


Fisika tanah

WARNA TANAH

- Secara langsung mempengaruhi penyerapan sinar matahari dan salah satu faktor penentu suhu tanah.
- Secara tidak langsung berhubungan dengan sifat-sifat tanah, misal informasi subsoil drainase, kandungan bahan organik surface horizon, pembeda antar horison.
- Diukur menggunakan standar warna (*Soil Munsell Color Chart*) .
- Keterangan *Soil Munsell Color Chart* : “ The munsell notation identifies color by use of three variables: hue, value, and chroma .
- **Hue** is the dominant spectra – color, that is, whether the hue is a pure color such as yellow, red, green, or a mixture of pure color, such as yellow-red. Mixture are identified numerically according to the amount of yellow or red used to produce the mixture. 5YR is an equal of red and yellow.
- As the number increases, the amount of the first color (yellow) increases and second color (red) decreases. Value and Chroma are terms that refer to how the hue is modified by the addition of gray.
- **Value** is the degree of lightness or brightness of the hue reflected uin the property of the gray color that is being added to the hue. A particular value (gray) is made by mixing a pure white pigment (10) with a pure black pigment (0). If equal amounts of white and black pigment are mixed, the value is aqual to 5.
- **Chroma** is the amount of gray of a particular value that is mixed with the pure hue to obtain the actual soil color. A chroma of 1 would be made by adding 1 units of pure hue to a certain amounts of gray; a chroma of 5 would contain 5 units of pure hue to the amount of gray. The lower the chroma, the closer the color is to the pure gray of that value.”

- 
- Interpretasi : Warna tanah 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: tanah yang aerasi dan drainase bagus, senyawa besi berada dalam bentuk oksidasi (ferri/ Fe^{3+}) dan memberikan warna merah atau kuning; tanah yang aerasi dan drainase jelek, senyawa besi tereduksi dalam bentuk ferro (Fe^{2+}) akan memberikan warna abu-abu (gray)

Hubungan antara warna tanah dengan kandungan bahan organik di Illinois, USA

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

TEKSTUR TANAH

- 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 gr dengan *bulk density* 2,65 g/cm³ dipecah menjadi 10⁶ partikel yang lebih kecil berbentuk bola dengan berat masing-masing partikel 10⁻⁶ g.
- Maka : Luas permukaan untuk partikel dengan berat 1 gr adalah sbb :
- $\text{Volume} = (1\text{g}) / (2,65 \text{ g/cm}^3) = 0,377 \text{ cm}^3$
- $\text{Volume bola} = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot r^3$ sehingga $r^3 = (0,377 \times 3) / 4 \cdot 3,14 = 0,0901$
- $\text{Radius} = r = 0,448 \text{ cm} = 4,48 \times 10^{-3} \text{ m}$


- Luas permukaan (*surface area/SA*) = $4 \cdot 3,14 \cdot r^2 = 2,52 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
- Setelah dipecah menjadi partikel yang lebih kecil \;
- Volume = $(10^{-6}) / (2,65 \text{ g/cm}^3) = 3,77 \times 10^{-7} \text{ cm}^3$
- $r^3 = \frac{3,77 \times 10^{-7} \text{ cm}^3 \times 3}{4 \cdot 3,14} = 9,01 \times 10^{-8} \text{ cm}$
- $r = 4,48 \times 10^{-5} \text{ m}$
- SA dari masing-masing partikel kecil = $4 \cdot 3,14 \cdot r^2$
- = $4 \times 3,14 \times (4,48 \times 10^{-5} \text{ m})^2 = 2,52 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{partikel}$
- Kolektif SA = $2,52 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{partikel} \times 10^6 = 2,52 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

