

Hidrogeologi dan Bencana Longsor & Banjir

Sari Bahagiarti K.

UPN “Veteran” Yogyakarta



Hidrogeologi mempunyai peran penting pada:

- Slope Stability
- Banjir

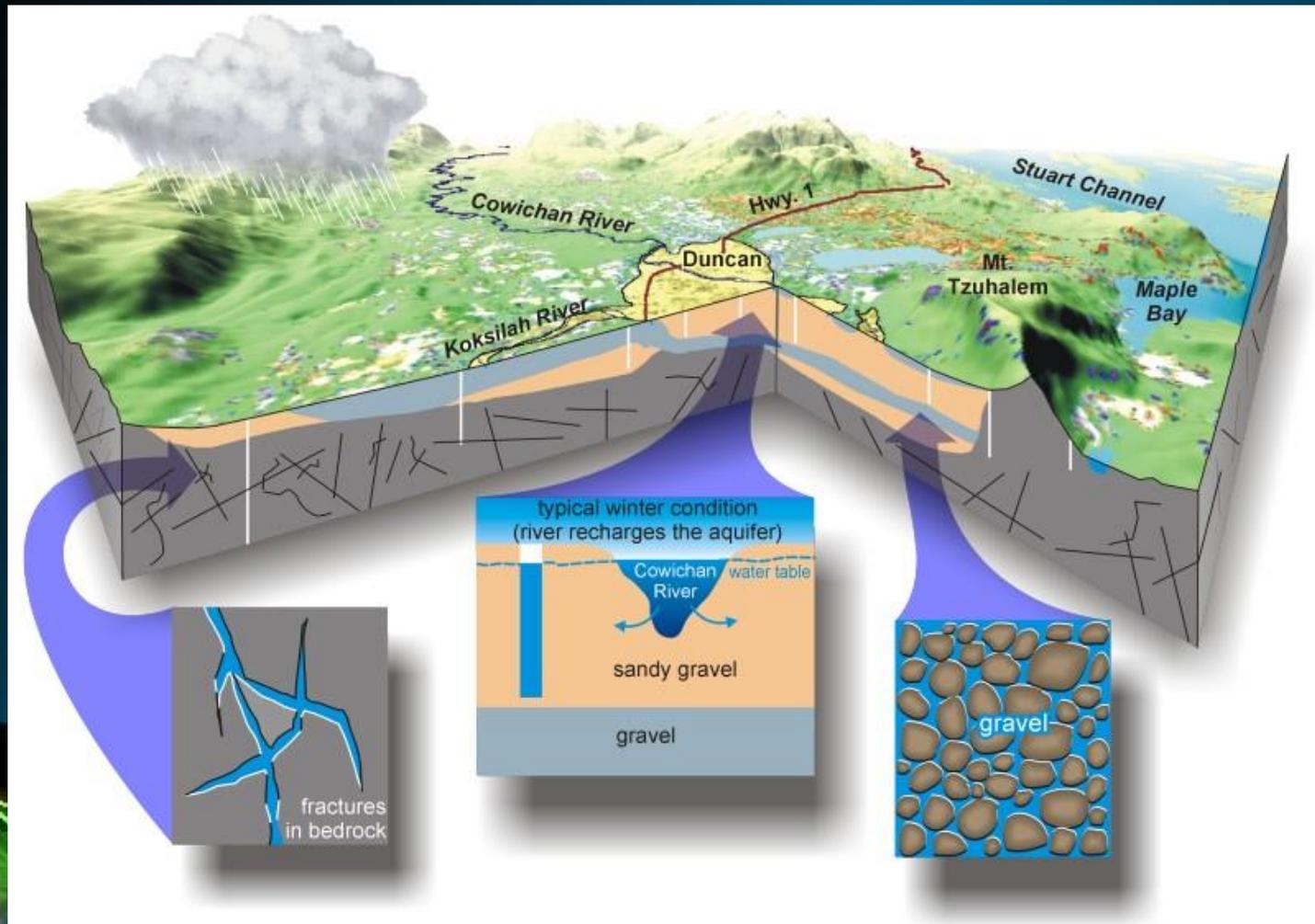


Peran Airtanah dalam kejadian longsor

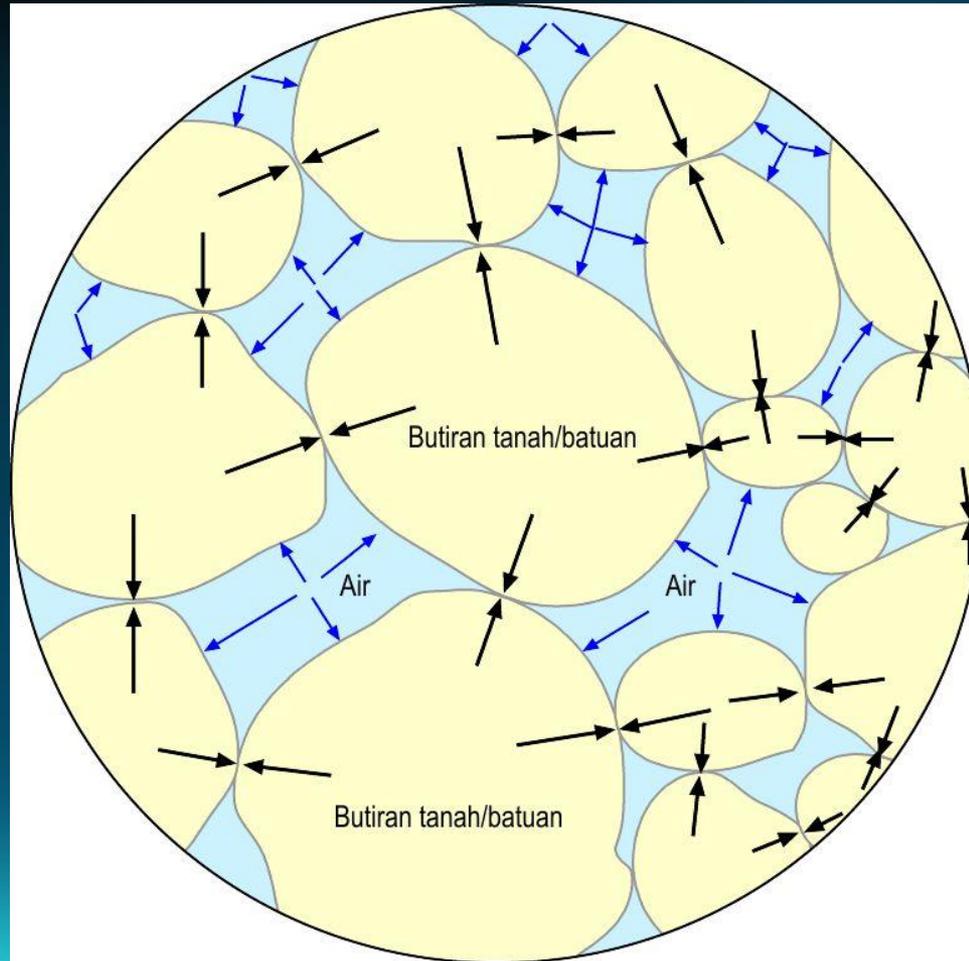
- Tekanan Air (*Water Pressure*): air yang berada di dalam pori-pori atau celah-celah batuan mempunyai tekanan yang arahnya ke segala arah
- Adanya tekanan air pada pori-pori batuan (pore water pressure) mengakibatkan kekuatan geser tanah/batuan berkurang



Pore Water Pressure in Rocks

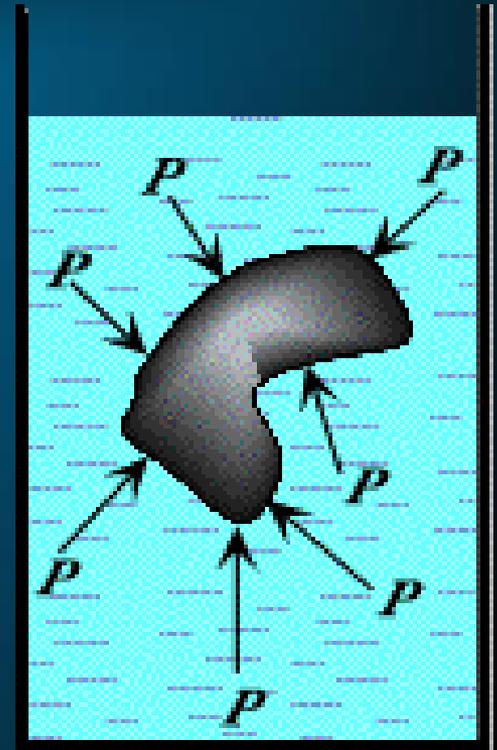


Pore Water Pressure in Rocks

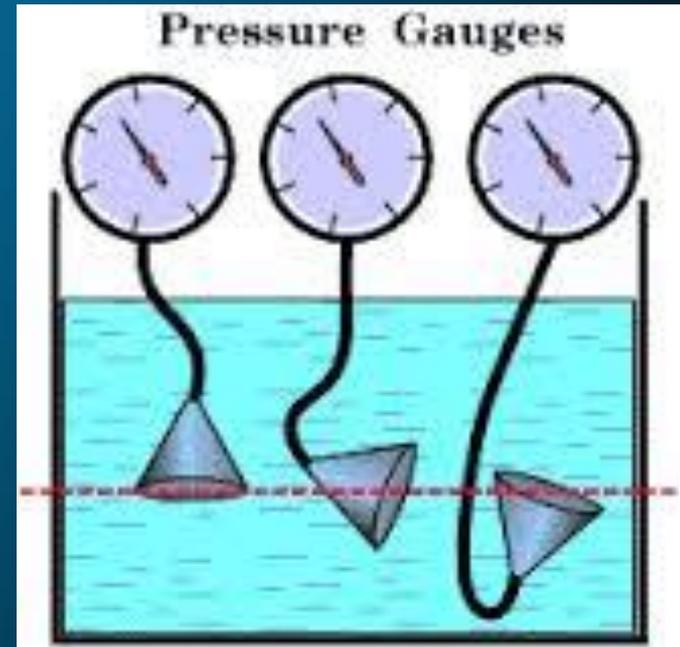
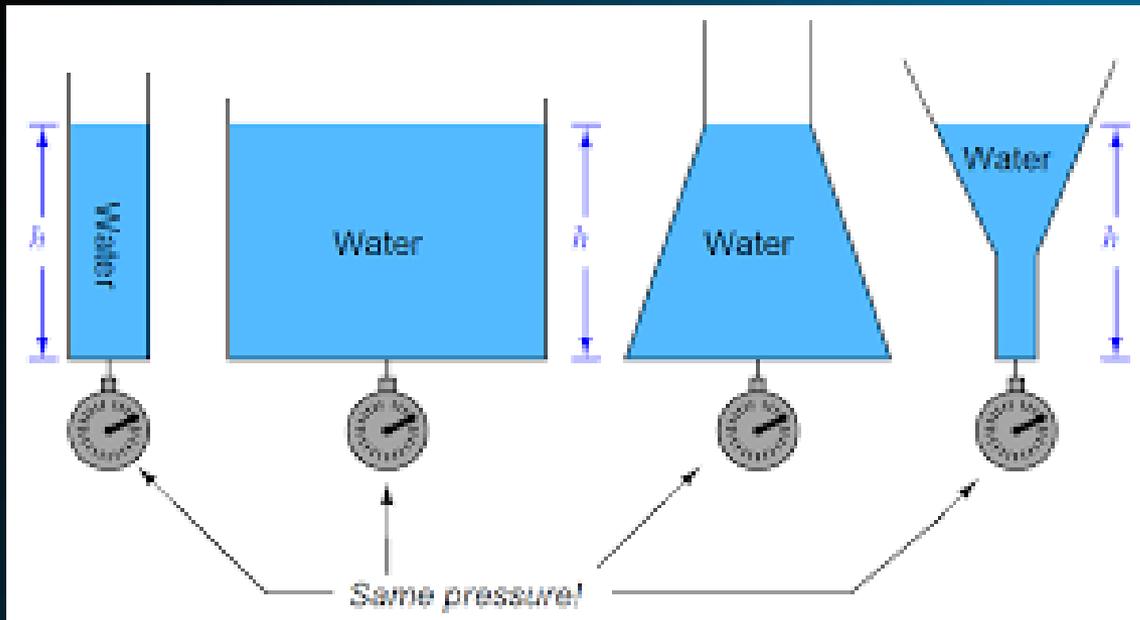


Hydrostatic Pressure

- Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang ditimbulkan oleh air dalam kondisi diam (statik) terhadap suatu benda yang berada di dalamnya
- Besar tekanan adalah sama ke segala arah.



