

MODUL

ILMU TANAH

Dr. Rini Fitri, S.P., M.Si



PRODI ARSITEKTUR LANSKAP
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN
UNIVERSITAS TRISAKTI
JAKARTA
2023

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat ALLAH SWT atas segala Rahmad-Nya sehingga Modul Ilmu Tanah ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Modul Ilmu Tanah ini dibuat khusus untuk membantu mahasiswa dalam materi tambahan mengenai Ilmu Tanah yang dibutuhkan dalam merancang pada Arsitektur Lanskap, menguasai konsep teoritis secara mendalam terkait morfologi tanah dan sifat-sifat fisika tanah baik tekstur, struktur, warna tanah dan konsistensi tanah. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kami dalam penyelesaian modul ini. Semoga modul ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa untuk penambahan ilmu pengetahuan dan pengembangan materi khususnya matakuliah Ilmu Tanah. Kami menyadari bahwa modul ini masih jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi perbaikan dan kesempurnaan modul ini.

Jakarta, 8 Mei 2023
Salam dan hormat kami

Dr. Rini Fitri, SP., MSi

Daftar isi

Halaman Judul		i
Kata Pengantar		ii
Daftar Isi		iii
Pendahuluan		1
Bahan Kajian	Morfologi Tanah	2
	a. Pengertian Morfologi Tanah	2
	b. Horizon Tanah	3
	c. Horizon Genetik Utama	4
	d. Horizon Genetik Tambahan	5
	e. Horizon Diagnostik Permukaan	7
Rangkuman		9
Rangkuman		15
Latihan		16
Referensi		16
Bahan Kajian	Sifat Fisika Tanah	17
	a. Tekstur Tanah	18
	b. Struktur Tanah	19
	c. Warna Tanah	21
	d. Konsistensi Tanah	24
Rangkuman		25
Rangkuman		25
Latihan		26
Latihan		26
Referensi		26
Referensi		26

PENDAHULUAN

Mata kuliah Ilmu Tanah pada Prodi Arsitektur Lanskap Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan diajarkan pada semester II (dua). Teori Ilmu Tanah sebagai dasar perancangan Arsitektur Lanskap dan sebagai aspek ekologis dalam implementasi serta penerapan perancangan dalam mendukung pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development*). Mahasiswa menghadapi kendala saat mengikuti perkuliahan pada mata ajaran Ilmu Tanah, hal ini karena terbatasnya literatur berkenaan materi tanah untuk Arsitektur Lanskap, baik buku ajar maupun modul sehingga interaksi mahasiswa dan dosen di kelas cenderung monoton serta tidak terjadi komunikasi dua arah dalam proses belajar mengajar.

Tujuan modul ajar Ilmu Tanah ini dibuat untuk memperkaya pemahaman mahasiswa tentang teori ilmu tanah dalam lanskap, sebelum proses belajar mengajar berlangsung di kelas mahasiswa dapat terlebih dahulu membaca materi kuliah baik belajar secara mandiri maupun kelompok dan modul ajar ini juga sebagai pegangan mahasiswa Prodi Arsitektur Lanskap. Tanah merupakan tubuh alami yang menaungi sebagian besar muka bumi dan memiliki sifat fisik, kimia, biologi dan morfologi yang spesifik yang diakibatkan oleh proses yang membentuknya.

Tanah dalam kerangka arsitektur lanskap merupakan salah satu elemen pembentuk lanskap yang sangat penting diperhatikan oleh para arsitek lanskap di Indonesia sebagai dasar dalam perancangan Arsitektur Lanskap berkelanjutan. Tanah adalah material keras (*hard materials*) elemen lanskap yang mempunyai sifat sebagai bahan padat. Lanskap tanah merupakan bentang alam atau bentang lahan pada penataan wilayah daratan dan representasi visualnya, terutama dalam lukisan, foto, video, atau yang direpresentasikan dari sudut pandang indra penglihat. Tanah memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanam dalam arsitektur lanskap. Lahan adalah hamparan tanah dipermukaan bumi terjadi secara alamiah merupakan bagian dari bumi yang memiliki luas dan ciri khas seperti gunung, daratan, dataran tinggi, lembah, gurun dan bukit. Materi yang terdapat pada modul ajar ini hanya terbatas pada morfologi tanah dan sifat fisika tanah.

MORFOLOGI TANAH

Pengertian Morfologi Tanah

Istilah morfologi awalnya hanya digunakan dalam ilmu hayat yaitu botany dan zoology. Goethe dalam taun 1817 merupakan orang pertama yang mengemukakan morfologi. Namun, seiring waktu dan perkembangan kemudian hampir semua ilmu pengetahuan alam menerapkannya. Menurut Zakharov tahun 1927 orang yang pertama menggunakan cara morfologi untuk mempelajari tanah adalah Ruprecht (Joffe pada tahun 1950). Morfologi adalah suatu bentuk yang biasanya dapat diamati secara fisik . Morfologi tanah adalah suatu bentuk pada morfologi tanah yang dapat diamati dan dipelajari dilapang.

