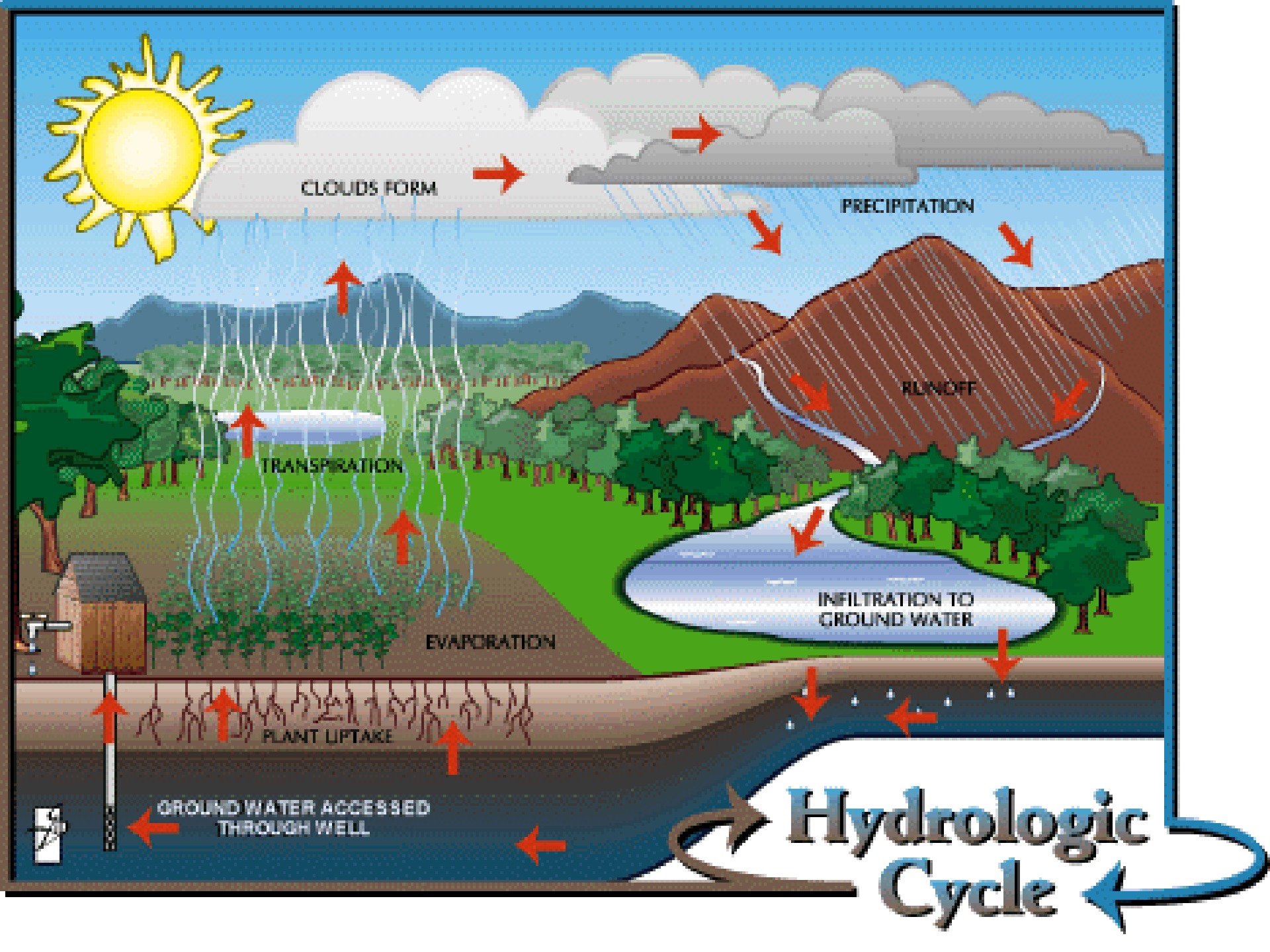


HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI



PENGERTIAN

- HIDROLOGI DAERAH ALIRAN SUNGAI → CABANG HIDROLOGI YANG BERHUBUNGAN DENGAN PENGINTEGRASIAN PROSES HIDROLOGIS DI DAS DLM KAITANYA DG SIFAT RESPONSIF SUATU DAS
- PROSES HIDROLOGIS DAN KETIDAKSERAGAMAN SPASIALNYA DIPERLIHATKAN OLEH IKLIM, TOPOGRAFI, GEOLOGI, LAHAN, TUMBUHAN, DAN PENGGUNAAN LAHAN



CLOUDS FORM

PRECIPITATION

RUNOFF

TRANSPIRATION

EVAPORATION

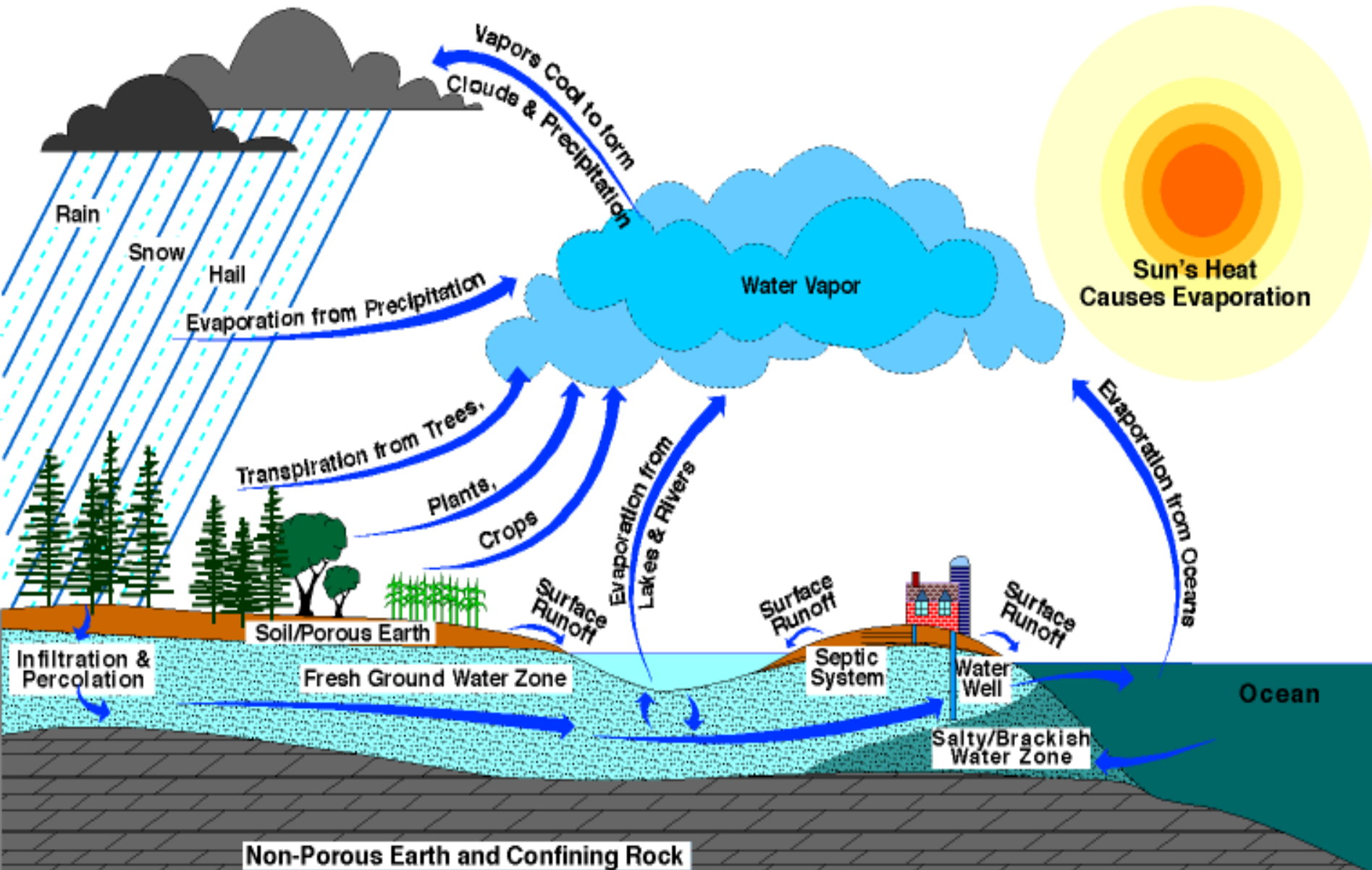
INFILTRATION TO GROUND WATER

PLANT UPTAKE

GROUND WATER ACCESSED THROUGH WELL

Hydrologic Cycle

Hydrology: the distribution and movement of water.