Hydrostatic Pressure



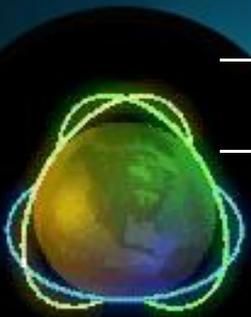
Peran Hidrogeologi pada Stabilitas Lereng

- Keberadaan airtanah di dalam batuaan penyusun lereng akan mengurangi kuat geser batuan tersebut
- Terdapatnya air permukaan di atas lereng akan menambah gaya berat lereng, sehingga besarnya gaya penggerak akan meningkat.

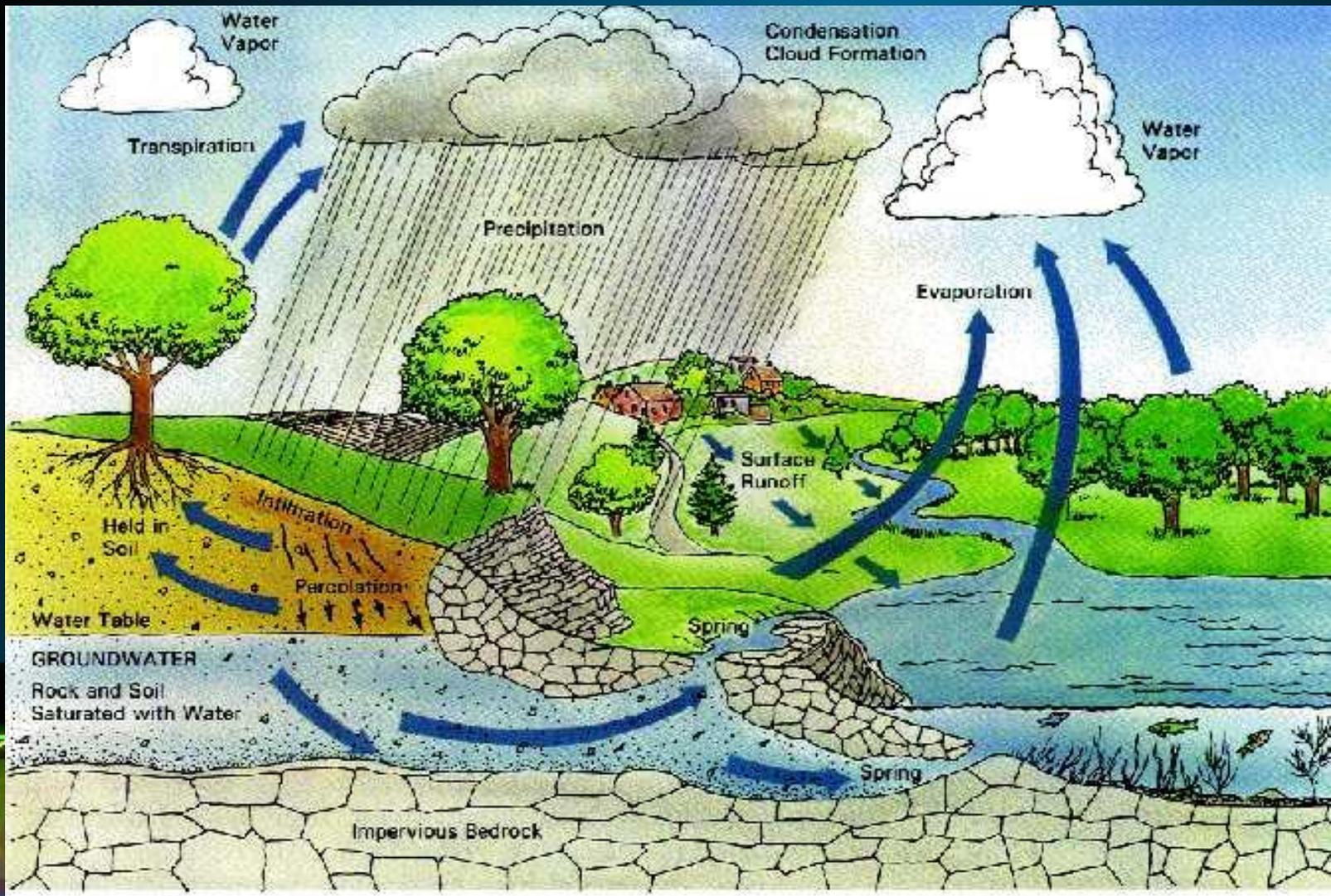


Proses hidrogeologi yang berperan dalam memicu kejadian longsor:

- Infiltrasi: masuknya air meteorik ke bawah permukaan, sehingga mengakibatkan tanah/batuan menjadi jenuh air
- Perkolasi: pergerakan air di bawah permukaan baik secara vertikal maupun lateral
- Laju infiltrasi dan perkolasi ditentukan oleh:
 - Porositas (n)
 - Konduktivitas Hidrolika (K)



Infiltrasi dan Perkolasi

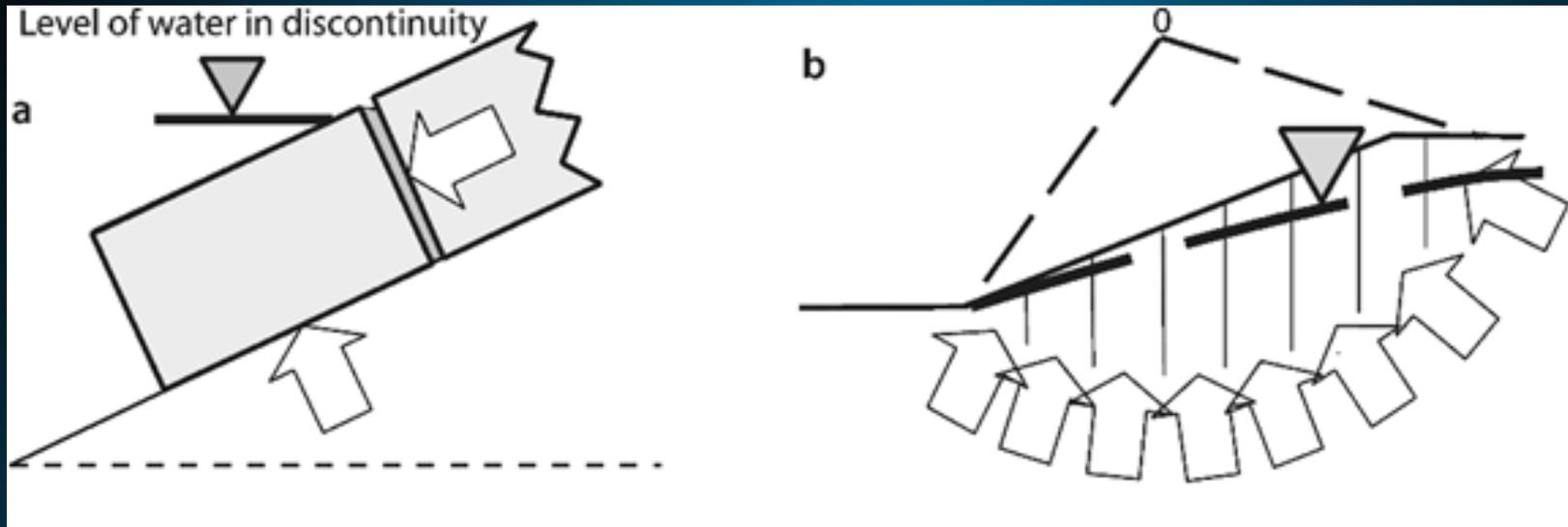


Faktor-faktor geologi yang mempengaruhi infiltrasi dan perkolasi:

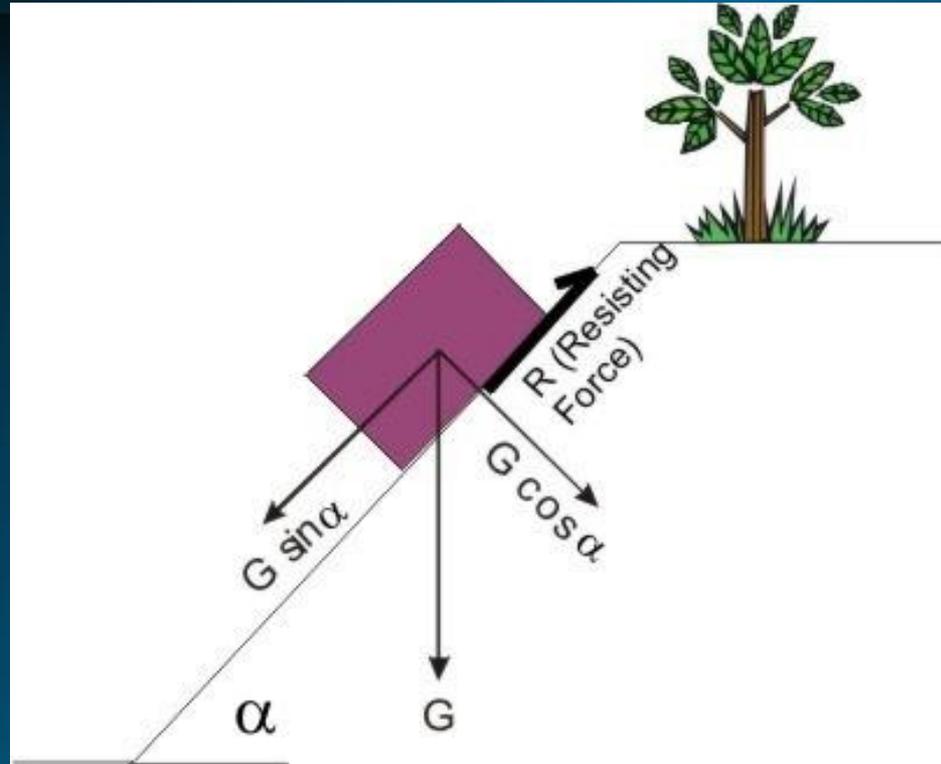
- Jenis Batuan:
 - Sifat Fisik: kekerasan, kekompakan, ukuran butiran, tekstur batuan
- Struktur Geologi:
 - Kekar
 - Sesar
 - Bidang-bidang perlapisan, foliasi (pada batuan metamorf), belah (pada serpih, batusabak)



Tekanan air pada kestabilan lereng



Stress Distribution in Slope



$G \sin \alpha =$ Driving Force (Gaya Penggerak)

Resisting Force (Gaya Penahan) $= G \cos \alpha \cdot \tan \phi$

$\phi =$ friction angle



Dalam Analisis Stabilitas Lereng

- Harus diperhatikan dan diperhitungkan:
 - Tekanan air pori yang searah dengan kemiringan bidang gelincir, karena akan **menambah gaya penggerak**
 - Tekanan air pori yang tegak lurus terhadap bidang gelincir, karena akan **mengurangi kekuatan geser tanah/batuan**



Peran Hidrogeologis pada Faktor Keamanan Lereng

- Upaya penting dalam analisis stabilitas lereng adalah menentukan factor Keamanan Lereng
- Penentuan Faktor Keamanan Lereng dapat dilakukan menggunakan:
 - Metode Analitik
 - Metode Grafik



Kapan suatu lereng longsor?