Dengan kata lain,

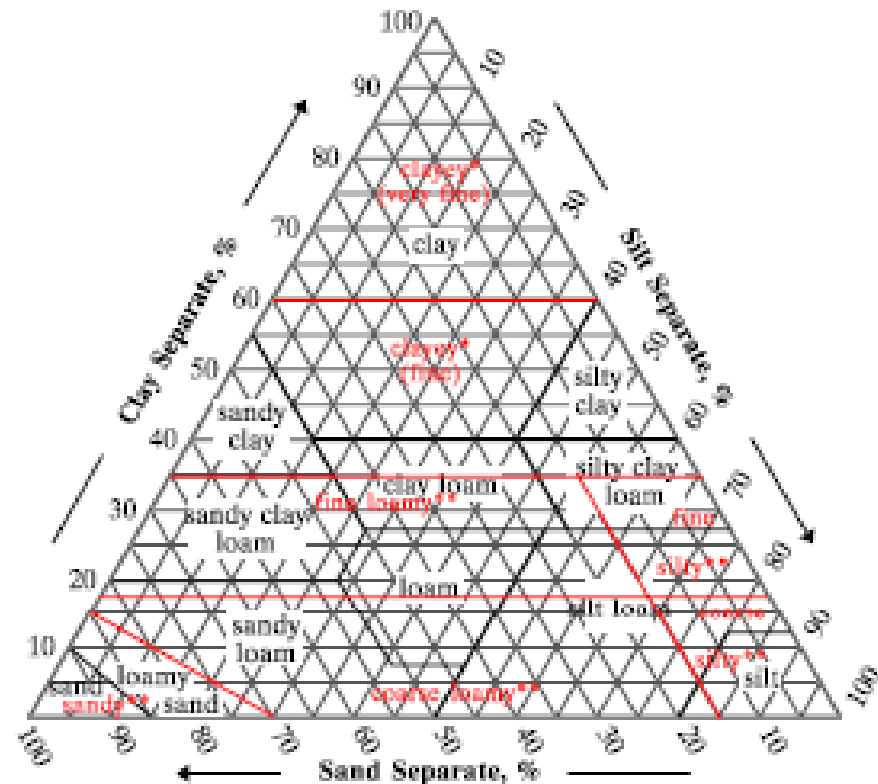
- Pemecahan partikel sebarta 1 gr menjadi 10^6 partikel kecil dapat meningkatkan luas permukaan 100 kali lipat dari $2,52 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ menjadi $2,52 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

Klasifikasi ukuran Partikel

Sumber	Soil Separates			
	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

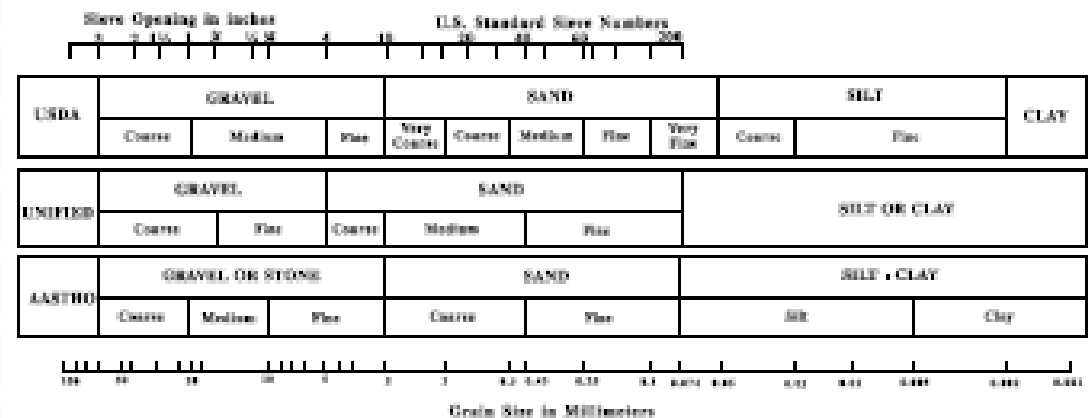
- 
- Tekstur tanah diartikan sebagai proporsi pasir, debu dan lempung
 - Partikel ukuran lebih dari 2 mm, bahan organik dan agen perekat seperti kalsium karbonate harus dihilangkan sebelum menentukan tekstur
 - Tanah bertekstur sama misal geluh berdebu mempunyai sifat fisika dan kimia yang hampir sama 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

Gambar Segitiga tekstur tanah menurut USDA adalah :



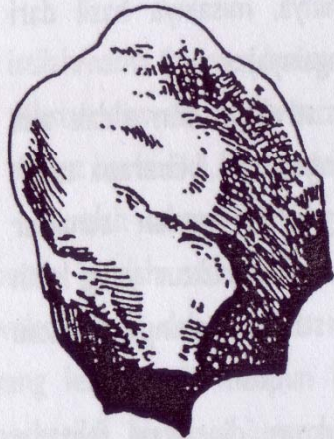
- * Clay-size carbonate is treated as silt.
- ** Very fine sand (0.05 • 0.1 is treated as silt for family groupings; coarse fragments are considered the equivalent of coarse sand in the boundary between the silty and loamy classes.

