

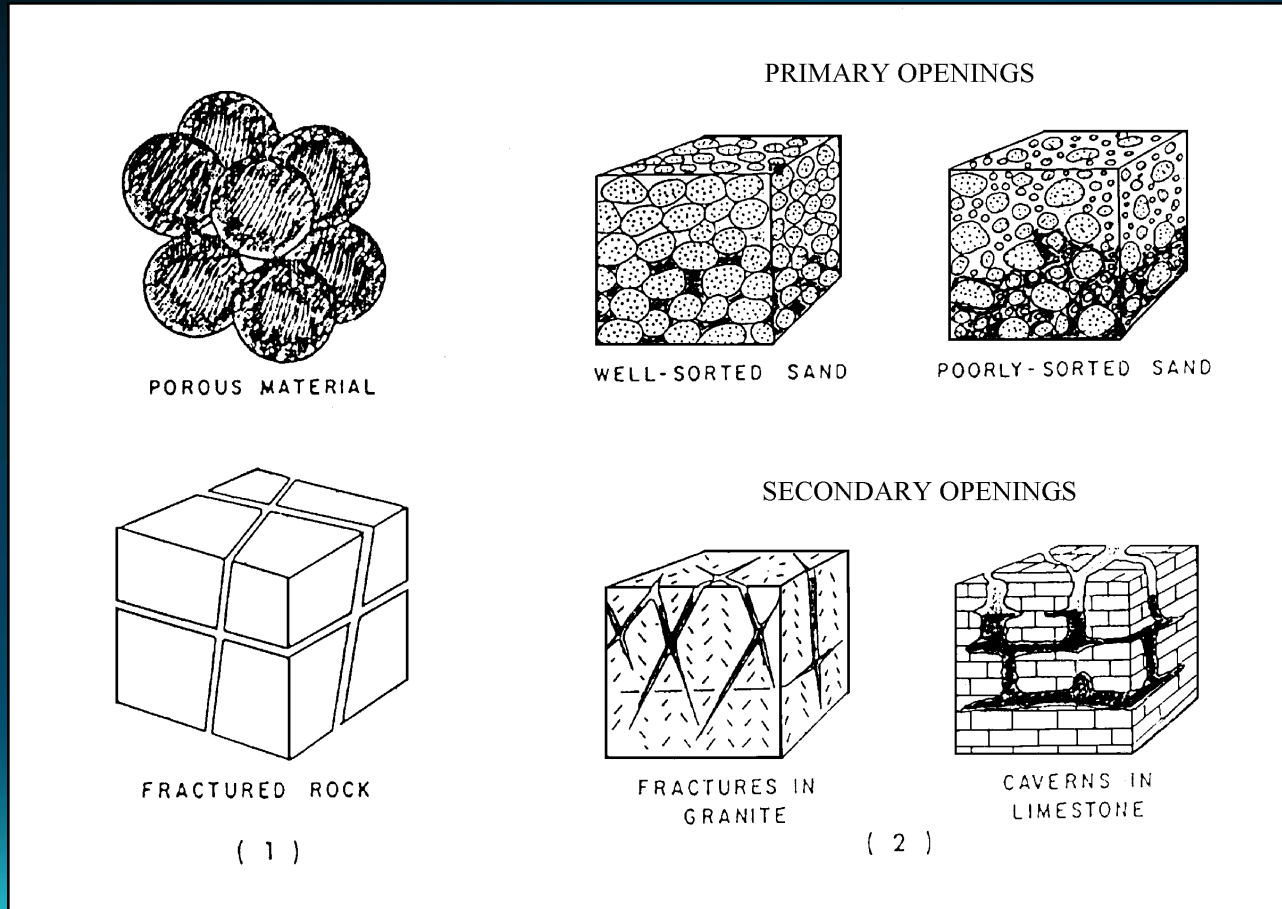
# KUALITAS AIRTANAH

Sari Bahagiarti K

UPN “Veteran” Yogyakarta

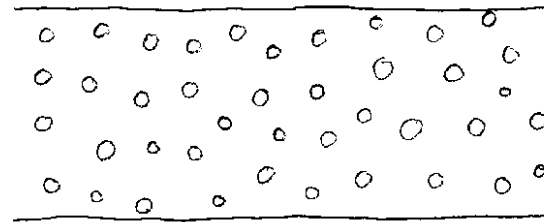


# Air di dalam Tanah/Batuan

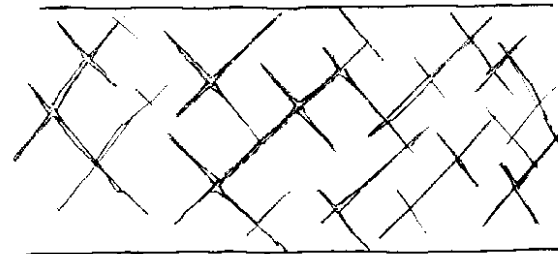


# AKUIFER BERDASARKAN JENIS BUKAANNYA (POROSITASNYA)

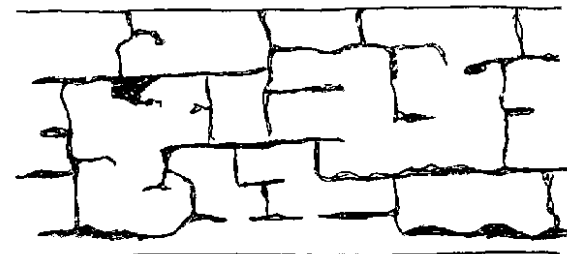
1. Akuifer Intergranuler



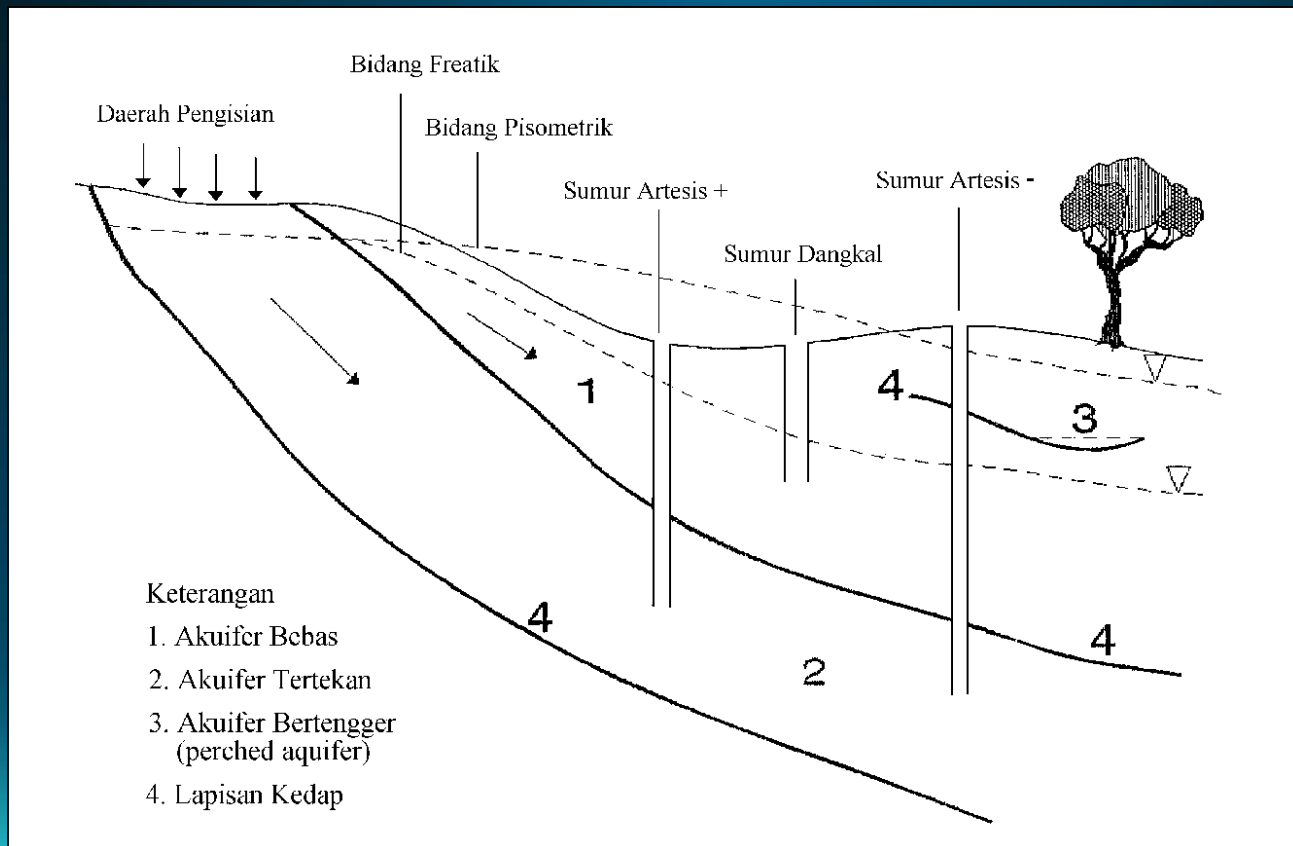
2. Akuifer Celah



3. Akuifer Kars



# AKUIFER BERDASARKAN SUSUNAN STRATIGRAFI

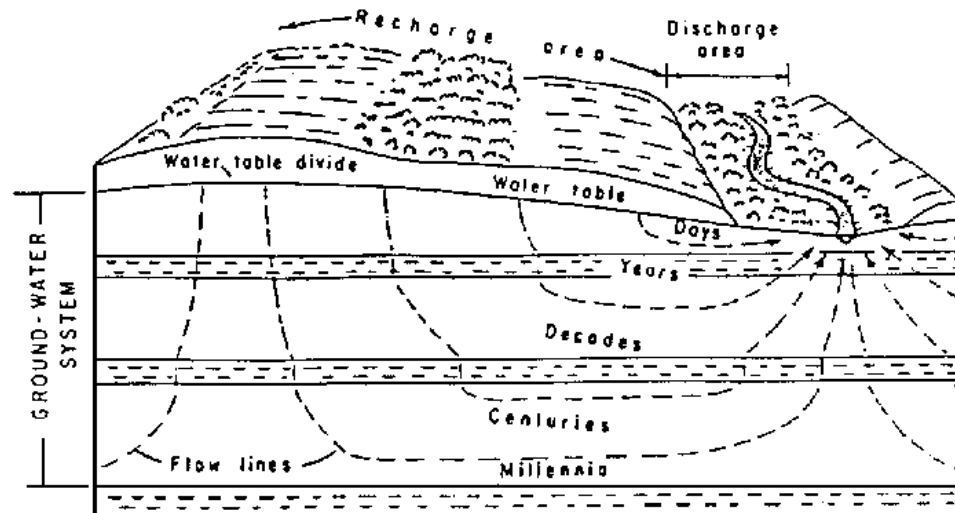


# CARA AIR BERGERAK DI DLM TANAH/BATUAN

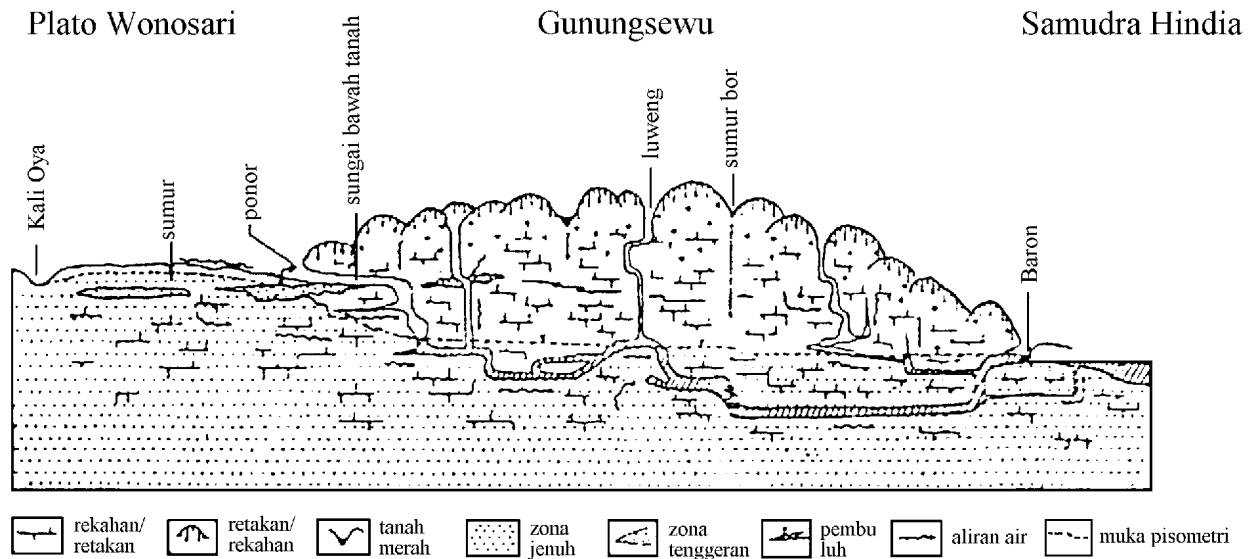
- ALIRAN REMBESAN
- ALIRAN SALURAN
- ALIRAN MELALUI CELAH-  
CELAH RETAKAN



# SISTEM HIDROGEOLOGI



# SISTEM HIDROGEOLOGI KARST



# KUALITAS AIR

Didasarkan atas 3 Parameter:

- FISIK
- KIMIAWI
- BIOLOGIS

KETIGA ASPEK KUALITAS AIR  
SANGAT DIPENGARUHI  
OLEH LINGKUNGAN





# FISIKA AIR

- Warna: Color
- Kekeruhan (Turbidity)
- Bau: Odor
- Rasa: Taste
- Temperatur



# Warna

- Dipengaruhi oleh zat-zat terlarut/tersuspensi
- Zat terlarut memberikan *true color*