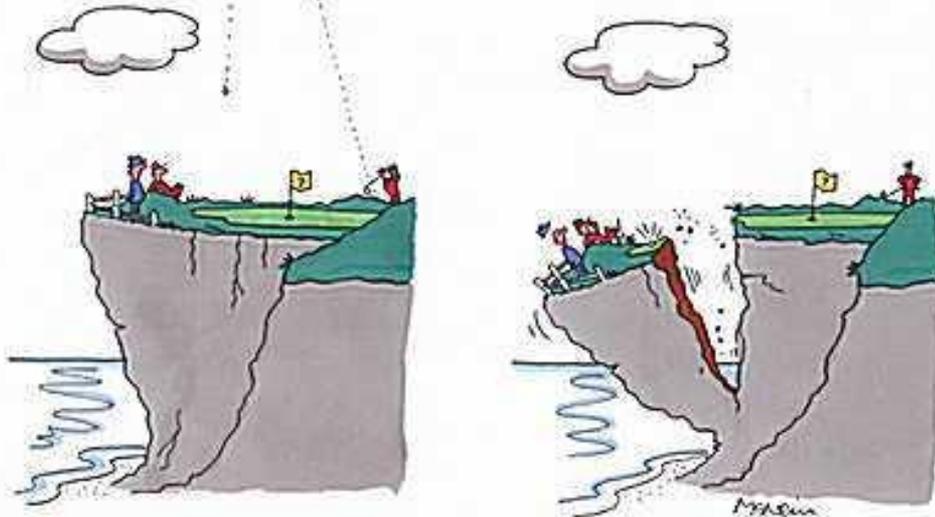
- **Stable:**
Driving Force $<$ Resisting Force
- **Critical:**
Driving Force = Resisting Force
- **Fail:**
Driving Force $>$ Resisting Force



FACTOR OF SAFETY

$$FS = \frac{F \text{ (Resisting Force)}}{S \text{ (Driving Force)}}$$

© Original Artist
Reproduction rights obtainable from
www.CartoonStock.com

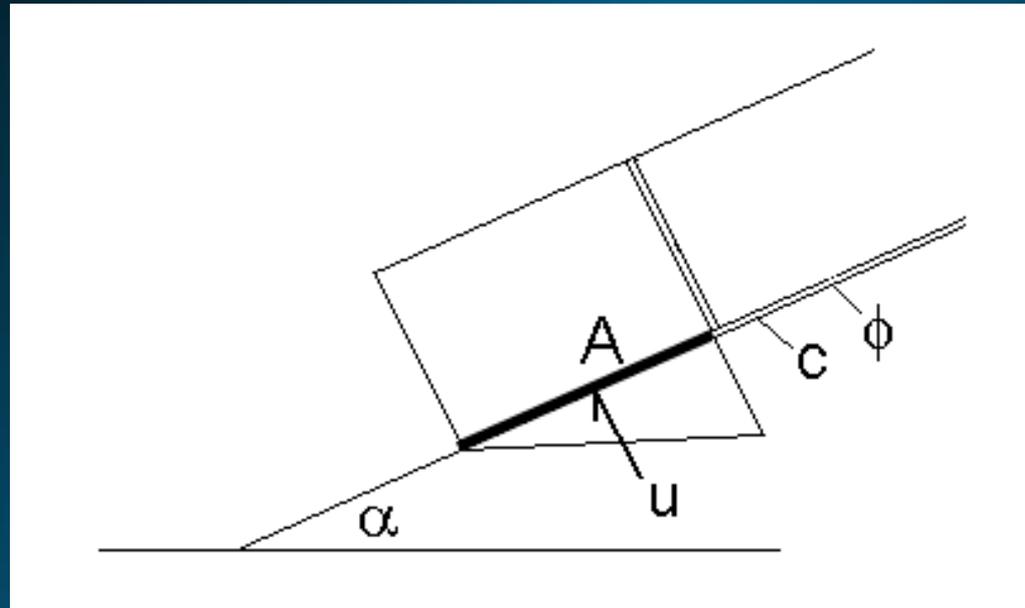


- $SF > 1$: Safe
- $SF = 1$: Critical
- $SF < 1$: Fail

PENENTUAN FAKTOR KEAMANAN DENGAN METODE GRAFIK (FORCE POLYGON)



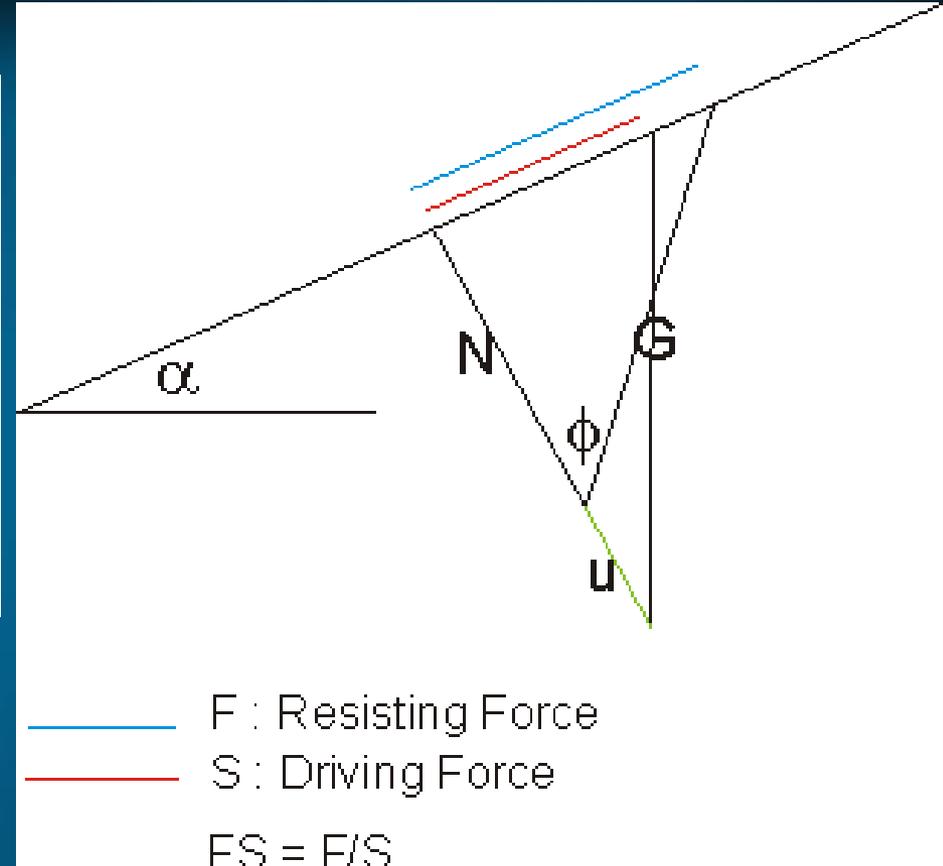
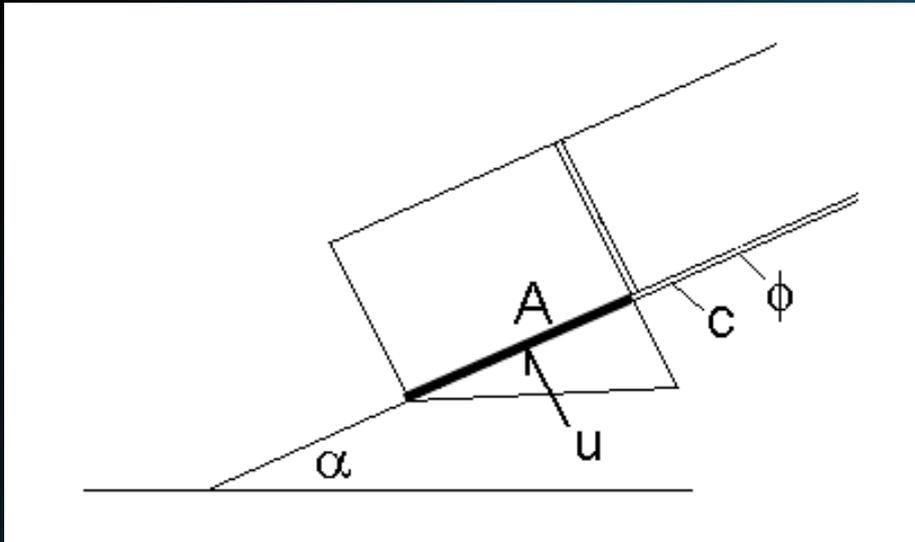
Contoh kasus lereng dengan upward water pressure pada bidang gelincir