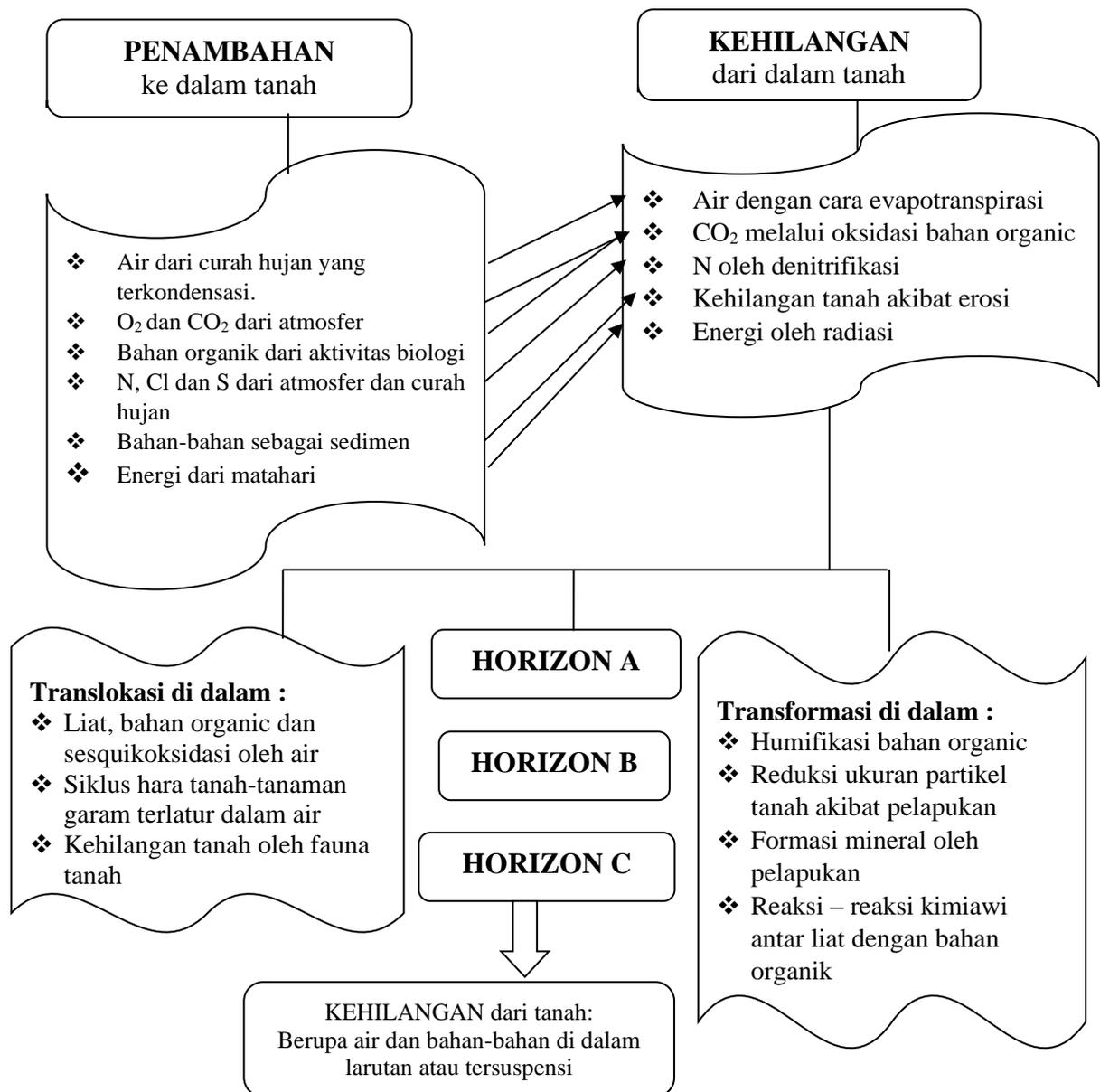
Morfologi tanah merupakan ilmu yang mempelajari tentang penampakan tanah berdasarkan bentuk luar dari tanah, ciri dan sifat-sifat tanah yang dapat diamati langsung dilapang. Jenis tanah di alam ini terbentuk bervariasi dan memiliki sifat dan ciri tanah yang berbeda-beda, hal ini diakibatkan oleh hubungan antara kekuatan fisik, kimia dan biologi pada batuan induk, mineral dan bahan induk tanah. Bentuk luar morfologi tanah dapat diamati secara langsung dilapang dengan cara menggali profil tanah. Setelah menggali profil tanah maka akan terlihat lapisan tanah dengan warna yang berbeda-beda pada setiap lapisan dan sejajar dengan permukaan tanah.

Dinding profil tanah akan terlihat lapisan-lapisan tanah yang disebut dengan horizon, bentuk fisik tanah ini yang pertama dapat diamati dilapang adalah lapisan-lapisan tanah. Adapun bentuk - bentuk fisik tanah lainnya yang juga dapat diamati di lapang diantaranya : konsistensi tanah, perakaran, pori-pori tanah dan batas horizon. Oleh sebab itu, morfologi fisik tanah yang diamati dilapangan maka akan terlihat bentuk fisik tanah yang sama atau fisik tanah yang berbeda antara satu jenis tanah dengan jenis tanah lainnya. Menurut Hardjowigeno (1993) morfologi tanah adalah sifat-sifat yang dapat diamati dan dipelajari dilapang. Pengamatan morfologi tanah sebaiknya dilakukan pada profil tanah yang baru digali, pengamatan dilapang ini biasanya dengan membedakan horison tanah atau lapisan tanah. Lapisan-lapisan tanah yang berbeda sifat fisik, kimia dan biologi tanah, lapisan – lapisan inilah yang disebut horison tanah, lapisan ini tanah ini terbentuk dari mineral anorganik akar.

Lapisan tanah tersebut terbentuk dipengaruhi oleh perbedaan bahan induk sebagai bahan pembentuknya juga diakibatkan oleh pengendapan yang berulang-ulang oleh genangan air. Horizon-horison tanah ini memiliki perkembangan genetis (Anggara et al., 2021).

Horizon Tanah

Proses perkembangan horizon-horison tanah secara umum yang mengalami proses differensiasi horizon di sajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram proses-proses utama penambahan, kehilangan, translokasi dan transformasi diferensial horizon

Horizon tanah adalah tanah yang lapisannya kurang lebih sejajar dengan permukaan tanah (lapisan bumi). Horizon tanah berbeda dengan lapisan tanah, terbentuknya horizon tanah disebabkan oleh proses perkembangan tanah sedangkan lapisan tanah terbentuk akibat adanya proses pengendapan oleh tenaga geomorfik. Urutan horizon setelah mengalami proses perkembangan tanah yang melibatkan beberapa proses yaitu translokasi, transformasi, pengurangan dan penambahan senyawa kimia atau komponen-komponen tanah.

Differensiasi horizon, proses yang berkaitan dengan penambahan diantaranya yaitu :

- 1) Air dari curah hujan yang masuk kedalam tanah (infiltrasi) dengan air yang hilang melalui proses evapotranspirasi sehingga menghasilkan kelembaban tanah.
- 2) Suplai O₂ dan CO₂ dari atmosfer.
- 3) Tanaman dan fauna mendapat habitatnya pada semua tanah dan menjadi bagian dari fraksi organik. Bahan organik dari aktivitas biologi mengakibatkan kehilangan CO₂ akibat proses perombakan mikrobiologis.
- 4) Nitrogen terjadi perubahan bentuk dari senyawa organik menjadi senyawa anorganik. Bahan organik dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain akibat aktivitas fauna dan air.
- 5) Perpindahan bahan-bahan sedimen atau bahan-bahan tanah oleh aliran permukaan (*run off*) ke suatu tempat (*deposition*) dan pengangkutan (*transportation*) akibat erosi.
- 6) Intensitas energi matahari yang masuk kedalam tanah dan kehilangan energi melalui radiasi.

Horizon tanah terdiri dari 2 (dua) kelompok yaitu (1) horizon genetik adalah horizon tanah yang diberi nama dan dicirikan berdasarkan logika pembentukan tanah, yang meliputi proses pemindahan, transformasi, penambahan dan penghilangan senyawa kimia dan/atau partikel tanah di dalam profil. Penciri horizon genetik dapat dilakukan secara kualitatif di lapangan, penciri sebuah horizon tanah di lapang dapat di rasakan dengan panca indra seperti melihat, meraba dan merasakan kondisi tanah di lapang, yang terdiri dari berbagai sifat tanah yaitu fisik, kimia dan biologi tanah yang terdapat di lapang. Horizon genetik dapat

menjadi panduan yang efektif dalam pengambilan sampel tanah dari lapangan untuk pengukuran yang lebih akurat di laboratorium. (2) Horizon diagnostik adalah horizon tanah yang diberi nama dan dicirikan berdasarkan pengukuran lapangan atau laboratorium yang akurat dari sifat-sifat tanah. Horizon genetik dan horizon diagnostik digunakan sebagai dasar klasifikasi tanah.