- Zat tersuspensi memberikan *apparent color*
- Secara kuantitatif dinyatakan dalam indeks warna, tanpa satuan
- Indeks warna air minum  $< 15$
- Secara kualitatif, air minum: tidak berwarna



# Kekeruhan

- Dipengaruhi oleh zat padat tersuspensi (yang berukuran lempung, lanau)
- Untuk mengukur kekeruhan, digunakan turbidimeter
- Satuan kekeruhan: NTU (Nephelometric Turbidity Unit)
- Batas toleransi air minum: 5 NTU



# Colorimeter (atas) dan Turbidimeter (bawah)



# Bau

- Dipengaruhi oleh zat-zat kimia / organik yang terkandung
- Adanya pencemaran baik melalui proses alamiah, maupun ulah manusia
  - Proses Alamiah: kandungan algae, pembusukan organisme
  - Ulah manusia: sampah, limbah
- Dinyatakan secara kualitatif
- Air minum seharusnya tidak berbau



# Rasa

- Dipengaruhi oleh zat-zat kimia terlarut
  - Zat besi (Fe) memberikan rasa pahit
  - Mangan, sulfat, memberikan rasa pahit.
  - Asam sulfida ( $H_2S$ ) memberikan rasa seperti telur busuk.
  - Natrium khlorida ( $NaCl$ ) memberikan rasa asin.
  - Bikarbonat ( $HCO_3$ ) memberikan rasa tawar atau rasa soda
- Dinyatakan secara kualitatif
- Air minum seharusnya tidak berasa



# Temperatur

- Dipengaruhi oleh:
  - Temperatur atmosfer (pengaruhnya hingga kedalaman 10 – 25 m)
  - Temperatur tanah/batuan tempat air bergerak
  - Proses geokimia yang terjadi ketika air bergerak di dalam tanah/batuan
  - Kondisi geologis (sesar aktif, daerah vulkanik, geotermal, dll)
  - Peluruhan zat radio aktif



## Gradien Geotermal:

Adanya perambatan panas dari inti ke kulit bumi, mengakibatkan temperatur airtanah meningkat sesuai dengan kedalamannya. Kenaikan temperatur sesuai dengan besarnya kedalaman disebut gradien geotermal

- Di daerah batuan sedimen, gradien hidrotermal pada umumnya sekitar  $1,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$
- Di daerah vulkanik, gradien geotermal dapat mencapai  $3,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$







# Hidrokimia

Air murni disusun oleh  $H_2O$ . Begitu air kontak dengan udara, tanah, dan batuan, maka air segera melarutkan zat-zat dan unsur-unsur lain, sehingga komposisinya berubah.

