

- **Gatra ekologi** : air diperlukan dalam pertumbuhan tanaman dan pengangkutan unsur hara dalam bentuk larutan
- **Gatra pedologi** : air merupakan faktor penting dalam semua proses pedogenesis ; pelapukan, pengayaan humus, mobilitas unsur, pelindian, translokasi, perpindahan, dll

Fase cair dan gas selalu berfluktuasi tergantung pada :

- **Tanah** : tekstur, struktur, kadar B.O, dll.
- **Iklim/cuaca** : hujan, suhu, angin, tekanan, dll
- **Perlakuan terhadap tanah**

Fase cair disebut juga dengan **lengas tanah**

**Lengas tanah ≠ air tanah**

→ Kehilangan uap air dari tanah yang dipanaskan pada suhu 105 °C hingga berat konstan

- **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
- **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 bar = 0,9869 atm = 105 Pascal = 75,007 cm Hg
- **Satuan cm air** dibagi **1000** menjadi satuan **bar**
- $pF = \text{Log}_{10} \text{ cm H}_2\text{O}$
- 1 atm  $\approx$  76 cm Hg  $\approx$  1,0136 cm kolom air  $\approx$  1,0336 kg/cm<sup>2</sup>
- 1 atm  $\approx$  kolom air 10<sup>3</sup>  $\approx$  pF 3
- **pF → p : potensial; F : energi bebas air)**

- H<sub>2</sub>O bermuatan **netral** tersusun asimetris, bermuatan listrik dengan 2 kutub (*dipole*)
- **Tekanan elektrostatis** antara H<sub>2</sub>O dengan partikel tanah dan ion → retensi lengas dalam tanah
- Permukaan partikel padat tanah membawa muatan tak jenuh yang berorientasi dan mengikat dua kutub H<sub>2</sub>O. Ex. Pembasahan tanah  
Partikel tanah bermuatan negatif (min. lempung, seny. humat) menyerap kation yang membawa ikatan hidrat (akibat orientasi 2 kutub H<sub>2</sub>O)
- Ikatan yang sama terjadi pada anion
- Air yang terikat permukaan partikel tanah dan air hidratasi → **air teradsorpsi**

- Air terikat melalui **tekanan permukaan**
- Tekanan **kohesi** (antara dua kutub H<sub>2</sub>O) dan **adhesi** (antara 2 kutub H<sub>2</sub>O dan permukaan padat) membentuk permukaan **meniskus** dalam pori tanah
- Tekanan permukaan bertambah pada meniskus yang makin besar jika lengas adalah 10 μm sehingga air kapiler terjadi pada pori < 10 μm dan air teratus bebas (perkolasi) pada pori > 10 μm
- Pada tekanan permukaan, lengas juga dipengaruhi **gravitasi** dan **tekanan osmosis** jika tanah mengandung bahan yang bersifat osmosis, seperti garam, tetapi hanya terjadi pada tanah salin dan jika dilakukan pemupukan dengan konsentrasi tinggi

**Infiltrasi** : proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam tanah

**Perkolasi** : gerakan air di dalam tanah karena gaya gravitasi

**Perkolasi dibedakan atas :**

■ **Aliran jenuh**

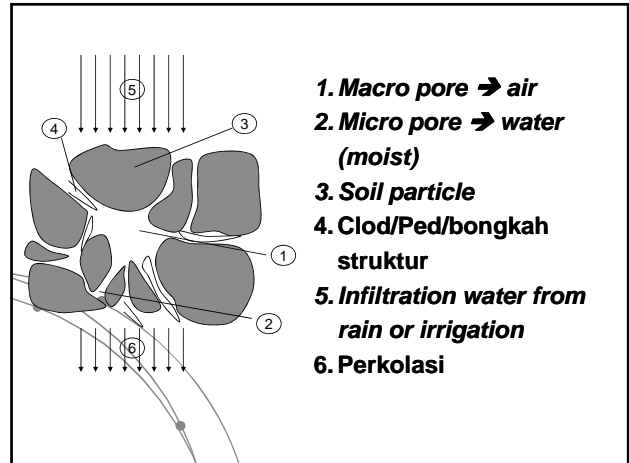
terjadi jika pori tanah terisi penuh oleh air.