COMPARISON OF PARTICLE SIZE SCALES

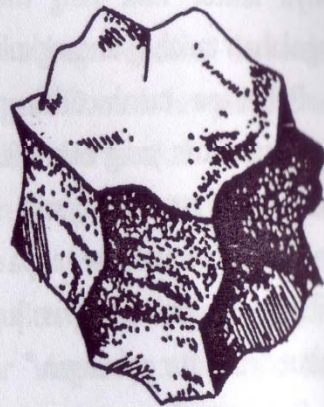


STRUKTUR TANAH

- Merupakan gumpalan tanah yang berasal dari partikel-partikel tanah yang saling merekat satu sama lain karena adanya perekat misalnya eksudat akar, hifa jamur, lempung, humus, dll.
- Ikatan partikel tanah berwujud sebagai agregat tanah yang membentuk dirinya
- Pengamatan struktur tanah di lapangan (SSS, 1975) terdiri dari :
- 1. Pengamatan bentuk dan susunan agregat tanah tipe struktur (lempeng, tiang, gumpal, remah, granuler, butir tunggal, pejal)
- 2. Besarnya agregat klas struktur (sangat halus, halus, sedang, kasar, sangat kasar)
- 3. Kuat lemahnya bentuk agregat derajat struktur (tidak beragregat, lemah, sedang, kuat).



Gumpal agak membulat



Gumpal bersudut



Butir tunggal membulat



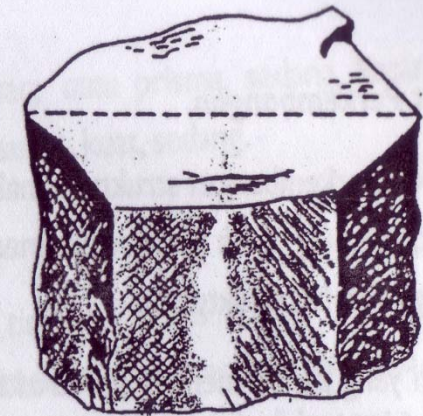
Butir tunggal berbidang banyak



Pipih



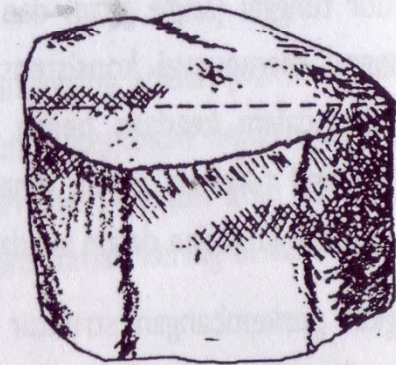
Tiang bersudut



Prisma bersudut



Tiang agak membulat



Prisma agak membulat

granular

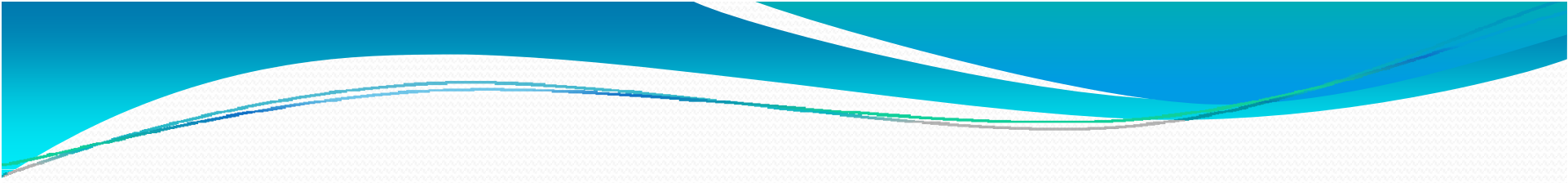
Prismatic Columnar

Keterangan	Struktur		
	Columnar & Prismatic	Subangular & Angular blocky	Granular
Sangat halus	< 10 mm	< 5 mm	< 1 mm
Halus	10 - 20 mm	5 - 10 mm	1 - 2 mm
Sedang	20 - 50 mm	10 - 20 mm	2 - 5 mm
Kasar	50 - 100 mm	20 - 50 mm	5 - 10 mm
Sangat kasar	> 100 mm	> 50 mm	> 10 mm