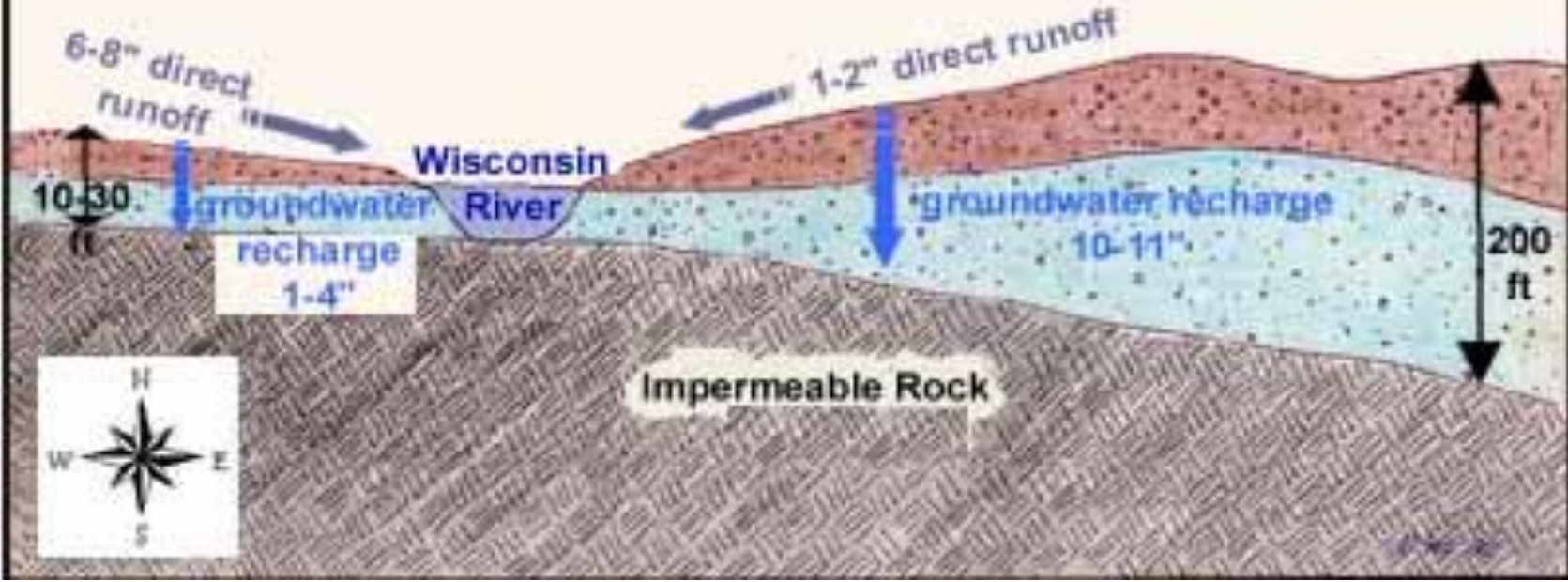
Portage County Water Budget

Precipitation
31"/yr

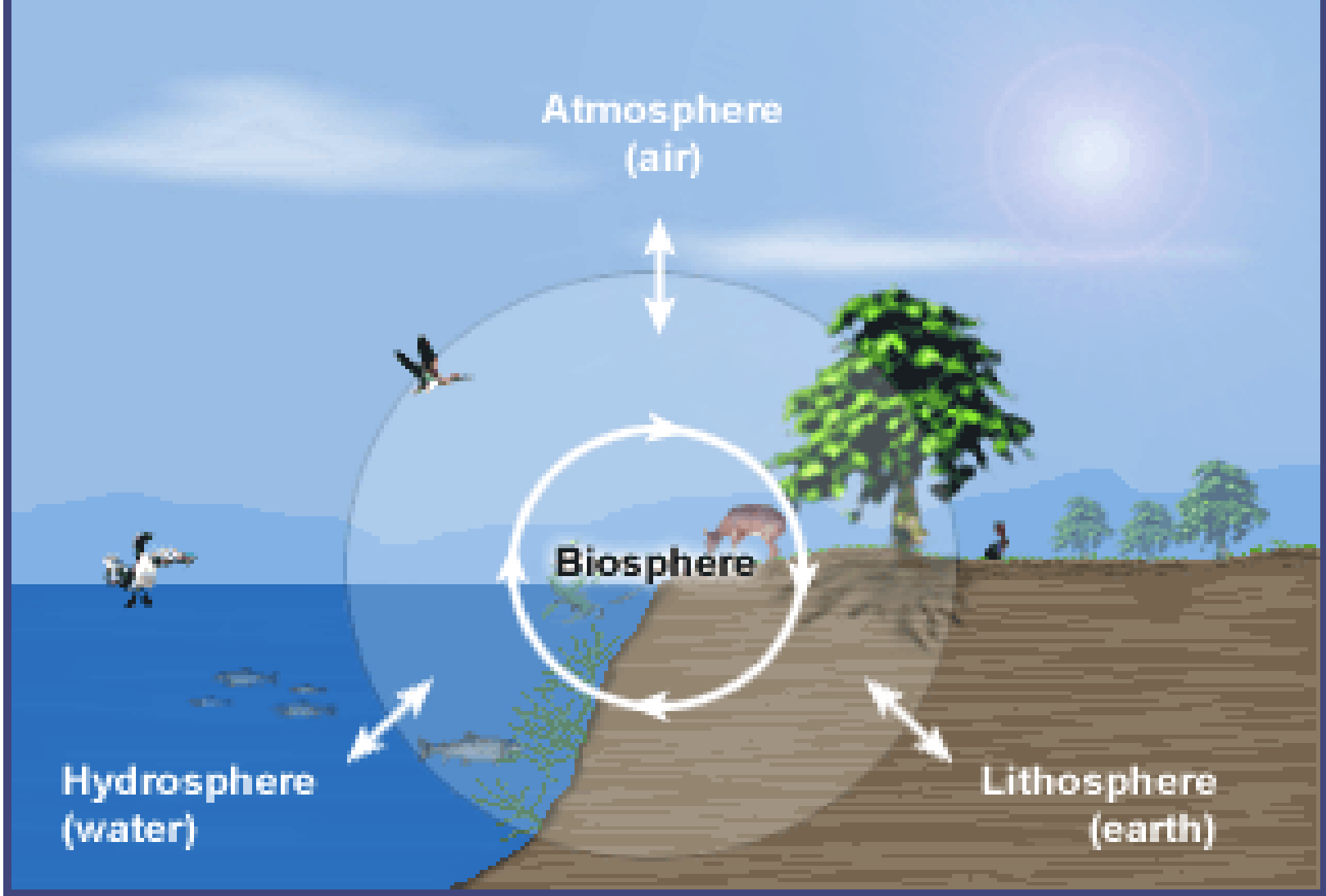
Evapotranspiration
20-22"/yr

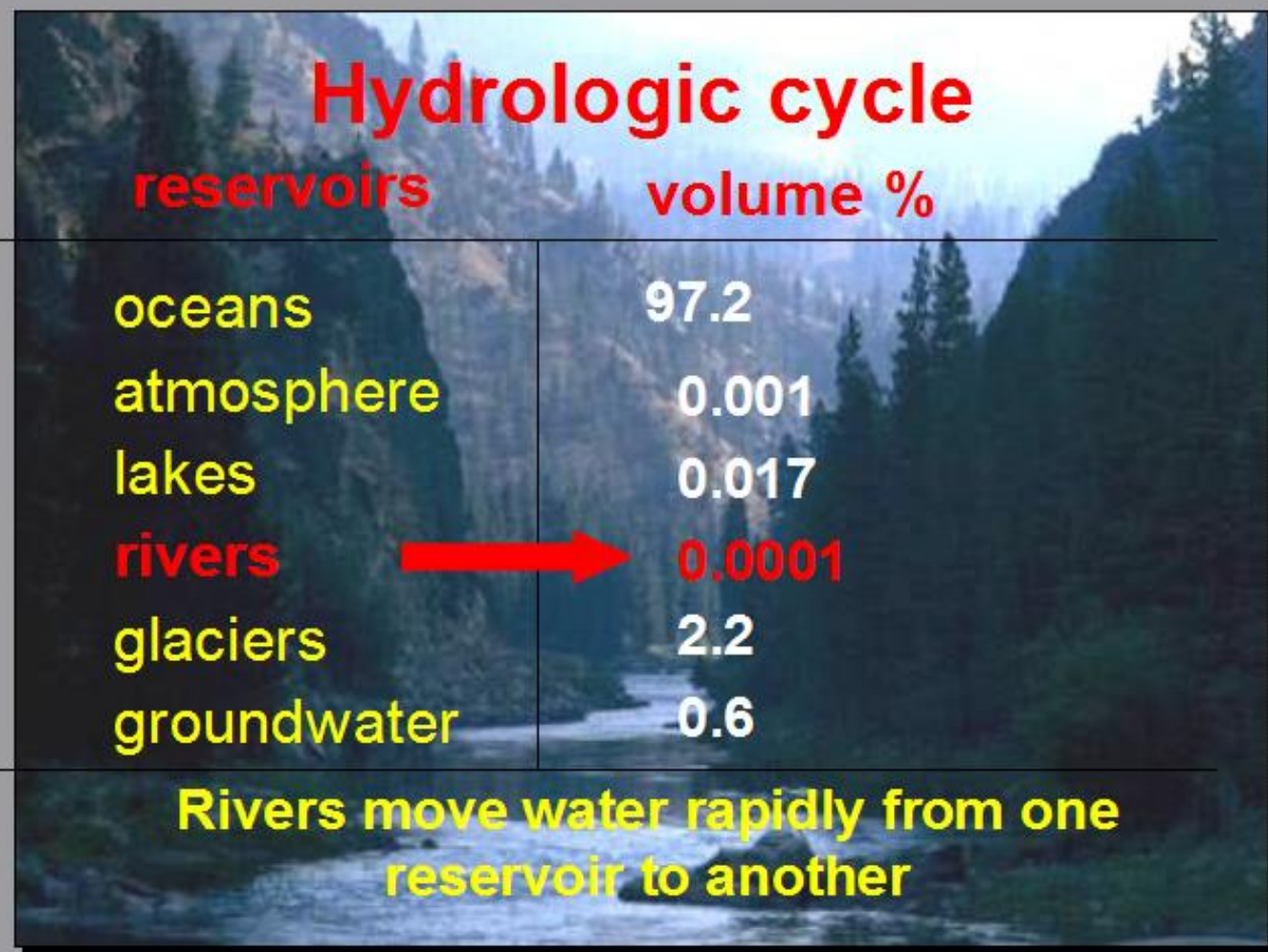
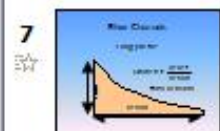
Clay Soils

Sand Plains & Glacial Till



The COMET Program





Perkiraan Jumlah Air di Bumi

No	Lokasi	Volume (ribuan m³)	Persen
1.	Danau air tawar	125	
2.	Sungai	1,25	
3.	Lengas tanah	65	
4.	Airtanah	8250	0,008
5.	Danau air asin dan inland sea	105	0,001
6.	Atmosfir	13	
7.	Kutub dan salju	29200	2,100
8.	Laut dan lautan	1320000	97,25
	Jumlah	1357759,25	100