Sangat dipengaruhi oleh banyaknya pori tanah (porositas total tanah); distribusi ukuran pori; dan kesinambungan (*continuity*) pori

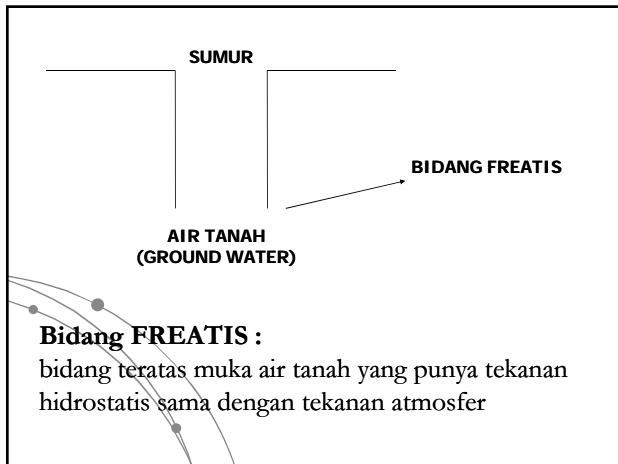
pasir > geluh > debu > lempung

■ **Aliran tak jenuh**

terjadi jika tanah dalam keadaan kering, pori besar bebas air kecuali pori mikro, dan gerakan air melalui pori yang kecil sehingga lambat



1. Macro pore → air
2. Micro pore → water (moist)
3. Soil particle
4. Clod/Ped/bongkah struktur
5. Infiltration water from rain or irrigation
6. Perkolasi



**Bidang FREATIS :**

bidang teratas muka air tanah yang punya tekanan hidrostatik sama dengan tekanan atmosfer

**Macam-macam lengas tanah**

- Air yang masuk ke dalam tanah (infiltrasi)
- Sebagian tinggal dalam pori-pori
- Sebagian bergerak; dalam bentuk: uap & air
- Ada beberapa istilah lengas
  - Lengas kimia
  - Lengas fisika
  - Lengas biologi

**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 H<sub>2</sub>O, 0 bar atau pF 0

**Kapasitas lapang (field capacity)**

- Jumlah air yang terkandung tanah setelah air gravitasi hilang. Tegangan lengas = 346 cm H<sub>2</sub>O ; 0,3 bar atau pF 2,54
- Dipengaruhi oleh : distribusi ukuran partikel/tekstur; struktur; kandungan bo; tipe koloid tanah (humat > humin > fulfat; montmorilonit > vermikulit > mineral transisi; illit > klorit > kaolinit); jenis kation yang diserap (Na<sup>+</sup> > K<sup>+</sup> > Mg<sup>++</sup> > Ca<sup>++</sup>)

**Klasifikasi lengas tanah .....lanjutan**

**Titik layu tetap (wilting point)**

- Tingkat kelengasan tanah yang menyebabkan tumbuhan mulai memperlihatkan gejala layu. Tegangan lengas tanah = 15849 cm H<sub>2</sub>O ; 15 bar ; pF 4,2
- Dipengaruhi oleh tekstur (kandungan lempung)
- Cara pengukurannya :
  - Pengamatan rumah kaca dengan percobaan kelayuan bunga matahari (*Helianthus annuus*)
  - Pengamatan empiris dengan alat tekan (*pressure membrane*) pada tekanan 15 atm/ pF 4,2

## Klasifikasi lengas tanah .....lanjutan

### 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 4,7

### Kering angin

- Kadar air tanah setelah diangin-anginkan di tempat teduh sampai mencapai keseimbangan dengan kelengasan atmosfer. Tegangan lengas =  $10^6$  cm H<sub>2</sub>O; 1000 bar ; pF 6

