

LENGAS TANAH



Dwi Priyo Ariyanto

Blog: <http://www.ariyanto.staff.pertanian.uns.ac.id>

Email: dp_ariyanto@yahoo.com

Hp: 628156708076

- **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

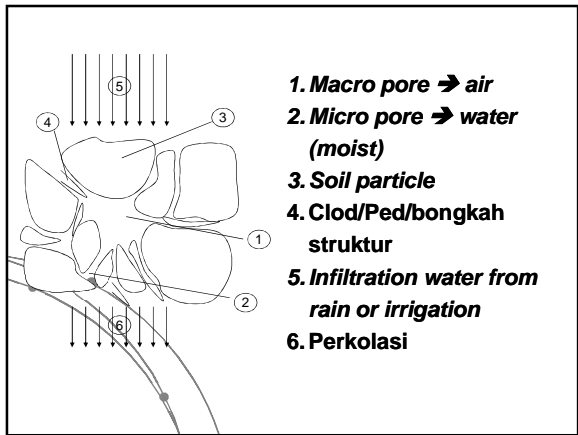
- **Lengas tanah** adalah air yang terikat oleh berbagai gaya, misalnya gaya ikat matrik, osmosis dan kapiler
- **Gaya ikat matrik** berasal dari tarikan antar partikel tanah dan meningkat sesuai dengan peningkatan permukaan jenis partikel tanah dan kerapatan muatan elektrostatis partikel tanah
- **Gaya 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/cm²
- 1 atm \approx kolom air 10³ \approx pF 3
- **pF** → **p** : potensial; **F** : energi bebas air)

- H₂O bermuatan **netral** tersusun asimetris, bermuatan listrik dengan 2 kutub (*dipole*)
- **Tekanan elektrostatis** antara H₂O dengan partikel tanah dan ion → retensi lengas dalam tanah
- Permukaan partikel padat tanah membawa muatan tak jenuh yang berorientasi dan mengikat dua kutub H₂O. Ex. Pembasahan tanah
Partikel tanah bermuatan negatif (min. lempung, seny. humat) menyerap kation yang membawa ikatan hidrat (akibat orientasi 2 kutub H₂O)
- 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 H₂O) dan **adhesi** (antara 2 kutub H₂O 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



- ### 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 H₂O, 0 bar atau pF 0
- Kapasitas lapang (field capacity)**
- Jumlah air yang terkandung tanah setelah air gravitasi hilang. Tegangan lengas = 346 cm H₂O ; 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 transsisi; illit>klorit>kaolinit); jenis kation yang diserap (Na>K>Mg<<Ca<<)

- ### Klasifikasi lengas tanahlanjutan
- Titik layu tetap (wilting point)**
- Tingkat kelengasan tanah yang menyebabkan tumbuhan mulai memperlihatkan gejala layu. Tegangan lengas tanah = 15849 cm H₂O ; 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 tanahlanjutan

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 kelembaban atmosfer. Tegangan lengas = 10^6 cm H₂O; 1000 bar ; pF 6

Kering Oven

- Kadar air tanah setelah dikeringkan dalam oven pada suhu 105-110°C sampai tidak ada lagi air yang menguap (timbangan tetap). Tegangan lengas tanah = 10^7 cm H₂O; 10.000 bar; atau pF 7,0

LENGAS HIGROSKOPIS

- 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 (vermikilit>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 diatus 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

$$\frac{100}{1000} \text{ ATM} = \frac{1}{10} \text{ ATMOSFER}$$

Cara menggambarkan lengas tanah

Konsep pF → $pF = {}^{10}\log$ (tinggi air) cm gaya ikat molekul air dan zarah tanah

$$pF = 2$$

$$\rightarrow = 2 {}^{10}\log 10$$

$$= \log 10^2 = \log 100 \rightarrow \text{gaya ikat molekul air dan zarah tanah besarnya}$$

$$= 100 \text{ cm kolom air atau } \frac{100}{1000} \text{ ATM} = \frac{1}{10} \text{ ATMOSFER}$$

Dengan satuan pF, diketahui bahwa :