Horizon Genetik Utama

Menurut Soil Survey Staff, (1990) horizon genetik utama dalam tanah yang masing-masing di beri simbol dengan huruf kapital yaitu O, A, E, C dan R. Adapun keterangan dari masing-masing horizon tanah utama adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Simbol Horizon Tanah, O, A, E, C dan R

Simbol Horizon	Deskripsi
O : (Nama lama Ao; Aoo)	Horizon atau lapisan yang didominasi oleh bahan organik
A : (Nama lama A₁)	Simbol untuk horizon mineral di permukaan (lapisan tanah paling atas) atau di bawah horizon O yang memiliki salah satu atau kedua ciri berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Dicitakan dengan akumulasi bahan organic, bercampur dengan fraksi mineral dan tidak didominasi oleh sifat dan karakteristik horizon E atau B. 2. Memiliki sifat sebagai akibat dari pengolahan tanah atau penggembalaan.
E : (Nama lama A₂)	Simbol horizon mineral yang karakteristik utamanya adalah pencucian liat, besi dan aluminium, sehingga meninggalkan butiran pasir, debu kwarsa dan sebagian besar

	berwarna pucat. Warnanya lebih terang dari horizon A diatas atau horizon B dibawah.
B : (Nama lama B₂)	<p>Simbol untuk horizon yang terbentuk di bawah horizon A, E, atau O dan memiliki salah satu atau lebih dari sifat berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Penimbunan (iluviasi) liat, besi dan aluminium, humus, karbonat, gipsum atau silika (salah satu atau kombinasi) 2. Ada gejala menyusutnya kandungan karbonat. 3. Penimbunan residual dari seskuioksida 4. Penyelaputan seskuioksida sehingga memiliki warna dengan value lebih rendah, chroma lebih tinggi atau hue lebih merah daripada horizon diatas ataupun di bawahnya. 5. Proses perubahan yang membentuk mineral lempung, membebaskan oksida-oksida (Fe, Al dan Si) dan membentuk struktur. 6. Rapuh (<i>brittle</i>).
C : (Nama lama C)	Simbol horizon atau lapisan bahan induk tanah, yang sedikit dipengaruhi oleh proses pedogenik, tidak memiliki sifat horizon O, A, E, atau B, mungkin telah mengalami proses modifikasi

	biarpun tidak terdapat gejala pedogenik. Lapisan batuan dapat hancur bila direndam dalam air selama 24 jam.
R : (Nama lama R atau D)	Symbol untuk lapisan untuk batuan induk seperti granit, basalt, batugamping dan batupasir. Lapisan batuan keras, pecahan kering udara atau lebih kering tidak akan hancur walaupun direndam dalam air selama 24 jam dan batuan lembab tidak dapat digali dengan cangkul.

Sumber : Soil Survey Staff, (1990)

Horizon Genetik Tambahan

Horizon tambahan untuk menunjukkan sifat khusus dari horizon utama, horizon tambahan disimbolkan dengan huruf kecil setelah simbol horizon utama. Horizon tambahan memiliki arti khusus yang mengacu pada proses perkembangan tanah yang lebih spesifik daripada proses perkembangan tanah secara umum yang dijelaskan pada horizon utama.

- a simbol tambahan untuk horizon O untuk menunjukkan bahan organik yang telah mengalami pelapukan lanjut.
- b simbol horizon genetik tertimbun. Hanya digunakan untuk tanah mineral, tidak dipergunakan untuk tanah organik.
- c simbol untuk konkresi atau nodul dengan bahan utama Fe, Mg, Al atau titanium, tidak digunakan untuk konkresi atau nodul dolomit, kalsit atau garam yang mudah larut.
- d simbol untuk lapisan yang memadat sehingga akar akar tanaman tidak dapat menembus, seperti pada lapisan tapak bajak.
- e simbol untuk menunjukkan bahan organik yang mengalami pelapukan sedang, hanya untuk lapisan organik atau horizon.
- f simbol untuk horizon mengandung es permanen (membeku) seperti dijumpai pada pegunungan Jaya Wijaya, Provinsi Papua.

- g simbol untuk salah satu senyawa besi yang telah mengalami reduksi dan dipindahkan selama proses pembentukan tanah dan sebagian besar bahan yang tereduksi ditandai dengan chroma rendah serta banyak karatan.
- h simbol untuk akumulasi bahan organik, bersama horizon B untuk iluvial kompleks bahan organik-seskuioksida yang sifatnya amorf dan larut.
- i simbol digunakan bersama horizon O untuk bahan organik kasar atau baru mengalami proses dekomposisi.
- j ada akumulasi jarosit.
- jj terjadi krioturisasi.
- k simbol untuk menunjukkan akumulasi karbonat dan sisanya kalsium karbonat.
- m simbol untuk menyatakan sementasi kontinu atau lebih dari 90 % tersemen. Tidak dapat menembus akar kecuali melalui celah-celah retakan. Horizon tambahan **m** dapat dibedakan atas bahan perekatnya yaitu **km, qm, sm, ym, kqm, zm** yaitu berurutan untuk menjelaskan sementasi oleh senyawa karbonat, silika, besi, gypsum, besi dan silika; garam yang lebih mudah larut daripada gypsum.
- n simbol akumulasi natrium dapat ditukar.
- o simbol untuk menyatakan akumulasi residual seskuioksida.
- p simbol untuk menyatakan horizon yang telah diolah. Horizon O diolah menjadi horizon **Op**. horizon A, E, B, atau C yang diolah menjadi horizon **Ap**.
- q simbol horizon untuk akumulasi silika sekunder. Apabila senyawa silika menyemen kontinu simbolnya adalah **qm**.
- r simbol tambahan digunakan untuk horizon C untuk menyatakan sifat-sifat lapukan bahan induk.
- s simbol digunakan bersama simbol horizon C untuk akumulasi iluvial kompleks senyawa seskuioksida-bahan organik larut dan amorf. Simbol horizon **s** juga digunakan untuk gabungan dengan **h** menjadi **Bhs** yang artinya didominasi oleh komponen bahan organik dan seskuioksida.
- ss simbol menyatakan adanya bidang kilir.
- t simbol terdapat akumulasi liat silika, baik melalui proses iluviasi atau trsnlokais lempung atau gabungan keduanya.
- v simbol untuk menyatakan adanya plinthit.

w simbol yang digunakan bersama horizon B untuk menyatakan adanya perkembangan warna atau struktur, atau kedua-duanya, namun kurang mencirikan iluviasi secara jelas.

x simbol untuk untuk menyatakan lapisan teguh tetapi rapuh dan beberapa bagian sulit ditembus akar.

y simbol digunakan menyatakan akumulasi gypsum.

z simbol digunakan menunjukkan akumulasi garam yang lebih mudah larut dibandingkan gypsum.

Horizon Diagnostik Permukaan

Horizon diagnostik permukaan (epipedon) menurut taksonomi USDA adalah horizon diagnostic tanah permukaan yang meliputi :

- 1) seluruh horizon O,
- 2) seluruh horizon A,
- 3) seluruh horizon O, dan sebagian horizon A,
- 4) seluruh horizon O, seluruh horizon A, dan sebagian horizon B.

Menurut Soil Survey Staff, (2006) terdapat 8 (delapan) macam nama horizon diagnostic tanah permukaan yang didalamnya dikelompokkan secara terperinci menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu ;

- 1) horizon diagnostic permukaan yang merupakan kelompok horizon organik
- 2) horizon diagnostik permukaan yang merupakan kelompok campur tangan manusia.
- 3) horizon diagnostik permukaan yang merupakan kelompok horizon tanah mineral.