### Kering Oven

- Kadar air tanah setelah dikeringkan dalam oven pada suhu 105-110 0C sampai tidak ada lagi air yang menguap (timbangan tetap). Tegangan lengas tanah =  $10^7$  cm H<sub>2</sub>O; 10.000 bar; atau pF 7,0

## LENGAS KIMIA

Air yang terikat dalam senyawa kimia/dlm mineral penyusun tanah sebagai air kristal atau air juvenil tak dapat diserap tanaman

### Contoh :

- Prusi, Gips
- SiO<sub>2</sub>, GIPS H<sub>2</sub>O
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, GIPS H<sub>2</sub>O

## LENGAS FISIKA

Menurut *Briggs* ada 3 :

- Lengas Higroskopis
- Lengas Kapiler
- Lengas Gravitasi

## LENGAS HIGROSKPIS

- molekul-molekul air yang teradsorpsi dan terabsorpsi zarah tanah setebal satu atau dua molekul air, terikat oleh gaya adhesi
- air di permukaan tanah yang dipegang antara pF 4,7 dan 7,0 (antara koefisien higroskopis dan kering oven)
- Tanah disebut **Kering Angin/ Kering Udara**
- Tidak dapat dimanfaatkan tanaman
- Volumennya tergantung pada : sifat koloid tanah (vermi>illit>kaolinit); jenis ion terjerap (Ca>Na); dan kelembaban relatif

## LENGAS KAPILER

- air yang terdapat dalam pori mikro/ kapiler, terikat oleh gaya tegangan permukaan/ kapiler, merupakan selaput lengas yang tak putus-putus menyelimuti zarah-zarah tanah
- air dalam pori-pori tanah dengan tegangan antara pF 2,54 dan 4,7 (kapasitas lapang dan koefisien higroskopis)
- Tanah disebut Tanah Lembab
- Gaya kapiler = gaya kohesi & adhesi

## LENGAS GRAVITASI

(Air Bebas)

- air yang diutus oleh gaya gravitasi
- air dalam kondisi jenuh dan berada diantara pF 0 dan pF 2,54 (diantara jenuh air dan kapasitas lapang)
- molekul-molekul air tak terikat partikel-partikel tanah dan akan mengalir ke bawah karena gaya berat mengisi sebagian /seluruh pori makro
- Tanah disebut Tanah Basah

100 ATM =  $\frac{1}{10}$  ATMOSFER

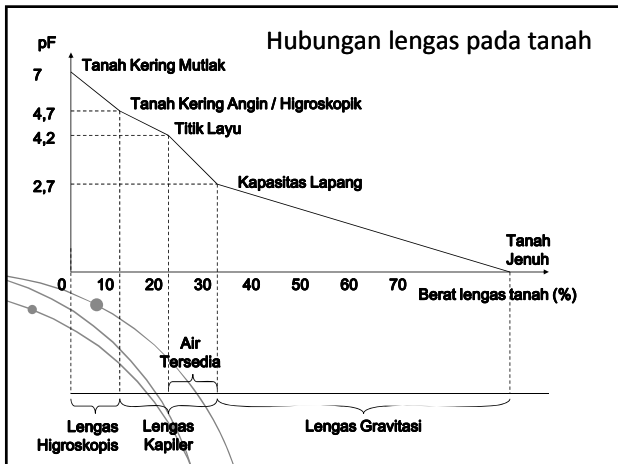
### Cara menggambarkan lengas tanah

Konsep pF  $\rightarrow pF = 10 \log$  (tinggi air) cm gaya ikat molekul air dan zarah tanah

$pF = 2$   
 $\rightarrow = 2^{10} \log 10$   
 $= \log 10^2 = \log 100 \rightarrow$  gaya ikat molekul air dan zarah tanah besarnya  
 $= 100$  cm kolom air atau  $\frac{100}{1000} ATM = \frac{1}{10} ATMOSFER$