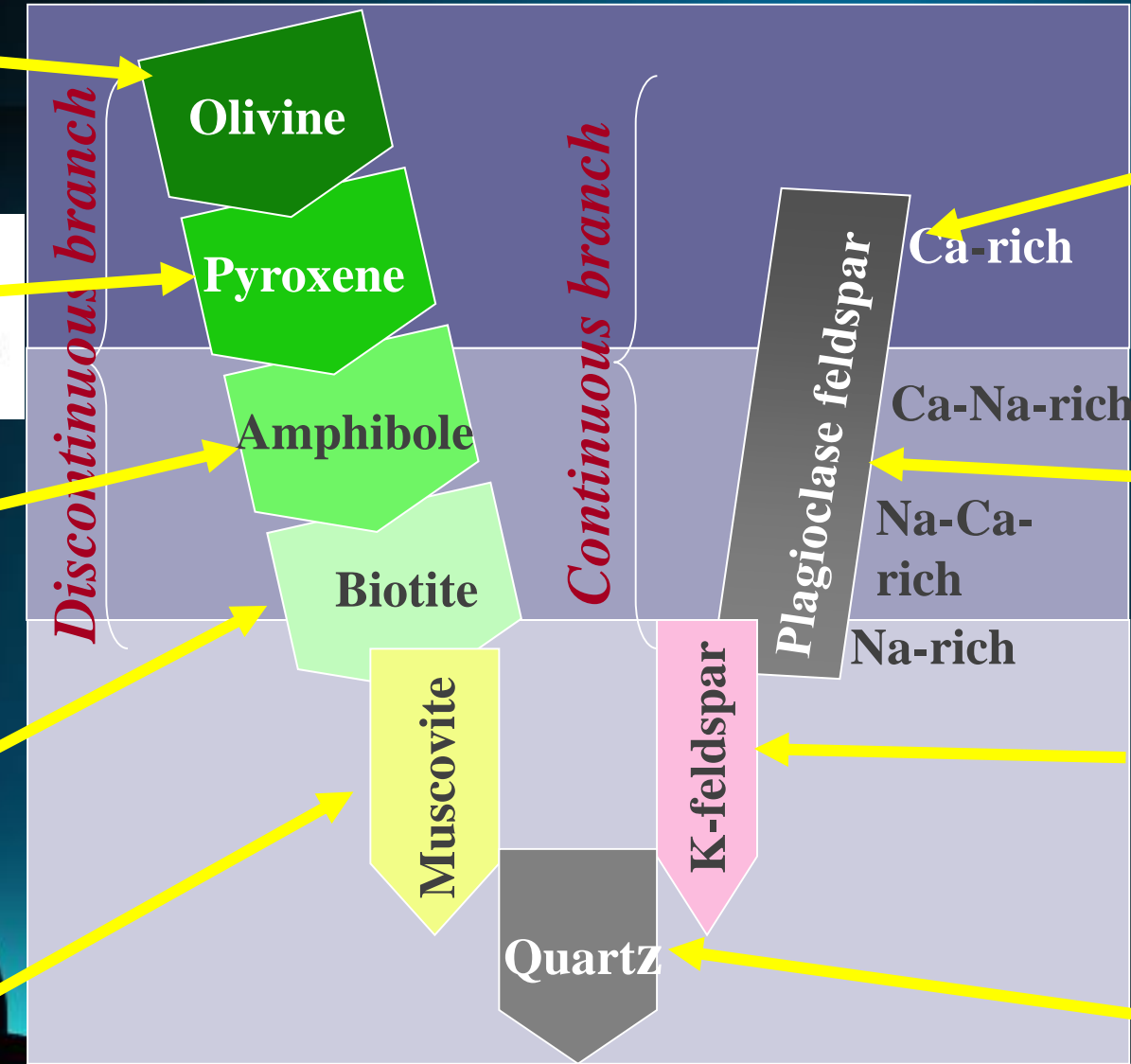


# HIDROKIMIA

- DIPENGARUHI OLEH KOMPOSISI MINERAL BATUAN
  - PLAGIOKLAS
  - K-FELSPAR
  - MINERAL MAFIK: OLIVIN, PIROKSEN, AMFIBOL, BIOTIT



# Rock Forming Minerals



**BOWEN'S REACTION SERIES**

# Keberadaan zat padat (solid) di dalam air, dapat berupa :

- larutan : misalnya ion-ion
- suspensi : koloid, butiran-butiran yang lebih besar.

KATION: Ca, Mg, Na, K,  
Fe

ANION: HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>



# Unsur-unsur yang terkandung di dalam air dapat dikelompokkan:

- Unsur Mayor (Major Elements)
- Unsur Minor (Minor Elements)
- Unsur Jejak (Trace Elements)
- Gas Terlarut



# Unsur Mayor: Konsentrasi > 5 mg/l

Kation:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Na}^+$   $\text{HCO}_3^-$ ,  
Anion:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  (kadang-kadang),  
dan  $\text{CO}_3^{2-}$  (kadang-kadang).

Dalam bentuk koloid, contohnya Fe, dan  $\text{SiO}_2$



Unsur Minor:  
Konsentrasi 0,01 – 5 mg/l

$K^+$ ,  $Al_2^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $NO_2^-$ ,  $PO_4^-$ , F



# Unsur Jejak: Konsentrasi 0,01 mg/l

Contoh : Hg, Pb, Cu, Zn, Ni, J, As, dll.

Unsur-unsur ini pada umumnya merupakan logam berat. Meskipun konsentrasinya sangat kecil, tetapi kehadirannya mempunyai arti penting dan membahayakan. Adanya logam berat acapkali dikaitkan dengan adanya pencemaran dari limbah industri.