Hidrometeorológia

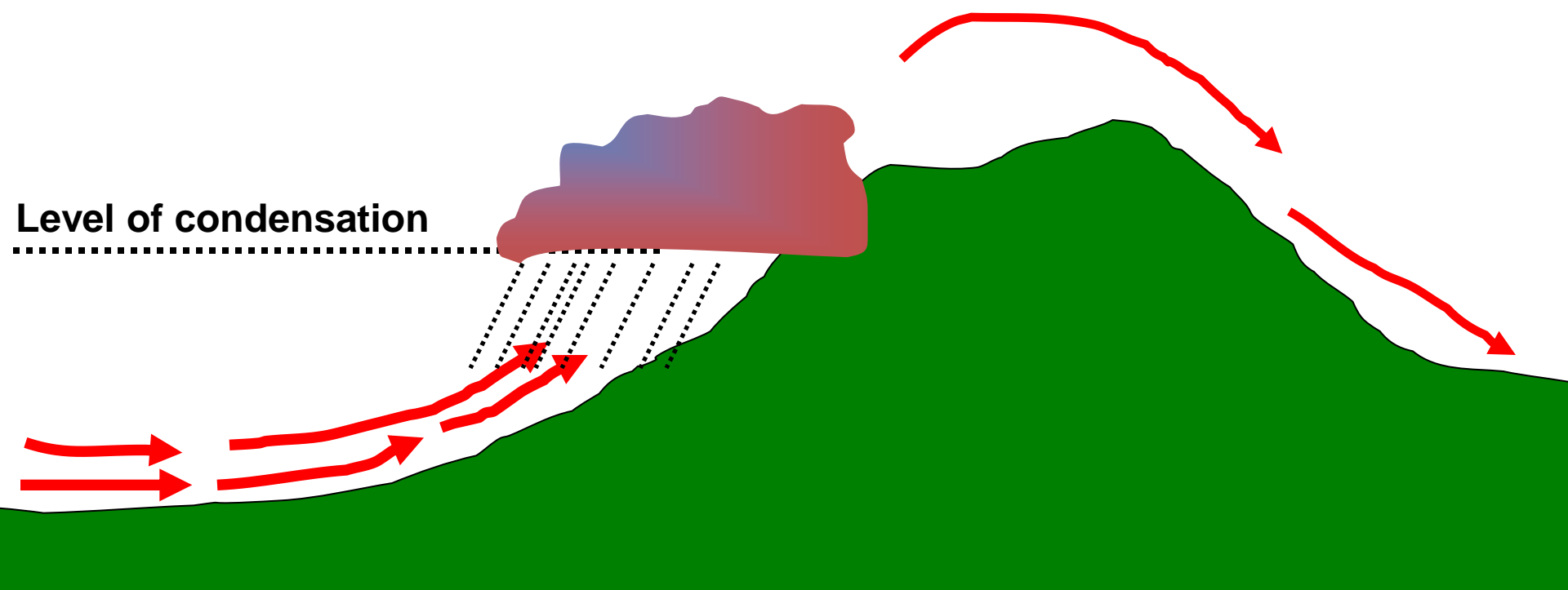
Unsur-Unsur Meteorologi

Tipe-tipe, keragaman, pengukuran & perhitungan

- Presipitasi
- Kelembaban Udara
- Temperatur
- Angin & Radiasi

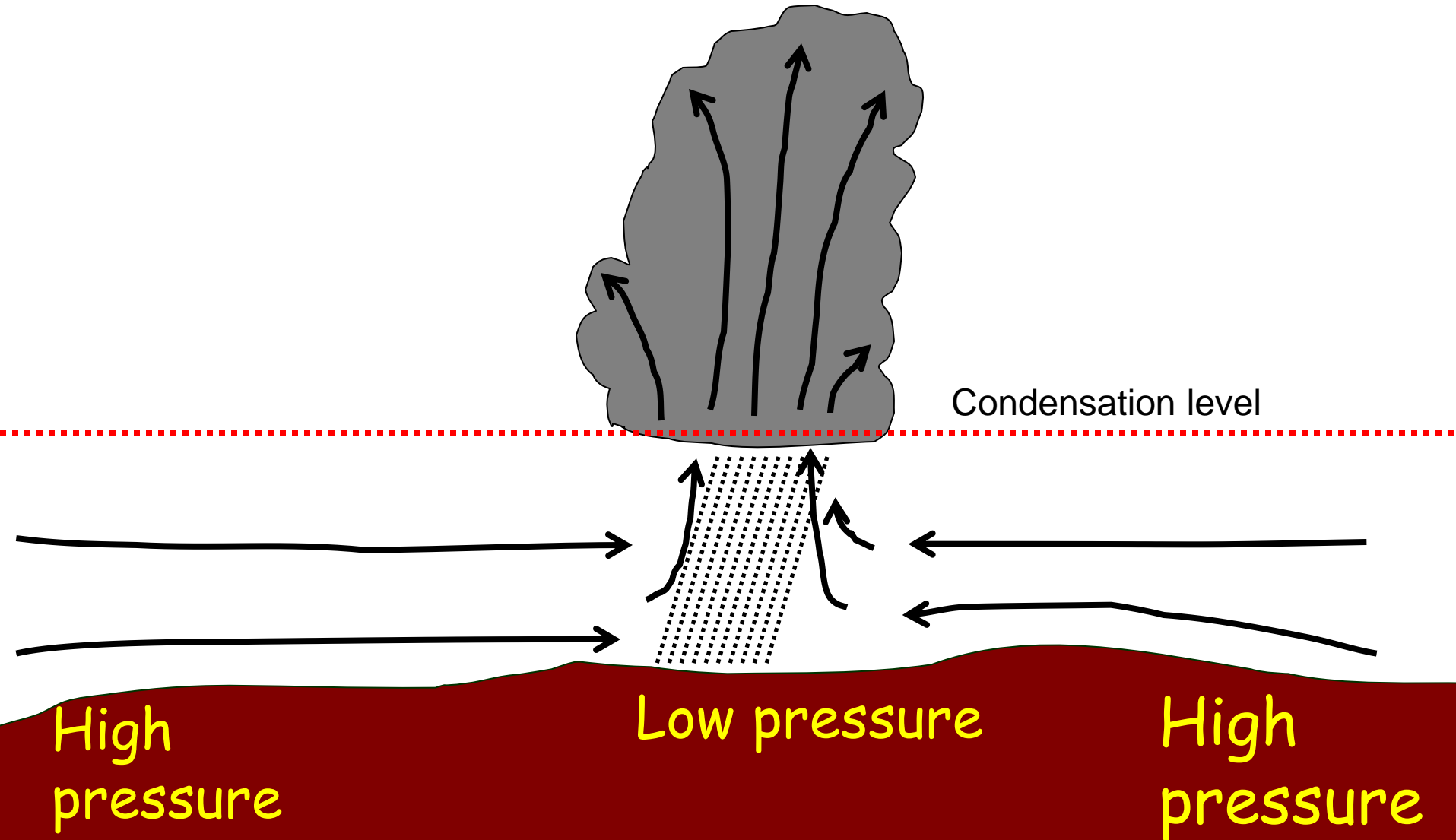


OROGRAFIS

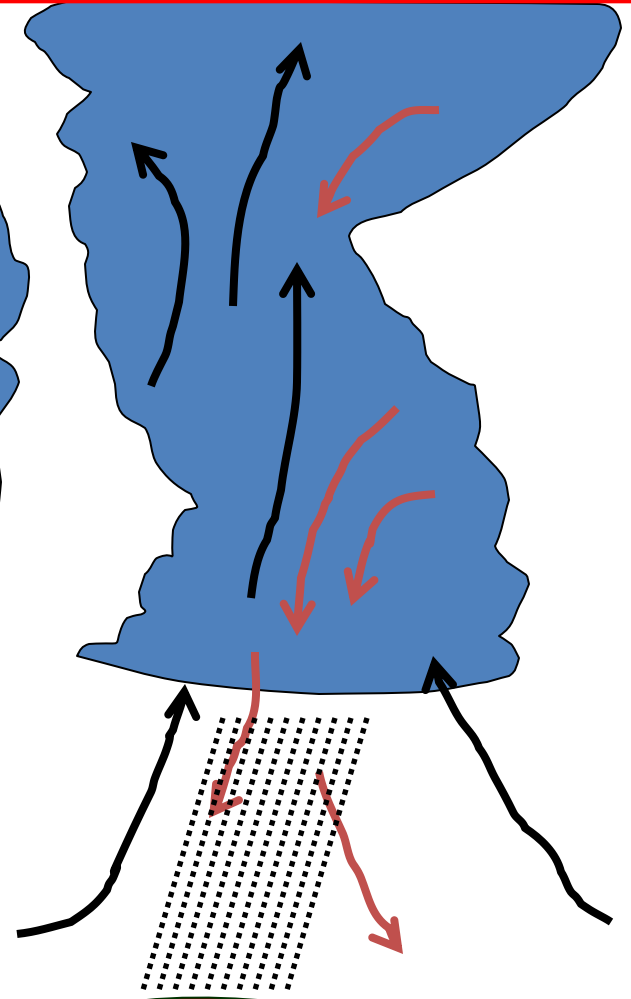
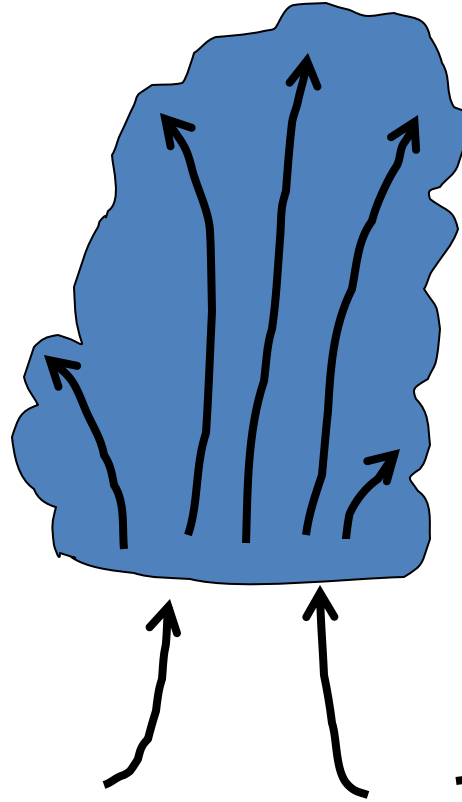
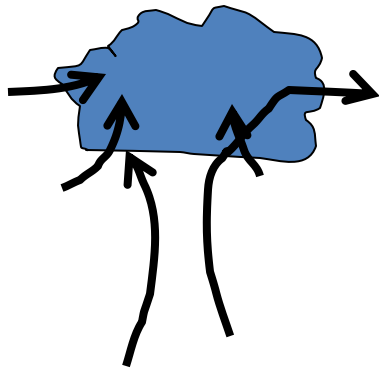
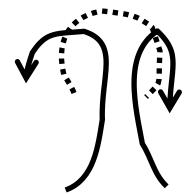


Level of condensation

Convergence



Convective



Early morning

Mid-day

Late afternoon

Keragaman Presipitasi

1. Garis Lintang
2. Ketinggian tempat
3. Jarak dari sumber-sumber air
4. Posisi di dalam dan ukuran massa tanah benua atau daratan
5. Hubungannya dengan deretan gunung
6. Suhu nisbi tanah dan samudera yang berbatasan

CIRI HUJAN YANG PENTING DALAM HIDROLOGI

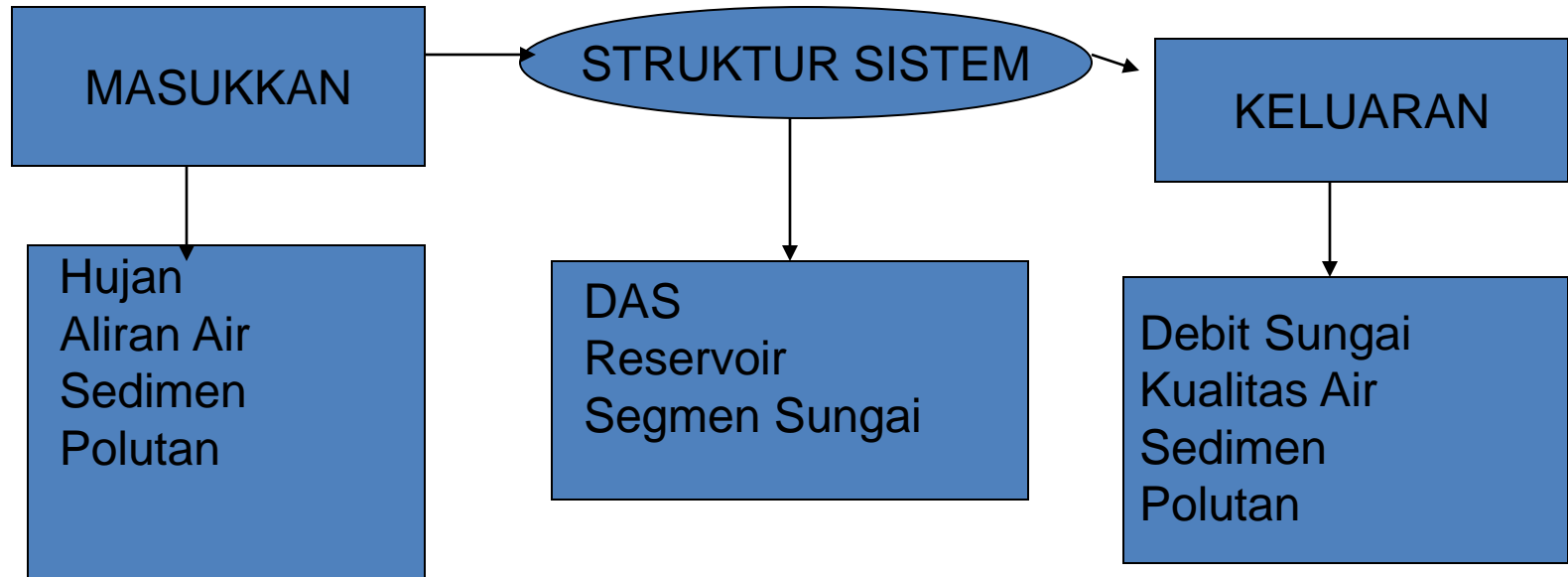
- **Intensitas :**
jumlah hujan yg jatuh pada waktu tertentu (mm/menit, mm/jam)
- **Lama hujan :**
periode jatuhnya hujan (menit, jam, hari)
- **Frekuensi :**
mengacu pada kejadian hujan tertentu akan jatuh pada saat tertentu
- **Luas wilayah :**
luas wilayah, dimana hujannya dianggap sama

HYDROLOGI PERMUKAAN

Aliran Permukaan

- Terminologi Aliran Permukaan dan Faktor-Faktor yang mempengaruhi
- Pengertian Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai kesatuan wilayah kajian termasuk Morfometrinya
- Metoda Pengukuran aliran (Debit) dan pembuatan "*Rating Curve*"
- Analisis Hidrograf Aliran
- Perhitungan Volume Aliran permukaan dengan pendekatan Neraca Air

PENGERTIAN SISTEM



Pendekatan: Black Box / Grey Box / White Box

LIMPASAN

- ***SURFACE RETENTION: Interception, Depression Storage, and Evaporation during rain***
- ***SURFACE RETENTION***, yaitu air yang tertahan beberapa saat sebagai "sheet" pada permukaan tanah sebelum terjadinya "overland flow"
- **Macam-macam Limpasan:** "Surface Flow", Subsurface Flow, Groundwater Flow, dan "Channel Precipitation"

LIMPASAN

- Intensitas ch atau lelehan salju melebihi laju infiltrasi, maka kelebihan air mulai berakumulasi → cadangan permukaan
- Jika kapasitas cadangan perm dilampaui sbg fungsi depressi perm dan gaya tegangan muka → limp perm mulai sbg aliran lapisan yg tipis
- LIMPASAN → bag presipitasi/kontribusi perm dan bawah perm yg terdiri atas gerakan gravitasi air, nampak pd saluran perm dr bentuk permanan/terputus-putus (aliran sungai, debit sungai, produksi tangkapan)

