena :

- a) Rekristalisasi sintesis dari senyawa-senyawa hasil pelapukan mineral primer
- b) Alterasi (perubahan) langsung dari mineral primer yang telah ada (misal mika menjadi Illit).

Liat dalam tanah dapat dibedakan menjadi :

- Mineral liat Al-silikat
- Oksida-oksida Fe dan Al
- Mineral–mineral primer

Beberapa kemungkinan terhadap asal dan urutan perubahan dari suatu jenis mineral lain dalam tanah, dapat dilihat pada bagan berikut :



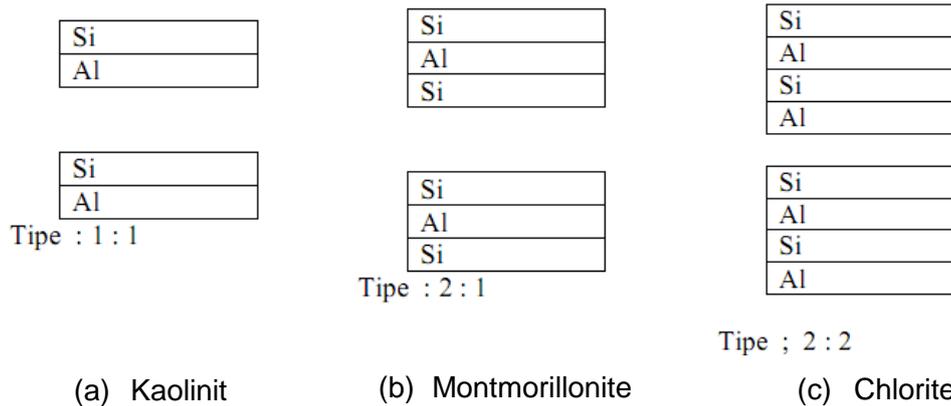
Gambar 3.1 Bagan perubahan mineral tanah

Mineral liat Al- silikat dapat dibedakan menjadi :

- Mineral liat Al-silikat yang mempunyai bentuk kristal yang baik (kristalin) misalnya kaolinit, haloisit, montmorilonit dan Illit.
- Mineral liat Al-silikat amorf. Misalnya alofon, yang banyak ditemukan pada tanah yang berasal dari abu volkan seperti tanah Andisols.

Mineral liat Al-silikat mempunyai struktur berlapis-lapis, setiap unit terdiri dari lapisan Si-tetrahedron dan Al-oktahedron. Berdasarkan atas banyaknya lapisan Si-tetrahedron dan Al-oktahedron dalam setiap unit mineral, maka mineral liat silikat dibedakan menjadi:

- Mineral liat 1 : 1 adalah mineral liat dimana setiap unitnya terdiri dari satu lapis Si-tetrahedron dan satu lapis Al-oktahedron.
- Mineral liat 2 : 1 adalah mineral liat dimana setiap unitnya terdiri dari dua lapis Si-tetrahedron yang mengapit satu lapis Al-oktahedron.
- Mineral liat 2 : 2 adalah mineral liat dimana setiap unitnya terdiri dari dua lapis Si-tetrahedron dan dua lapis Al-oktahedron yang letaknya berselang-seling.



Gambar 3.2 Tipe Mineral Liat

Sifat dan unsur koloid liat

- a) Umumnya berbentuk kristal
- b) Bermuatan unsur dan sebagian kecil bermuatan positif
- c) Menjerap air serta menjerap dan mempertukarkan kation
- d) Mempunyai permukaan yang luas.

Adanya muatan unsur pada liat silikat disebabkan oleh beberapa hal:

- a) Kelebihan muatan unsur pada ujung-ujung patahan kristal baik pada Si-tetrahedron maupun Al-oktahedron.
- b) Disosiasi H^+ dari gugus OH yang terdapat pada tepi atau ujung kristal.
 - $-OH^+$
 - $-O^-$
 - $+H^+$

Pada pH rendah (masam) ion H^+ terikat erat tetapi bila pH naik, ion H^+ menjadi mudah lepas sehingga muatan unsur meningkat, muatan ini disebut muatan tergantung pH.

- c) Substitusi Isomorfik, yaitu penggantian kation dalam struktur kristal oleh kation lain yang mempunyai ukuran yang sama dengan muatan (valensi) berbeda. Pada umumnya kation yang menggantikan mempunyai valensi lebih rendah daripada yang digantikannya, unsur Mg^{2+} menggantikan Al^{3+} dalam Al-oktahedron atau Al^{3+} menggantikan Si^{4+} dalam Si-tetrahedron, sehingga terjadi kelebihan muatan unsur pada liat.

3. Koloid Organik

Bahan unsur yang bersifat koloid adalah humus, koloid humus seperti halnya koloid liat juga bermuatan negatif, perbedaan utama dari koloid unsur dengan koloid anorganik adalah bahwa humus tersusun dari oleh C, H dan O, sedang liat tersusun dari Al, Si, dan O. Humus bersifat amorf, mempunyai KTK yang lebih tinggi dari mineral liat, sumber muatan unsur ini diduga berasal dari gugus karboksil ($-COOH$) dan Fenolik ($\square - OH$).