Secara detail kelompok horizon diagnostik tanah permukaan dan karakteristik tanah utamanya disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Horizon Diagnostik Tanah Permukaan Menurut USDA

No	Kelompok	Nama Horizon	Karakteristik tanah
1	Organik	Histik	Horizon organic yang terendam lebih dari 30 hari kumulatif dalam setahun, lapisan organic tebal lebih dari 20 cm dengan proporsi lebih dari 75 persen volume tanah dengan BD kurang dari 0,1 Mg/m ³ , atau mineral sejenis dengan Molik tetapi memiliki C organik lebih dari 8 persen jika teksturnya berpasir, dan lebih dari 16 persen jika teksturnya lempung berat.
		Folistik	Sejenis dengan Histik tetapi terendam kurang dari 30 hari kumulatif dalam setahun
2	Campur Tangan Manusia	Plagen	Horizon tanah yang diolah secara intensif oleh aktivitas manusia dalam waktu yang lama dengan cirinya sejenis dengan Antropik, tetapi memiliki tebal lebih dari 50 cm; value/chroma kurang dari 4/2 dalam keadaan lembab dan kurang dari 5/2 dalam keadaan kering; dijumpai adanya artefak

		Antropik	Horizon telah terusik berat oleh aktivitas manusia dan memiliki sifat serupa dengan Molik P_2O_5 -nya sangat tinggi atau lebih besar dari 1500 ppm
3	Mineral	Molik	Memiliki warna gelap (Value dan Chroma kurang dari 3) dalam keadaan lembab, kaya akan organik (lebih dari 0,6 persen), tanah berkembang sempurna yang ditandai dengan hilangnya seluruh sifat struktur batuan, tanah yang matang dengan indeks kematangan (n) kurang dari 7, kejenuhan basa tinggi (lebih dari 50 persen), horizon yang tebal (lebih dari 18 cm), tanah berstruktur baik, gembur dan tidak keras atau sangat keras jika dalam keadaan kering, P_2O_5 kurang dari 1500 ppm
		Umbrik	Sifatnya sama dengan Molik tetapi memiliki kejenuhan basa yang rendah (kurang dari 50 persen)
		Melonik	Tanah tebal (lebih dari 30 cm) berwarna hitam dengan value/chroma kurang dari 2

			dalam kondisi lembab, C organic lebih dari 6 persen, berasal dari bahan induk abu gunung merapi
		Okrik	Tanah permukaan berwarna merah pucat, tidak memenuhi satu atau lebih syarat horizon diagnostic permukaan

Sumber : Soil Survey Staff, (2006)

Horizon diagnostic bawah permukaan (*endopedon*) menurut taksonomi USDA cakupannya terdiri dari yaitu

- (1) seluruh bagian horizon E,
- (2) seluruh bagian horizon B,
- (3) bagian bawah horizon A, dan seluruh bagian horizon B,
- (4) seluruh bawah horizon B dan bagian atas horizon C.

Horizon diagnostic tanah bawah permukaan terdapat 18 (delapan belas) macam nama horizon yang meliputi berbagai macam kelompok genesis pembentukkannya. Secara terperinci genesis horizon diagnostic bawah permukaan dapat dikelompokkan menjadi 6 (enam) kelompok yaitu diantaranya:

- (1) eluviasi dan illuviasi,
- (2) proses drainase bebas,
- (3) kapilerisasi,
- (4) sementasi,
- (5) pengolahan tanah, dan
- (6) rusak karena pelidian

Adapun horizon diagnostic bawah permukaan (*endopedon*) beserta karakteristik tanahnya yang mencirikan horizon disajikan pada Tabel 8.3.

Tabel 3 Horizon Diagnostik Bawah Permukaan Menurut USDA

No	Kelompok	Nama Horizon	Karakteristik tanah
1	Illuviasi dan Eluviasi	Albik	Horizon eluvial dengan tebal lebih dari 1 cm yang menumpang di atas kambik, argilik, spodik, kandik, natrik, atau fragipan
		Kambik	Horizon yang telah mengalami alterasi fisik maupun khemik akibat penggenangan atau sebab lain dan memiliki kandungan lempung yang lebih tinggi, warna dengan Hue lebih merah, Value/Chroma lebih tinggi dari horizon diatas dan bawahnya
		Argilik	Horizon illuvial yang telah nyata dengan sifat tebal lebih dari 7,5 cm, terdapat selimut lempung pada struktur tanah, meningkatnya kadar lempung lebih dari 3 persen pada jarak vertical kurang dari 30 cm dari horizon eluvial
		Spodik	Memiliki warna merah kehitam-hitaman akibat dari oksidasi besi bercampur dengan organic hasil perlidian, berada di bawah horizon E (Albic), kompleks kejenuhan basa didominasi ion Na
		Kondik	Sejenis dengan Argilik tetapi tebal lebih dari 15 cm, dan meningkatnya kadar lempung lebih dari 8 persen terjadi pada jarak vertical kurang dari 15 cm dari horizon eluvial

2	Drainase Bebas	Oksik	Semua horizon berwarna merah bata (Hue lebih merah dari 7,5YR) dan hamper tidak bisa dibedakan dengan horizon di atasnya sebagai cerminan besi teroksidasi, tebal lebih dari 30 cm, kapasitas tukar kation (KTK) rendah (kurang dari 16 cmol/ 1 kg clay), hamper tidak terdapat mineral dapat lapuk
		Sombrik	Sejenis dengan Spodik tetapi tidak berada di bawah horizon E (Albic), kompleks kejenuhan basa tidak didominasi oleh ion Na
3	Kapilerisasi	Natrik	Horizon argilik yang memiliki struktur prismatic dengan persentase natrium dapat tukar (Exchangable Sodium Percentage/ESP) lebih dari 15 persen atau Sodium Adsorption Ratio (SAR) lebih dari 13 persen
		Calcic	Horizon illuvial dengan akumulasi CaSO ₄ sekunder mencapai lebih dari 5 persen, tebal lebih besar dari 15, dan bukan horizon yang tersemen
		Gypsic	Horizon iluvial dengan akumulasi CaSO ₄ -2H ₂ O sekunder sampai lebih dari 5 persen, tebal lebih dari 15, dan bukan horizon yang tersemen
		Salik	Horizon akumulasi garam yang lebih mudah larut dibandingkan gypsum pada air yang kondisi dingin, tebal lebih dari 15 cm dan EC lebih besar dari 30 dS/m

5	Pengaruh Pengolahan	Agrik	Horizon illuvial yang terbentuk akibat pengaruh dari pengolahan tanah untuk pertanian yang diindikasikan dengan meningkatnya kandungan lempung, debu dan humus illuvial
6	Sementasi	Petrokalsik	Horizon illuvial dengan akumulasi CaCO_3 sekunder berlebih sampai mengakibatkan horizon tersemen
		Petrogipsik	Horizon illuvial dengan akumulasi $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ sekunder berlebih sampai mengakibatkan horizon tersemen
		Fragipan	Padas rapuh yang menjadi lunak karena perendaman air dengan tebal lebih besar dari 15 cm
		Duripan	Padas keras dan kedap air karena sementasi silika
		Plakik	Padas tipis (lebih kecil dari 25 mm) tetapi kedap air akibat sementasi besi dan mangan
		Ortstein	Menyerupai Spodik dengan tebal lebih dari 15 cm tetapi lebih dari 50 persen volume lapisan tersemen besi

Sumber : Soil Survey Staff, (2006)

RANGKUMAN

1. Morfologi adalah suatu bentuk yang biasanya dapat diamati secara fisik. Morfologi tanah adalah suatu bentuk pada morfologi tanah yang dapat diamati dan dipelajari dilapang. Morfologi tanah merupakan ilmu yang mempelajari tentang penampakan tanah berdasarkan bentuk luar dari tanah, ciri dan sifat-sifat tanah yang dapat diamati langsung dilapang.