$$FS = \frac{cA + (G \cos \alpha - u) \cdot \tan \phi}{G \sin \alpha}$$



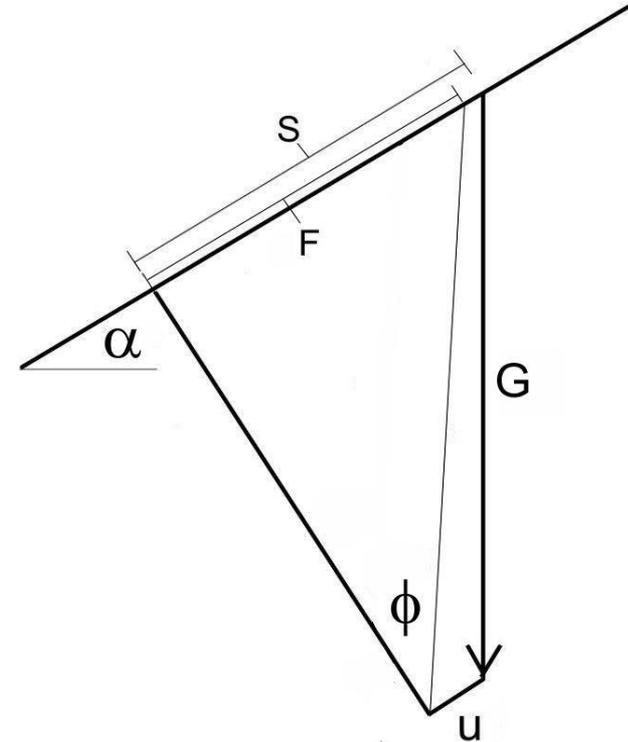
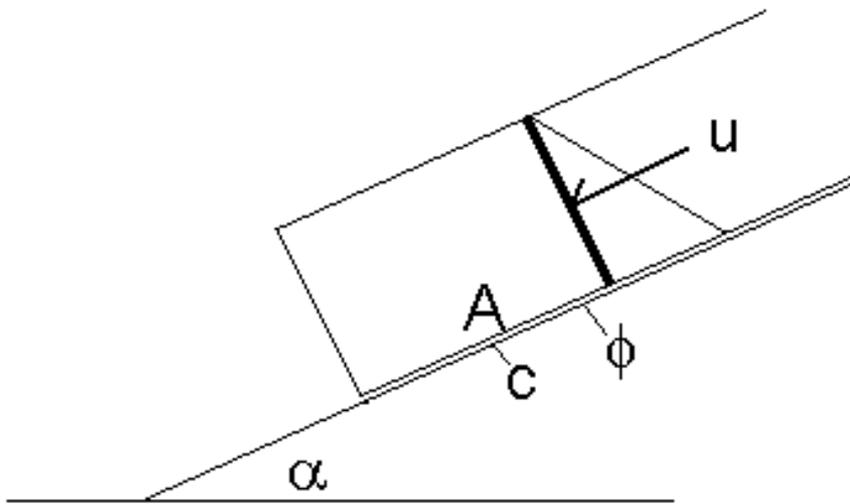
With cohesion and upward pore water pressure



$$FS = \frac{cA + F}{S}$$



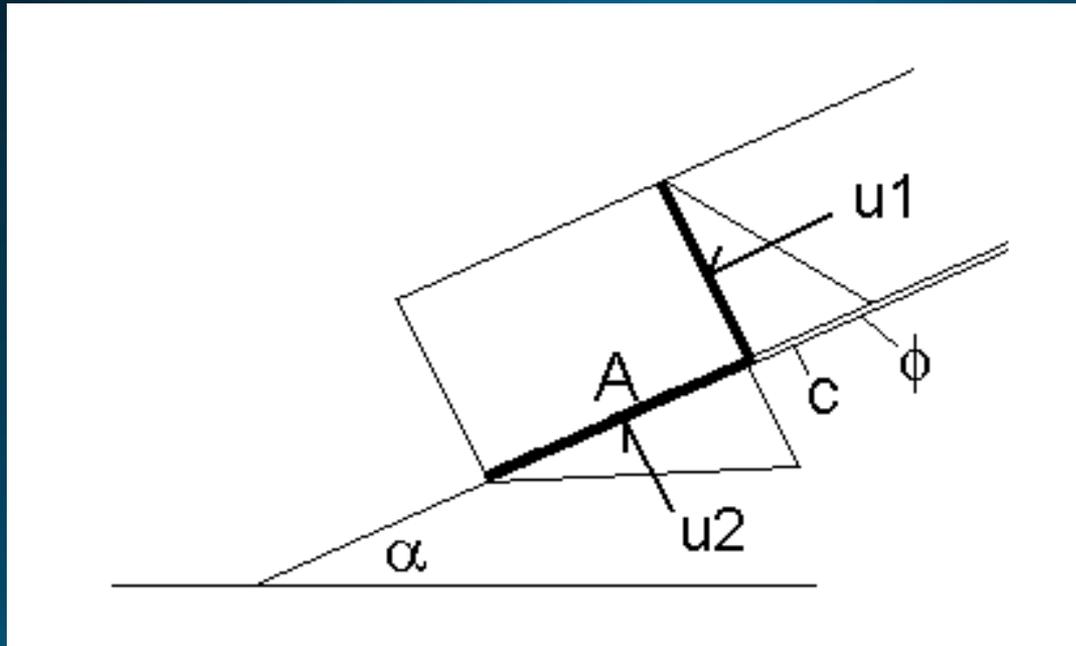
Contoh kasus lereng dengan downslope water pressure pada celah/rekahan



$$FS = \frac{cA + G \cos \alpha \cdot \tan \phi}{G \sin \alpha + u}$$



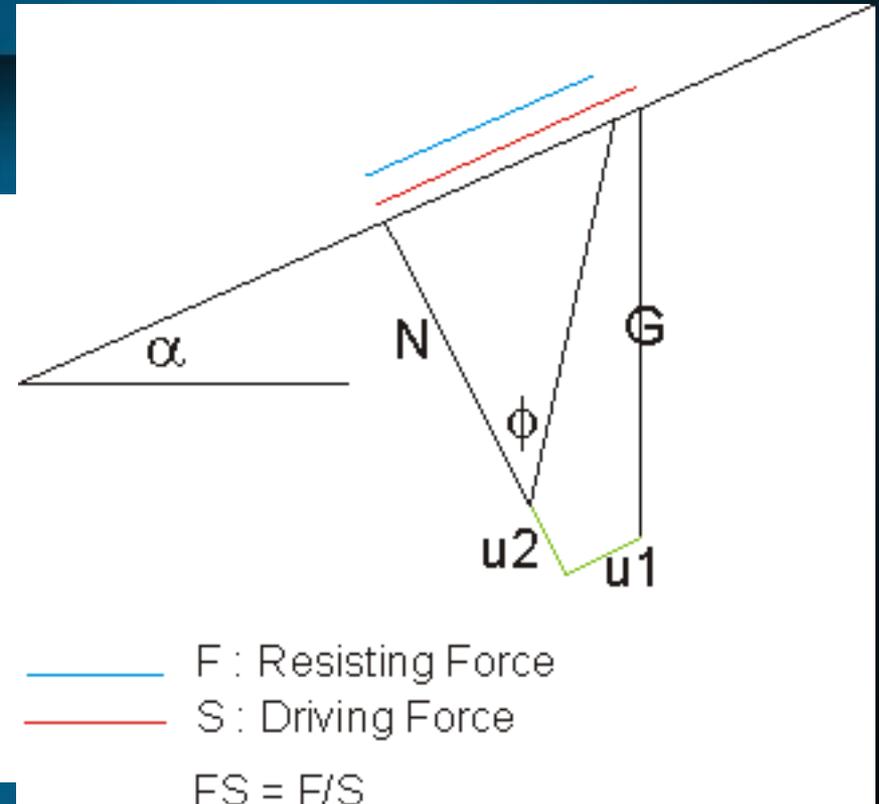
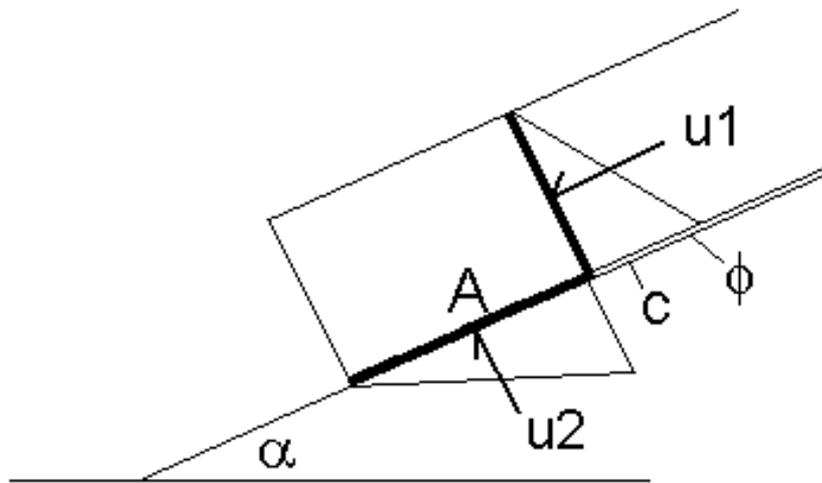
Contoh kasus lereng dengan upward dan downslope water pressures



$$FS = \frac{cA + (G \cos \alpha - u_2) \cdot \tan \phi}{G \sin \alpha + u_1}$$



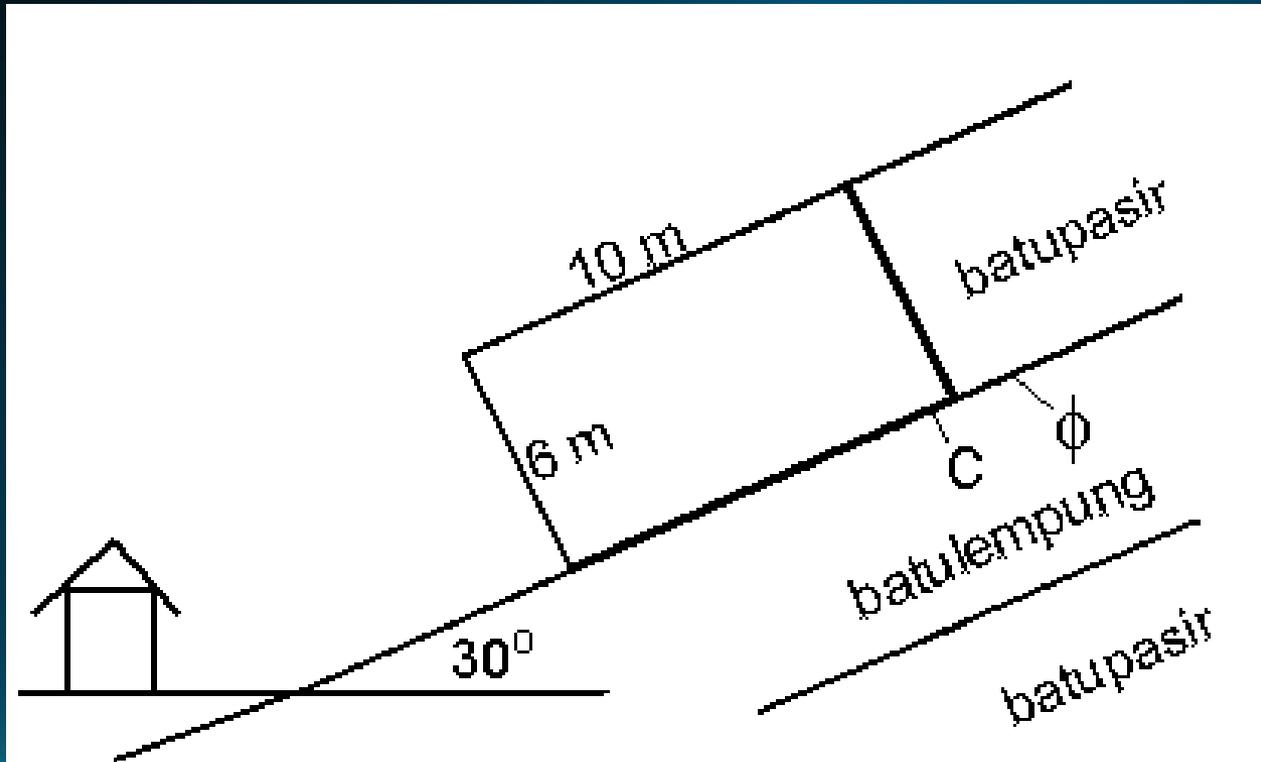
With cohesion, upward, and downslope pore water pressures