Limpasan

- **Aliran murni** → limpasan yg tdk dipengaruhi oleh pengaliran buatan, simpanan atau tindakan manusia lainnya pada atau diatas salurun maupun pd DAS
- **Limpasan perm** → bag limp yg melintas diatas perm tanah menuju saluran sungai
- **Limpasan bawah permukaan** → sebag limpasan perm krn bag presipitasi yg berinfiltrasi ketanah perm, bergerak secara lateral mel horison tnh atas menuju sungai
- **Limpasan perm langsung** → bag limp perm yg msk sungai langsung setelh ch/lelehan salju

- Limpasan ini = kehilangan presipitasi (=
intersepsi + infiltrasi + evapotraspirasi + cadangan
permukaan)
- limpasan perm langsung = hujan efektif, jika
hanya hujan yg terlibat dlm membentuk limpasan
permukaan
- kelebihan presipitasi = kontribusi presipitasi
thd limpasan permukaan

LIMPASAN

- Viskositas cairan
- Derajat kekasaran permukaan tanah
- Faktor2 yg mempengaruhi vol total limpasan
- Iklim → banyaknya presipitasi dan ETP
- DAS → ukuran DAS, tinggi tempat rata2 DAS
- Faktor2 penyebaran waktu limpasan
- Meteorologis → presipitasi, suhu
- DAS → top, geologi, jenis tnh, veg, pola drainas
- Aktivitas manusia

Karakteristik sungai/komponen sungai

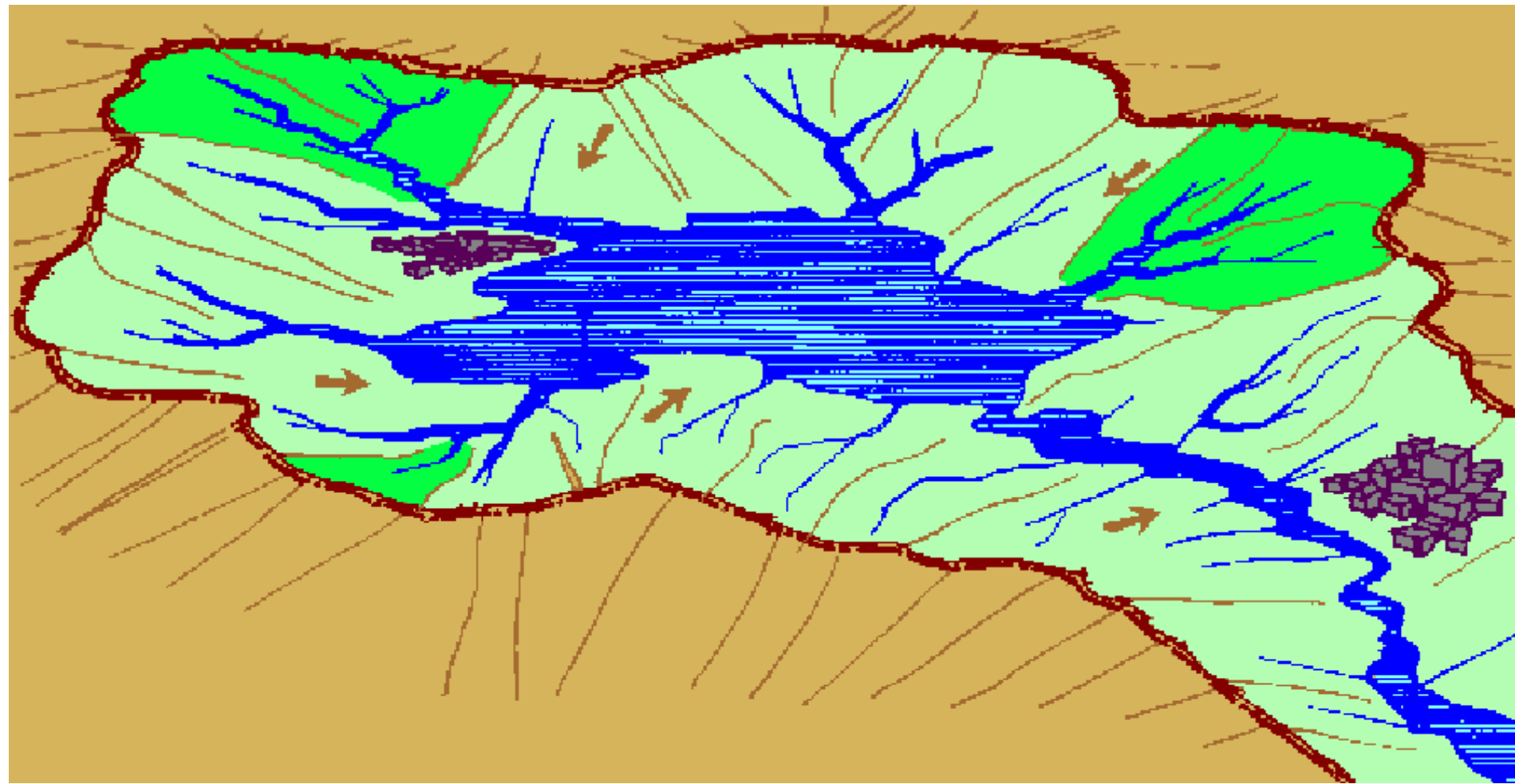
- **Surface run off** → bag hujan yg bergerak di atas perm tnh krn gravitasi dr air yg bergerak sendiri
- **Stream flow** → stream run off yang kecil-kecil berkumpul → jika besar = sungai
- **Base flow** → bag dari aliran sungai yg berasal dr air tnh sifatnya permanen
- **Hujan yg langsung masuk sungai**

KONSEPSI DAS

- **River Basin or Drainage Basin** is the entire area drained by a stream or system of connecting streams such that all stream-flow originating in the area is discharged through a single outlet (Linsley, 1949, Applied Hydrology) → Sistem sungai dalam suatu cekungan/ledok atau sistem pengatusan air dlm suatu cekungan atau ledokan
- **Watershed area** supplies surface runoff to a river or stream, whereas drainage basin for a given stream is the tract of land drained of both surface runoff and groundwater discharge (Knapp, 1989, Introduction to Hydrology) → suatu sistem hidrologi
- **Catchment area** (related to precipitation) → suatu daerah tangkapan air
- **Daerah Aliran Sungai (DAS)** adalah suatu wilayah ekosistem yang dibatasi oleh pemisah air topografi dan berfungsi sebagai pengumpul, penyimpan dan penyalur air, sedimen, unsur hara dalam suatu sistem sungai, yang kesemuanya keluar melalui "**outlet**" tunggal.
- Satuan Wilayah Sungai → satuan wilayah pengelolaan beberapa DAS yg dikelompokan atas dasar kemudahan dalam pengelolaannya

Watershed

An area contributing runoff and sediment.



UNIT PENGELOLAAN DAS

- DAS → kesatuan bentang lahan
- DAS → sistem hidrologi
- DAS → ekosistem

- FUNGSI DAS
 1. Fungsi keruangan, produksi, habitat
 2. Fungsi hidrologi yg mengatur siklus hidrologi
 3. Fungsi ekosistem → keterpaduan sistem yg terbentuk oleh berbagai komponen lingkungan hidup

Faktor yg berpengaruh thd DAS

- 1. Topografi** (bentuk, kemiringan basin/sungai)
- 2. Iklim** (Sumber/input : Presipitasi)
- 3. Geologi** (Tipe Batuan: pasiran – lempung)
- 4. Tanah** (Infiltrasi, Kelengasan)
- 5. Vegetasi** (Intersepsi, Evapotranspirasi)

BASIN MORPHOMETRY

- Dealing with the measurement of River Basin or Watershed geometry;
- Basin Morphometry is useful in development of the empirical methods for the rainfall-runoff relations.

- **Aspek Keruangan:**
Luas (A) dan Bentuk (Rf, Rc, Re)
- **Aspek Topografi:**
Kemiringan DAS (Sb), Kemiringan Sungai Utama (Ss), Median Elevasi
- **Apek Panjang Alur:**
Sungai Terpanjang (Li), Panjang Sungai Utama ke Pusat DAS (Lg), Panjang Sungai Utama (Ls), Panjang "Overland Flow"
- **Aspek Alur Sungai:**
Orde Sungai, Tingkat Percabangan Sungai (Rb), Kerapatan Alur Sungai (Dd), Titik Pusat DAS (Cg), Sudut Percabangan Sungai

Aspek Keruangan

- Luas Daerah Aliran Sungai (DAS)
- Bentuk DAS dapat dibedakan menjadi:
 1. Faktor Bentuk (Form Factor = R_f)
 2. Circularity Ratio = R_c
 3. Elongation Ratio = R_e

LUAS DAS

- GARIS BATAS ANTARA DAS → PUNGGUNG PERMUKAAN BUMI YG DAPAT MEMISAHKAN DAN MEMBAGI AIR HUJAN KE MASING2 DAS
- Luasan yg dibatasi oleh pemisah topografi yg merupakan batas pemisah aliran
- GRS BATAS TSB DITENTUKAN BERDASARKAN PERUBAHAN KONTUR DARI PETA TOPOGRAFI → LUAS DAS

LUAS DAS

- salah satu faktor penting dalam memperkirakan volume aliran
- Faktor dlm pembentukan hidrograf aliran → krn luas DAS menent daya tampung DAS thd masukan air hujan
- makin luas DAS, makin besar daya tampung → berarti makin besar vol air yg dpt disimpan dan disumbangkan oleh DAS shg bentuk hidrograf akan berbeda untuk luas DAS yg berbeda
- Bentuk hidrograf dipengaruhi oleh jlh vol air yg mengalir dan tersimpan dlm suatu DAS

- Panjang DAS → sama dengan jarak datar dari muara sungai sampai ke arah hulu sepanjang sungai induk

$$L_g = 1/2 D_d = A/2 L_b$$

L_g = panjang aliran permukaan (km)

D_d = kerapatan aliran (km/km²)

L_b = panjang sungai induk (km)

- Lebar DAS → dihitung berdasarkan luas DAS di bagi dengan panjangnya

$$W = A/L_b \rightarrow A = \text{luas DAS,}$$

W = lebar maks DAS (km), L_b = panj. sg induk

BENTUK DAS

- **Memanjang** → biasanya induk sungai memanjang dengan anak2 sungai langsung masuk ke sungai induk atau jalur daerah di kiri kanan sungai utama dimana anak2 sungai mengalir ke sungai utama
- Kadang2 berbentuk seperti **bulu burung**
- Mempunyai debit banjir kecil → waktu tiba banjir dari anak2 sungai berbeda-beda
- Sebaliknya banjirnya berlangsung agak lama

Radial

- Bentuk DAS radial terjadi krn arah alur sungai seolah-olah memusat pada satu ttk shg menggambarkan bentuk radial → kadang2 berbentuk kipas/lingkaran, anak2 sungainya mengkonsentrasi ke suatu ttk secara radial
- Aliran yg datang dari segala penjuru arah alur sungai memerlukan waktu yg hampir bersamaan → jika terjadi hujan yg merata di seluruh DAS menyebabkan banjir besar di dekat ttk pertemuan anak2 sungai

- **BENTUK PARAREL** → BENTUK INI MEMPUNYAI CORAK DIMANA DUA JALUR DAERAH PENGALIRAN YANG BERSATU DI BAGIAN PENGALIRAN AKAN BERSATU DI BAGIAN HILIR

- BANJIR TERJADI DI SEBELAH HILIR TITIK PERTEMUAN KE DUA ALUR SUNGAI

- **BENTUK KOMPLEKS** → GABUNGAN DARI DUA ATAU LEBIH DAS, HANYA BEBERAPA BUAH DAERAH PENGALIRAN YANG MEMPUNYAI BENTUK KOMPLEKS

