

# PENGELOLAAN SISTEM HIDROGEOLOGI

Sari Bahagiarti K.

UPN “Veteran” Yogyakarta

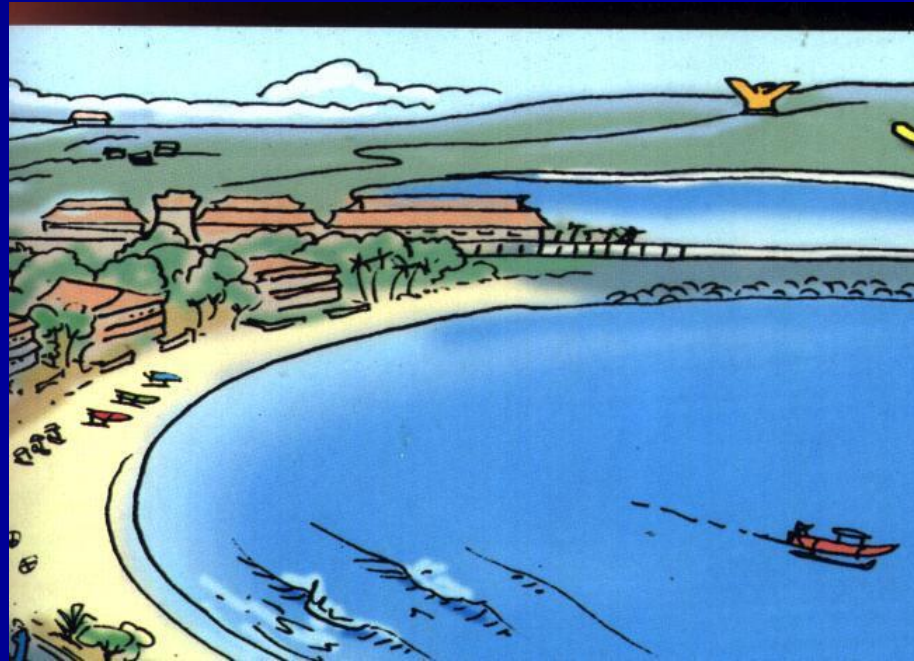
# HIDROGEOLOGI DAERAH PESISIR (COASTAL ZONE AREA)



Photo by Florida Division of Tourism

# Pesisir:

Wilayah di daratan dekat laut, yang dipengaruhi oleh proses-proses daratan dan laut



# LINGKUNGAN FISIK

- Morfologi landai hingga datar
- Batuan penyusun berupa pasir lepas



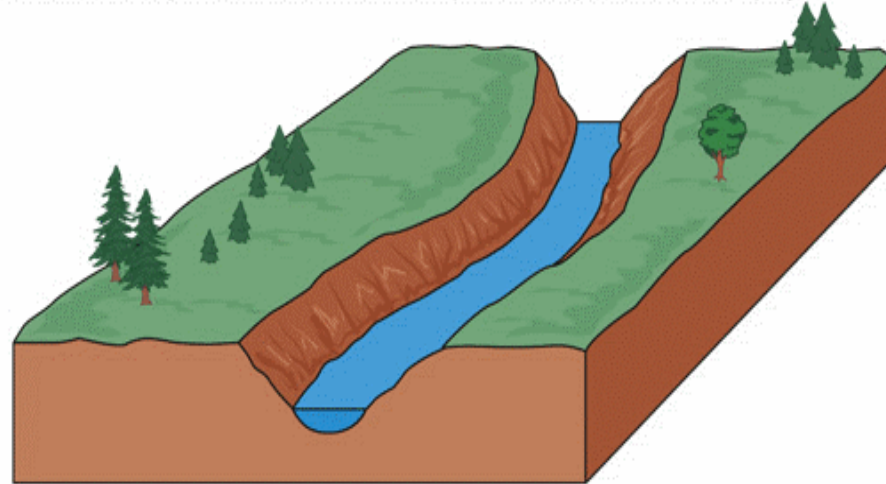
# SISTEM PENGERINGAN

Pengeringan di daerah pesisir pada umumnya didominasi oleh aliran permukaan, yang dicirikan dengan:

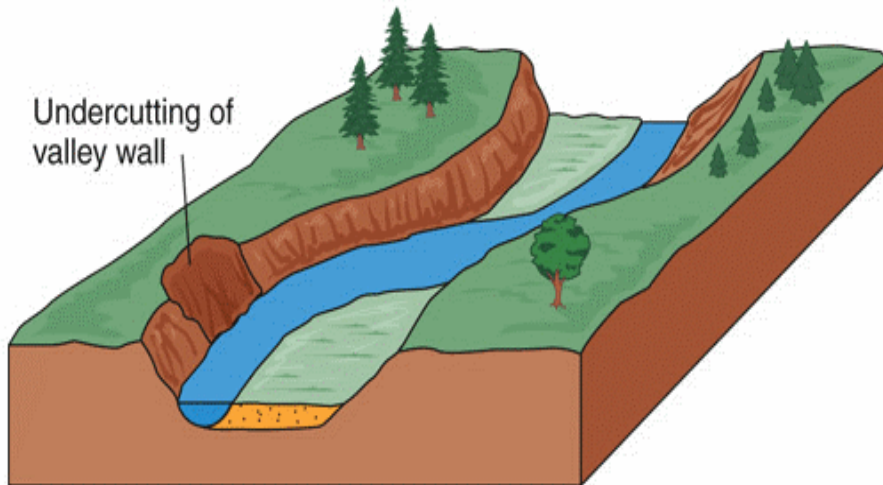
- Pola aliran teranyam, meandering
- Lembah sungai mempunyai penampang U lebar
- Stadium sungai pada umumnya tua

# Lateral Erosion membentuk meander

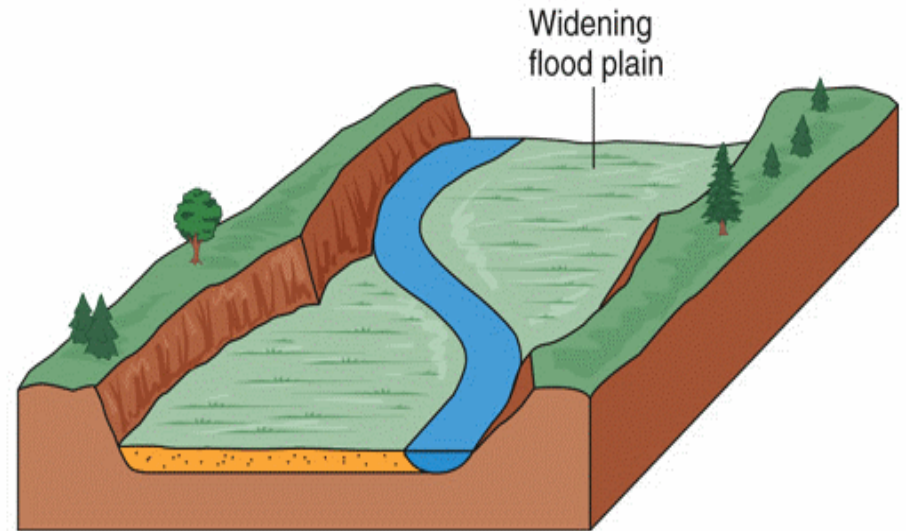
Copyright © McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