Lengas higroskopis gaya adhesinya air ↔ tanah

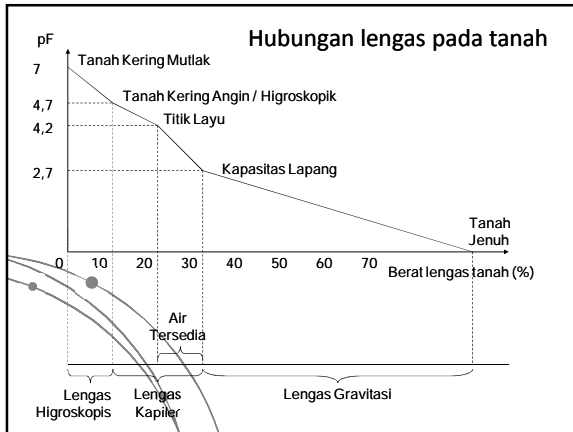
Pada tanah pasiran → pF= 5,4

Pada tanah lempungan → pF= 7,0

Lengas kapiler gaya ikat air ↔ tanah

• Pasir → pF= 2,54

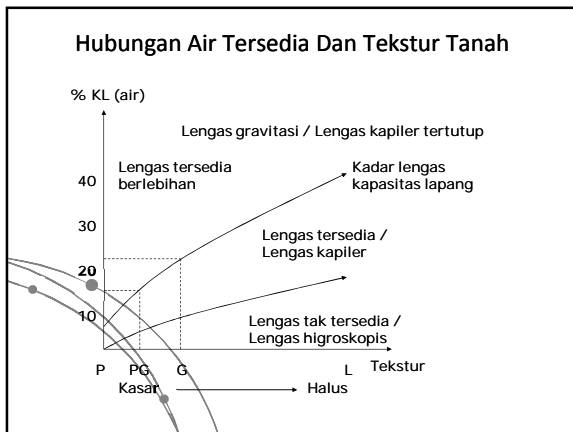
Lempung → pF= 5,4



- ### 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 4,17). 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) → 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 → 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 ± pada Kapasitas Lapangan
 - bila : >> kap. lapangan ?
< titik layu ?
 - kondisi tanah & lengas tanah
 - Tanah kering mutlak → tak ada lengas
 - Tanah kering udara → Lengas higroskopis
 - Tanah lembab → Lengas kapiler
 - Tanah basah → Lengas gravitasi



- ### Penetapan kadar lengas tanah
- **KL. Maksimum/jenuh**: tanah direndam ±48 jam → ditentukan % kadar airnya thdp berat tanahnya (kering mutlak)
 - **KL. Kapasitas lapangan**: tanah tersebut diataskan ±24 jam → ditentukan % kadar airnya
 - **KL. Titik layu**: KL-nya ± dengan tanah kering angin → KL Tanah kering anginnnya ... %

Gerak air/lengas tanah

Arah gerakan :

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

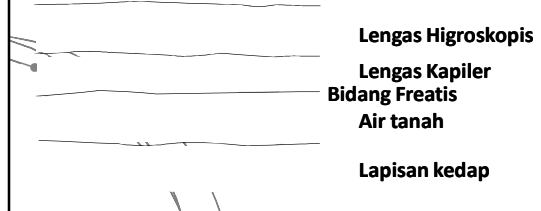
Gerak lengas → dari selaput air tebal → ke tipis
(Dari bertegangan rendah → ke yg tinggi)



Macam gerakan lengas :

- Aliran tak jenuh
- Aliran jenuh
- Aliran uap

Profil air pada tanah yg ideal



Penetapan Lengan Tanah

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

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

UDARA DALAM TANAH

→ udara yang berada dalam ruang pori-pori tanah (merupakan fraksi gas dalam sistem dispersi)

Fungsinya : sebagai sumber : O₂ , CO₂ , N₂

- O₂ : untuk pernafasan akar, mikroorganism & jasad/hewan dalam tanah
- CO₂ : untuk dekomposisi & pelarutan hara
- N₂ : sebagai suplai n tanah
- O₂ → penting dalam tanah : kadarnya ≥ 10%

Kepekaan tanaman terhadap O₂ tanah/aerasi :