KOEFISIEN BENTUK DAS

- KOEFISIEN INI MENYATAKAN PERBANDINGAN ANTARA LUAS DAERAH PENGALIRAN DENGAN PANJANG SUNGAI UTAMA
- RUMUSNYA $F = A/L^2$
- F = KOEFISIEN CORAK/BENTUK DAS
- A = LUAS DAS (km²)
- L = PANJANG SUNGAI UTAMA (km)
- Makin besar harga F makin lebar daerah pengaliran

Aspek Topografi / Relief

- Kemiringan DAS (*Mean Slope of Watershed = S_b*)
- Kemiringan Sungai Utama (*Mean Slope of Main Channel = S_s*)
- Median Elevasi
- Kemiringan sungai →
- $S_u = \frac{h_{85} - h_{10}}{0,75 \times L_b}$
- S_u = kemiringan dasar sungai (%)
- h_{85} = ketinggian pada 0,85 thd panjang sungai induk

h_{10} = ketinggian pada 0,10 thd
panjang sungai induk

L_b = panjang sungai induk (km)

Aspek Panjang Alur

- Sungai Terpanjang (Li)
- Panjang Sungai Utama ke Pusat DAS (Lca)
- Panjang Sungai Utama (Ls)
- Panjang '*Overland Flow*' (Lg)

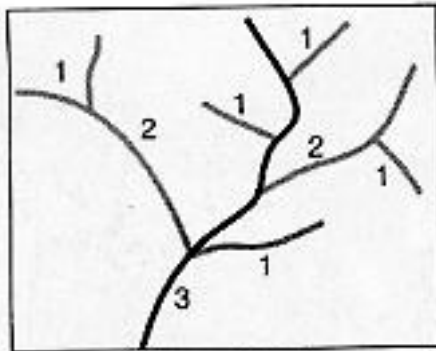
Aspek Alur Sungai

1. Orde Sungai (*Stream Order*)
2. Tingkat Percabangan Sungai (*Bifurcation Ratio*) = R_b
3. Kerapatan Alur Sungai (*Drainage Density*) = D / D_d
4. Titik Pusat DAS (*Center of Gravity*)
5. Sudut Percabangan Sungai (*Angle of junction*)

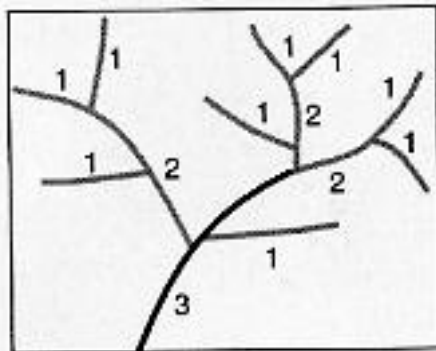
ORDE SUNGAI

- ORDE ATAU URUTAN PERCABANGAN SUNGAI DI KLASIFIKASIKAN SECARA SISTEMATIK BERDASARKAN URUTAN DAS
- BERDASARKAN JUMLAH ALUR SUNGAI UNTUK SUATU ORDE DAPAT DITENTUKAN SUATU ANGKA INDEKNYA YG MENYATAKAN TINGKAT PERCABANGAN SUNGAI
- DIBAWAH INI GAMBAR ORDE SUNGAI

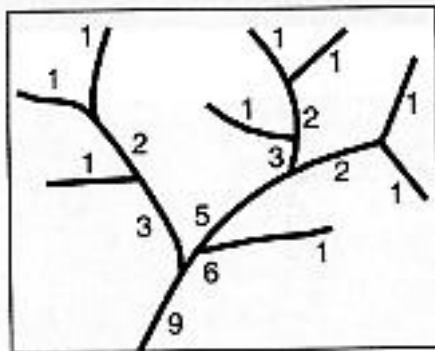
STREAM ORDER



Horton (1945)



Strahler (1952)



Shreve (1967)

Strahler's scheme is most commonly used

Figure 5.17
Methods of ordering streams within a drainage basin.

AIRTANAH (*GROUNDWATER*)

Airtanah = air yang mengisi rongga-rongga batuan di bawah permukaan tanah pada zone jenuh air (*saturated zone*).

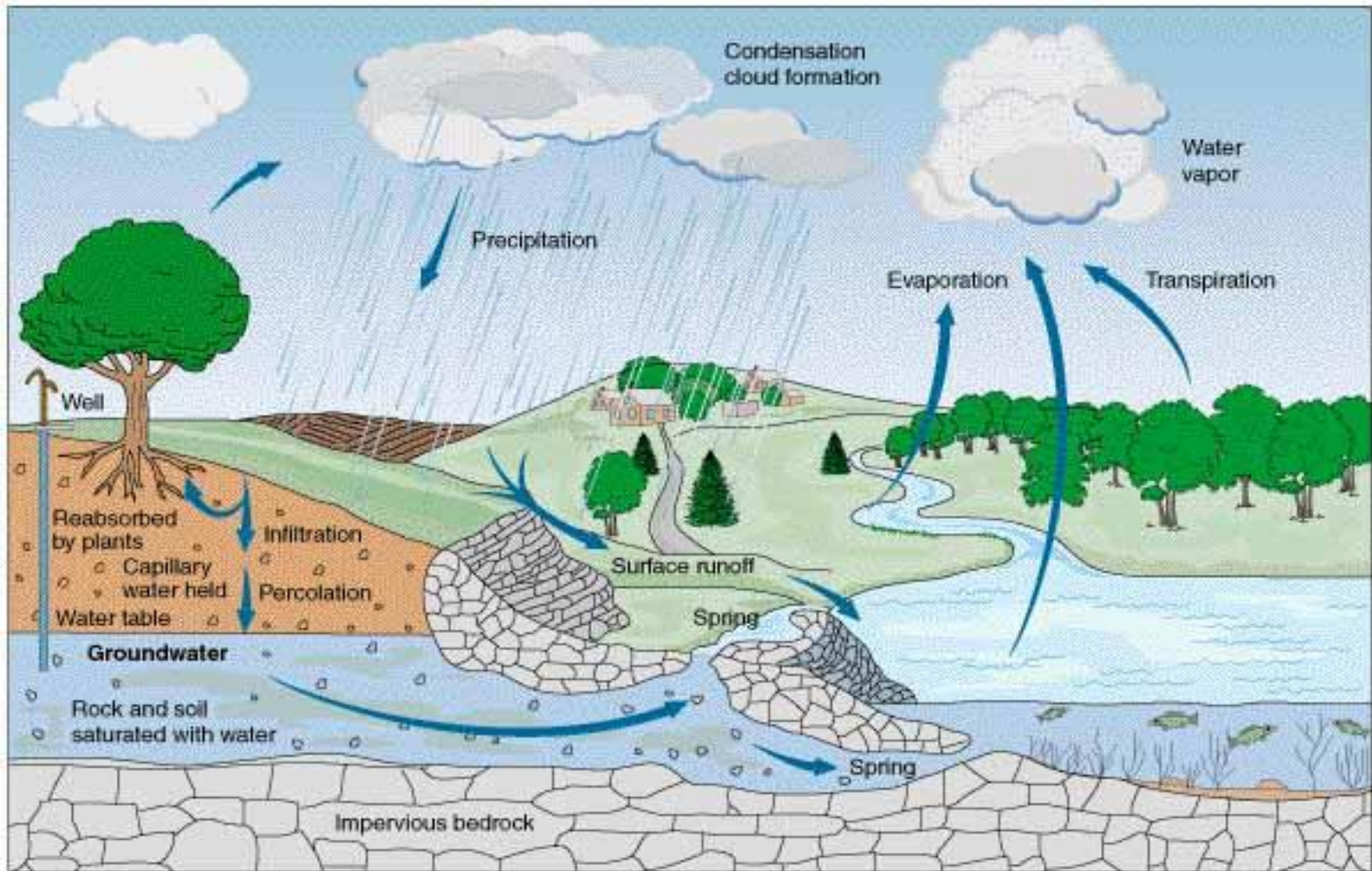
Sumber utama airtanah adalah **air hujan**.

Airtanah bergerak :

Max. 10 m/hari

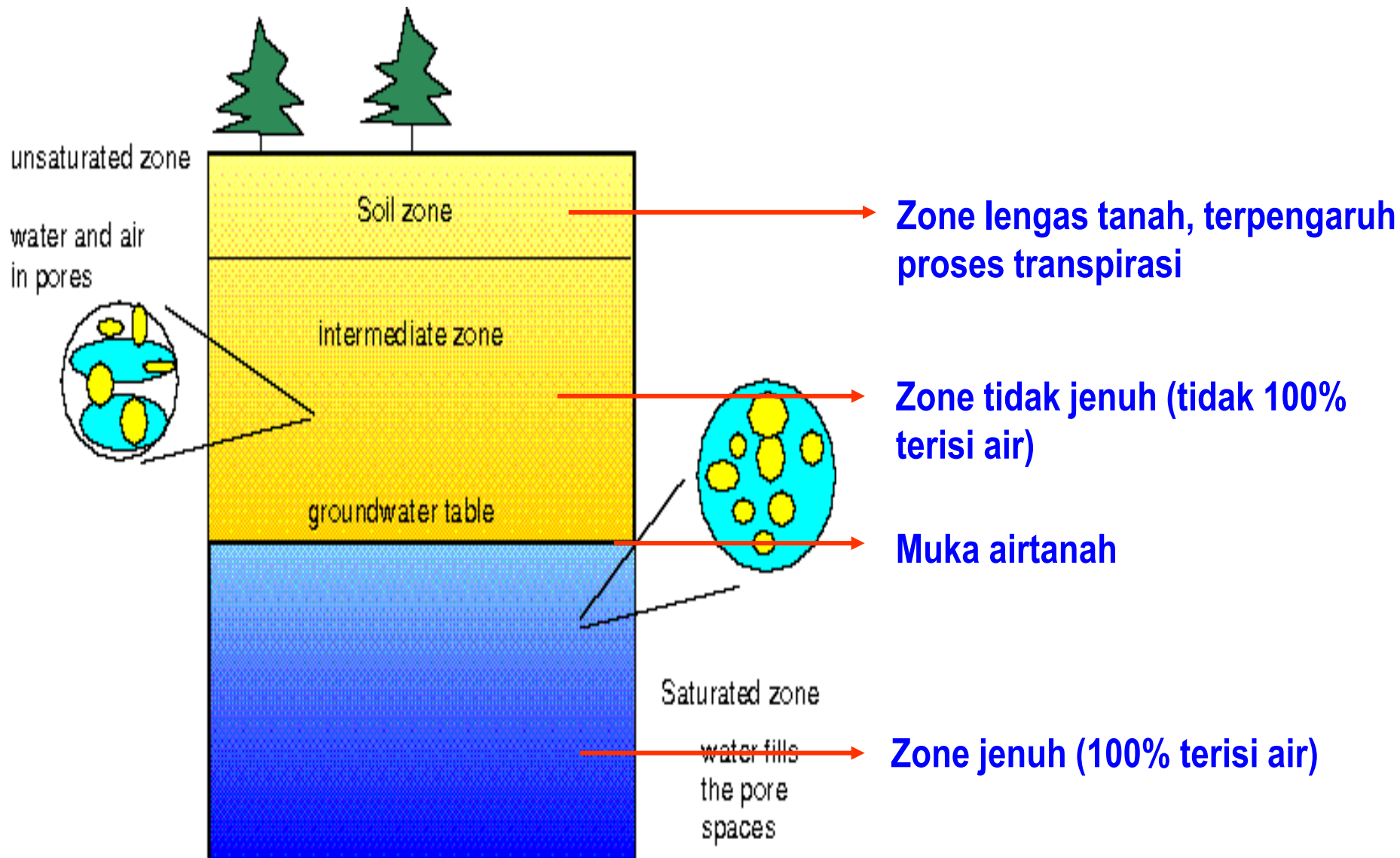
Min. 1 m/tahun

SIKLUS AIR TANAH



Keywords : infiltration - percolation - recharge

VERTIKAL AIR TANAH



DIMANAKAH TERDAPAT AIR TANAH ??