A



B

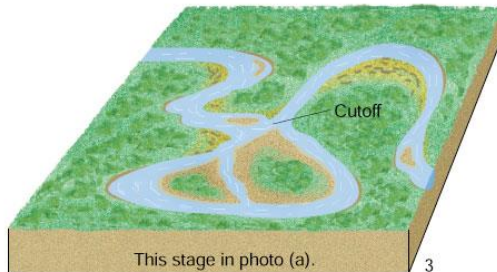
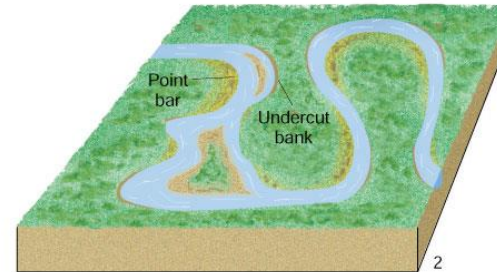
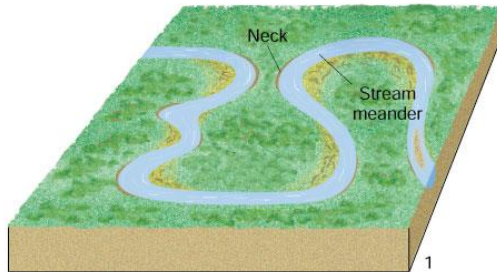


C

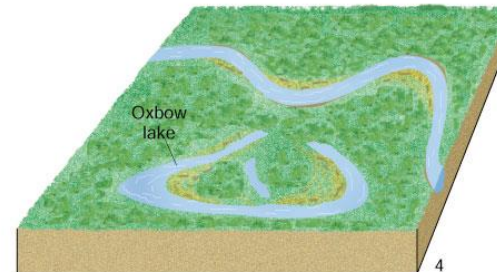
# Oxbow Lake Formation



(a)



This stage in photo (a).



(b)

# Pemanfaatan Oxbow Lake

- Untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitarnya, sebagai kawasan budidaya:

- Pertanian
- Perikanan
- Peternakan
- Pariwisata





# Braided Stream: Pola aliran teranyam



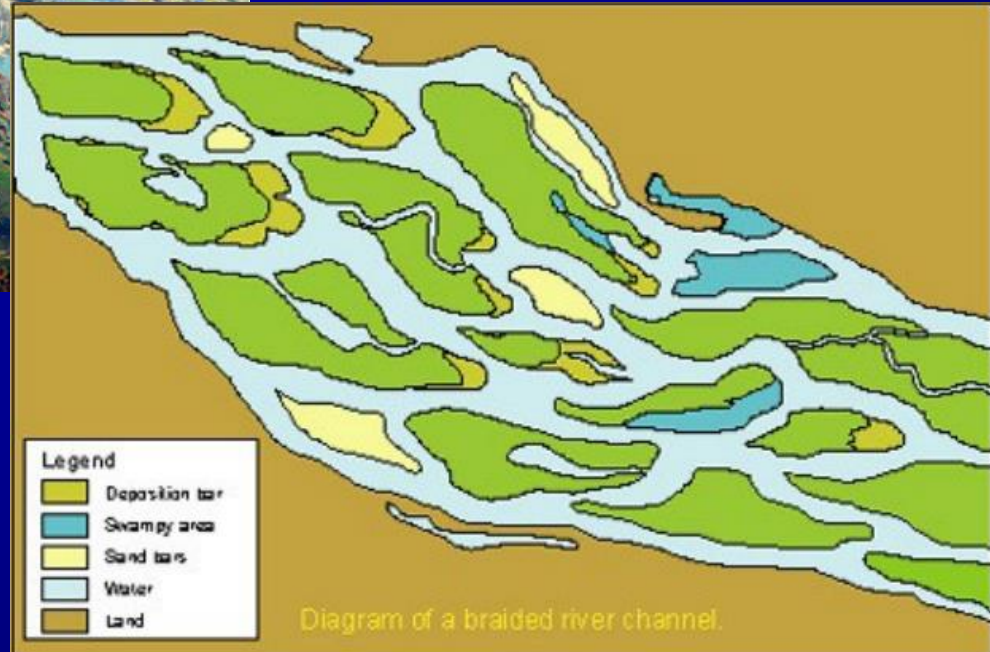
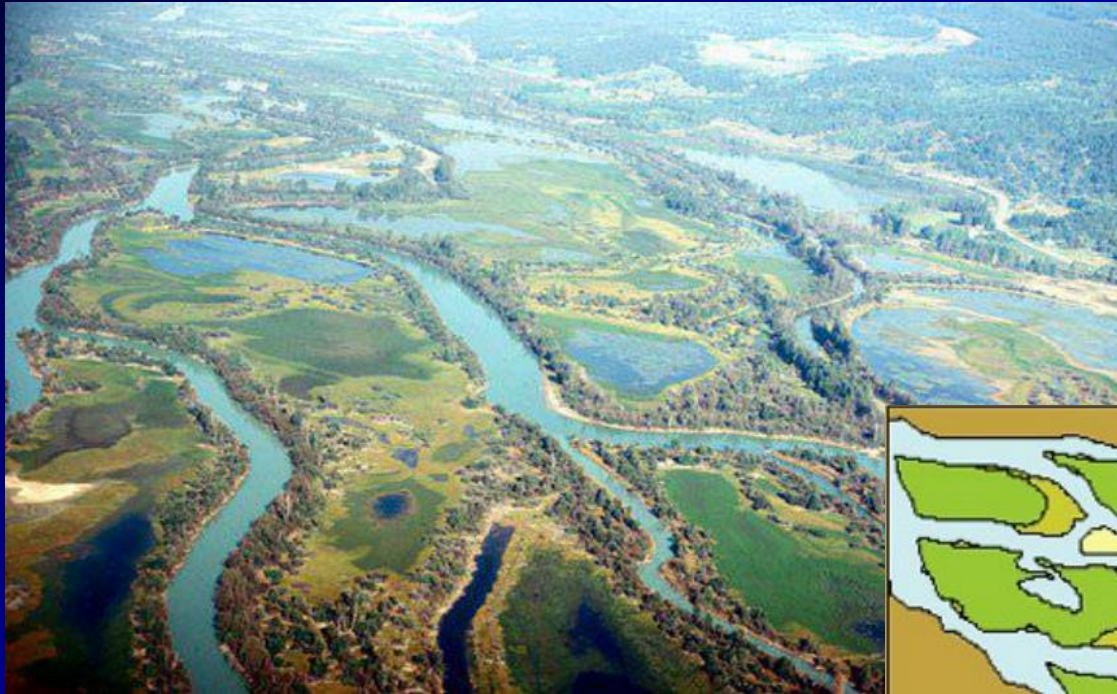
(b)

FIGURE 17.21

# Pola Aliran Teranyam

- Terbentuk pada bagian hilir sungai yang memiliki slope hampir datar – datar, alurnya luas dan dangkal. terbentuk karena adanya erosi yang berlebihan pada bagian hulu sungai sehingga terjadi pengendapan pada bagian alurnya dan membentuk endapan gosong tengah. Karena adanya endapan gosong tengah yang banyak, maka alirannya memberikan kesan teranyam. Keadaan ini disebut juga anastomosis (Fairbridge, 1968).

# Anastomosing River



# Pola Aliran Teranyam

- **Sungai Teranyam** (braided) umumnya terdapat pada daerah datar dengan energi arus alirannya lemah dan batuan di sekitarnya lunak.
- **Sungai-sungai** yang berada pada pola ini bercirikan debit air dan pengendapan sedimen tinggi.
- Karena pada pola ini banyak didapatkan aliran-aliran sungai, dengan lingkungan topografi yang datar, maka potensi terjadinya banjir adalah besar

# AKIFER PESISIR

- BATUAN PENYUSUN: Pasir lepas
  - Aluvial pantai
  - Aluvial sungai
  - Endapan delta



# KARAKTERISTIK AKIFER

- Batuan Penyusun: Pasir lepas
  - K, n, besar
  - Tipe Aliran: Diffuse flow
  - Hukum darcy dapat diterapkan
- Tipe: Akifer Bebas, Akifer Multilapis
- Muka Airtanah Bebas: Dangkal

# KUALITAS AIRTANAH

- FISIK: Warna, bau, rasa, kekeruhan, temperatur
- KIMIA: elemen-elemen mayor, minor, jejak
- BIOLOGI