Muatan dalam humus adalah muatan bergantung pH, dalam keadaan masam H^+ diikat kuat dalam dalam gugusan karboksil atau phenol, tetapi ikatan tersebut menjadi lemah apabila pH menjadi lebih tinggi, akibatnya disosiasi H^+ meningkat dengan naiknya pH tanah, sehingga muatan unsur dalam koloid humus yang dihasilkan meningkat pula.

Humus diperkirakan disusun oleh tiga jenis bagian utama yaitu :

- a) Asam Fulvik, berat molekul paling rendah, warna terang larut dalam asam maupun alkali, serta aktif dalam reaksi kimia.
- b) Asam Humik, berat molekul sedang, warna tidak terlalu terang dan tidak terlalu gelap, larut dalam alkali tetapi tidak dalam asam, aktif dalam reaksi kimia.
- c) Humin, berat molekul paling besar, warna paling kelam, tidak larut baik dalam asam maupun alkali, tidak aktif dalam reaksi kimia.

4. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas tukar kation (KTK) suatu tanah dapat didefinisikan adalah sebagai suatu kemampuan koloid tanah menjerap dan mempertukarkan kation. Besarnya KTK tanah dipengaruhi oleh sifat dan unsur tanah itu sendiri antara lain adalah:

- a) Reaksi tanah atau pH
- b) Tekstur tanah atau jumlah liat
- c) Jenis mineral tanah
- d) Bahan unsur
- e) Pengapuran dan pemupukan

Kation adalah ion bermuatan positif seperti: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , H^+ , Al^{3+} . Di dalam tanah kation-kation tersebut terlarut di dalam air tanah atau terjerap oleh koloid-koloid tanah.

Banyaknya kation (dalam milliekivalen) yang dapat dijerap oleh tanah per satuan berat tanah (per 100 gr) dinamakan Kapasitas Tukar Kation (KTK).

Kation-kation yang telah dijerap oleh koloid tersebut sulit tercuci air gravitasi, tetapi dapat digantikan oleh kation lain yang terdapat dalam larutan tanah, hal ini yang dinamakan pertukaran kation. Satuan KTK adalah me 100 gr⁻¹.

Kapasitas Tukar Kation merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik daripada tanah dengan KTK rendah. Karena unsur hara terdapat pada kompleks jerapan koloid maka unsur-unsur hara tersebut tidak mudah tercuci.

Tanah-tanah dengan kandungan bahan unsur tinggi atau dengan kadar liat tinggi mempunyai KTK lebih tinggi dari pada tanah dengan bahan unsur rendah atau tanah berpasir. Jenis mineral liat montmorillonit mempunyai KTK yang lebih besar daripada tanah dengan mineral liat kaolinit.

Tanah-tanah tua yang banyak didominir oleh mineral jenis seskuioksida, akan memiliki KTK yang rendah, disamping itu besarnya nilai KTK tanah digunakan sebagai penciri untuk klasifikasi tanah, misalnya Oxisols harus mempunyai KTK < 16 me 100 gr⁻¹

5. Kejenuhan Basa (KB)

Kation-kation yang terdapat dalam kompleks jerapan koloid tersebut dapat dibedakan menjadi kation-kation basa dan kation asam, termasuk kation basa adalah Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na²⁺, sedangkan kation asam adalah H⁺, Al³⁺.

Kejenuhan basa menunjukkan perbandingan antara jumlah kation-kation basa dengan semua kation (kation basa dan kation asam) yang terdapat dalam kompleks jerapan tanah. Jumlah maksimum kation yang dapat dijerap tanah menunjukkan besarnya nilai kapasitas tukar kation tanah tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Kejenuhan Basa} &= \frac{\text{Jumlah Kation} - \text{Kation Basa}}{\text{Jumlah Kation Basa} + \text{Kation Asam}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Jumlah Kation Basa}}{\text{KTK}} \times 100\% \end{aligned}$$

Kation basa umumnya merupakan unsur hara yang diperlukan tanaman serta kation basa ini mudah tercuci, sehingga bila tanah kejenuhan basanya tinggi unsur tanah tersebut belum mengalami pencucian yang intensif dan merupakan tanah yang subur.

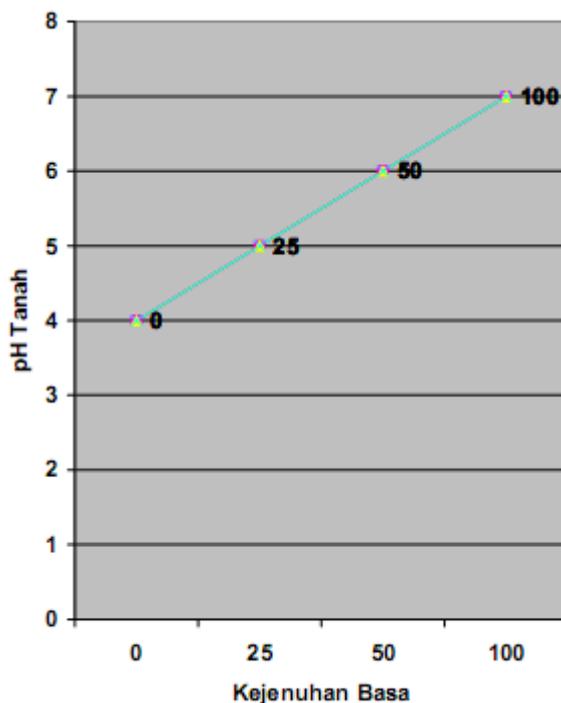
Kejenuhan basa juga berhubungan erat dengan pH tanah, biasanya tanah dengan:

- pH rendah umumnya mempunyai kejenuhan basa rendah
- pH tinggi maka kejenuhan basanya juga tinggi

6. Reaksi Tanah (pH Tanah)

Reaksi tanah menunjukkan kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion unsur (H^+) di dalam tanah. Makin tinggi kadar ion H^+ di dalam tanah maka semakin masam tanah tersebut. Selain ion H^+ ditemukan pula ion OH^- , yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H^+ .

- Pada tanah masam jumlah ion $H^+ > OH^-$.
- Pada tanah Alkalis jumlah ion $OH^- > H^+$
- Pada tanah netral jumlah ion $H^+ = OH^-$



Gambar 3.3 Hubungan konsentrasi H^+ , OH^- dan pH

Pentingnya pH tanah :

- Menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman, umumnya unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH tanah sekitar netral, karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air.

Pada tanah masam unsur P tidak dapat diserap tanaman karena difiksasi oleh Al, sedang pada pH alkalis unsur P difiksasi oleh Ca.

- b) Menunjukkan kemungkinan adanya unsur-unsur beracun. Pada tanah-tanah masam banyak ditemukan ion-ion Al di dalam tanah, disamping memfiksasi unsur P juga merupakan racun bagi akar tanaman. Disamping itu pada reaksi tanah yang masam, unsur-unsur mikro menjadi mudah larut, sehingga ditemukan unsur mikro yang terlalu banyak. Unsur mikro merupakan hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sangat kecil, sehingga menjadi racun kalau dalam jumlah besar.
- c) Mempengaruhi perkembangan mikroorganisme. Bakteri, jamur yang bermanfaat bagi tanah dan tanaman akan berkembang baik pada $pH > 5,5$ apabila pH tanah terlalu rendah maka akan terhambat aktivitasnya.

Mengubah pH tanah :

- a) pH tanah yang terlalu masam dapat dinaikkan nilai pH nya dengan menambahkan kapur ke dalam tanah, sedangkan
- b) Tanah yang terlalu alkalis dapat diturunkan nilai pHnya dengan penambahan belerang.

Kisaran pH tanah :

- a) Kisaran pH tanah mineral biasanya antara 3,5 – 10
- b) Kisaran pH tanah gambut $< 3,0$
- c) Kisaran pH tanah alkalis $> 11,0$

Kebanyakan tanaman toleran terhadap pH tanah yang ekstrim rendah atau tinggi, asalkan dalam tanah tersebut tersedia hara yang cukup. Beberapa unsur hara tidak tersedia pada pH ekstrim, dan beberapa unsur lainnya berada pada tingkat meracun.

Unsur hara yang dapat dipengaruhi oleh pH antara lain :

- a) Kalsium dan Magnesium ditukar
- b) Aluminium dan unsur mikro
- c) Ketersediaan Phosphor
- d) Perharaan yang berkaitan dengan aktivitas jasad mikro.

Ion H^+ berada di dua tempat yaitu dalam larutan tanah dan terjerap koloid. Jumlah ion dalam larutan menunjukkan kemasaman efektif, sedangkan ion H^+ yang terjerap menunjukkan kemasaman cadangan atau kemasaman dipertukarkan.

Kemasaman aktif jauh lebih rendah dari kemasaman cadangan, kemasaman cadangan ini dapat mencapai 1000 kali lebih kuat dari kemasaman aktif, jadi kemasaman cadangan inilah yang lebih berbahaya.

Tabel 3.1 Kemasaman Tanah

pH	Reaksi
4,5 – 5,0	Keadaan tanah masam sekali
5,0 – 5,5	Masam
5,5 – 6,0	Agak masam
6,0 – 6,5	Masam Lemah
6,5 – 7,0	Netral

Komposisi unsur tanah yang ideal pada lapisan atas: air (25 %), udara (25 %), bahan organik (5 %) dan mineral tanah (45 %).

Terdapat dua jenis reaksi tanah, yaitu :

a) Kemasaman aktif

Konsentrasi ion hidrogen yang terdapat bebas dalam larutan tanah (pH H_2O).

b) Kemasaman Potensial

Banyaknya kadar hidrogen dapat tukar yang dijerap oleh kompleks koloid tanah (pH KCl).

Tanah menjadi masam karena penyiraman yang berlebihan, drainase kurang baik atau lancar, pemakaian pupuk dan tanah terlalu tua atau tanah-tanah terlalu lama diusahakan.