2. Horizon tanah adalah tanah yang lapisannya kurang lebih sejajar dengan permukaan tanah (lapisan bumi). Horizon tanah berbeda dengan lapisan tanah, terbentuknya horizon tanah disebabkan oleh proses perkembangan tanah sedangkan lapisan tanah terbentuk akibat adanya proses pengendapan oleh tenaga geomorfik.
3. Horizon tanah terdiri dari 2 (dua) kelompok yaitu (1) horizon genetik adalah horizon tanah yang diberi nama dan dicirikan berdasarkan logika pembentukan tanah, yang meliputi proses pemindahan, transformasi, penambahan dan penghilangan senyawa kimia dan/atau partikel tanah di dalam profil. (2) Horizon diagnostik adalah horizon tanah yang diberi nama dan dicirikan berdasarkan pengukuran lapangan atau laboratorium yang akurat dari sifat-sifat tanah. Horizon genetik dan horizon diagnostik digunakan sebagai dasar klasifikasi tanah.

LATIHAN

1. Jelaskan mengapa pentingnya mengamati morfologi tanah di lapangan !
2. Jelaskan pengertian morfologi tanah !
3. Jelaskan perbedaan horizon genetik dengan horizon diagnostik !
4. Jelaskan pembagian dan cakupannya horizon diagnostic bawah permukaan (*endopedon*) menurut taksonomi USDA !

REFERENSI

- Anggara, A., Ramadhan, R., Hanapi, D.R., Taufik, M. (2021). Analisis Kadar Keasaman (PH) Tanah Fakultas Kehutanan Universitas Lancang Kuning. SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin. 1(1): 136-138.
- Soil Survey Staff. 2006. Keys to soil taxonomy. 10th ed. Natural Resources Conservation Service. USDA, Washington DC.
- Soil Survey Staff. 1990. Keys to Soil Taxonomy. Fourth Edition. SMSS Technical Monograph No. 19. Blacksburg, Virginia. 423p.

SIFAT FISIKA TANAH

Pengertian Sifat Tanah

Sifat-sifat dasar fisika tanah merupakan sifat fisika tanah yang hakiki atau bukan merupakan suatu proses fisika tanah seperti evaporasi, infiltrasi, perambatan suhu dan gas (Murti Laksono & Wahyuni., 2004). Sifat fisika dan kesuburan tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Berdasarkan segi fisika tanah, tekstur berperan pada struktur, air dan udara serta suhu tanah. Sementara itu, dari segi kesuburan tanah, tekstur memegang peranan penting dalam pertukaran ion, sifat penyangga, kejenuhan basa dan sebagainya. Fraksi lempung merupakan fraksi yang paling aktif sedangkan kedua fraksi yang lain kurang aktif (Haridjadjaja 1980).

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 (Afandi, 2005). 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 (Utomo., 1994).

Sifat-sifat fisik tanah meliputi tekstur tanah, struktur tanah, konsistensi tanah dan porositas tanah. Sifat fisika tanah sangat menunjang pertumbuhan dan perkembangan dari tanaman. Sifat fisika tanah merupakan unsur lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap tersedianya air, udara tanah dan secara tidak langsung mempengaruhi ketersediaan unsur hara tanaman (Afdal et al., 2022). Sifat fisika tanah yang perlu diperhatikan adalah terjadinya masalah degradasi struktur tanah akibat fungsi pengelolaan (Skaalsveen et al., 2019). Penggunaan lahan secara terus menerus, mengakibatkan tanah di lahan tersebut memiliki sifat fisik yang berbeda-beda. Pengolahan tanah yang berbeda dapat mempengaruhi sifat fisik tanah (Sokolowski et al. 2020). Dengan demikian sifat fisika tanah perlu diperhatikan dan dipelihara dengan baik agar tanah mampu memproduksi sumberdayanya secara maksimal (Schjønning et al. 2018)

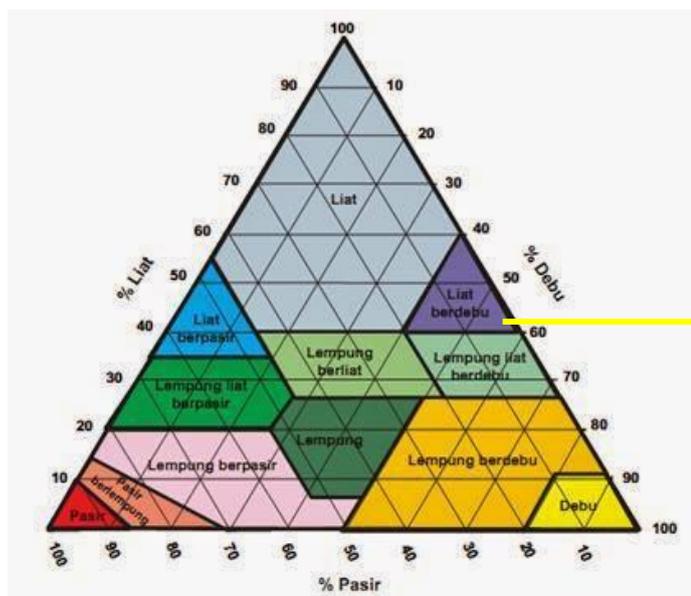
Tekstur Tanah

Tekstur tanah adalah ukuran relatif dari partikel - partikel tanah, partikel-partikel tanah menggambarkan kehalusan dan kekasaran dari tanah. Tekstur tanah adalah distribusi besar butir-butir tanah atau perbandingan secara relatif dari besar butir-butir tanah (Haridjadja., 1980). Perbedaan istilah yang sering di sering di kemukakan berdasarkan versi IPB dan UGM seperti disajikan berikut ini :

Tabel 4 Perbedaan istilah berdasarkan versi IPB dan UGM

VERSI	CLAY	LOAM	KETERANGAN
UGM	Lempung	Geluh	Apabila terdapat tulisan ada lempung dan geluh berarti UGM
IPB	Liat	Lempung	Apabila ada tulisan ada liat dan lempung berarti IPB

Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah. Kelas tekstur tanah dikelompokkan berdasarkan perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu dan klei. Tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan spesifik yang kecil sehingga sulit untuk menyerap (menahan) air dan unsur hara. Menurut Hardjowigeno., (1995) tanah-tanah bertekstur klei mempunyai luas permukaan spesifik yang besar sehingga kemampuan menahan air dan menyediakan unsur hara tinggi.