KETIGA ASPEK KUALITAS AIRTANAH  
SANGAT DIPENGARUHI OLEH  
LINGKUNGAN

# HIDROKIMIA

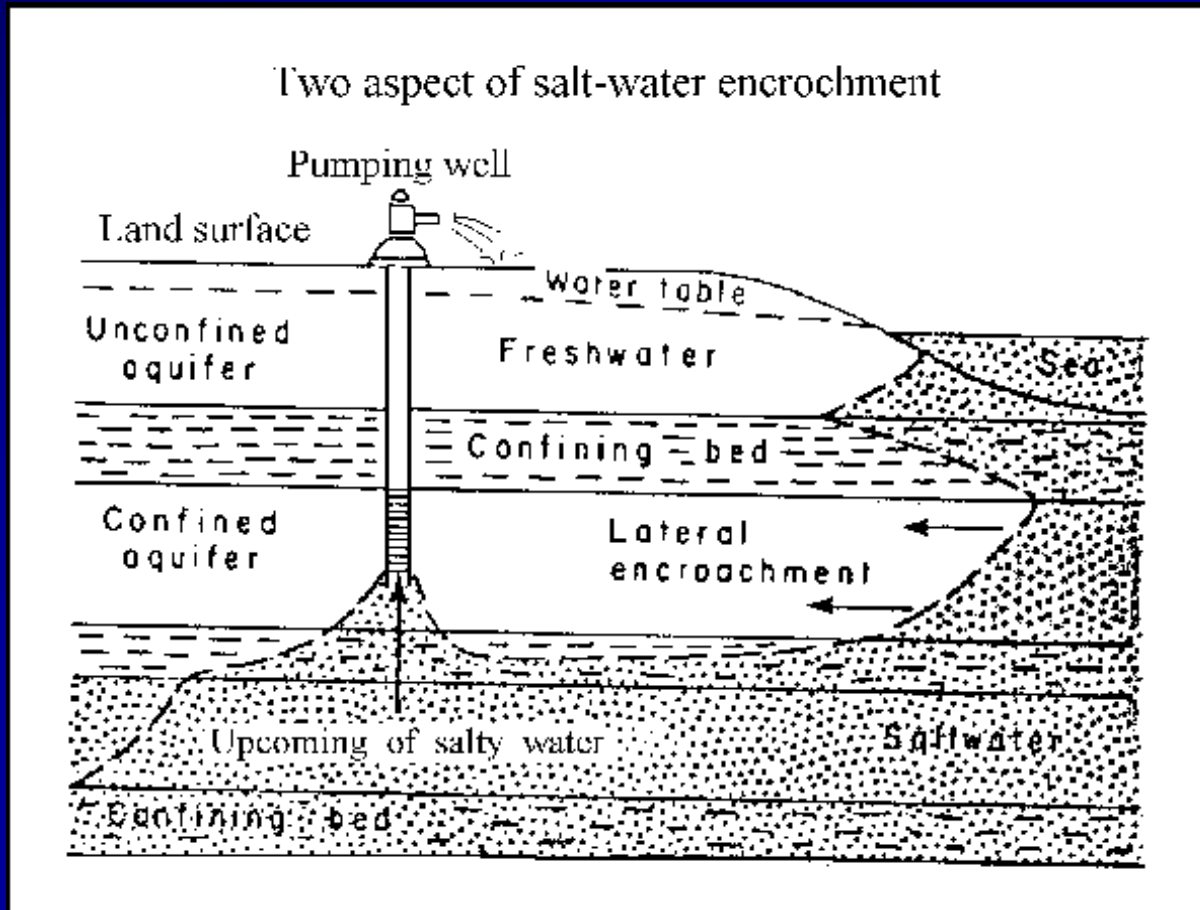
- DIPENGARUHI OLEH:
  - KOMPOSISI MINERAL BATUAN
  - AIR LAUT
  - AKTIVITAS MANUSIA

KATION: Ca, Mg, Na, K, Fe

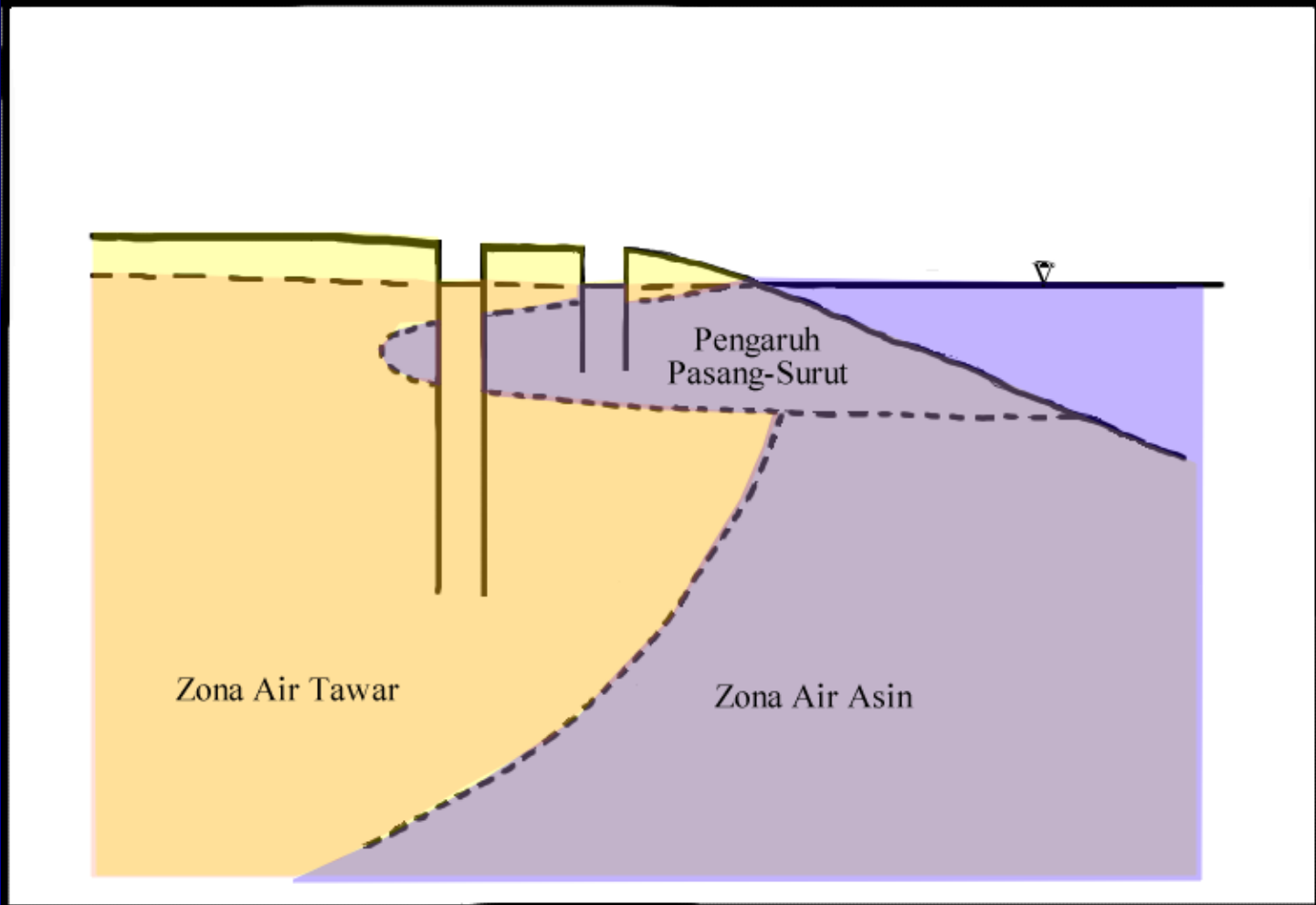
ANION: Cl, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>