Unsur Gas:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ , dll

Ketika terjadi hujan, air yang bergerak di udara melarutkan gas-gas yang dilewati dan bersentuhan dengannya

Pelarutan dialami pula oleh udara yang terdapat di dalam tanah/batuan



# Kesadahan (Hardness)

Kesadahan air ditentukan oleh jumlah kandungan ion logam bervalensi dua, yang bereaksi dengan sabun, membentuk endapan.

kesadahan adalah jumlah konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  di dalam air.



# Satuan Kesadahan: mg/l, °Jerman, °Perancis, °Inggris

- $TH = Ca \times \frac{CaCO_3}{Ca} + Mg \times \frac{CaCO_3}{Mg}$  (dalam Mg/l)
- $H = 50 \times c \text{ Ca meq/l} + c \text{ Mg meq/L}$
- $1^\circ\text{jerman} = 10 \text{ CaO/liter}$   
 $= 28 \times \text{meq (Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/\text{liter}$
- $1^\circ\text{Perancis} = 10 \text{ mg CaCO}_3/\text{liter}$
- $1^\circ\text{Inggris} = 10 \text{ mg CaCO}_3/0,7 \text{ liter}$   
 $= 14,3 \text{ mg CaCO}_3/\text{liter}$



# Klasifikasi kesadahan menurut Todd (1980) dan USGS

| Hardness, mg/l<br>as CaCO <sub>3</sub> | Classification  |
|--|-----------------|
| 0 - 75                                 | Soft            |
| 75 - 100                               | Moderately Hard |
| 100 - 300                              | Hard            |
| > 300                                  | Very Hard       |

| Hardness, mg/l<br>as CaCO <sub>3</sub> | Classification  |
|--|-----------------|
| 0 - 60                                 | Soft            |
| 61 - 120                               | Moderately Hard |
| 121 - 181                              | Hard            |
| > 181                                  | Very Hard       |



Proses geokimia yang terjadi selama airtanah melewati dan kontak dengan batuan adalah :

- Pelarutan (dissolution)
- Hidrolisis (Hydration)
- Oksidasi - Reduksi

Proses fisika: Erosi/Pengikisan

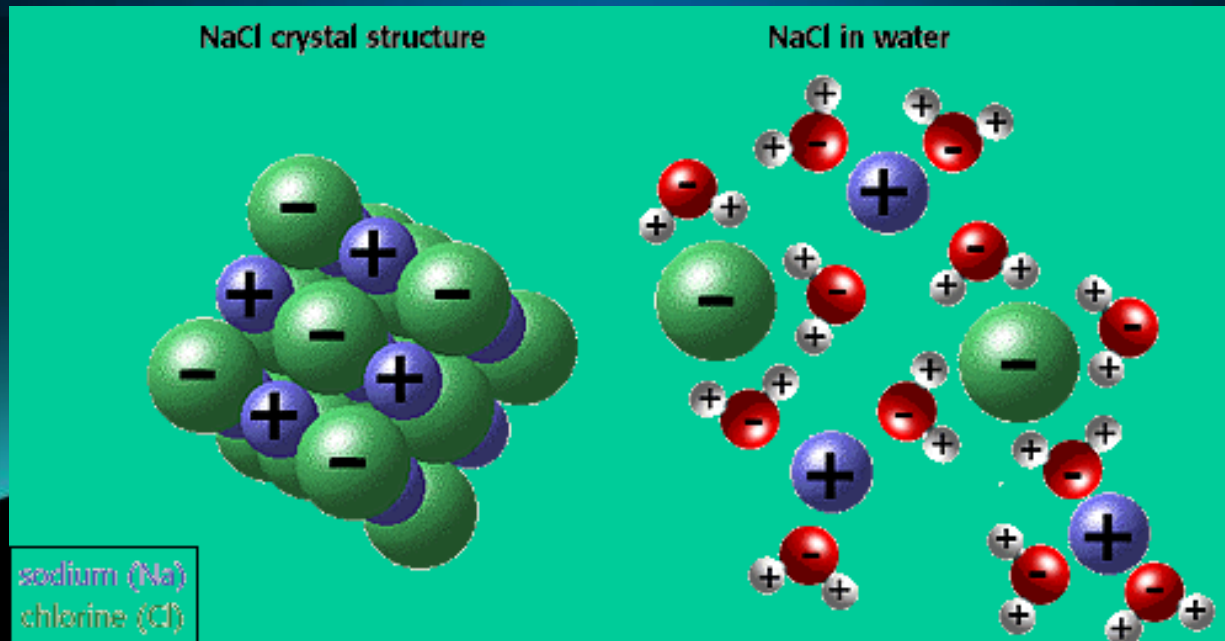


# Disolusi (Pelarutan)

Terurainya garam – garam menjadi ion – ion di dalam media air.



(dalam media air)



# Pelarutan Garam

- Contoh Garam:
  - $\text{CaCO}_3$  (Kalsit)
  - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (Dolomit)
  - $\text{MgCO}_3$  (Magnesit)
  - $\text{NaCl}$  (Halit)
  - $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (Gypsum)
- Garam-garam lain hadir di alam hanya dalam konsentrasi kecil, atau dijumpai secara khusus sebagai endapan mineral dalam batuan tertentu



# Contoh Pelarutan Garam

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ + \text{O}^- \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- $\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}^+ + \text{O}^- \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_4$





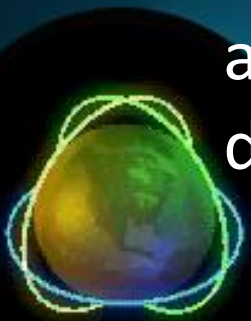
# Faktor yang Mempengaruhi Pelarutan

- Sifat zat terlarut
- pH
- Sifat zat pelarut
- Temperatur
- Penambahan Larutan
- Ukuran Molekul
- Tekanan