Akuifer (*aquifer*)

Aqui = air *Fer* (*ferre*) = menerima dan mengalirkan

Akuifer merupakan formasi atau perlapisan jenuh air yang mampu **menyimpan** dan **mengalirkan** airtanah dalam jumlah yang **cukup**.

Cukup artinya mampu mengalir atau menjadi sumber suatu sumur, sungai atau mataair.

Contoh : pasir, kerikil, kerakal, atau campurannya.

Aquifer Bocor (*Leaky*)

- Semi Confined Aquifer
- Bila confining unit adalah semi permeable/aquitard (lempung)

Aquifuge (fuge = tertutup)

- Formasi batuan yang tidak dapat menyimpan air sama sekali (kedap) (contoh: granit)

Aquitard

- Formasi batuan yang dapat menyimpan air, tetapi hanya dapat mengalirkannya dalam jumlah yang terbatas (contoh: lempung pasiran)

Aquiclude

- Formasi batuan yang tidak dapat menyimpan air dalam jumlah yang banyak (contoh:lempung)

Aquifer Bebas (*Unconfined aquifer*)

- Aquifer tidak tertekan.
- Jika muka airtanah merupakan batas atas dari akuifer.

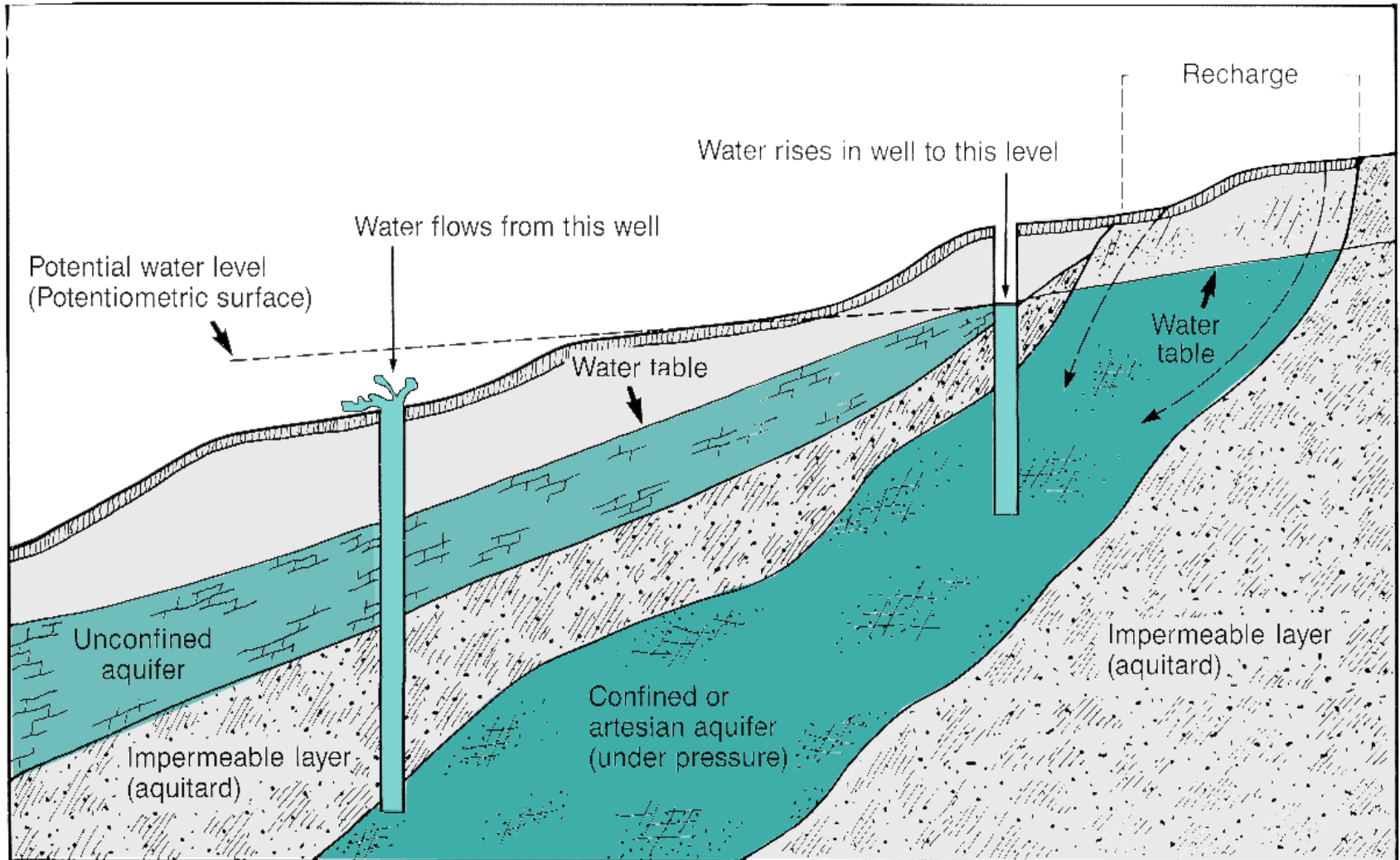
Aquifer Tertekan (*Confined aquifer*)

- Terletak di bawah atau di antara lapisan kedap air (*confining layer* atau *impermeable*)
- Hydraulic head atau water table terletak di atas batas atas aquifernya, biasa disebut piezometric atau potentiometric.
- Karena tekanan, kadang-kadang muka airtanah aquifer tertekan pada sumur bor dapat melebihi permukaan tanah (*flowing artesian well*).

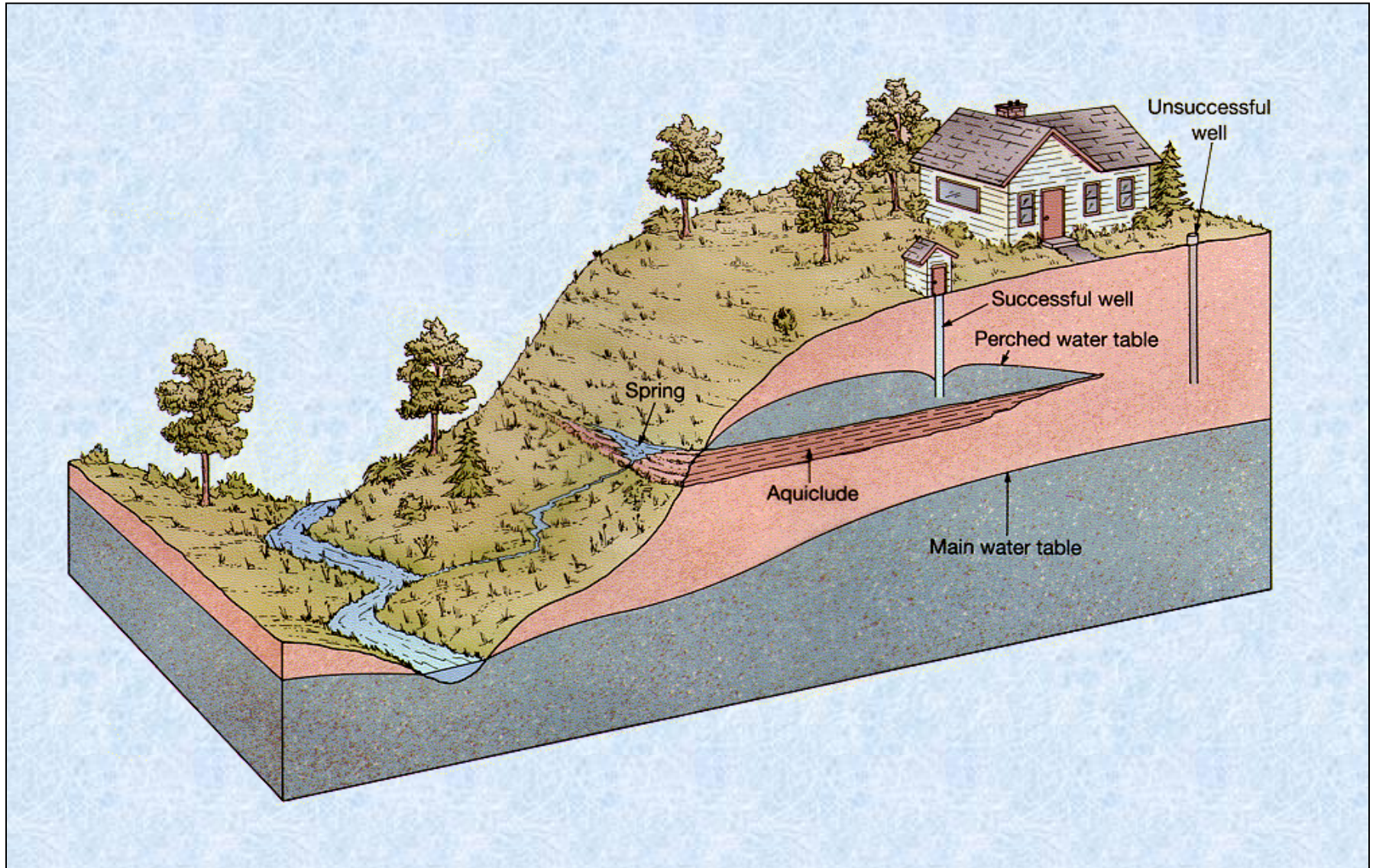
Aquifer Menggantung (*Perched aquifer*)

- Terletak di atas unconfined aquifer, dan aliran airtanah ke bawah tertahan oleh confining layer yang tidak kontinyu.

AKUIFER BEBAS & TERTEKAN



AKUIFER MENGGANTUNG (*PERCHED* AKUIFER)



FAKTOR² PENENTU KARAKTERISTIK AIRTANAH

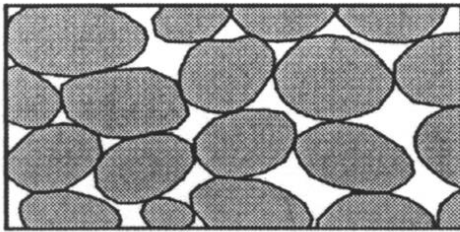
1. CURAH HUJAN
2. MATERIAL BATUAN
3. GEOMORFOLOGI
4. VEGETASI

POROSITAS BATUAN (α)

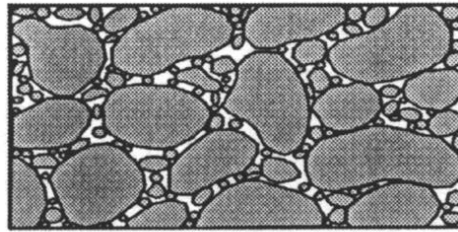
- **Porositas (α)** atau kesearangan batuan adalah rasio antara volume pori-pori batuan dengan total volume batuan.

$$\alpha = \text{volume pori}^2 / \text{volume batuan}$$

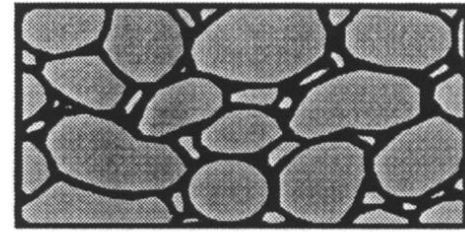
- **Porositas primer** : tergantung dari matrix batuan itu sendiri.
- **Porositas sekunder** : karena proses solusional atau rekahan pada batuan.