Segitiga tekstur →
mengelompokkan
tekstur ke dalam
12 kelas

Contoh:
Liat = 48 %
Debu = 43 %
Pasir = 4 %

Kelas tekstur:
Liat berdebu

Gambar 2 Segitiga Tekstur Tanah

Menurut Djaenudin et al., (2011) pengelompokan kelas tekstur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Halus (h) : Liat berpasir, liat, liat berdebu;
2. Agak halus (ah) : Lempung berliat, lempung liat berpasir, lempung liat Berdebu;
3. Sedang (s) : Lempung berpasir sangat halus, lempung, lempung berdebu, debu;
4. Agak kasar (ak) : Lempung berpasir;
5. Kasar (k) : Pasir, pasir berlempung;
6. Sangat halus (sh): Liat (tipe mineral liat 2:1)

Contoh hasil uji contoh tanah yang dilakukan pada laboratorium di disajikan pada (Tabel 1). Perbandingan pasir, debu dan liat, dapat diketahui bahwa tanah yang dilakukan uji di laboratorium tersebut memiliki tekstur yang berbeda yaitu liat, lempung liat berpasir dan lempung berliat. Menurut Islam dan Utomo (1995) menyatakan bahwa tanah disebut bertekstur berliat jika liatnya > 35 % kemampuan menyimpan air dan hara tanaman tinggi. Air yang ada diserap dengan energi yang tinggi, sehingga liat sulit dilepaskan terutama bila kering sehingga kurang tersedia untuk tanaman.

Tabel 5. Contoh hasil Analisis sampel Tanah di Laboratorium

Nomor Sampel			Tekstur (Pipet)	
No	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)	Kelas Tekstur
1	33	4	63	Liat Lempung
2	50	23	27	Liat berpasir
3	43	18	39	Lempung berliat

Sumber : Arianti et al., 2016.

Struktur Tanah

Struktur tanah di lokasi penelitian tergolong remah sampai gumpal, baik pada lapisan atas maupun pada lapisan bawah. Struktur tanah merupakan sifat fisik tanah yang menggambarkan susunan ruangan partikel-partikel tanah yang bergabung satu dengan yang lain membentuk agregat dari hasil proses pedogenesis (Wei et al. 2020). Struktur tanah merupakan gumpalan kecil dari butir-butir tanah. Gumpalan struktur tanah ini terjadi karena butir-butir pasir, debu, liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti liat dan faktor perekat lainnya yaitu bahan organik. Gumpalan-gumpalan kecil (struktur tanah) mempunyai bentuk, ukuran dan

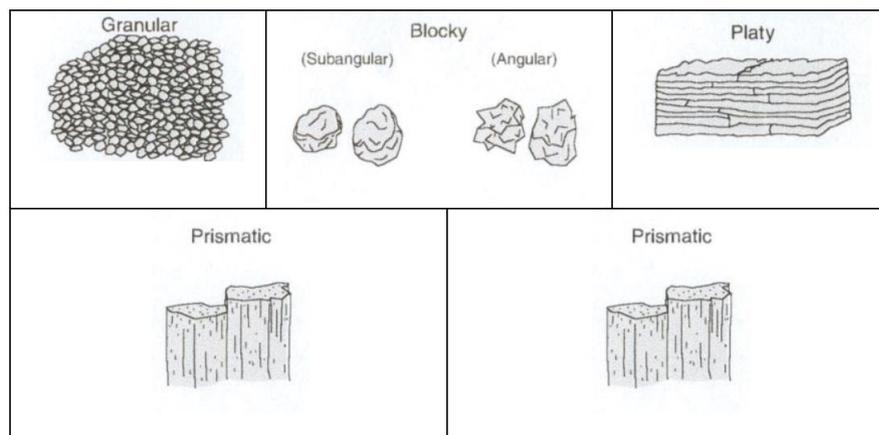
kemantapan yang berbeda-beda. Faktor-faktor penentu struktur tanah meliputi tekstur tanah, macam lempung, dan kadar bahan organik (Lal 2020).

Pengamatan struktur tanah terdiri dari 3 aspek yaitu

- a. Bentuk;
- b. tingkat perkembangan dan
- c. ukuran.

Bentuk struktur tanah seperti disajikan pada (Gambar 3) dan terdiri dari :

- ❖ lempeng (platy),
- ❖ prismatic,
- ❖ tiang (columnar),
- ❖ gumpal bersudut (angular blocky),
- ❖ gumpal membulat (subangular blocky),
- ❖ granular dan remah (crumb)



Gambar 3. Tipe Struktur Tanah (Brady and Weil, 1999)

Kriteria kemantapan struktur tanah dapat terdiri lemah, sedang dan kuat disajikan pada Tabel 6 dan ukuran struktur tanah di sajikan pada Tabel 7.

Tabel 6. Kriteria Kemantapan Struktur Tanah

Tingkat Kemantapan	Kriteria
Tidak berstruktur (structureless)	Tidak dapat diamati dengan jelas bentuk struktur tanah
Lemah	Struktur tanah belum terbentuk sempurna dan sulit untuk diamati dengan mata telanjang
Sedang	Struktur tanah telah terbentuk baik dan dapat diamati langsung dengan mata telanjang
Kuat	Struktur tanah telah terbentuk sempurna dan jika bongkahan tanah dipecah, struktur tanah terlihat dengan jelas

Warna Tanah

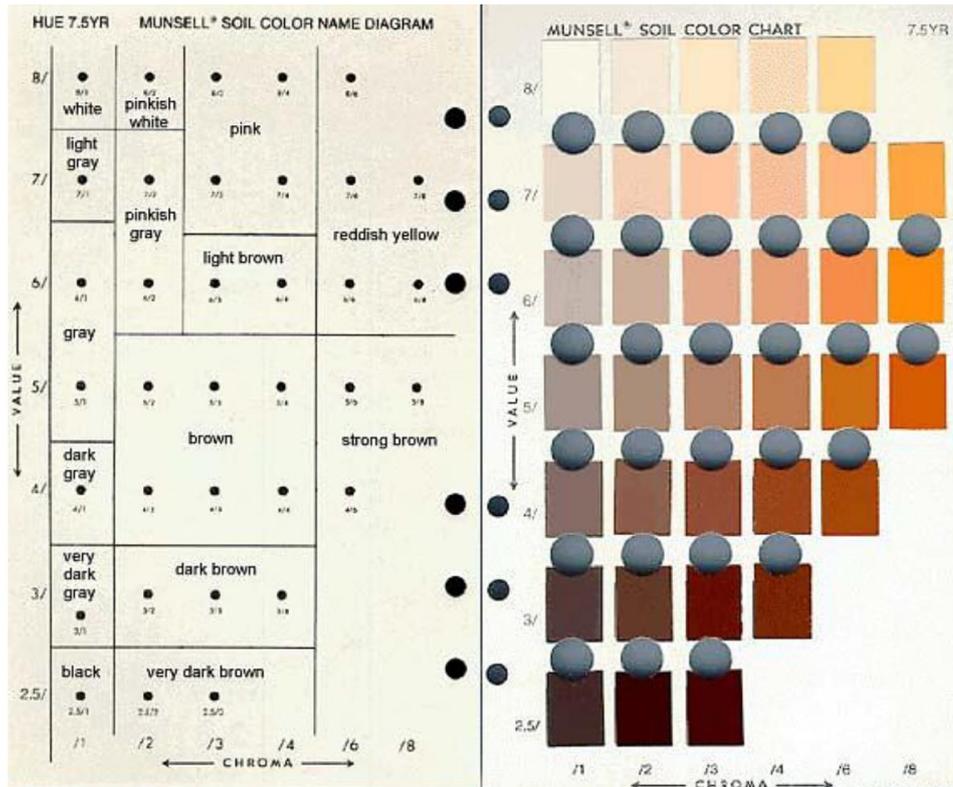
Warna tanah merupakan petunjuk sifat tanah yang paling mudah dideterminasi. Warna tanah dapat dijadikan sebagai indikator kualitatif dalam menentukan tingkat kesuburan tanah, kandungan bahan organik, aerasi, dan drainase. (Utomo et al. 2016). Tanah yang mempunyai warna yang hitam biasanya memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Warna merah mengindikasikan adanya oksida-oksida besi bebas (tanah-tanah yang teroksidasi), sedangkan warna kelabu kebiruan menunjukkan suasana tereduksi (Rayes. 2017). Ada empat faktor utama yang mempengaruhi warna tanah yaitu