$$FS = \frac{cA + F}{S}$$

UAS 2011

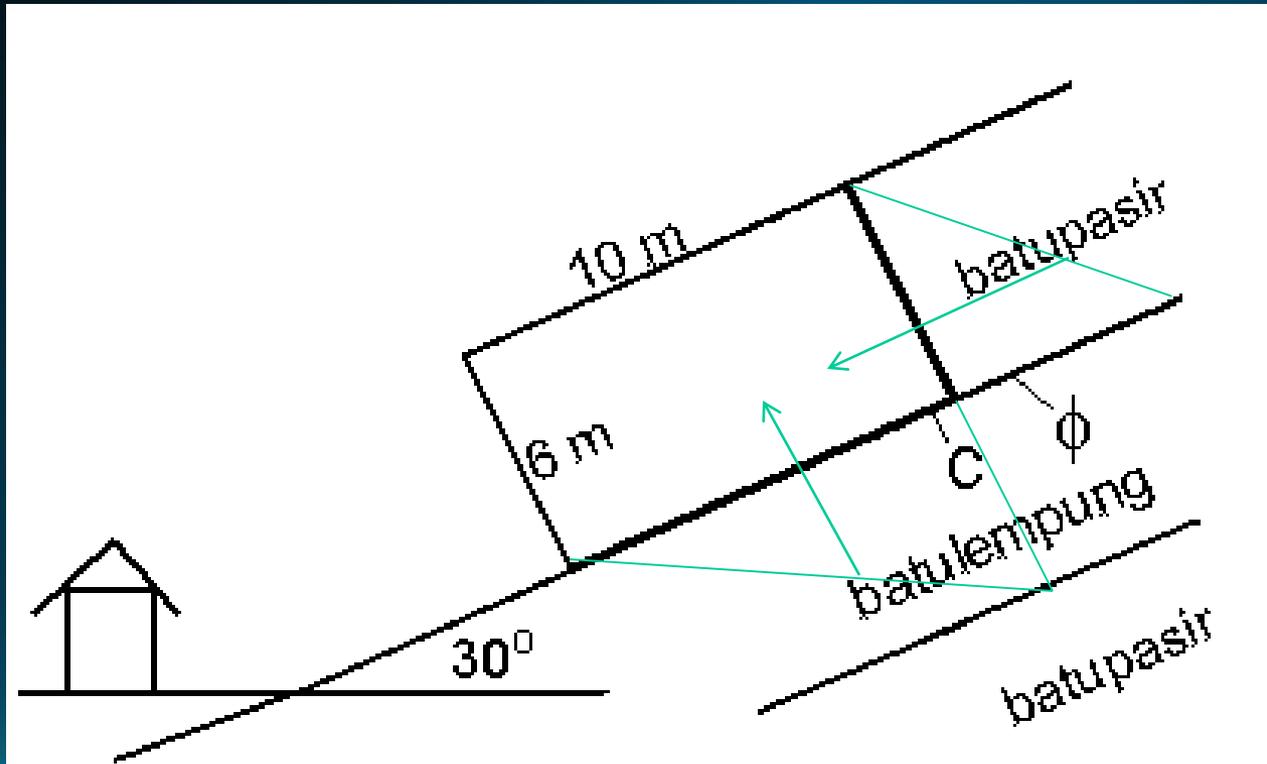
Safety Factor



Diketahui $\phi = 36^\circ$, gaya kohesi = 10Ton/m², $\gamma_{\text{batupasir}} = 2,7$,
 $\gamma_{\text{batulempung}} = 2,5$, $\gamma_{\text{air}} = 1$

UAS 2011

Safety Factor



Determine the pore water pressures



Jawaban FS metode Force Polygon

$$W = 10 \times 6 \times 2,7 = 162 \text{ Ton/m}^2$$

$$U1 = \frac{1}{2} \times 6 \times 6 = 18 \text{ Ton/m}^2$$

$$U2 = \frac{1}{2} \times 6 \times 10 = 30 \text{ Ton/m}^2$$

$$C = 10 \text{ Ton/m}^2$$

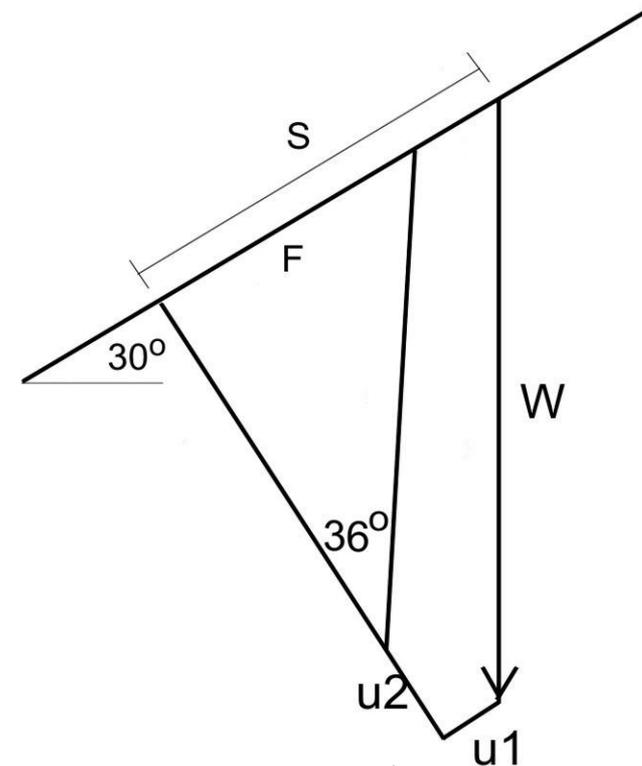
Jika Skala grafik: 1 cm = 20 Ton/m²

$$F = 3,8 \text{ cm} = 76 \text{ Ton/m}^2$$

$$S = 5,3 \text{ cm} = 106 \text{ Ton/m}^2$$

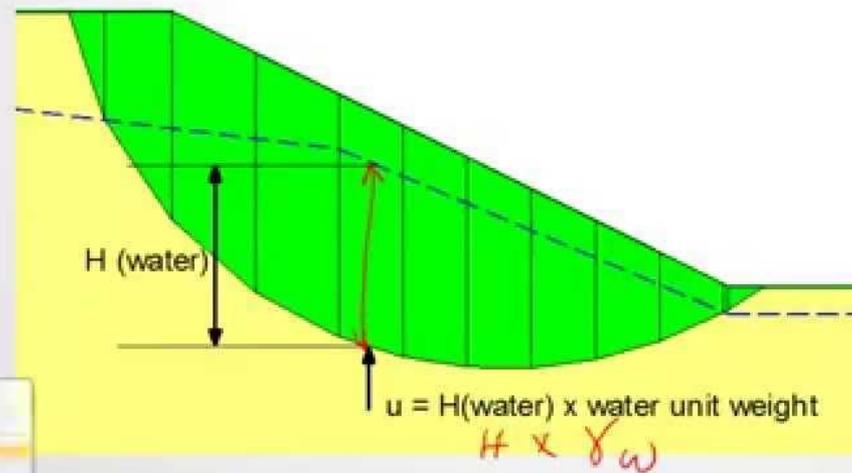
$$FS = \frac{F + (10 \cdot 10)}{S}$$

$$= \frac{76 + (10 \cdot 10)}{106} = 1,66$$



Kesimpulan: Lereng dalam keadaan aman (stabil)