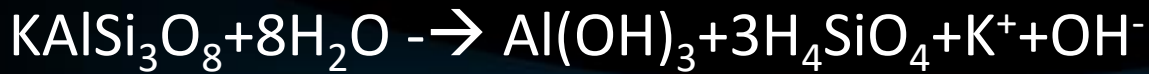


# HYDROLISIS

- Terurainya mineral dibawah pengaruh ion – ion  $H^+$  dan  $OH^-$  →
- Terurainya mineral-mineral silikat, misalnya alkali feldspar, plagioklas, piroksen di dalam litosfer oleh airtanah, merupakan contoh yang baik dari proses hidrolisis.
- Ketika peristiwa hidrolisis mengenai mineral-mineral silikat yang sebenarnya insoluble, maka akan terbentuk mineral-mineral baru, bersamaan dengan dibebaskannya  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , dan  $K^+$



# Contoh Hidrolisis



alkali feldspar

kaolinit



albit

kaolinit



anortit

kaolinit



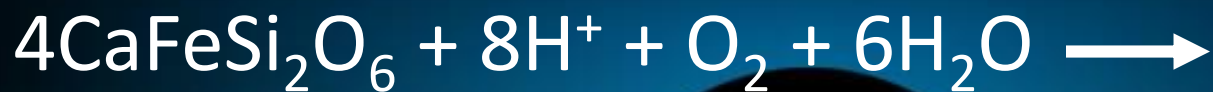
forsterit

serpentin

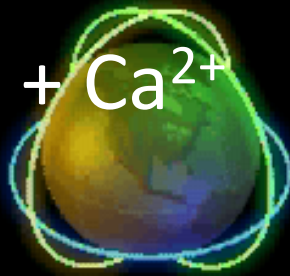


Selain unsur-unsur mayor tsb terdahulu (Ca, Mg, Na, K), unsur logam lain yang kadang-kadang didapatkan di dlm airtanah: Fe dan Mn

Unsur-unsur besi dan mangan lebih stabil  
→ Untuk menguraikannya diperlukan kombinasi antara hidrolisis dan oksidasi.



hedenbergit



# Oksidasi dan Reduksi

## Konsep oksidasi reduksi

Oksidasi : - menaikkan oksigen dengan unsur atau senyawa

- pelepasan elektron
- penambahan bilangan oksidasi

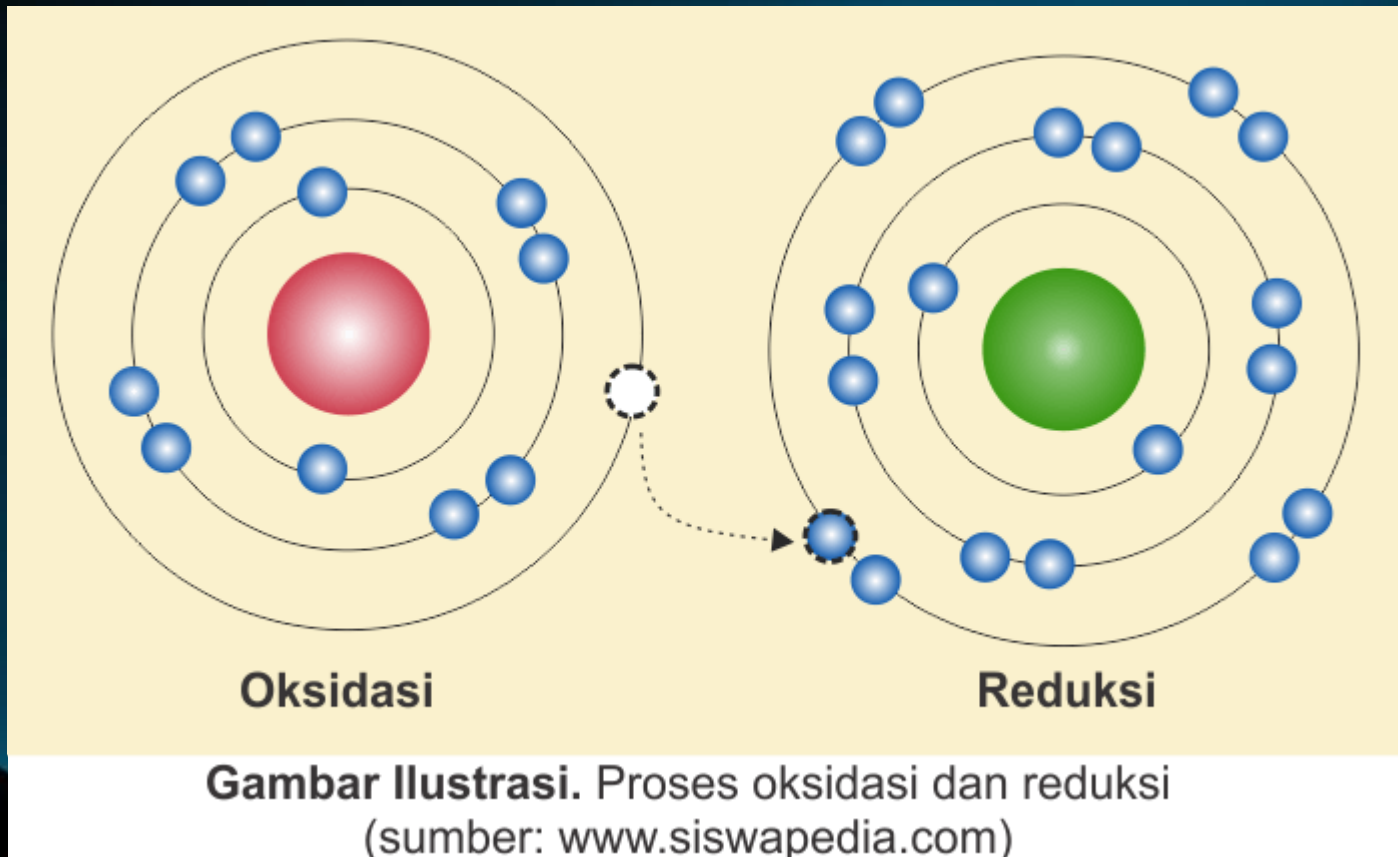
Reduksi : - pelepasan oksigen dari senyawanya