KONSISTENSI TANAH

- Adalah derajat kohesi dan adhesi antara partikel-partikel tanah dan ketahanan massa tanah terhadap perubahan bentuk oleh tekanan dan berbagai kekuatan yang mempengaruhi bentuk tanah.
- Konsistensi ditentukan oleh tekstur tanah dan struktur tanah.
- Cara penentuan (1) lapangan : memijit tanah dalam kondisi kering, lembab dan basah (2) laboratorium : angka-angka Atterberg
- Penentuan di lapangan ;
- Kondisi kering : kekerasan (lepas, lunak, keras)
- Kondisi lembab : keteguhan (lepas, gembur, teguh)
- Kondisi basah : kelekatan dan plastisitas
- Penentuan di laboratorium : menentukan Batas Cair (BC), Batas Lekat (BL), Batas gulung (BG) dan Batas Berubah Warna (BBW)

- 
- **Batas Cair** : Kadar air yang dapat ditahan oleh tanah
 - **Batas Lekat** : Kadar air dimana tanah tidak melekat ke logam
 - **Batas Berubah Warna** adalah batas air dimana air sudah tidak dapat diserap oleh akar tanaman karena terikat oleh tanah
 - **Jangka Olah (JO)** : kadar air dimana tanah mudah diolah (BL-BG)
 - **Derajat keteguhan (DT)** : BC-BG
 - **Surplus positif** : $Bl > BC$ artinya tanah mudah merembeskan air;
 - **Surplus negatif** : $BL < BC$: tanah sukar merembeskan air

LENGAS TANAH

- Lengas tanah adalah air yang terikat oleh berbagai gaya, misalnya gaya ikat matrik, osmosis dan kapiler
- Gaya ikat matrik berasal dari tarikan antar partikel tanah dan meningkat sesuai dengan peningkatan permukaan jenis partikel tanah dan kerapatan muatan elektrostatis partikel tanah
- Gaya osmosis dipengaruhi oleh zat terlarut dalam air maka meningkat dengan semakin pekatnya larutan, sedang gaya kapiler dibangkitkan oleh pori-pori tanah berkaitan dengan tegangan permukaan
- Jumlah ketiga gaya tersebut disebut potensial lengas tanah atau tegangan lengas tanah, dan menjadi ukuran kemampuan tanah melawan gaya gravitasi
- Ukuran lengas tanah adalah cm Hg, bar, dan pF
- * $1 \text{ bar} = 0,9869 \text{ atm} = 105 \text{ Pascal} = 75,007 \text{ cm Hg}$
- * Satuan cm air dibagi 1000 menjadi satuan bar
- * $\text{pF} = \text{Log}_{10} \text{ cm H}_2\text{O}$

Klasifikasi lengas tanah berdasar tegangan lengas tanah

Kapasitas menahan air maksimum

- Jumlah air yang dikandung tanah dalam keadaan jenuh, semua pori terisi penuh air. Tegangan lengas tanah = 0 cm H₂O, 0 bar atau pF 0

Kapasitas lapang

- Jumlah air yang terkandung tanah setelah air gravitasi hilang. Tegangan lengas = 346 cm H₂O ; 0,3 bar atau pF 2,54

Titik layu tetap

- Tingkat kelengasan tanah yang menyebabkan tumbuhan mulai memperlihatkan gejala layu. Tegangan lengas tanah = 15,849 cm H₂O ; 15 bar ; pF 4,17

Koefisien higroskopik

- Jumlah lengas tanah yang dijerap permukaan partikel tanah dari uap air dalam atmosfer yang berkelembaban kira-kira 100%. Tegangan lengas tanah = 31 bar ; atau pF 4,5.

Kering angin

- Kadar air tanah setelah diangin-anginkan di tempat teduh sampai mencapai keseimbangan dengan kelengasan atmosfer. Tegangan lengas = 106 cm H₂O; 1000 bar ; pF 6.