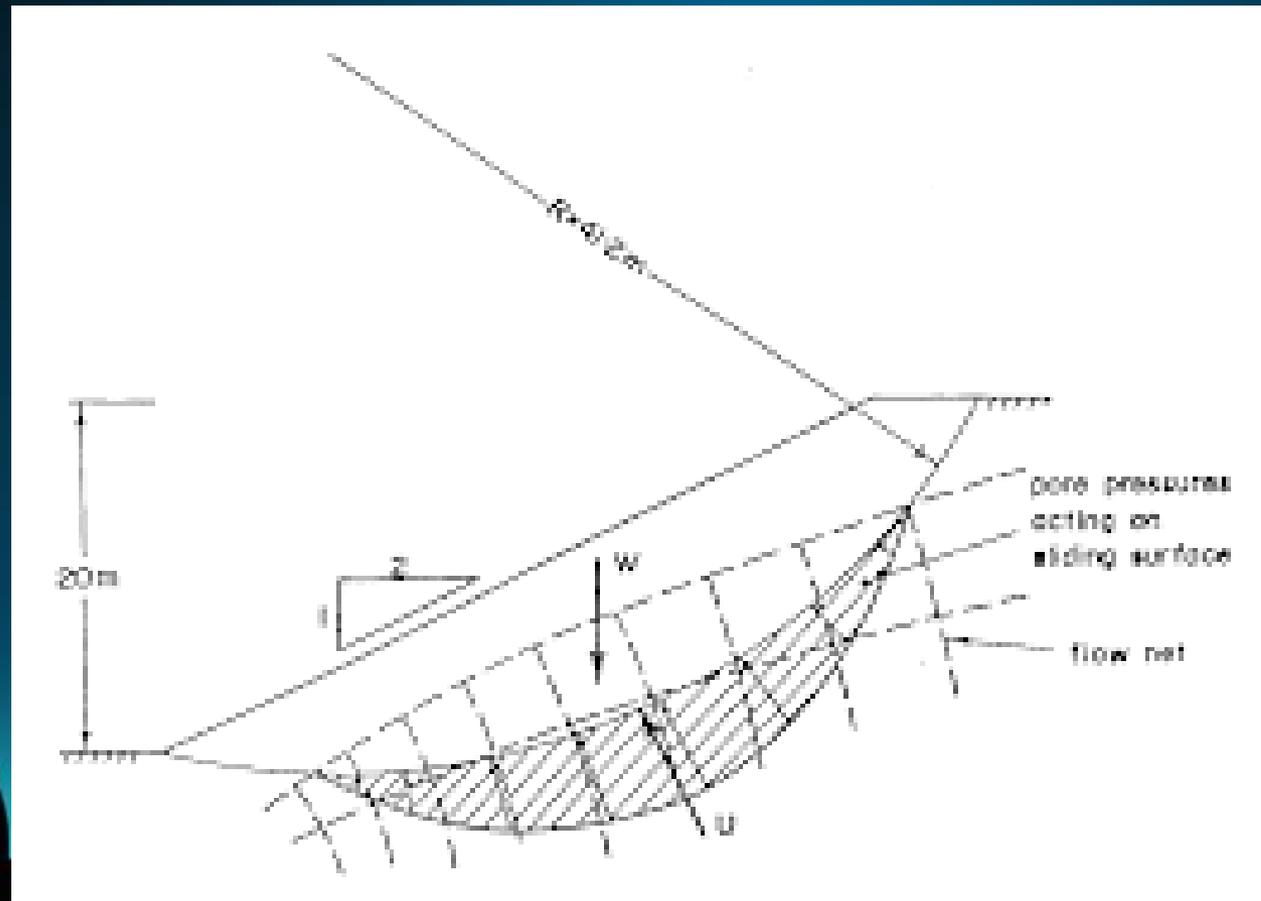
Pressure from piezometric line



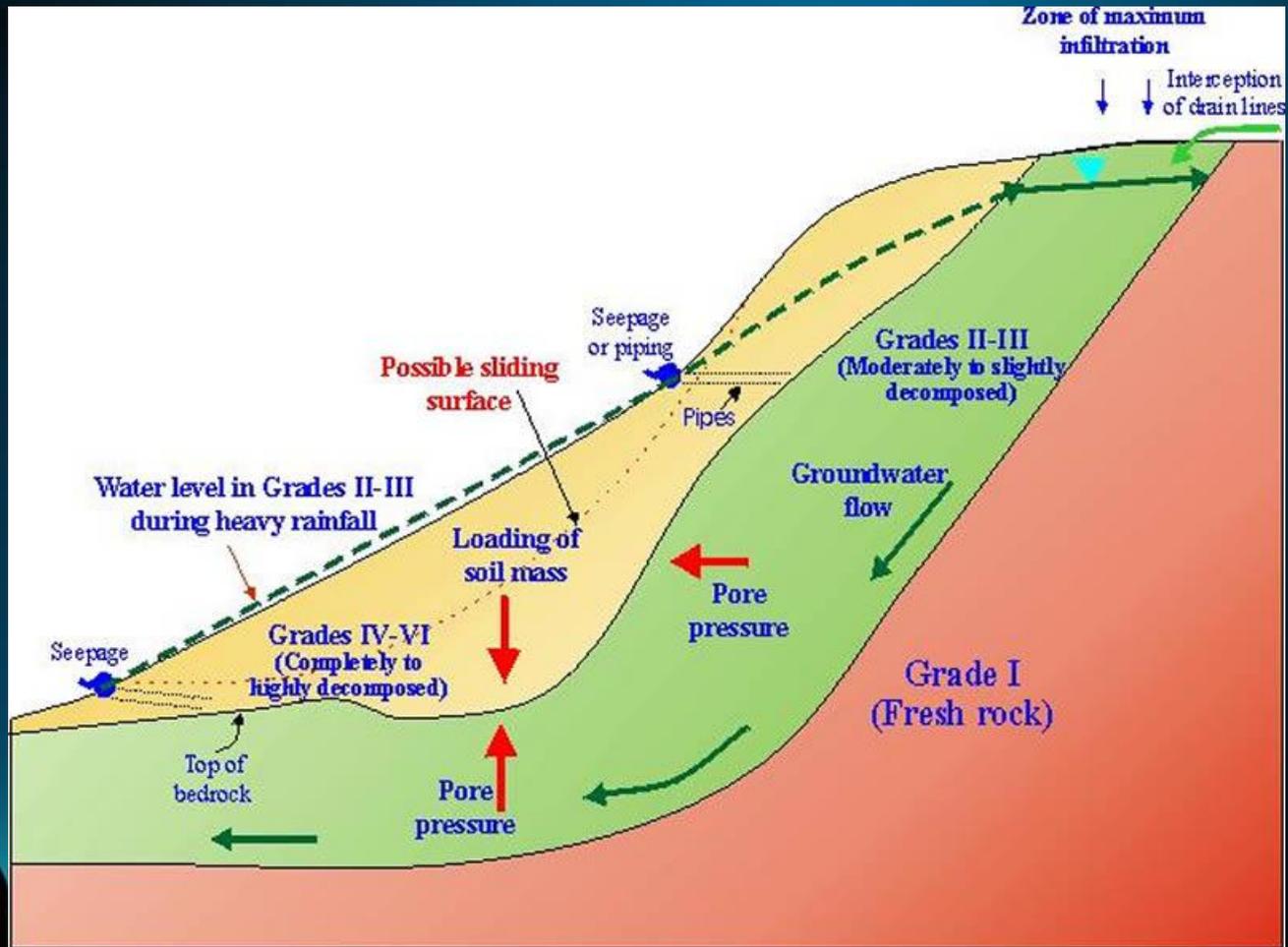
Each soil type can have separate piezometric line



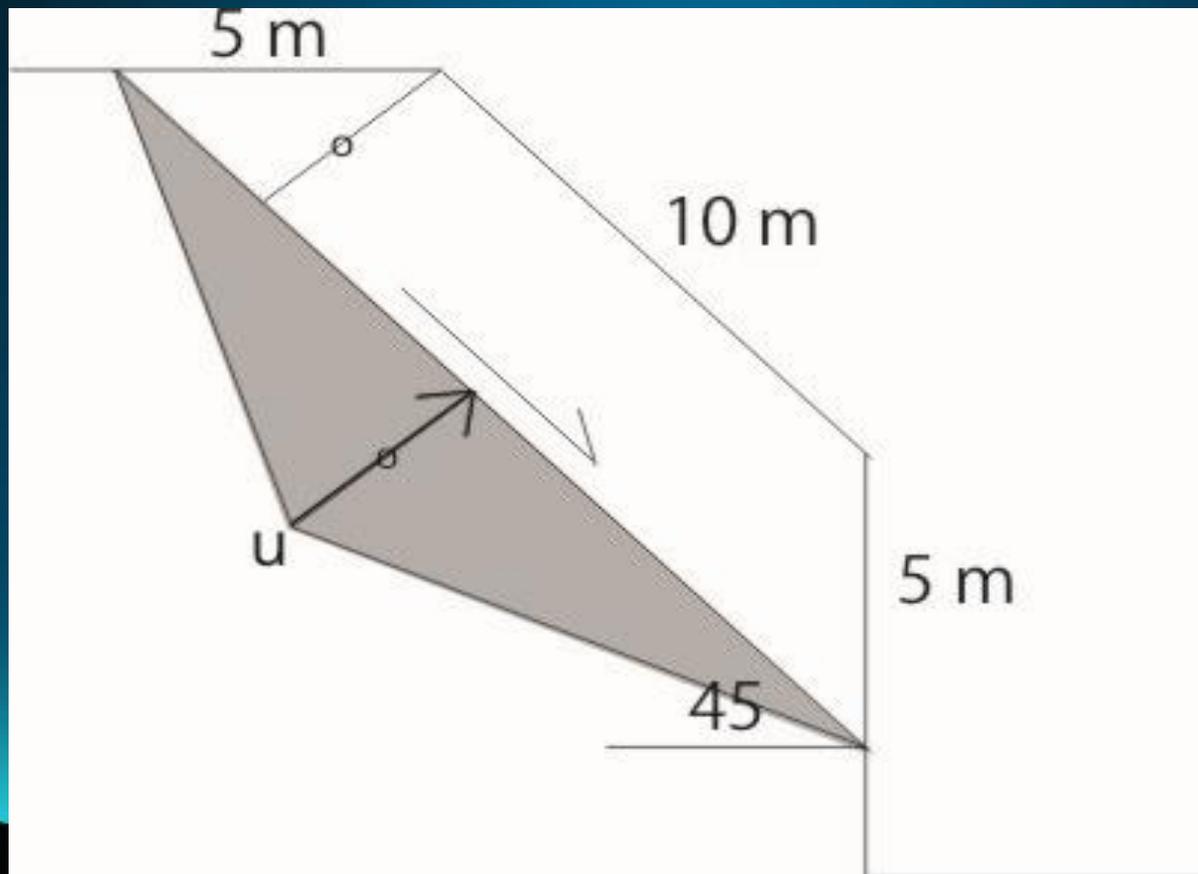
Tekanan air pada lereng yang disusun oleh soil: Bidang gelincir circular