- penerimaan elektron
- penurunan bilangan oksidasi

Oksidator zat yang mengalami reduksi

Reduktor zat yang mengalami oksidasi

# Oksidasi - Reduksi



# EH: Redox Potential

- EH menyatakan kemampuan atau potensi air untuk mengoksidasi atau mereduksi
- Oksidasi : Proses kehilangan elektron atau penambahan valensi suatu senyawa
- Reduksi : Proses ketambahan elektron atau pengurangan valensi suatu senyawa



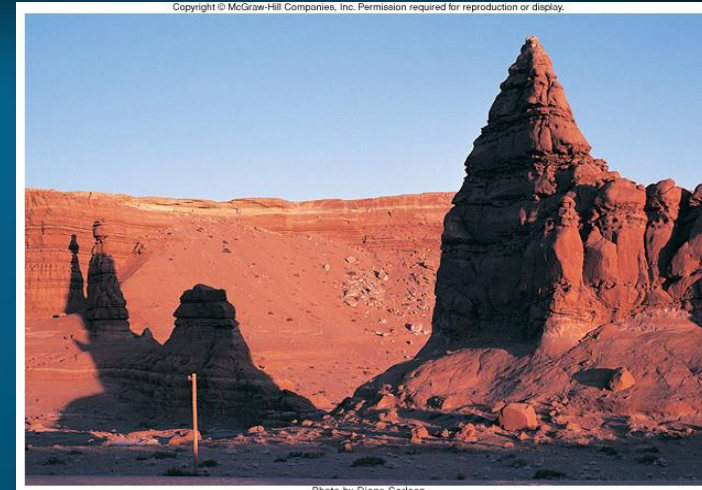
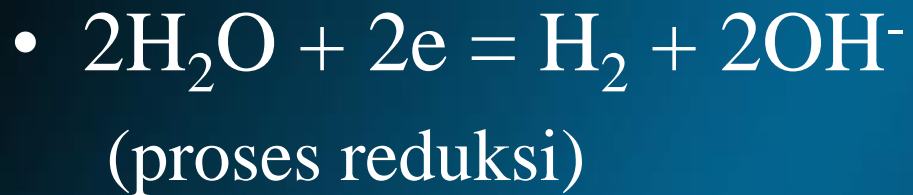
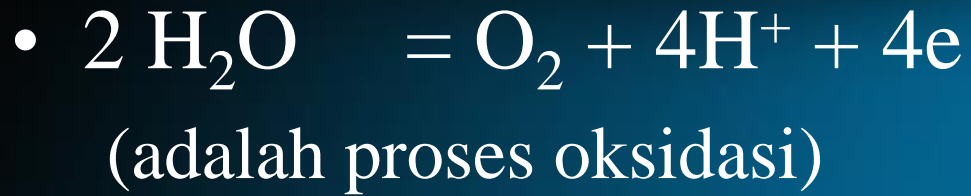
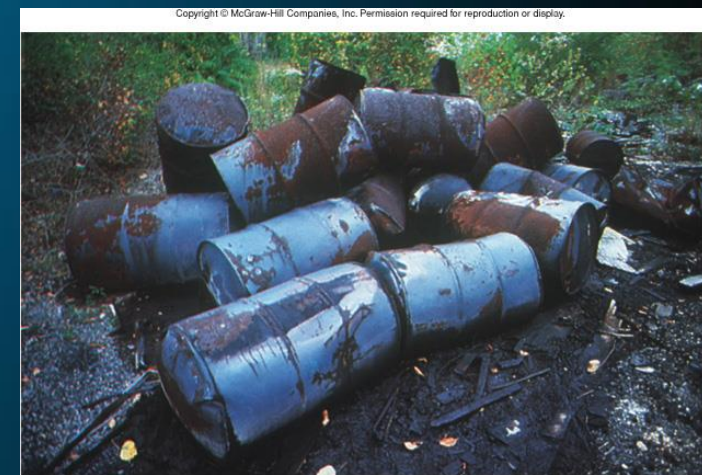


Photo by Diane Carlson



D



# pH: Derajat Keasaman atau Derajat Keaktifan ion Hidrogen

- Apabila air murni terurai, maka akan terbentuk ion-ion  $H^+$  dan  $OH^-$ .
- Tingkat keaktifan penguraian tsb dinyatakan dengan PH
- PH merupakan konsentrasi ion  $H^+$  di dalam air (atau zat cair lain), yang dinyatakan dalam satuan logaritmik



# Derajat Keasaman

- $\text{pH} = -\log_{10} (\text{H}^+) \text{ mol/l}$
- $\text{pH}$  air murni pada temperatur  $24^\circ\text{C} = 7,0$
- Artinya : konsentrasi ion  $\text{H}^+$  di dalam air murni pada temperatur  $24^\circ\text{C}$  adalah  $10^{-7} \text{ mol/l}$



# TDS (Total Dissolved Solids)

- TDS adalah jumlah total unsur-unsur padat yang terlarut di dalam air.
- Klasifikasi Air berdasarkan TDS (Todd, 1980)

| TDS (mg/l)       | Classification |
|------------------|----------------|
| 1 - 1000         | Fresh water    |
| 1000 - 10 000    | Brackish water |
| 10 000 - 100 000 | Saline water   |
| > 100 000        | B r I n e      |



# Untuk Mengukur pH:

- Colorimetric: Lakmus
- pH meter



# DHL (Daya Hantar Listrik) atau Electric Conductivity

- DHL air adalah kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik
- DHL sangat ditentukan oleh banyaknya zat-zat kimia dan garam-garam yang terlarut di dalam air
- DHL berbanding lurus dengan TDS.