# MODEL HIDROGEOLOGI KONSEPTUAL DAERAH PESISIR



# Pengaruh Pasang-surut dan Intrusi Air Laut



# POTENSI HIDROGEOLOGIS

- Untuk menentukan potensi hidrogeologi daerah pesisir, buat analisis SWOT
- **KEKUATAN:** Permeabilitas akifer cukup besar, muka airtanah tidak dalam, dll
- **KELEMAHAN:** Kualitas air kurang baik atau kurang memenuhi standar, dll
- **PELUANG:** Dapat dikembangkan untuk industri perikanan, pariwisata, dll
- **ANCAMAN:** Intrusi air laut, banjir rob, dll

# EKSPLORASI AIRTANAH

- PEMETAAN SEBARAN AKIFER
- PEMETAAN MUKA AIRTANAH
- PEMETAAN DISTRIBUSI KUALITAS
- UJI AKIFER, UJI SUMUR DENGAN PUMPING TEST

METODE: SURVEI LAPANGAN, GEOFISIKA,  
REMOTE SENSING

# PENGELOLAAN DAERAH PESISIR

- PERTAHANKAN KUANTITAS DAN KUALITAS DAERAH RESAPAN
- PERTAHANKAN PERMEABILITAS AKIFER
- MINIMALKAN dan PENGENDALIAN PENCEMARAN dari LIMBAH INDUSTRI dan RUMAH TANGGA
- PENGENDALIAN PENGAMBILAN AIR TANAH
- PEMBUATAN SUMUR RESAPAN dan/atau ARTIFICIAL RECHARGE LAINNYA
- DIDUKUNG KEBIJAKAN/PERATURAN yang DIIMPLEMENTASIKAN DG BAIK.

# ARTIFICIAL RECHARGE

- Recharge Basin (Cekungan Resapan)
- Recharge Well (Sumur Resapan)
- Injection Well (Sumur Injeksi)

# Kriteria dalam Kajian Airtanah di *Coastal Zone Area (Berlin Rules, 2004)*

- The criteria for assessing groundwater management are drawn from international guidelines that regulate the nonnavigational use of water that were adopted by the International Law Association (ILA) in 2004.
- Known as the Berlin Rules on Water Resources (ILA, 2004), these rules stipulate the relevant factors to be considered when determining equitable and reasonable use of water.

# 7 Kriteria dalam Berlin Rules

The seven criteria that were borne out of the Berlin Rules are:

1. Hydrogeologic and aquifer characteristics (i.e., attributes that influence that flow of water in the subsurface),
2. Socioeconomic demands and needs of a community,
3. The population dependent on groundwater resources in a given area,
4. The volume of groundwater available in an aquifer at a given time,
5. The availability of alternate water sources to develop,
6. Financial capability of communities to develop alternate water resources, and
7. Political motivation and support to develop alternate water resources



# BERLIN RULES

Code	Criterion
C1	Hydrogeologic/aquifer characteristics of the area of interest
C2	Socio-economic demands and needs of the community
C3	Population dependent on the groundwater resources
C4	Available groundwater volume to use for the population's demands and needs
C5	Availability of alternate water sources to develop for the population's demands and needs
C6	Financial resources to develop alternate water resources
C7	Political motivation and support to develop alternate water resources

- These criteria are particularly applicable to the study, as coastal zones have very specific policy challenges.
- Coastal regions face complex variations in aquifer characteristics (e.g., salt water intrusion) due to the land-sea interface; seasonal demands, needs and financial inputs; and coastal population clusters, often surrounded by rural communities, both of which require available and secure freshwater resources.
- In addition, global climate change will exacerbate a continual change to these dynamic, interacting systems.

# 10 Dimensions of Integrated Groundwater Management

(Hamilton et al. 2015)

- *1. Issues of concern*—explore the sociotechnical problem space and the interconnectedness of issues which can lead to “wicked” problems.
- *2. Governance setting*—explores the potential for intervention to influence a system and the need for scientific solutions to deliver the needs of decision makers.
- *3. Stakeholders*—are impacted by, have expertise in, or have responsibility in responding to problems.
- *4. ...*

# 10 Dimensions of Integrated Groundwater Management

(Hamilton et al. 2015)

- 4. *Human setting*—relates to the sociocultural context of the problem, be that political, social, economical, or organizational.
- 5. *Natural setting*—relates to the biophysical aspects of a problem, spanning from global drivers to local outcomes.
- 6. *Spatial scale*—recognizes cross-scale linkages and the inherent nested scales required in representing the scale of process and information across the problem domain.
- 7

- *7. Temporal scale*—distinguished from spatial scale by being intrinsically unidirectional.
- *8. Disciplines*—recognizing the diversity of knowledge and expertise needed in tackling problems within complex systems, and the need to merge these different perspectives.
- *9. Methods, models, other tools and data*—recognizing the plethora of approaches and data used in exploring integrated problems, and issues of compatibility and interoperability.
- *10. Uncertainty*—encompasses knowledge variability, linguistic, and decision-making uncertainty.

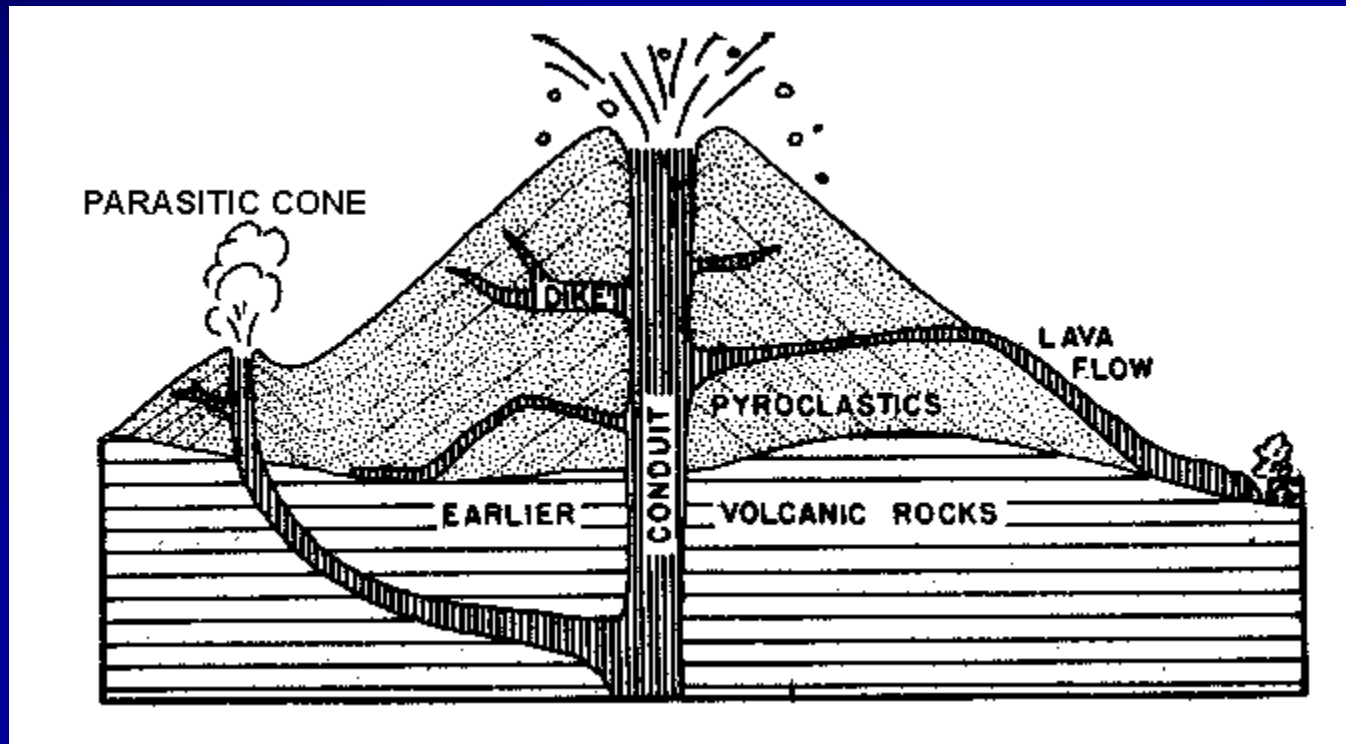
# HIDROGEOLOGI VULKANIK



# LINGKUNGAN FISIK

- Morfologi: lereng, perbukitan, dataran intramontana
- Batuan Penyusun: Merupakan produk kegiatan gunungapi:
  - Lava (Gunungapi tameng = Shield, kubah lava)
  - Piroklastik (Cinder Cone)
  - Campuran/composite  
(Gunungapi Strato)