Kering Oven

- Kadar air tanah setelah dikeringkan dalam oven pada suhu 105-110 oC sampai tidak ada lagi air yang menguap (timbangan tetap; biasanya membutuhkan waktu 16-18 jam). Tegangan lengas tanah = 107 cm H₂O; 10.000 bar; atau pF 7,0.



Klasifikasi fisik :

- **Air bebas (air gravitasi)** : air yang diatus oleh gaya gravitasi. Air dalam kondisi jenuh dan berada diantara pF 0 dan pF 2,54 (diantara jenuh air dan kapasitas lapang)
- **Air kapiler** : air dalam pori-pori tanah dengan tegangan antara pF 2,54 dan 4,5 (kapasitas lapang dan koefisien higroskopis)
- **Air higroskopis** : air di permukaan tanah yang dipegang antara pF 4,5 dan 7,0 (antara koefisien higroskopis dan kering oven)



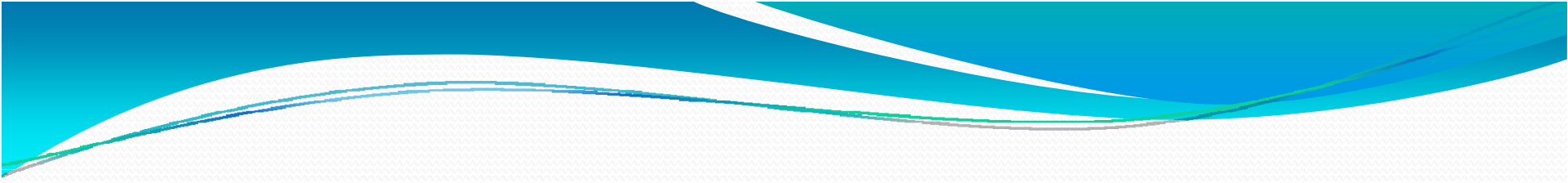
Klasifikasi Biologi

- **Air tidak berguna** : setara dengan air bebas menurut klasifikasi fisik. Kelas ini tidak berlaku bagi padi di sawah dan hidrofit yang hidup dalam jenuh air
- **Air tersedia** : air yang terdapat diantara kapasitas lapang dan titik layu tetap (pF 2,54 dan 3,17), dan
- **Air tidak tersedia** ; air yang berada pada tegangan di atas titik layu tetap (di atas pF 4,17). Air dipegang tanah dengan tegangan lebih kuat dibanding kekuatan akar menyerap air.
- Kandungan air dalam tanah mempengaruhi sifat tanah seperti plastisitas, kembang dan kerut tanah, konsistensi, kepadatan, aerasi
- Air tanah juga sangat berperan dalam siklus hidrologi.



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 (BD)** adalah berat padatan tanah (solid, without pore) dibagi dengan volumenya (solid, without pore)
- * BD kebanyakan tanah adalah 2,6 – 2,7 g/cm³
- * Kepadatan padatan (solid) tanah mendekati kepadatan kuarsa (2,6 gr/cm³) karena kebanyakan mineral tanah adalah mineral silikat
- * Adanya besi dan mineral berat lainnya (seperti olivin) cenderung meningkatkan BD.

- 
- **Bulk Density (BV)** : berat padatan (pada kering konstan) dibagi total volume (padatan + pori)
 - BV tanah yang ideal berkisar antara 1,3 -1,35 g/cm³ .
 - BV pada tanah berkisar > 1,65 g/cm³ untuk tanah berpasir ; 1,0-1,6 g/cm³ pada tanah geluh yang mengandung BO tanah sedang – tinggi
 - BV mungkin lebih kecil dari 1 g/cm³ pada tanah dengan kandungan BO tinggi.
 - BV sangat bervariasi antar horizon tergantung pada tipe dan derajat agregasi, tekstur dan BO tanah. Bulk density sangat sensitif terhadap pengolahan tanah. Tillage benar, BD turun dan sebaliknya.



POROSITAS TANAH

- 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 normalnya 30-60%
- Jumlah pori ditentukan oleh tekstur dan tipe lempungnya
- Porositas (%) = $(1 - BV/BD) \times 100 \%$

TILLAGE (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

Depth (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