# Faktor-faktor yang mempengaruhi DHL:

- temperatur
- konsentrasi ion-ion yang ada di dalam air

satuan DHL:

- siement,
- mohs



# TDS-meter dan EC-meter



# Klasifikasi Air berdasarkan TDS

| TDS (mg/l)       | Classification |
|------------------|----------------|
| 1 - 1000         | Fresh water    |
| 1000 - 10 000    | Brackish water |
| 10 000 - 100 000 | Saline water   |
| > 100 000        | B r i n e      |





# TOM (Total Organic Matter)

- TOM adalah jumlah unsur-unsur organik yang terkandung di dalam air.
- Contoh unsur organik antara lain :
  - $\text{NH}_4$ ,
  - $\text{NH}_3$ ,
  - senyawa-senyawa CH (hidrokarbon)
- Banyaknya TOM di dalam airtanah pada umumnya menunjukkan adanya kontaminasi mikroorganismenya



# Biologi Air

Kualitas biologis airtanah pada umumnya dinyatakan dengan seberapa besar kandungan BOD dan bakteri koli (coliforms) yang ada.



# Mikro-organisme yang terkandung di dalam air:

- Tumbuh-tumbuhan:  
Bakteri
- Hewan: Amuba



# BOD (Biochemical Oxygen Demand)

jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama berkembang-biak di dalam air dalam suatu waktu tertentu

- Mikro-organisme + unsur organik +  $O_2$  = mikro-organisme +  $CO_2$  + sisa-sisa unsur organik
- Jika BOD besar, berarti kandungan mikro-organisme di dalam air juga besar



# Bakteri Koli

- Satuan: MPN
- Standar Air Minum: Bakteri Koli= 0 MPN
- Dapat menyebabkan gangguan pencernaan
- Yang paling berbahaya: *Entamoeba coli*



*Entamoeba coli* seringkali disebarkan melalui kotoran manusia/hewan./ Oleh karena itu sering disebut: **koli tinja**

-Menyebabkan penyakit:

Desentri

Muntaber

Untuk mencegah:

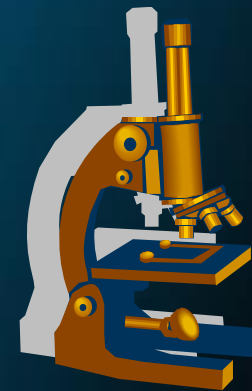
Beri kaporit

Rebus hingga mendidih, biarkan 3 menit



# Mendeteksi Entamoeba coli

- Metode Membran Filter
- Metode Multi Tabung



# Metode Multi Tabung

- Botol sampel dikocok agar mikroianya merata
- Inokulasikan 10 ml sampel ke dalam 5 tabung yang masing-masing berisi lebih- kurang 10 ml *isolat* (media/makanan bagi bakteri)
- Inkubasikan tabung-tabung tsb dlm T 35° - 37°C selama 24 jam
- Periksa tiap tabung akan kehadiran gas. Jika ada gas, kocok tabung tsb. Jika terlihat adanya buih/busa, berarti positif.
- Setelah didiamkan selama 24 jam, catat nomor tabung yang positif, pada sebuah tabel
- Terhadap tabung-tabung yang negatif dilakukan inkubasi lagi untuk 24 jam berikutnya, dan selanjutnya 48 jam.





# Percobaan multi tabung untuk mendeteksi bakteri koli



# Sampling Air

- Sampel airtanah dapat diambil dari sumur (sumur gali, sumur bor), dan mata air
- Sampel air permukaan diambil dari sumber air yang akan diteliti: sungai, danau, mata-air, dll



# Cara Sampling

- Pengambilan sampel tidak dilakukan di bagian permukaan, tidak pula diambil di bagian dasar
- Volume pengambilan sampel sebaiknya 2,5 liter, minimal 1 liter. Agar dapat digunakan untuk berbagai pengujian.
- Usakan untuk menempatkan sampel air pada botol/jerigen yang tidak tembus sinar, untuk menghindari terjadinya reaksi kimia, atau perkembangbiakan mikroorganisme.



# Cara Sampling

- Letakkan sampel yang telah diambil dan dikemas pada tempat yang teduh, tidak terkena sinar matahari secara langsung
- Selanjutnya simpan sampel pada container yang telah diberi es, atau simpan sampel tersebut di dalam freezer.
- Waktu pengujian sampel air tidak boleh lebih dari 24 jam sejak pengambilan sampel, kecuali jika sampel dapat disimpan di tempat dengan temperatur terjaga (lebih kecil atau sama dengan  $0^{\circ}$ )
- Khusus untuk pengujian bakteriologis, botol sampel yang digunakan harus steril (disterilkan lebih dulu)



# AIR, AIR, AIR



TERIMA KASIH  
ATAS PERHATIANNYA