# Bagian-bagian Gunungapi





- **TIPE ERUPSI:**

- Efusif: mengeluarkan lava
- Eksplosif: meledak, memuntahkan piroklastika
- Kombinasi



# AKIFER VULKANIK

- BATUAN PENYUSUN:
  - BERDASARKAN GENETIK:
    - PIROKLASTIK: Letusan, Aliran
    - LAVA
    - EPIKLASTIK: Endapan Lahar
    - Aluvial
    - Fluvial

# Endapan Aluvial



# AKIFER VULKANIK

- BERDASARKAN KOMPOSISI MINERAL:
  - BASALTIK (BASA:  $45\% < \text{SiO}_2 < 55\%$ )
  - ANDESITIK (INTERMEDIET:  $55\% < \text{SiO}_2 < 65\%$ )
  - GRANITIK (ASAM:  $\text{SiO}_2 > 65\%$ )

# Batuan Penyusun Akifer Vulkanik



Pasir Tufaan



Breksi, Aglomerat, Pasir

# KARAKTERISTIK AKIFER

- BILA PENYUSUN AKIFER MERUPAKAN PIROKLASTIK / EPIKLASTIK, Aluvial dan Fluvial:
  - K, n, besar
  - Diffuse flow
  - Hukum darcy dapat diterapkan

- **BILA PENYUSUN AKIFER MERUPAKAN LAVA VESIKULER:**

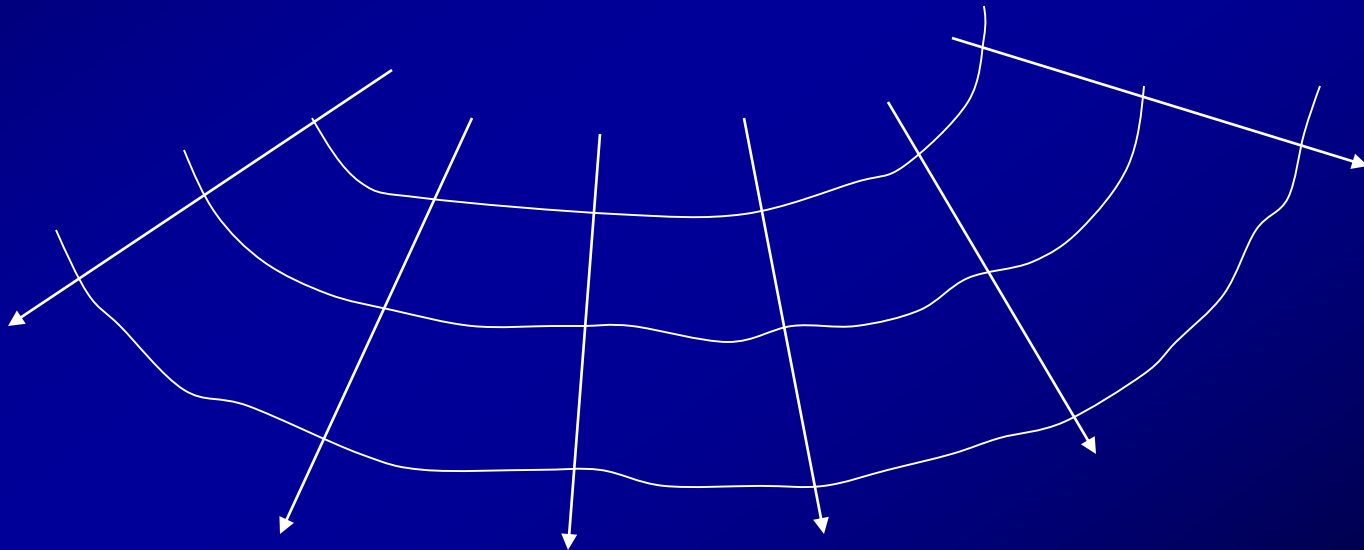
- K, n besar
- Diffuse flow
- Hukum Darcy berlaku

**BILA PENYUSUN AKIFER ADALAH LAVA YANG TDK VESIKULER: HARGA konduktivitas (K) & porositas (n) meningkat dlm kondisi lapuk.**