- a. Kandungan bahan organik.
- b. Kandungan air dan kondisi drainase tanah baik dalam kondisi jenuh atau tidak jenuh.
- c) Adanya oksida besi dan mineral tanah seperti kuarsa, hematit, limonit, glauconite.
- d) Kondisi fisiografi wilayah seperti wilayah cekungan atau dataran dan topografi berlereng.

Warna tanah merupakan petunjuk untuk beberapa sifat tanah, karena warna tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdapat dalam tanah tersebut. Warna tanah ditentukan dengan menggunakan warna-warna baku yang terdapat dalam buku Munsell Soil Colour Chart. (Handayani & Karnilawati. 2018).

Menurut Khumairah (2021) Penentuan warna tanah di lapangan adalah dengan menggunakan munsell soil color chart dengan warna tanah disusun oleh tiga variabel hue, value, dan chroma. Arti dari variabel tersebut adalah

1. Hue merupakan panjang gelombang cahaya dominan yang dipantulkan oleh benda. Hue ini ditentukan oleh campuran lima warna utama yaitu biru, hijau, kuning, merah, dan ungu. Nilai Hur berkisar antara 0 hingga 10.
2. Value merupakan terang atau gelapnya warna tanah yang bersangkutan.
3. Chroma adalah tingkat kemurnian warna tanah (Hue).



Gambar 4 Skala Warna kartu *Munsell soil color charts*

Klasifikasi warna tanah dengan buku *Munsell soil color charts*, warna tanah yang akan diukur dibandingkan terhadap warna bagan dan dicari sehingga didapatkan warna yang paling mendekati. Warna tanah yang telah sesuai kemudian dinotasikan dengan format *hue value/chroma*, misalnya 7.5YR 8/6.6

Warna tanah merupakan ciri tanah paling mudah ditentukan ketika di lapangan. Warna mencerminkan beberapa sifat tanah tertentu (Ritung et al., 2004). Warna tanah dibedakan atas:

1. warna dasar tanah atau warna matriks, dan
2. warna karatan sebagai proses dari hasil oksidasi dan reduksi di dalam tanah.

A. Warna matriks

Warna tanah ditentukan dengan standar warna sesuai buku MSCC, dinyatakan dalam 3 model warna: hue, value, dan chroma menurut nama yang tercantum dalam lajur yang bersangkutan, yaitu meliputi:

- a. Warna dasar tanah (matriks),
- b. warna bidang struktur dan liat (terutama tanah berstruktur gumpal/sudut),
- c. warna karatan dan konkresi,

- d. warna plintit,
- e. warna humus.

Dalam menentukan warna tanah harus diperhatikan:

1. Tanah harus lembab (jika mungkin kering dan lembab),
2. tanah ditempatkan di bawah lubang kertas Munsell dengan jari/pisau,
3. tanah tidak bisa mengkilap (kecuali pada warna bidang strukur). Untuk tujuan khusus, perlu ditambahkan warna tanah setelah dihancurkan atau diremas,
4. hindarkan bekerja menetapkan warna tanah sebelum jam 09.00 dan sesudah jam 16.00,
5. jika warna tanah tidak tepat dengan warna pada buku Munsell, maka akan diberikan angka-angka hue, value, dan chroma tertinggi dan terendah yang membatasinya. Contoh: warna tanah ditulis 7,5YR 5/4 artinya hue 7,5YR, value 5 dan chroma 4, warna tanah coklat.

B. Karatan

Karatan adalah gejala kelainan warna tanah, yang diakibatkan oleh 2 proses kimia yaitu proses reduksi dan oksidasi. Karatan dalam penampang tanah dicatat mengenai jumlah (kadar), ukuran (kontras), batas, bentuk, dan warnanya.

Warna Tanah dan Karatan

Warna tanah merupakan sifat morfologi yang paling mudah dibedakan. Warna merupakan petunjuk untuk beberapa sifat tanah, misalnya: warna hitam menunjukkan kandungan bahan organik tinggi. Warna merah menunjukkan adanya oksidasi bebas (tanah-tanah yang teroksidasi). Warna abu-abu atau kebiruan menunjukkan adanya reduksi. Hubungan warna tanah dengan kandungan bahan organik di daerah tropika banyak yang tidak sesuai dengan yang ditemukan di benua Amerika atau Eropa atau daerah beriklim sedang. Misal, tanah-tanah merah di Indonesia banyak yang mempunyai bahan organik lebih dari satu persen, sama dengan kandungan organik tanah hitam di daerah-daerah yang beriklim sedang (Hardjowigeno., 1985).

Menurut Hardjowigeno (1985) selain warna tanah, karatan tanah juga perlu dipelajari lebih lanjut khususnya penyifatan tanah yang meliputi jumlah, ukuran dan bandingan (kontras).

- a. **Jumlah Sedikit** = < 2% Sedang = 2-20% Banyak = >20%
- b. **Ukuran Kecil** = diameter terpanjang < 5 mm Sedang = diameter antara 5 - 15 mm Besar = diameter > 15 mm
- c. **Bandingan**
Baur = ada karatan tidak jelas, jika tidak diamati dengan teliti. Warna karatan dan matriks mempunyai hue dan chroma dan hampir sama.
Jelas = walaupun tidak nyata, tetapi karatan mudah terlihat, warna matriks dan karatan mudah dibedakan karena masing-masing mempunyai hue, value dan chroma yang berbeda. Warna mungkin berbeda satu-dua hue atau beberapa unit value (chroma)

Konsistensi Tanah

Menurut Baver (1956), konsistensi tanah dapat berubah-ubah dan perubahannya berhubungan dengan kadar air yang terdapat dalam massa tanah. Sifat ini dapat dirasakan pada waktu pengolahan tanah. Pada kadar air rendah, tanah menjadi plastis dan sangat bergumpal karena pengaruh sementasi antar partikel-partikel kering. Konsistensi tanah menunjukkan kekuatan daya kohesi butir – butir tanah atau daya adhesi butir – butir tanah dengan benda lain. Hal ini ditunjukkan oleh daya tanah terhadap gaya yang akan mengubah bentuk. Gaya-gaya tersebut misalnya pencangkulan dan pembajakan. Tanah yang mempunyai konsistensi baik pada umumnya mudah diolah dan tidak melekat pada alat pengolahan tanah. Oleh karena tanah dapat ditemukan dalam keadaan lembab, basah, atau kering, maka penyifatan konsistensi tanah harus disesuaikan dengan keadaan tanah tersebut (Cahyono,1998).