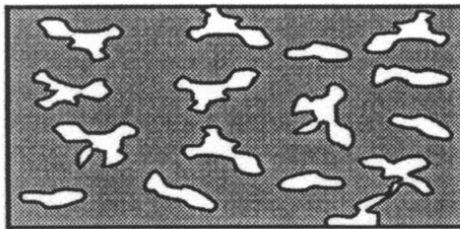
(A)



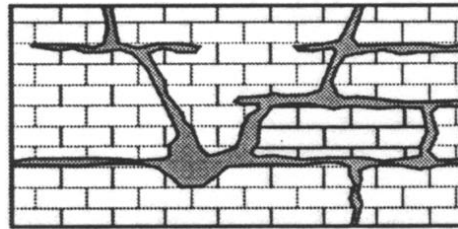
(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

- A. Sedimen sortasi bagus, porositas besar
- B. Sortasi tidak bagus, porositas kecil
- C. Sortasi sedimen bagus, terisi oleh endapan yang porous, secara keseluruhan porositas bagus
- D. Sortasi sedimen bagus tetapi porositas berkurang karena deposit mineral yang tidak porous pada pori-pori
- E. Porositas tinggi karena proses solusional
- F. Porositas karena rekahan, tergantung pola retakan

Material	α (%)
Unconsolidated deposits	
Gravel	25 – 40
Sand	25 – 50
Silt	35 – 50
Clay	40 – 70
Batuan	
Fractured basalt	5 – 50
Karst Limestone	5 – 50
Sandstone	5 – 30
Limestone, dolomite	0 – 20
Shale	0 – 10
Fractured crystalline rock	0 – 10
Dense crystalline rock	0 – 5

TINGGI MUKA AIRTANAH (*Hydraulic head*)

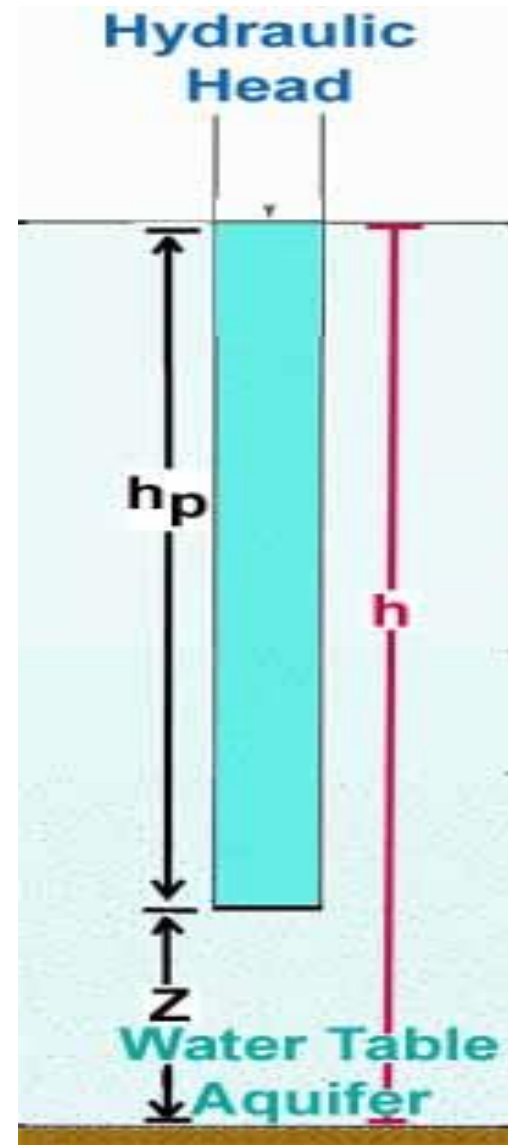
Tinggi muka airtanah adalah tinggi elevasi tempat dikurangi kedalaman muka airtanah.

Contoh :

Muka airtanah di titik A = 5 meter dpt

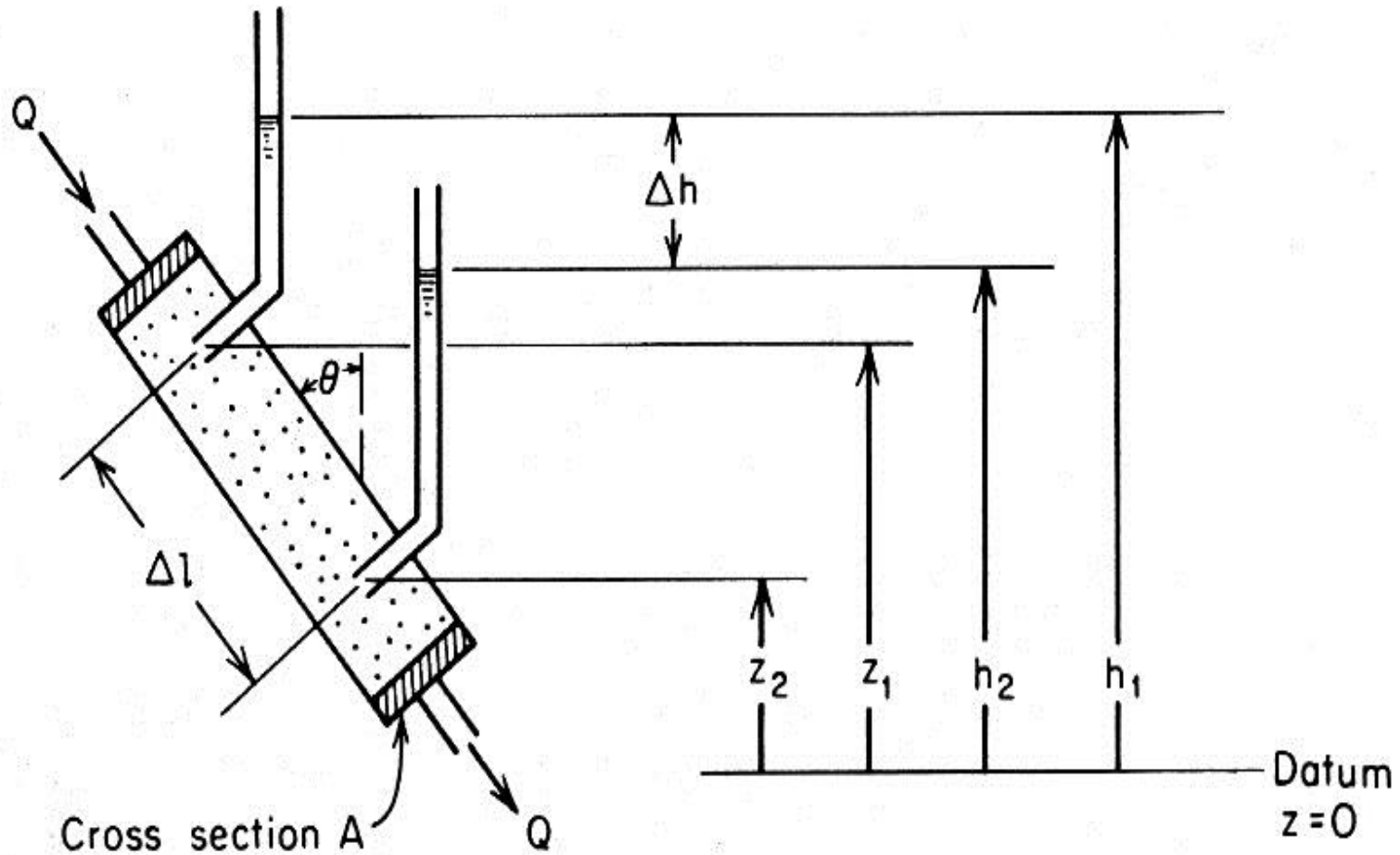
Elevasi titik A = 150 m dpal

Hydraulic head (h) = $150 - 5 = 145$ m dpal



GERAK DAN DEBIT AIR TANAH

- Hukum Darcy (1856)



- Specific discharge/kecepatan aliran per unit volume tabung adalah :

$$V = Q/A = (m^3/dt)/m^2 = m/dt$$

- Sehingga jika kecepatan pada airtanah dikenal sebagai **hydraulic conductivity/permeabilitas (K)** material batuan & kemiringannya maka :

$$V = -K (dh/dL), \text{ sehingga debit airtanah :}$$

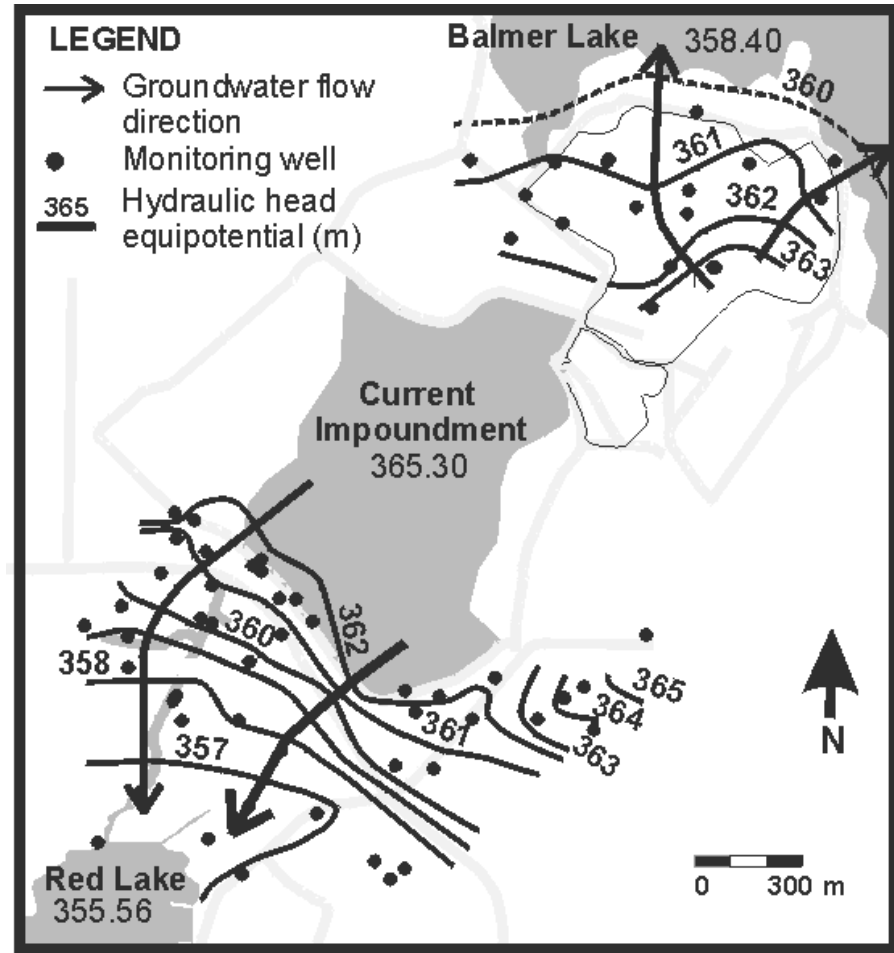
$$Q = -K \cdot (dh/dL) \cdot A$$

dimana :

- A = luas penampang tabung
- (dh/dL) = kemiringan/hydraulic gradient
- K = kecepatan airtanah dalam batuan (permeabilitas = K)