**BILA PELAPUKAN SANGAT LANJUT, HARGA K & n MENURUN KEMBALI**

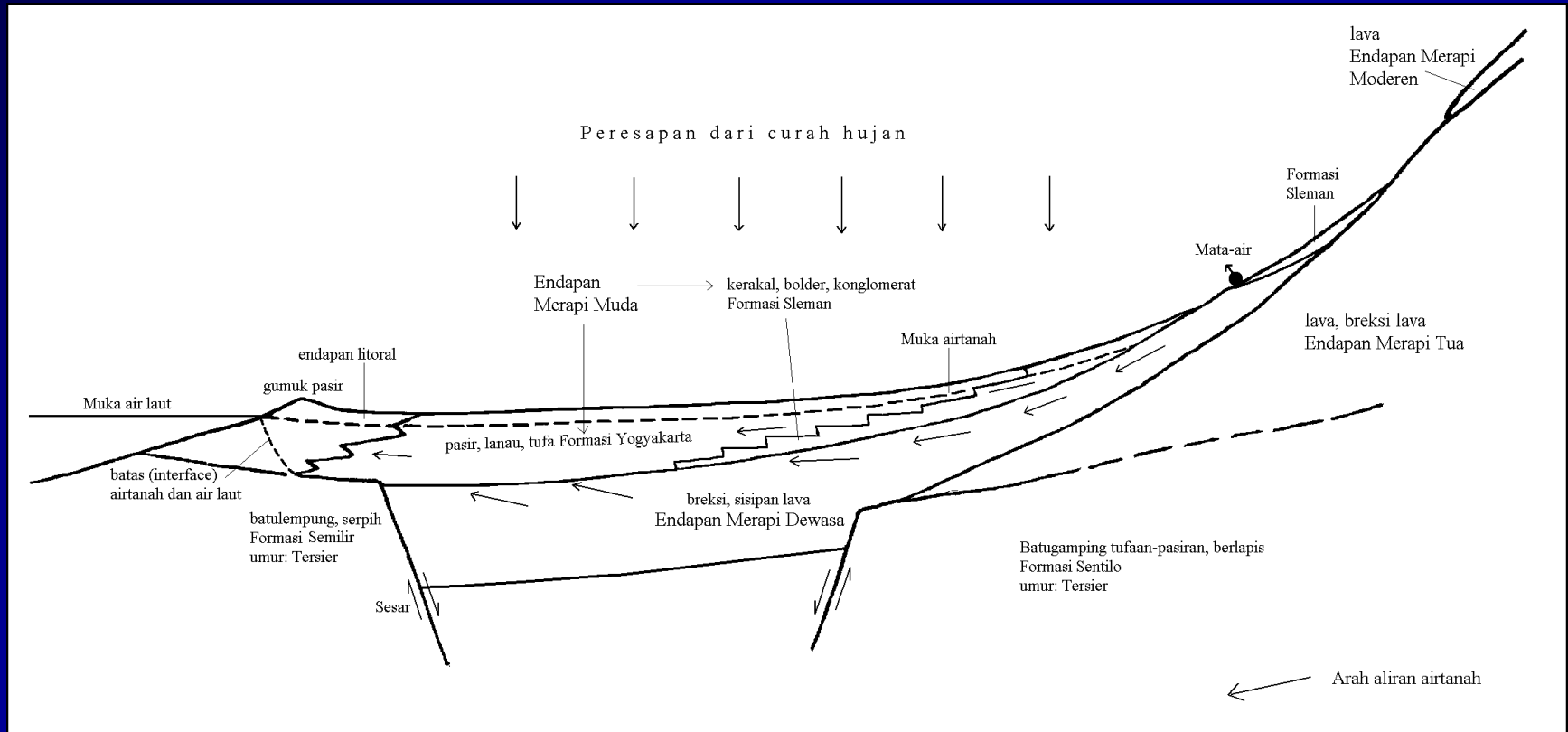
# FLOW NET

- Garis Ekuipotensial: Konsentrik
- Garis Aliran: Radial





# SISTEM HIDROGEOLOGI LERENG SELATAN MERAPI



# KUALITAS AIRTANAH

- FISIK
- KIMIA
- BIOLOGI

KETIGA ASPEK KUALITAS  
AIRTANAH SANGAT  
DIPENGARUHI OLEH  
LINGKUNGAN

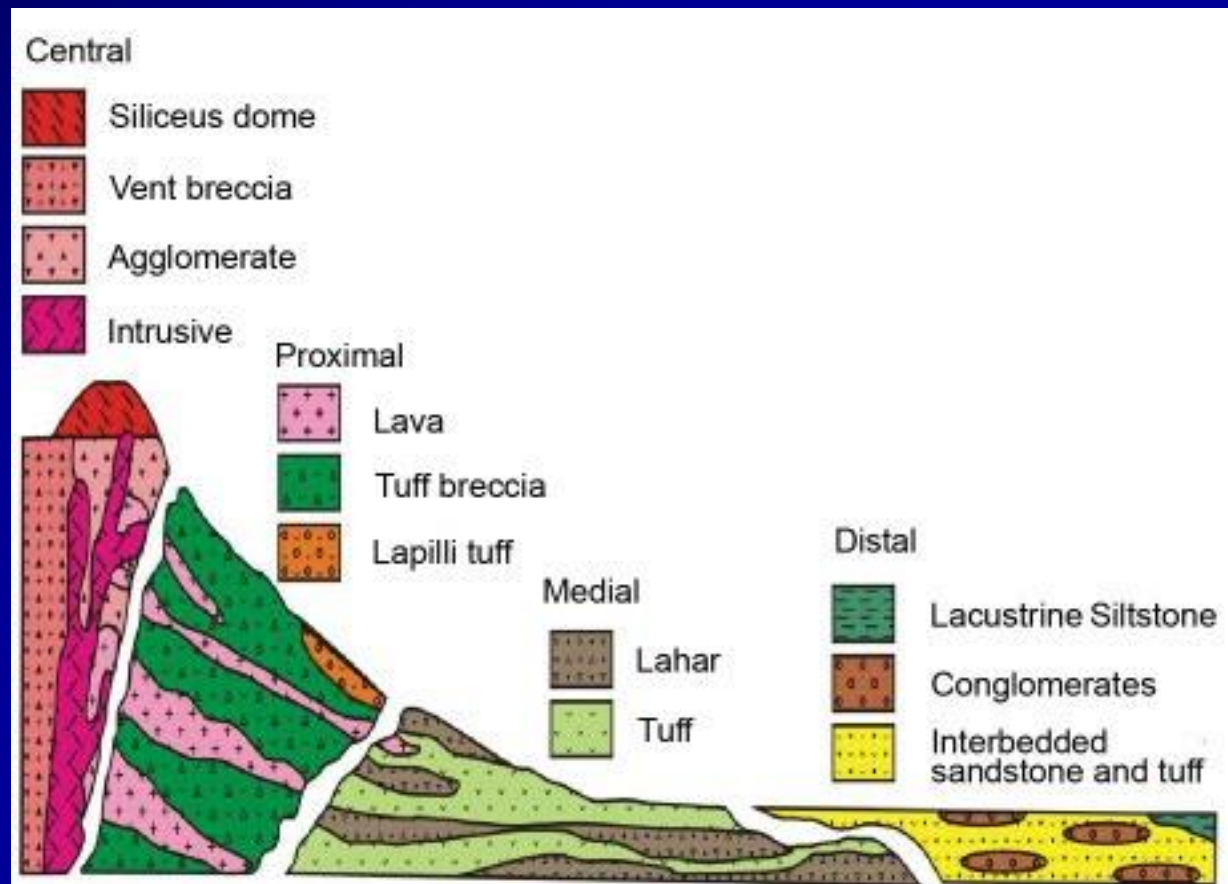
# HIDROKIMIA

- DIPENGARUHI OLEH KOMPOSISI MINERAL BATUAN
    - PLAGIOKLAS
    - K-FELSPAR
    - MINERAL MAFIK: OLIVIN, PIROKSEN, AMFIBOL, BIOTIT
- KATION: Ca, Mg, Na, K, Fe
- ANION: HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>

# POTENSI

- Buat Analisis SWOT
- **KEKUATAN:** Kualitas airtanah dan air permukaan secara umum baik untuk berbagai keperluan; Banyak didapatkan mata air
- **KELEMAHAN:** Muka airtanah pada umumnya relatif dalam, khususnya di daerah yang mendekati bagian proksimal gunungapi
- **PELUANG:** Untuk industri air kemasan, industri perikanan, industri peternakan, pariwisata
- **ANCAMAN:** Bahaya aktivitas vulkanik (?)

# Fasies Gunungapi



# EKSPLORASI AIR TANAH

- PEMETAAN SEBARAN AKIFER
- PEMETAAN MUKA AIR TANAH
- PEMETAAN DISTRIBUSI KUALITAS
- UJI AKIFER, UJI SUMUR DENGAN PUMPING TEST

METODE: SURVEI LAPANGAN, GEOFISIKA,  
REMOTE SENSING

# PENGELOLAAN DAERAH VULKANIK

- PERTAHANKAN KUANTITAS DAN KUALITAS DAERAH RESAPAN
- PERTAHANKAN PERMEABILITAS AKIFER
- MINIMALKAN DAN KENDALIKAN PENCEMARAN DI DAERAH RESAPAN
- PENGENDALIAN PENGAMBILAN AIR TANAH DI DAERAH LUAHAN 1. Mengendalikan pengambilan air tanah dalam, karena muka air tanah dangkal akan terpengaruh
- PEMBUATAN SUMUR RESAPAN DI DAERAH LUAHAN
- DIDUKUNG KEBIJAKAN/PERATURAN DAN IMPLEMENTASI SECARA BAIK SERTA KONSEKUEN