- Tanaman yg sangat peka thdp O₂ tanah/kondisi aerasi : tomat, kentang, kapri, gula bit
- Tanaman yg peka : jagung, gandum, kedelai
- Tanaman yg resisten : rumput-rumputan
- Tanaman yg sangat resisten : padi-padian

- Pengharkatan kondisi aerasi :
- Porositas total : jumlah total pori tanah (yg terisi udara & air) dinyatakan dlm % volume tanah (jmlh pori mikro & makro)
- Volume total tanah :
 $V_s + V_a + V_w = 1$
 $1 - V_s = V_a + V_w$
 $V_a + V_w = \text{porositas total (n)}$
 $n = (1 - b_v/b_j) \times 100\%$

• Kapasitas udara/aktual/efektif : bagian ruang pori tanah yang terisi udara, dinyatakan dalam % volume tanah

$$n - V_w = \{ n - (\%KL \times BV) \}$$

$$V_w = \%KL \times BV$$

• Kapasitas udara selalu berfluktuasi tergantung :

- KL tanah
- Struktur tanah
- Permukaan air tanah

- Kapasitas aerasi/porositas aerasi/porositas non kapiler : yaitu kapasitas udara pada saat lengas tanah mencapai kapasitas lapang (persen total pori non kapiler/makro)
- Kapasitas aerasi = $n - (KL \text{ KAP. LAP. } \times BV)$

Faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi udara tanah :

- Iklim
- Sifat tanah seperti tekstur, struktur, tinggi permukaan air tanah
- Sifat tanaman

Keterdapatn tanaman mengurangi kadar O₂ dan menambah CO₂, bo dan kegiatan jasad renik CO₂ > (jika aerob), CH₄ > (jika anaerob)

KOMPOSISI UDARA TANAH

Tergantung dari proses biologi serta sukar mudahnya tukar menukar dengan udara atmosfer

Contoh udara tanah sawah yang bebas air

Gas-gas di lapis olah	Kadar terhadap % volume udara tanah
N ₂	75 - 11
O ₂	2.8 - 0
CO ₂	2 - 20
CH ₄	17 - 73
H ₂	0 - 2.2

Secara riil komposisi udara tanah dibanding udara atmosfer, sebagai berikut

	Udara Tanah	Atmosfer
CO ₂	(0,1 – 20) %	± 0,03 %
O ₂	< 21 %	± 21 %
N ₂	± 79 %	± 79 %

Komposisi tersebut selalu berubah-ubah tergantung beberapa faktor yaitu :

- Aktifitas biologis dalam tanah, tergantung :
 - Akar tanaman
 - Mikro organisme/jasad dalam tanah
- Kecepatan pertukaran udara tanah dan atmosfer, tergantung :
 - Tanah : tekstur, struktur, B.O, KL, suhu
 - Iklim : angin, tekanan udara, & suhu
 - Kedalaman dari muka tanah

Pertukaran Udara Tanah/Pembaruan Komposisi Udara Tanah

Pertukaran udara tanah & udara atmosfer dapat terjadi karena adanya gerakan udara.

Ada 3 faktor yg mempengaruhi pembaruan udara dalam tanah; yaitu :

- Proses difusi
- Aliran masa gas
- Air hujan

Proses Difusi

➔ gerak acak molekul-molekul gas, yg terjadi karena perbedaan tekanan parsial masa-masa gas, namun tekanan total sama

Untuk terjadinya proses difusi ini, di dlm tanah harus tersedia cukup ruang/pori-pori efektif

Aliran Massa Gas

➔ terjadi karena perbedaan tekanan total udara tanah dan udara atmosfer, hal ini terjadi bila :

- Suhu tanah berubah
- Lengah tanah
- Kecepatan angin di atas tanah berubah

Air Hujan

Dapat memperbaiki komposisi udara tanah karena air hujan mengandung O₂

Dalam 1 cm air hujan dengan luasan 1 ha lahan dapat mengandung ± 4000 gram O₂ (100000 liter air hujan ~ ± 4000 gram O₂)

Pengaruh Aerasi (Tata Udara) dalam Tanah

Perbaikan aerasi tanah akan berpengaruh terhadap :