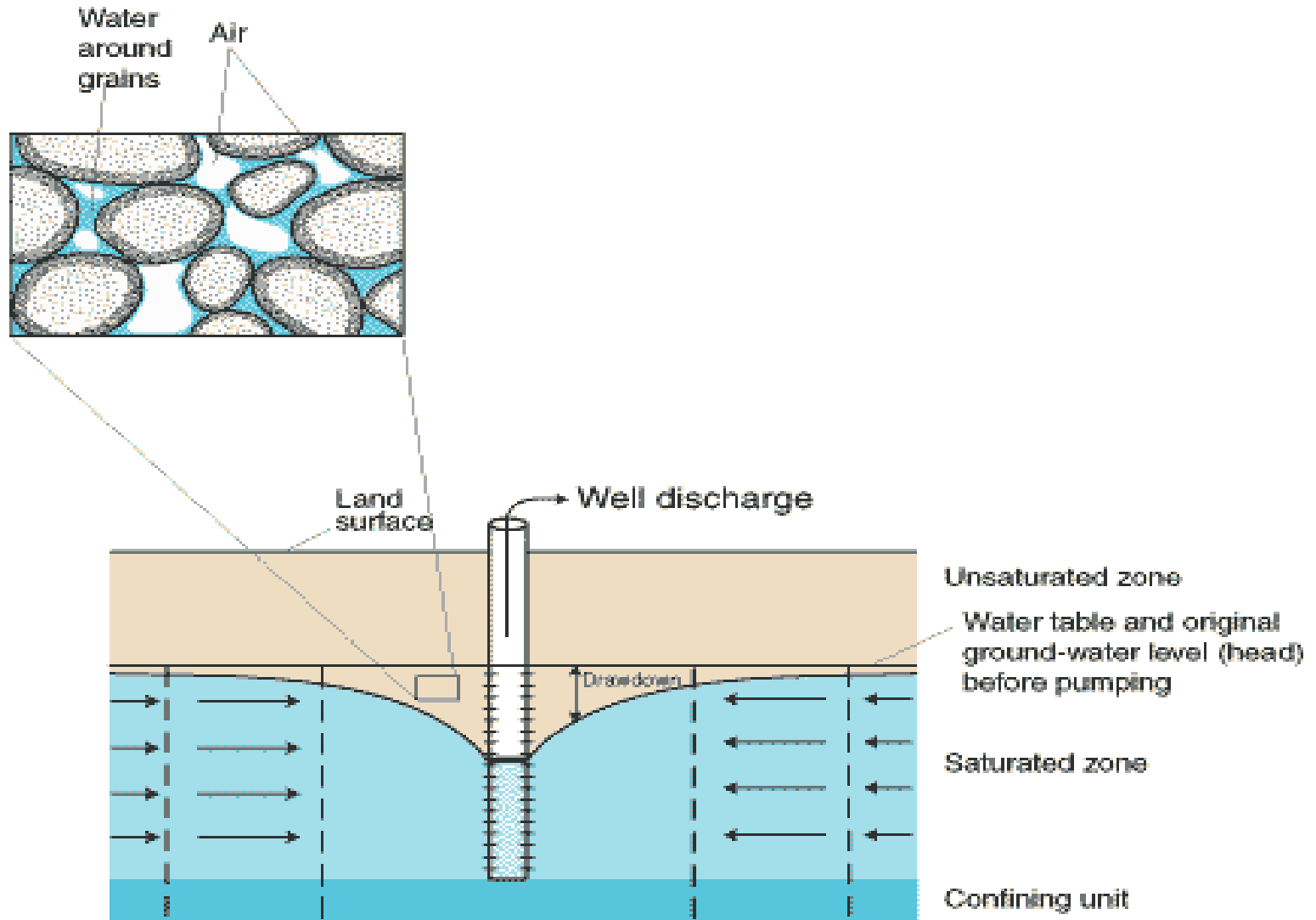
JARING AIRTANAH/FLOWNETS

- Peta/gambar pada media 2 dimensi yang berisi garis-garis yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai kedalaman airtanah (head) yang sama
- Airtanah akan mengalir tegak lurus (90°) memotong kontur airtanah karena pengaruh gravitasi dari *hydraulic head* tinggi ke rendah
- Jika peta kontur dilengkapi dengan arah aliran airtanah, maka biasa disebut dengan FLOWNETS



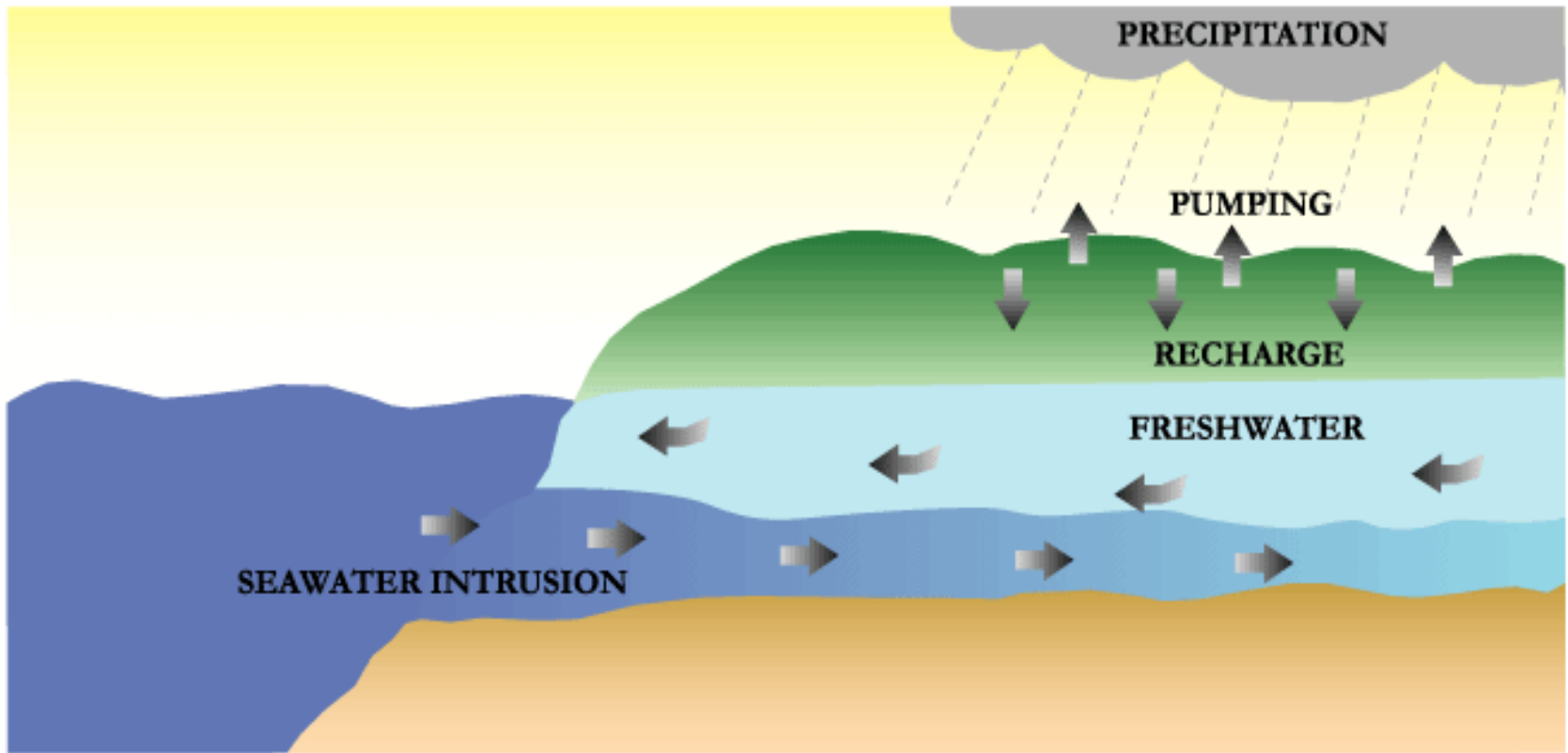
PERMASALAHAN² AIR TANAH

1. Cone of depression





2. Intrusi air laut

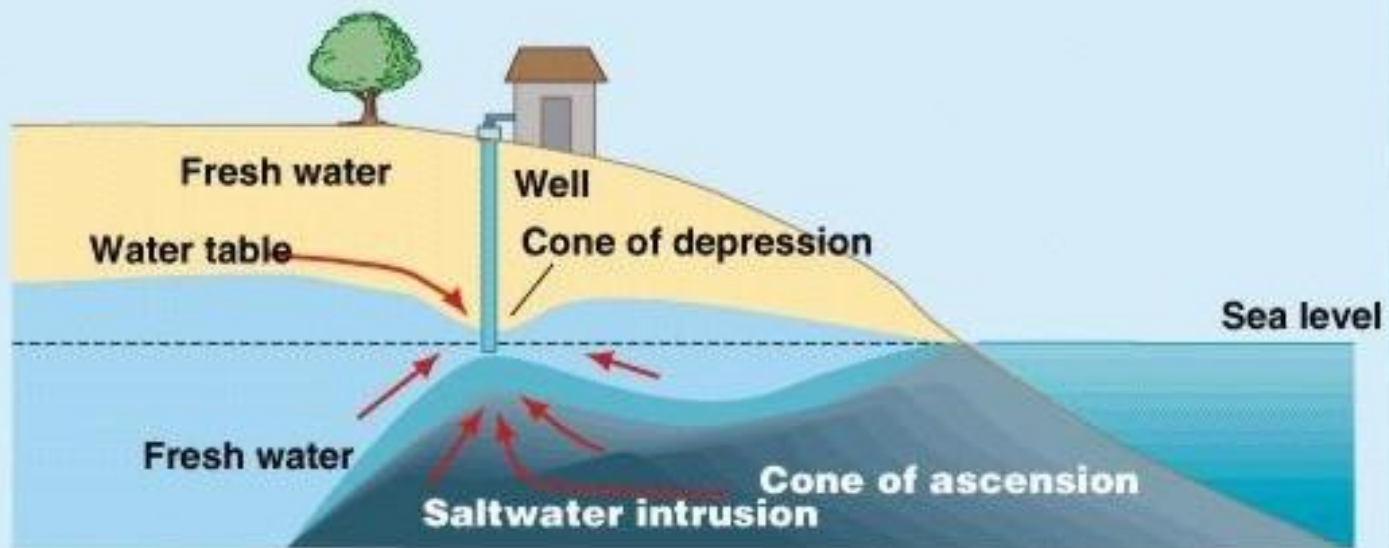
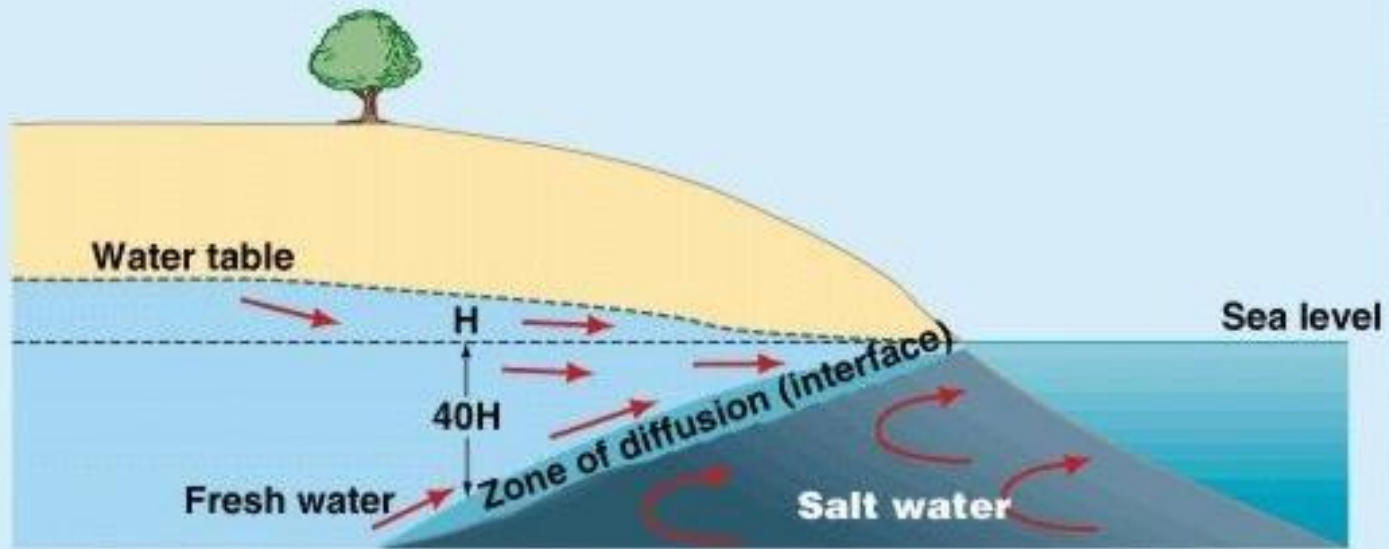


Source: EDAW, Inc., 2001.

Salinas Valley Water Project EIR/EIS

Figure 1-1
Overdraft and Seawater Intrusion Schematic

3/2001



3. Land Subsidence



4. Kontaminasi airtanah