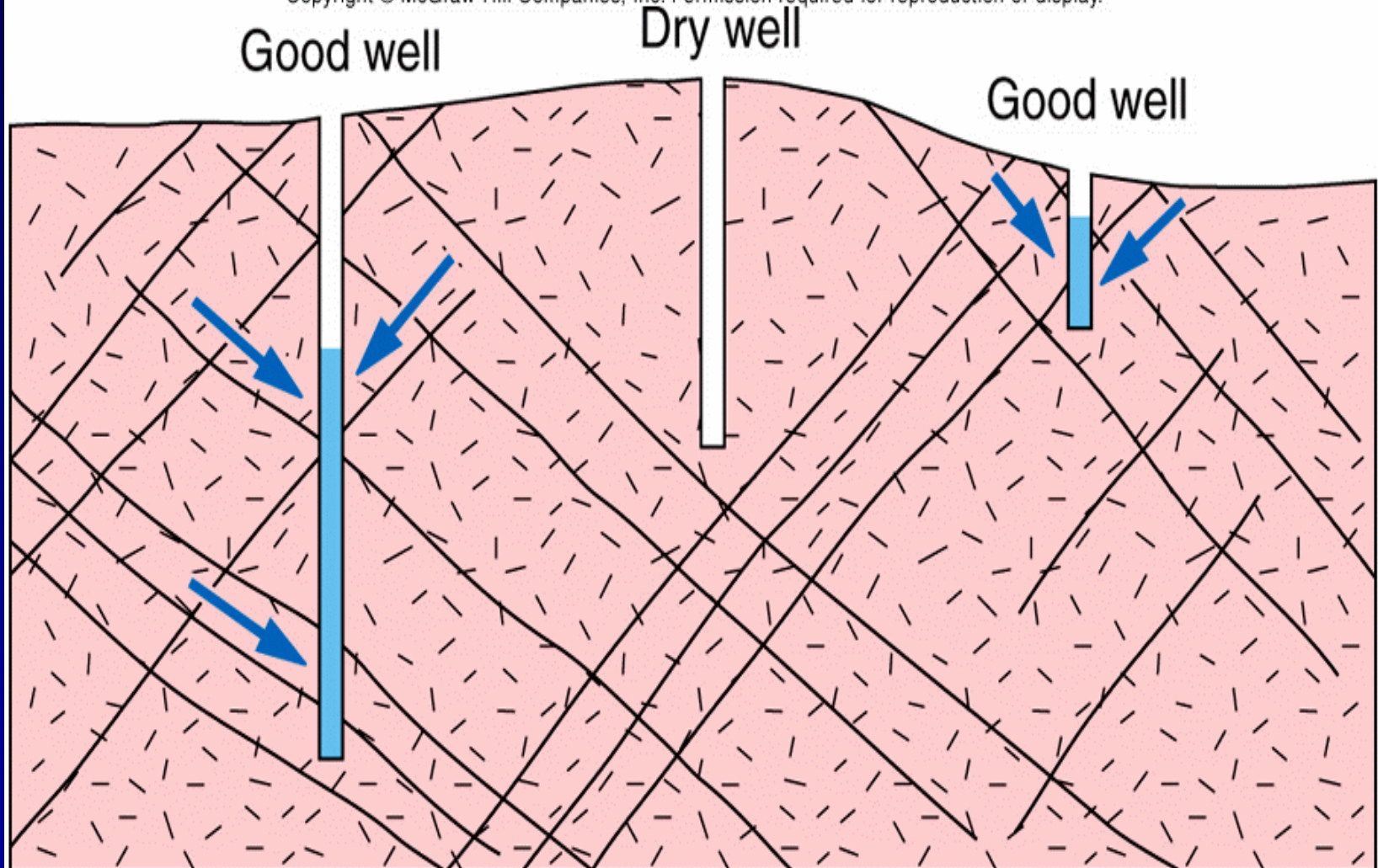
# Hidrogeologi di daerah vulkanik yang sudah tdk aktif

- Tidak dipengaruhi oleh kegiatan magmatik, karena gunungapi sudah tidak aktif lagi
- Batuan yang segar biasanya membentuk akifer celah, sedangkan soil hasil pelapukan akan membentuk akifer intergranuler
- Banyak dijumpai mata-air celah
- Pada akifer celah, hukum Darcy tidak valid untuk diterapkan



# Sistem Hidrogeologi Vulkanik Tua: Rekahan

Copyright © McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



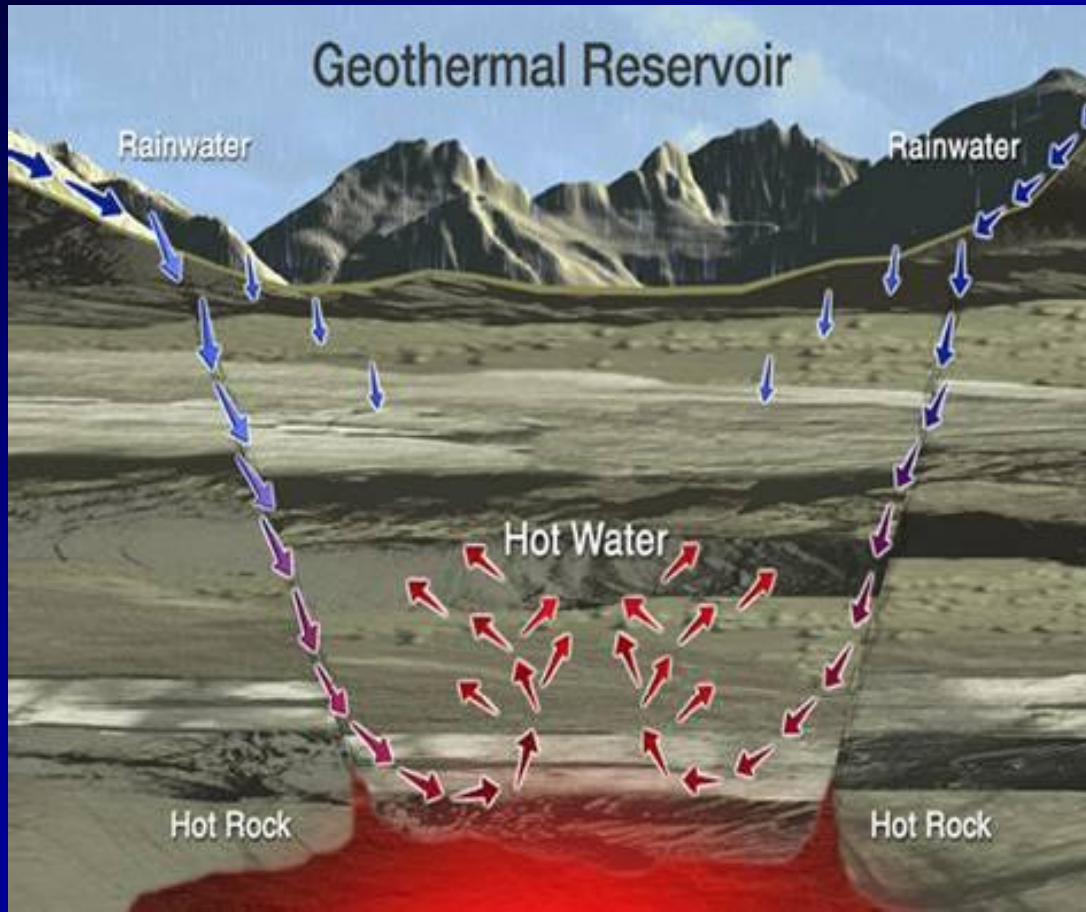
# Mata Air Celah di Daerah Vulkanik yang sudah tdk aktif



# Hidrogeologi di daerah post volcanism

- Sudah tidak terdapat aktivitas vulkanisme: erupsi
- Magma dalam proses membeku
- Sistem celah pada batuan vulkanik berpotensi membentuk sistem sistem panas bumi
- Banyak dijumpai mata-air panas, fumarola, geyser
- Pada akifer celah, hukum Darcy tidak valid untuk diterapkan

# Sistem Hidrogeologi Post Volcanic



# PENGELOLAAN

- Pengelolaan daerah sistem panasbumi perlu dilakukan secara terpadu, agar lebih efisien dan efektif.
- Penyediaan infrastruktur di kawasan daerah sistem panas bumi yang berupa jalan bagi kendaraan roda empat serta bangunan yang dibutuhkan untuk pengembangan pariwisata.
- Penataan dan pembenahan obyek wisata vulkanik dan hutan dengan melakukan penghijauan, sekaligus untuk menjaga ketersediaan air dengan melestarikan hutan.