Dengan satuan pF, diketahui bahwa :

- Lengas higroskopis gaya adhesinya air  $\leftrightarrow$  tanah
- Pada tanah pasiran  $\rightarrow pF = 5,4$
- Pada tanah lempungan  $\rightarrow pF = 7,0$
- Lengas kapiler gaya ikat air  $\leftrightarrow$  tanah
- Pasir  $\rightarrow pF = 2,54$
- Lempung  $\rightarrow pF = 5,4$



### Klasifikasi Biologi

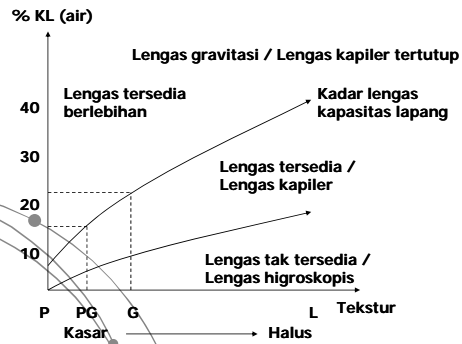
- Penggolongan lengas berdasar ketersediaannya bagi tanaman (lahan kering)
- Air tidak berguna** : setara dengan air bebas menurut klasifikasi fisik. Kelas ini tidak berlaku bagi padi di sawah dan hidrofit yang hidup dalam jenuh air
- Air tersedia** : air yang terdapat diantara kapasitas lapang dan titik layu tetap (pF 2,54 dan 3,17). Bagi tanaman lahan non sawah kadar lengas dari titik layu – kapasitas lapang
- Air Lengas tidak tersedia** : air yang berada pada tegangan di atas titik layu tetap (di atas pF 4,17)  $\rightarrow$  kadar lengas tanah kurang/dibawah titik layu. Air dipegang tanah dengan tegangan lebih kuat dibanding kekuatan akar menyerap air

- Lengas Berlebihan** : kadar lengas tanah dari kapasitas lapang- jenuh  $\rightarrow$  suasana aerob
- Kandungan air dalam tanah mempengaruhi sifat tanah seperti plastisitas, kembang dan kerut tanah, konsistensi, kepadatan, aerasi
- Air tanah juga sangat berperan dalam siklus hidrologi

### Ketersediaan lengas bagi tanaman

- Pada Titik Layu s.d. Kapasitas Lapang
- Ketersediaan Optimum  $\pm$  pada Kapasitas Lapangan
- bila :  $\gg$  kap. lapangan ?  
 $<$  titik layu ?
- kondisi tanah & lengas tanah
  - Tanah kering mutlak  $\rightarrow$  tak ada lengas
  - Tanah kering udara  $\rightarrow$  Lengas higroskopis
  - Tanah lembab  $\rightarrow$  Lengas kapiler
  - Tanah basah  $\rightarrow$  Lengas gravitasi

## Hubungan Air Tersedia Dan Tekstur Tanah



## Penetapan kadar lengas tanah

- **KL. Maksimum/jenuh:** tanah direndam  $\pm 48$  jam  $\rightarrow$  ditentukan % kadar airnya thdp berat tanahnya (kering mutlak)
- **KL. Kapasitas lapangan:** tanah tersebut diataskan  $\pm 24$  jam  $\rightarrow$  ditentukan % kadar airnya
- **KL. Titik layu:** KL-nya  $\pm$  dengan tanah kering angin  $\rightarrow$  KL Tanah kering anginnya ... %

## Gerak air/lengas tanah

### Arah gerakan :

- **Ke atas** : evaporasi & kapilaritas
- **Ke samping** : kapilaritas > gravitasi
- **Ke bawah** : karena gravitas