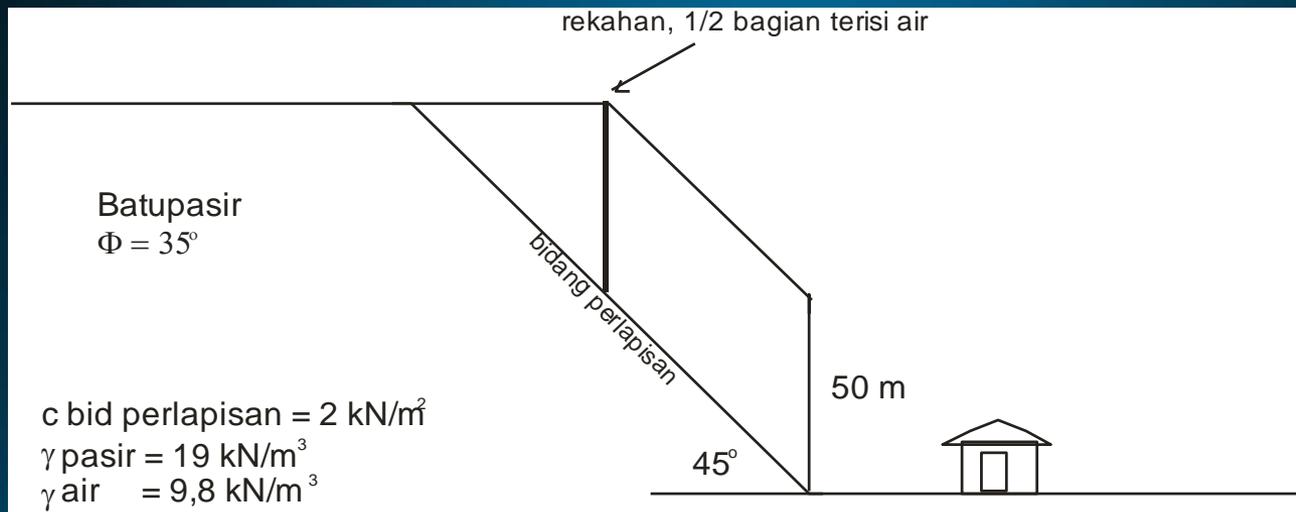
Hidrogeologi pada Stabilitas Lereng



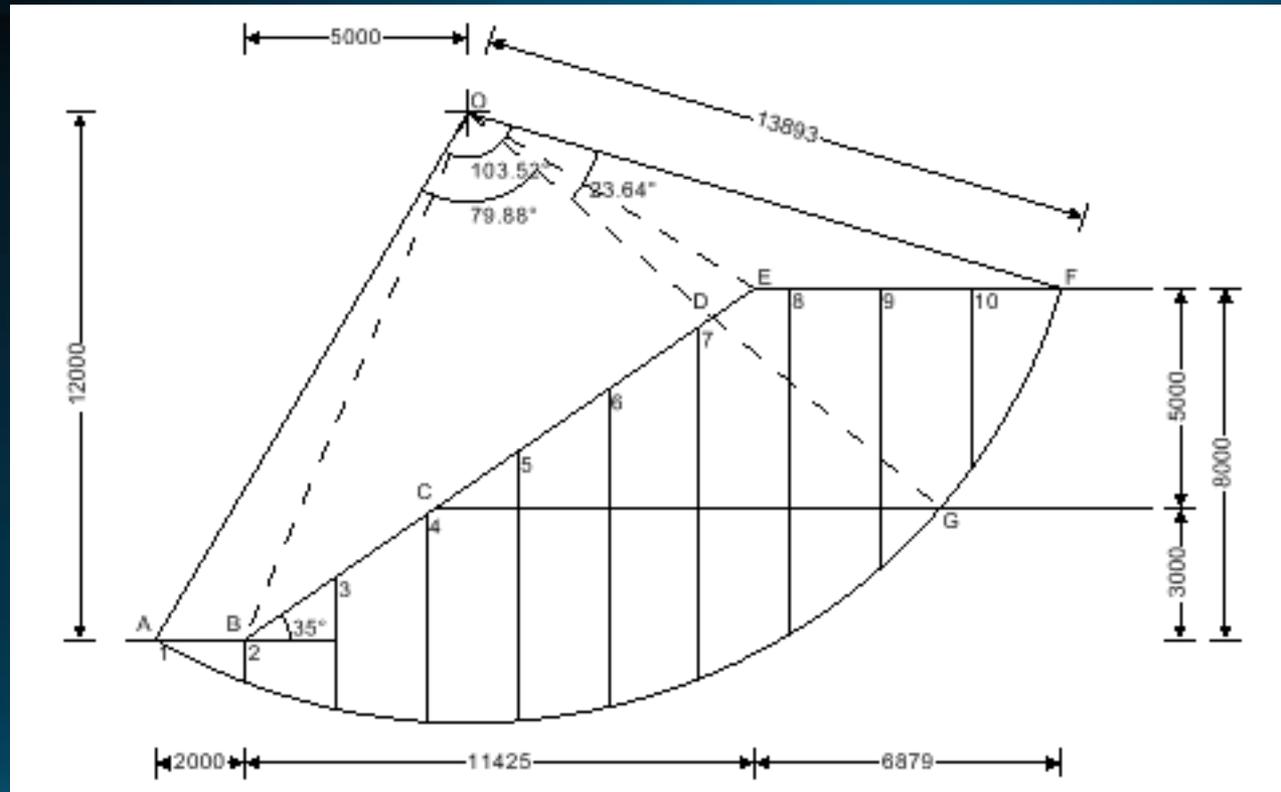
Tentukan besarnya tekanan air pori pada lereng di bawah ini, jika diketahui $\gamma_w = 0,99 \text{ kg/dm}^3$



Tugas: Tentukan faktor keamanan lereng pada gambar di bawah ini, dengan metode *force polygon*



Rotational Sliding



$$FS = \frac{\sum \text{Resisting Force}}{\sum \text{Driving Force}}$$



Hidrogeologi dalam Kejadian Banjir



Pengertian Banjir

- Bencana alam yang terjadi ketika air dalam volume besar dan berlebih berada di daratan yang biasanya kering
- Terjadinya akumulasi air permukaan dalam jumlah besar melebihi kapasitas (daya tampung) tempat-tempat yang biasa menampungnya (sungai, danau, cekungan, saluran, dll)



GEOSPHERE

Dynamic equilibrium



ATMOSPHERE



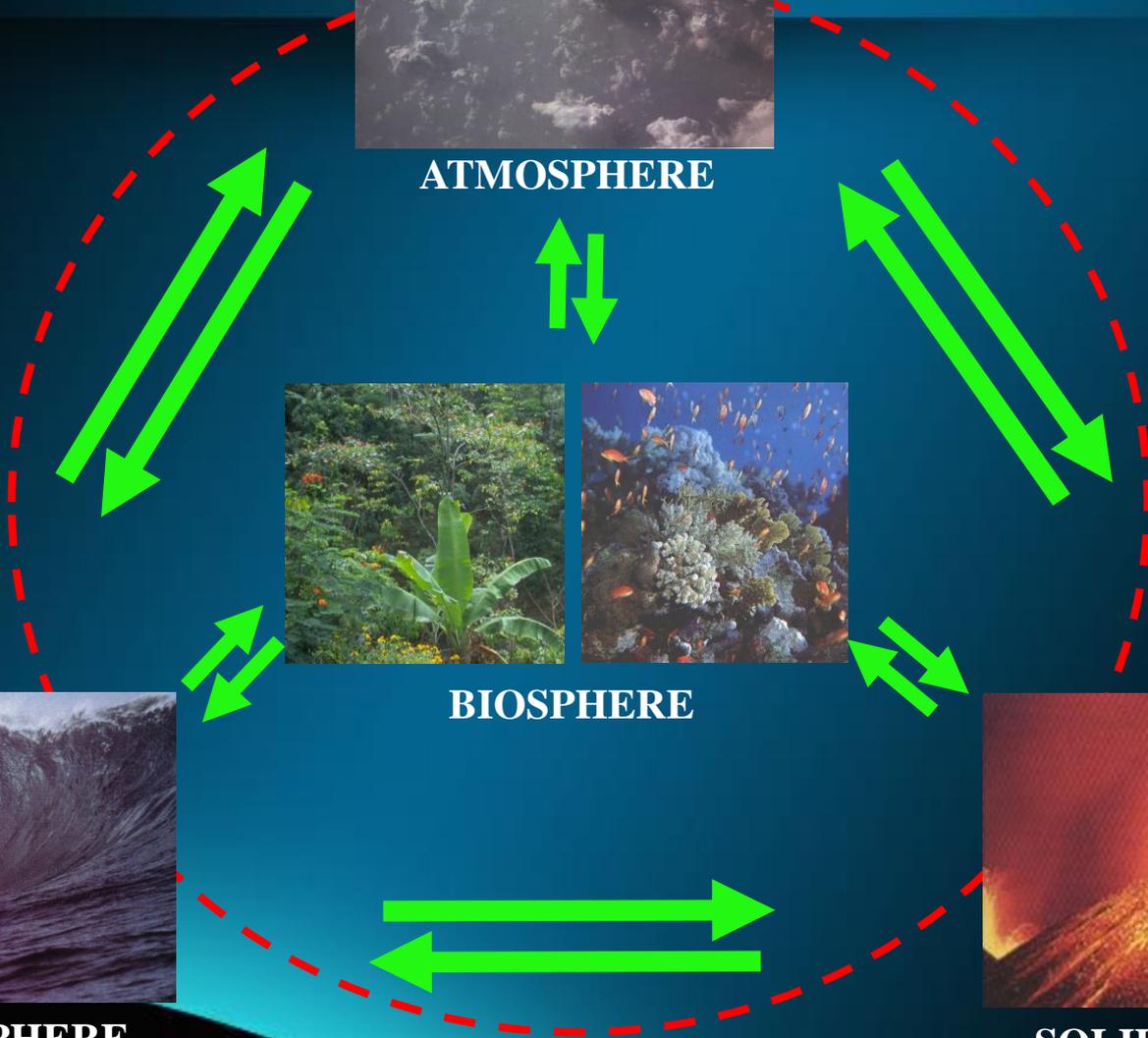
BIOSPHERE

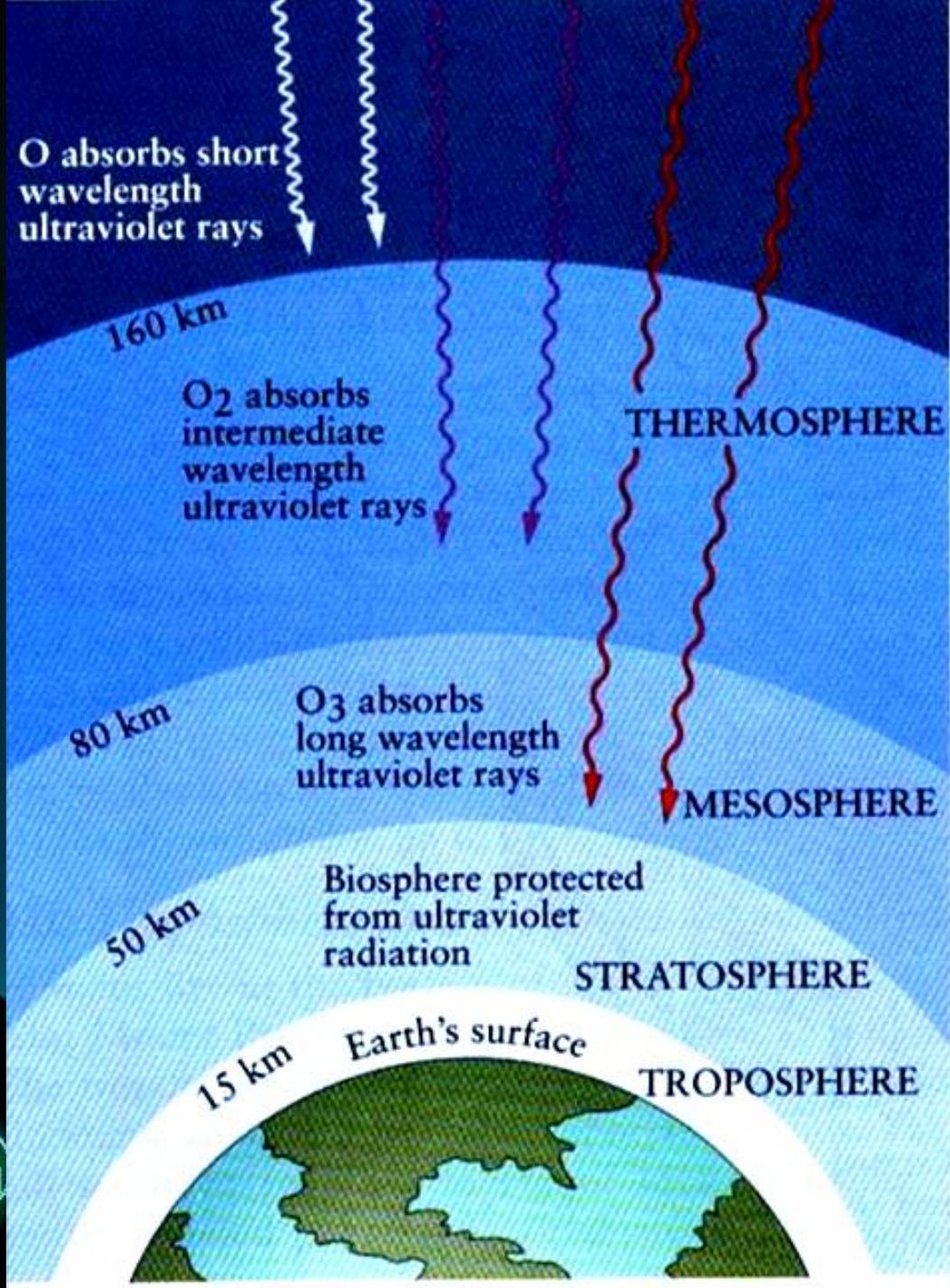


HIDROSPHERE



SOLID EARTH
(LITHOSPHERE TO CORE)³⁵





Atmosphere



AIR MERUPAKAN ZAT YANG UNIK KARENA MEMPUNYAI 3 FASA:

- CAIR
- PADAT
- GAS



DISTRIBUSI AIR DI BUMI (Fetter, 1994)

- LAUTAN: 97,2%
- ES DAN GLETSER : 2,1%
- AIRTANAH: 0,61%
- AIR PERMUKAAN: 0,009%
- PELEMBAB TANAH: 0,005%
- AIR DI ATMOSFER: 0,001%



Penyebab Banjir

- Berkurangnya daya tampung air limpasan
- Berkurangnya permeabilitas dan dayaserap tanah/batuan
- Bertambahnya volume air yang mengalir di permukaan

Banjir diakibatkan oleh terganggunya neraca air dalam daur hidrologi





Gangguan terhadap daur hidrologi

Ketidakseimbangan neraca air di suatu daerah

Dapat mengakibatkan terjadinya bencana hidrologis



Pemicu Banjir

- Penebangan hutan liar
- Penyumbatan pada saluran-saluran penampung air.
- Curah hujan yang tinggi
- Drainase yang tidak baik dan memadai
- Bendungan jebol
- Mal kelola tata ruang
- Tsunami
- Penurunan permeabilitas dan daya serap tanah terhadap air



Macam-macam Banjir, antara lain:

- Banjir Air
- Banjir Bandang
- Banjir Lumpur
- Banjir Rob
- Banjir Lahar
- Tsunami



Banjir Air

Banjir air merupakan banjir yang dikarenakan meluapnya air di danau, sungai, selokan, atau aliran air yang lainnya, biasanya disebabkan oleh hujan terjadi secara terus-menerus, mengakibatkan saluran-saluran air tidak mampu menampung air yang berlebih.