Harjanto (2003) menyatakan bahwa konsistensi adalah salah satu sifat fisik tanah yang menggambarkan ketahanan tanah pada saat memperoleh gaya atau tekanan dari luar yang menggambarkan bekerjanya gaya kohesi (tarik menarik antar partikel) dan adhesi (tarik menarik antar partikel dan air) dengan berbagai kelembaban tanah.

Penetapan konsistensi tanah dapat dilakukan dalam tiga kondisi yaitu

- a. Basah;
- b. Lembab; dan
- c. kering.

Konsistensi basah merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah di atas kapasitas lapang (*field capacity*). Konsistensi lembab merupakan penetapan konsistensi tanah pada kondisi kadar air tanah kering udara. Konsistensi basah ditentukan dengan mudah tidaknya tanah melekat pada jari (melekat atau tidak melekat) atau mudah tidaknya membentuk bulatan dan kemampuannya mempertahankan bentuk tersebut (plastis atau tidak plastis).

RANGKUMAN

1. Sifat-sifat fisik tanah meliputi tekstur tanah, struktur tanah, konsistensi tanah dan porositas tanah. Sifat fisika tanah sangat menunjang pertumbuhan dan perkembangan dari tanaman. Sifat fisika tanah merupakan unsur lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap tersedianya air, udara tanah dan secara tidak langsung mempengaruhi ketersediaan unsur hara tanaman.
2. Tekstur tanah menunjukkan kasar halusya tanah. Kelas tekstur tanah dikelompokkan berdasarkan perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu dan klei. Tanah yang bertekstur pasir mempunyai luas permukaan spesifik yang kecil sehingga sulit untuk menyerap (menahan) air dan unsur hara.
3. Struktur tanah merupakan gumpalan kecil dari butir-butir tanah. Gumpalan struktur tanah ini terjadi karena butir-butir pasir, debu, liat terikat satu sama lain oleh suatu perekat seperti liat dan faktor perekat lainnya yaitu bahan organik. Gumpalan-gumpalan kecil (struktur tanah) mempunyai bentuk, ukuran dan kemantapan yang berbeda-beda.
4. Warna tanah merupakan petunjuk untuk beberapa sifat tanah, karena warna tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terdapat dalam tanah tersebut. Warna tanah ditentukan dengan menggunakan warna-warna baku yang terdapat dalam buku Munsell Soil Colour Chart.

5. konsistensi tanah dapat berubah-ubah dan perubahannya berhubungan dengan kadar air yang terdapat dalam massa tanah. Sifat ini dapat dirasakan pada waktu pengolahan tanah.

LATIHAN

1. Jelaskan pengertian sifat fisika tanah !
2. Jelaskan bagaimana cara pengamatan warna tanah dan cara penulisan warna tanah !
3. Apakah tekstur tanah dapat berubah? Jelaskan!
4. Bagaimanakah cara menetapkan kelas tekstur tanah di lapang?
5. Bagaimana cara menggunakan segitiga tekstur untuk menetapkan kelas tekstur tanah?
6. Apa dan bagaimana hubungan antara tekstur tanah, struktur tanah, dan konsistensi tanah?

REFERENSI

- Afandi. 2005. Fisika Tanah 1. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Afdal Bakri, Salapu Pagi, Abdul Rahman. 2022. "Analisis Sifat Fisika Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan di Desa Maku Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi." Jurnal Agrotekbis 10(1): 1–8.
- Anggara, A., Ramadhan, R., Hanapi, D.R., Taufik, M. (2021). Analisis Kadar Keasaman (PH) Tanah Fakultas Kehutanan Universitas Lancang Kuning. SENKIM: Seminar Nasional Karya Ilmiah Multidisiplin. 1(1): 136-138.
- Arianti, V., Suhardi., Prawitosari, T. 2016. Pola Pembasahan Oleh Tetesan Pada Beberapa Tekstur Tanah. Jurnal Agritechno. 9(1): 70-77. <https://doi.org/10.20956/at.v9i1.41>.
- Baver, L. D. 1956. *Soil Physic. 3th ed.* New York (US) : John wiley and sons, Inc.
- Brady, N. C. and R. R. Weil. 1999. *The Nature and Properties of Soils.* Prentice Hall. New Jersey.
- Cahyono, A. 1998. *Bahan Assistensi dan Petunjuk Praktikum Ilmu Tanah Hutan.* Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Murtalaksono, K., Wahyuni, E.D. 2004. Hubungan Ketersediaan Air Tanah Dan Sifat-Sifat Dasar Fisika Tanah. Jurnal Tanah dan Lingkungan. 6(2): 46-50.
- Hardjowigeno S. 1985. *Genesis dan Klasifikasi Tanah.* Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hardjowigeno S. 1995. *Ilmu Tanah.* Jakarta (ID). Akademika Pressindo.

- Haridjaja O. 1980. Pengantar Fisika Tanah. Institut Pendidikan Latihan dan Penyuluhan Pertanian. Bogor (ID). IPB.
- Harjanto, T. 2003. Hubungan Antara Tingkat Pemadatan Tanah dengan Kuat Geser pada Tanah Latosol Dramaga Bogor [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Handayani. S, dan Karnilawati, 2018. Karakterisasi Dan Klasifikasi Tanah Ultisol Di Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Pertanian* 14 (2).
- Islami, T., Utomo, W.H. 1995. Hubungan Tanah Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Khumairah, F. H. (2021). Pengantar Ilmu Tanah. Tanesa.
- Lal, Rattan. 2020. "Soil Organic Matter and Water Retention." *Agronomy Journal* 112(5).
- Raves, L. M. 2017. Morfologi dan Klasifikasi Tanah. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Ritung S, Sukarman dan Rofik. 2004. Pencatatan hasil pengamatan. Di dalam: A. Hidayat, editor. Petunjuk Teknis Pengamatan Tanah. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Departemen Pertanian. Bogor.
- Skaalsveen, Kamilla, Julie, I., Lucy E. Clarke. 2019. "The Effect of No-till Farming on the Soil Functions of Water Purification and Retention in North-Western Europe: A Literature Review." *Soil and Tillage Research* 189.
- Sokolowski, Ana Clara et al. 2020. "Tillage and No-Tillage Effects on Physical and Chemical Properties of an Argiaquoll Soil under Long-Term Crop Rotation in Buenos Aires, Argentina." *International Soil and Water Conservation Research* 8(2).
- Schjønning, Per et al. 2018. "The Role of Soil Organic Matter for Maintaining Crop Yields: Evidence for a Renewed Conceptual Basis." In *Advances in Agronomy*.
- Utomo, Wani Hadi. 1994. Erosi dan Konservasi Tanah. Malang: Penerbit IKIP Malang.
- Utomo, M., Sudarsono., Rusman, B., Sabrina, T., Lumranraja, J., Wawan. 2016. Ilmu Tanah Dasar- Dasar Pengelolaan. Jakarta: Prenedamedia Group.
- Wei, Jiangjun et al. 2020. "Physical Properties of Exhaust Soot from Dimethyl Carbonate Diesel Blends: Characterizations and Impact on Soot Oxidation Behavior." *Fuel* 279.