- Peningkatan kegiatan M.O
- Peningkatan penguraian B.O
- Peningkatan strukturisasi
- Pencegahan terbentuknya senyawa-senyawa merugikan :
 - Methan
 - H₂S
 - Nitrit
 - Amonia
 - N₂
 - Senyawa-senyawa ferro

Pengelolaan Udara Tanah

Pengelolaan udara tanah ditujukan untuk mempercepat proses difusi dan aliran massa gas, dengan usaha :

- Perbaikan struktur tanah
- Pengendalian lengas tanah
- Pengendalian suhu tanah

Tindakan-tindakan yang dapat dilakukan adalah :

- Menghindari terbentuknya lapisan cadas serta pemampatan tanah
- Pengolahan tanah yang tepat
- Penambahan B.O. ke dalam tanah
- Pemberian mulsa
- Perbaikan drainase

SUHU TANAH

Berperan penting dalam :

- Perkecambahan & pertumbuhan tanaman tingkat tinggi
- Aktivitas organisme tanah
- Pelapukan
- Dekomposisi & humifikasi bahan organik
- Struktur
- Air tanah
- Udara tanah

Sumber panas tanah berasal dari :

- Radiasi / pancara matahari
- Konduksi dari dalam bumi (magma)

Dari sejumlah radiasi matahari yang mencapai atmosfer bumi, hanya 47 % yang dapat di absorpsi oleh tanah

Energi panas matahari maksimum yang dapat diterima / mencapai bumi : 2 g kal/cm²/menit (2 Langley / menit)

Sedangkan jumlah energi panas sesungguhnya (**radiasi efektif**) yang diterima permukaan tanah lebih kecil, tergantung beberapa faktor :

1. Sudut datang sinar matahari :

- Letak geografis/garis Lintang bumi
- Kondisi musim (hujan atau kemarau)
- Waktu (pagi, siang atau sore)
- Kemiringan tanah (arah & besar lereng)
- Tinggi tempat

2. Adanya penyekatan radiasi matahari oleh **media penyekat** :

- Uap air
- Asap
- Awan
- Salju
- Debu atmosfer
- Tanaman / mulsa

Radiasi Matahari

→ menyebabkan suhu tanah berfluktuasi, karena ditentukan faktor :

- Sudut datang sinar matahari
- Media penyekat
- Tanah :
 - Warna tanah
 - Kadar lengas
 - Tekstur
 - Struktur

Panas Jenis / Panas Spesifik Tanah

Jumlah energi panas (kalor) yang diperlukan untuk meningkatkan suhu 1 °C dari 1 g tanah :

- Panas Jenis Tanah Kering Mutlak = $\pm 0,2$
- Panas Jenis Air Kering Mutlak = ± 1

Panas jenis tanah lembab > Panas jenis tanah kering

Proses yang mempengaruhi suhu tanah :

- Pengembunan
- Penguapan
- Hujan
- Aktifitas biologis dalam tanah
- Reradiasi

Gerak panas / perpindahan panas ad 3 cara :

- Konduksi
- Konveksi
- Radiasi

Gerak panas dalam tanah terutama dengan konduksi → kecepatannya tergantung dari konduktivitas / daya hantar tanah :

- Struktur / BV tanah
- Bahan tanah : tanah mineral >> tanah organik, tanah hitam >> tanah cerah
- Lengas tanah : tanah kering >> tanah lembab, tanah mampat >> tanah longgar

Faktor dan proses yang mempengaruhi suhu tanah mengakibatkan suhu tanah berubah (berfluktuasi) :

- Fluktuasi suhu harian
- Fluktuasi suhu musiman
- Perubahan suhu musiman biasanya lebih besar daripada perubahan suhu harian
- Fluktuasi terbesar terjadi di permukaan tanah dan semakin ke dalam tanah fluktuasi semakin kecil

• Perubahan suhu tanah dapat ditahan dengan adanya :

- Lugas tanah
- Penutupan tanah (mulsa & vegetasi_
- Awan / salju
- Adanya lereng / kemiringan tanah

• Sehingga pengelolaan suhu tanah dapat dilakukan dengan cara :

- Drainase
- Penutupan tanah

Any Question?



See you

in next examination