# PENGELOLAAN

- Pembangunan pembangkit listrik energi panas bumi yang juga dikemas untuk tujuan wisata
- Pembangunan lokasi sentra hasil bumi yang transportasinya mudah dijangkau oleh petani.
- Pembenahan sarana transportasi air yang juga dapat digunakan untuk wisata pembenahan sarana transportasi darat
- Pembangunan tempat-tempat peristirahatan (vila, hotel, home stay, dll.) yang memadai.
- Penyediaan tempat-tempat pemandian air panas dan spa

# PENGGELOLAAN

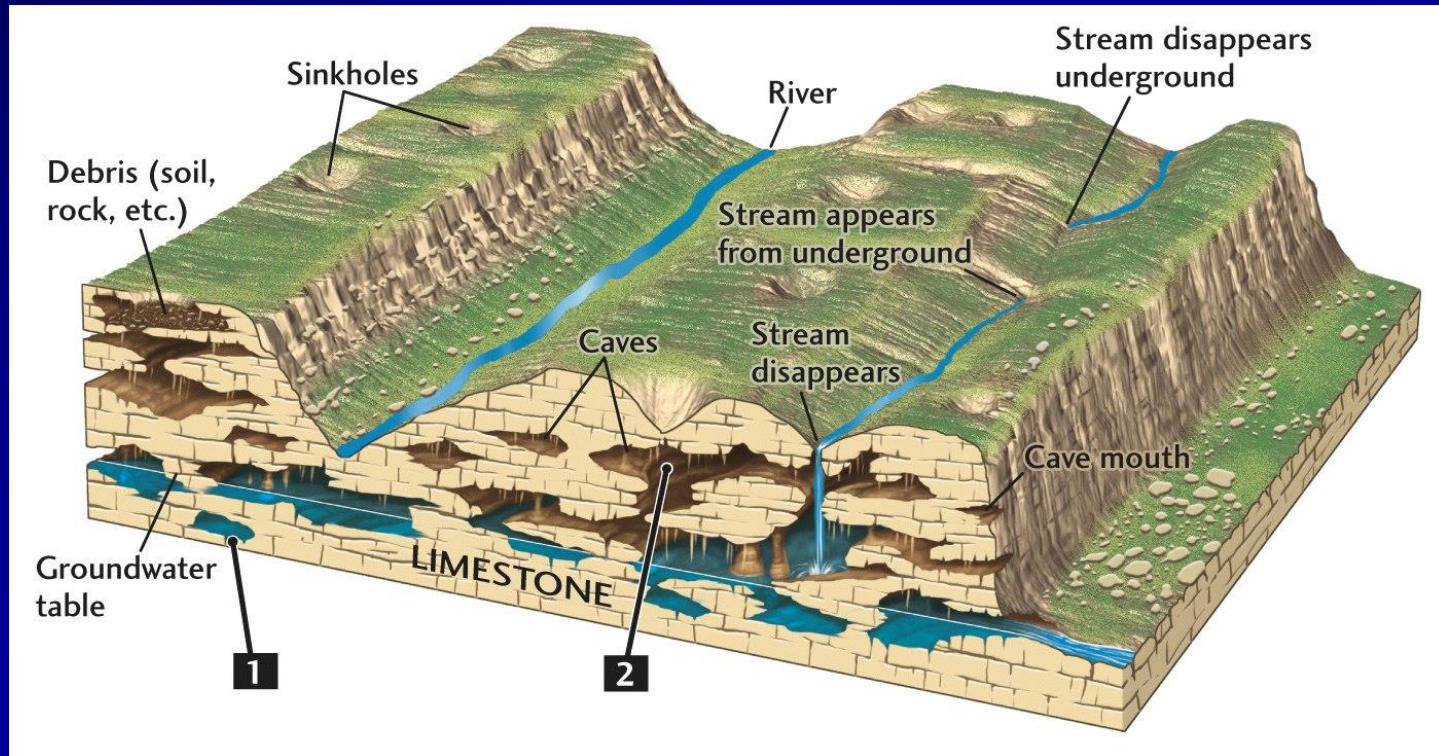
- Mengembangkan budaya tanaman rumah kaca terutama yang dekat dengan lokasi sentra pengeringan, supaya dalam menyediakan panas tidak terkendala dengan jarak yang jauh.
- Penyelenggaraan festival budaya tahunan
- Penyebarluasan informasi wisata sebagai sarana promosi bagi calon wisatawan baik domestik maupun asing

# Pengelolaan dan Pengembangan Daerah Panasbumi





# HIDROGEOLOGI KARST



# Karst Groundwater Management

- Water resources management schemes generally imply the availability of a spectrum of various sources of water with a variability of quantity and quality in space and time, and the availability and suitability of storage facilities to cover various demands of water consumers on quantity and quality.
- Aquifers are generally regarded as suitable reservoirs since large volumes of water can be stored in the subsurface, water is protected from contamination and evaporation and the underground passage assists in the removal of at least some groundwater contaminants.

# Karst Groundwater Management

- Favorable aquifer properties include high vertical hydraulic conductivities for infiltration, large storage coefficients and not too large hydraulic gradients / conductivities. The latter factors determine the degree of discharge, i.e. loss of groundwater.
- Considering the above criteria, fractured and karstified aquifers appear to not really fulfill the respective conditions for storage reservoirs.
- Although infiltration capacity is relatively high, due to low storativity and high hydraulic conductivities, the small quantity of water stored is rapidly discharged.

# Karst Groundwater Management

- However, for a number of specific conditions, even karst aquifers are suitable for groundwater management schemes.
- They can be subdivided into active and passive management strategies. Active management options include strategies such as overpumping, i.e. the depletion of the karst water resources below the spring outflow level, the construction of subsurface dams to prevent rapid discharge.
- Passive management options include the optimal use of the discharging groundwater under natural discharge conditions.

# Karst Groundwater Management

- System models that include the superposition of the effect of the different compartments soil zone, epikarst, vadose and phreatic zone assist in the optimal usage of the available groundwater resources, while taking into account the different water reservoirs.
- The elaboration and implementation of groundwater protection schemes employing well established vulnerability assessment techniques ascertain the respective groundwater quality.

- A systematic overview should be provided on karst groundwater management schemes illustrating the specific conditions allowing active or passive management in the first place as well as the employment of various types of adapted models for the design of the different management schemes.

# Karst Water Management

- Examples are provided from karst systems in Israel/Palestine, where a large 4000sqkm basin is being managed as a whole, the South of France, where the Lez groundwater development scheme illustrates the optimal use of overpumping from the conduit system, providing additional water for the City of Montpellier during dry summers and at the same time increasing recharge and assisting in the mitigation of flooding during high winter discharge conditions.

- Overpumping could be an option in many Mediterranean karst catchments since karst conduit development occurred well below today's spring discharge level.
- Other examples include the construction of subsurface dams for hydropower generation in the Dinaric karst and reduction of discharge. Problems of leakage and general feasibility are discussed.



# Safe Yield

- Dalam pengelolaan airtanah, *safe yield* adalah tingkat di mana airtanah dapat diekstraksi dari akuifer tanpa menyebabkan efek samping yang tidak diinginkan (Dottridge dan Jaber, 1999; Heath dan Spruill, 2003).
- Definisi tradisional dari *safe yield* diasumsikan bahwa laju pemompaan sama dengan total imbuhan (*recharge*). Nian-Feng et al. (2001) mengasumsikan bahwa *safe yield* adalah 50% dari total pengisian/imbuhan (*recharge*) alami air tanah.

# Latihan: Perhitungan Safe Yield

- Akuifer tertekan memiliki luas areal 25 km<sup>2</sup> dan ketebalannya 12,6 m. Konduktivitas hidrolis akuifer dan koefisien infiltrasi masing-masing adalah  $3,2 \times 10^{-1}$  dan  $2,8 \times 10^{-3}$  m / menit. Pemantauan sumur pengamatan selama beberapa tahun mengindikasikan perubahan level piezometrik antara 27 dan 24 m. Laju aliran lateral karena infiltrasi dari jarak jauh adalah 1,5 m<sup>3</sup>/det. Dalam keadaan seperti ini,
  - Berapakah akuifer safe yield?
  - Jika kapasitas setiap sumur pompa adalah 5 l/det, berapa jumlah sumur diperlukan untuk “safe exploitation”?

SEKIAN

TERIMA KASIH