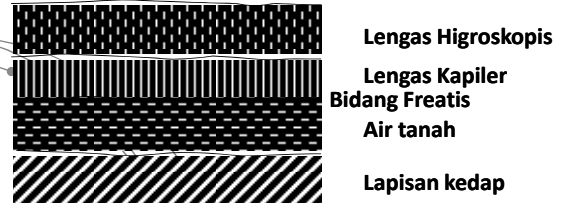
Gerak lengas  $\rightarrow$  dari selaput air tebal  $\rightarrow$  ke tipis  
(Dari bertegangan rendah  $\rightarrow$  ke yg tinggi)



## Macam gerakan lengas :

- Aliran tak jenuh
- Aliran jenuh
- Aliran uap

## Profil air pada tanah yg ideal



## Aliran Tak Jenuh

Pori makro sebagian besar diisi udara makin > jumlah muka singgung udara & air makin < gerakannya

Secara mekanika, gerakan ditentukan :

- Gaya gerak
- Permeabilitas tanah

Ilmu listrik  $\rightarrow$  analoginya :

- Gaya gerak i beda potensial 2 titik
- Permeabilitas i daya hantar listrik

Permeabilitas tergantung :

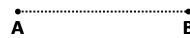
- Ukuran butir tanah/tekstur
- Bentuk &  $\phi$  pori-pori tanah
- Tebal selaput lengas/hidratasi zarah

Gaya gerak tergantung 2 faktor :

- Bada potensial
- Jarak

## Kecepatan aliran dari A ke B tergantung

- Bada potensial A & B
- Jarak A ke B
- Permeabilitas tanah A - B



Potensial tersebut :

- Potensial gravitasi
- Potensial kapiler

Potensial gravitasi ditentukan  $= g \rho h$

$g$  : percepatan gravitasi

$\rho$  : bj air larutan tanah

$h$  : tinggi penaikan / penurunan air

Potensial kapiler dibagi :

- Potensial hidrostatik
- Potensial osmotik
- Potensial adhesi

**Pseudoglei** : tanah yang menunjukkan gejala akibat dipengaruhi fluktuasi air tanah

Terjadi pada iklim : presipitasi > 500 mm; rerata suhu tahunan < 12 °C; profil tanah mempunyai horizon dengan lapisan kedap air

- **Pseudoglei Primer** : lapisan kedap air karena proses sedimentasi (berasal dari proses geologi)
- **Pseudoglei Sekunder** : lapisan kedap air karena proses pembentukan tanah. Ex. Tanah dengan cadas olah; cadas fragipan, duripan

## Gerakan Lengas Jenuh Arah ke Bawah

### Kecepatan aliran jenuh (DARCY)

$$v = k h / l$$

v = Kecepatan

k = Tetapan permeabilitas

h = Beda tekanan air

l = Panjang kolom tanah

$$h / l = \text{gradient potensial} = \text{beda potensial 2 titik}$$

Larutan tanah ≠ air murni

→ g & η air harus dihitung

$$v = k \frac{\eta_s}{\eta} \frac{h}{l} g$$

g = Gravitasi

η<sub>s</sub> = Viskositas lar. tnh

η = Viskositas air

Jumlah air yang lewat kolom tanah → SLICHTER

$$q = \frac{10,22 p d^2 s}{\rho h k}$$

## Gerakan Dalam Bentuk Uap

Dari <sup>tinggi</sup> P → <sub>rendah</sub> P

Beda tekanan uap disebabkan :

- Kadar lengas tanah
- Suhu tanah

Hukum Boyle – Gay Lussac

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} = C$$

## Penetapan Lengas Tanah

$$\text{KL Tanah} = \frac{\sum g \text{ air}}{100g \text{ tanah kering mutlak}} \cdot 100\%$$

**Kenaikan kapiler** : kenaikan air dan muka air tanah bebas karena perbedaan antara muka air tanah dan lapisan tanah di atasnya yang kering

## Penghitungan lengas tanah

Volume Awal Kadar Lengas:

KL awal x BV tanah x BVair

Volume Kadar lengas lapangan

Kadar lengas lapangan x BV tanah x BV air

Pengurangan KL = VKLL – VAKL

Kedalaman air hujan = jumlah air hujan / Defisit KL