Banjir Bandang

Banjir bandang merupakan banjir yang mengangkut air dan lumpur. Banjir bandang pada umumnya terjadi di daerah pegunungan yang berasosiasi dengan tanah longsor. Biasanya banjir tersebut dapat menghanyutkan pohon yang berukuran besar.



Banjir Lumpur

Banjir lumpur merupakan banjir yang mengangkut lumpur berasal dari dalam bumi. Lumpur tersebut terkadang memiliki kandungan bahan serta gas kimia berbahaya.



Banjir Rob (Laut Pasang)

- Banjir rob merupakan banjir yang disebabkan karena pasang air laut. Banjir rob pada umumnya melanda kota di pesisir.



Banjir Lahar

Banjir lahar adalah banjir yang disebabkan karena endapan rempah vulkanik gunungapi bercampur air hujan, selanjutnya mengalir melalui lembah-lembah sungai sebagai aliran pekat atau aliran lumpur



Tsunami

- Banjir yang berasal dari gelombang besar dari lautan, diakibatkan oleh terjadinya gempa bersumber dari dasar laut, atau kejadian gangguan dasar lainnya.



Mencegah dan Menghindari Banjir

- Menata daerah aliran-aliran air seperti sungai, danau, dan sebagainya sesuai dengan fungsinya.
- Tidak membuang sampah sembarangan ke danau, sungai, selokan.
- Tidak membangun rumah ataupun bangunan di bantaran sungai.
- Melakukan pengerukan sungai secara berkala.
- Reboisasi atau penghijauan.
- Membangun sistem pemantau dan peringatan dini di daerah yang rawan banjir.



Mitigasi Bencana Banjir

Mitigasi Struktural: dilakukan untuk meminimalisir bencana, misalnya dengan:

- pembangunan kanal khusus pencegah banjir
- membuat rekayasa teknis bangunan tahan bencana,
- infrastruktur bangunan tahan air
- Membangun tembok pertahanan dan tanggul
- Mengatur kecepatan aliran dan debit air
- Membersihkan sungai dan pembuatan sudetan



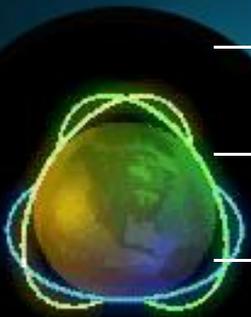
Mitigasi Non Struktural

- Pembentukan Lembaga Swadaya Masyarakat
- Pelatihan dan Penyuluhan kesiapsiagaan menghadapi banjir
- Pembentukan Kelompok Kerja atau POKJA
- Evaluasi terhadap lokasi-lokasi rawan banjir, dan analisis data terkait banjir
- Pemetaan terhadap daerah rawan banjir
- Perbaikan terhadap Sarana dan Prasarana yang ada
- Pembuatan Prosedur Operasi Standar Bencana Banjir
- Simulasi Evakuasi



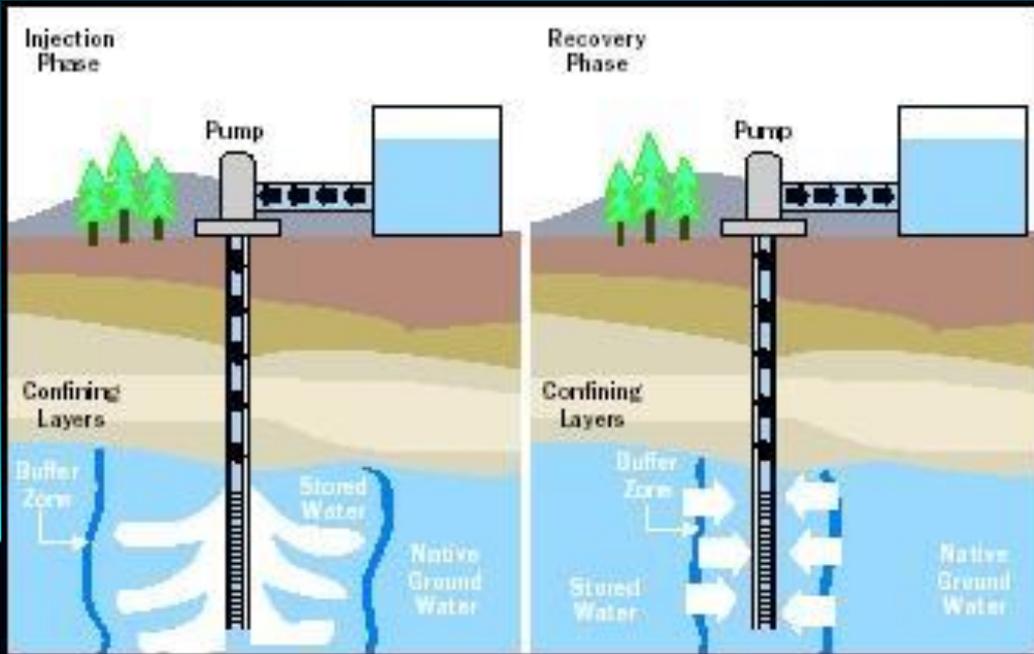
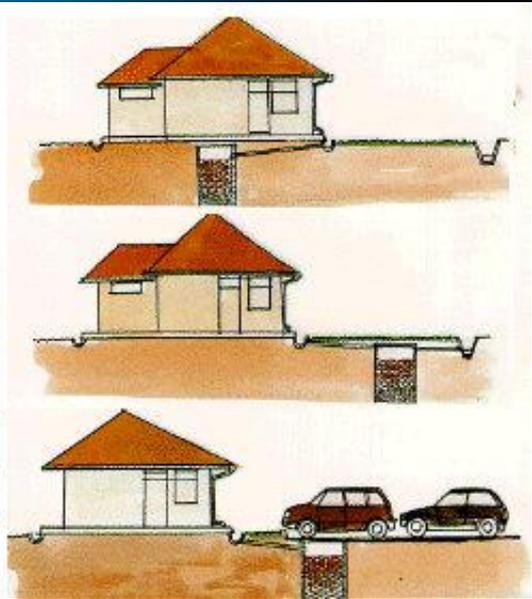
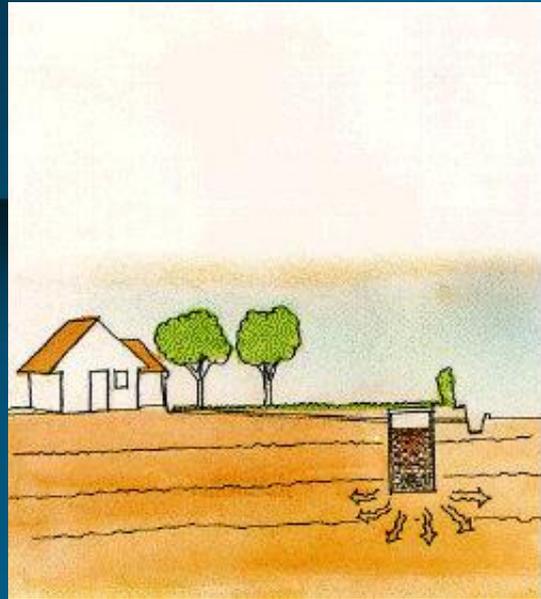
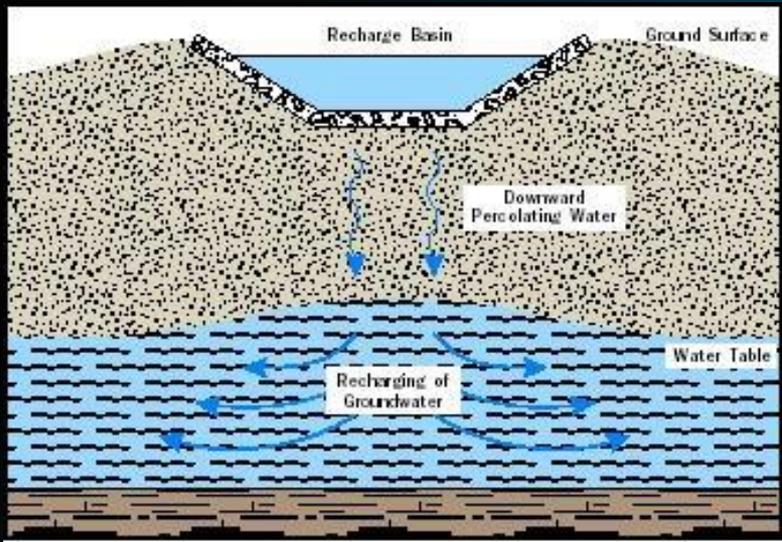
Mitigasi Bencana Kekeringan

- Mitigasi Struktural:
- pembuatan embung, pembuatan teras saluran, teras bangku, teras bawah,
- pembuatan rorak maupun *catch pit* pada dataran yang memiliki penggunaan lahan eksisting sebagai kawasan pertanian.
- bak khusus penampungan air hujan.
- Melakukan artificial recharge
 - Cekungan Resapan (Recharge Basin)
 - Sumur Resapan (Recharge Well)
 - Sumur Injeksi (Injection Well)



Rorak adalah lubang-lubang buntu dengan ukuran tertentu yang dibuat pada bidang olah dan sejajar dengan garis kontur. Fungsi rorak adalah untuk menjebak air dan meresapkannya ke dalam tanah





Mitigasi Nonstruktural

- menjaga daerah resapan
- menyusun neraca air secara cermat,
- menentukan urutan prioritas alokasi air,
- menentukan pola tanam dengan mempertimbangkan ketersediaan air,
- menyiapkan pola operasi sarana pengairan,
- memasyarakatkan gerakan hemat air,
- memantau dan mengevaluasi pelaksanaan upaya penanganan kekeringan.



THANKS
FOR
YOUR KIND ATTENTION

