

**KULIAH GEOLOGI DINAMIS
PERTEMUAN MINGGU KE 2**

BUMI SEBAGAI SISTEM

**Prepared By Djauhari Noor
2020/2021**

KONSEP KONSEP UTAMA SISTEM BUMI

- **Sistem alamiah adalah sekumpulan dari komponen komponen yang mandiri (tidak saling tergantung satu dengan lainnya) yang saling berinteraksi membentuk suatu keteraturan terpadu dan berada dalam pengaruh gaya yang saling berhubungan.**
- **Sistem yang menggerakkan dan memindahkan air dikenal sebagai sistem hidrologi, Sistem ini memindahkan air dari sungai, air bawahtanah, gletser, lautan dan uap air di atmosfer. Bersamaan dengan perpindahan air maka air tersebut akan mengerosi, mengangkut, dan mengendapkan sedimen sedimen yang diangkutnya membentuk bentuk-bentuk bentangalam tertentu dan tubuh batuan tertentu.**

- Radiasi matahari merupakan sumber energi dari sistem hidrologi yang terjadi di bumi sedangkan energi panas yang berasal dari dalam bumi adalah energi yang menggerakkan dan memindahkan lempeng-lempeng litosfer (sistem tektonik lempeng). Sistem tektonik menjelaskan kenampakan-kenampakan utama dari bentangalam struktural yang ada di bumi.
- Tempat dimana lempeng-lempeng bergerak saling menjauh satu dengan lainnya (divergence), maka material panas yang berasal dari dalam mantel akan naik kepermukaan bumi mengisi ruang kosong yang ditinggalkan oleh lempeng tersebut dan akan membentuk litosfer baru. Kenampakan lempeng-lempeng litosfer yang baru yang diakibatkan oleh lempeng-lempeng yang saling menjauh dapat dilihat pada palung benua (continent rift), punggung samudra dan cekungan samudra yang baru.

- **Tempat-tempat dimana lempeng saling mendekat (convergence), yaitu salah satu lempeng menyusup dibawah lempeng lainnya dan menunjam kedalam mantel. Fitur utama dari kenampakan pada tepi lempeng yang konvergen akan berupa jalur pegunungan lipatan, busur gunungapi dan palung laut dalam.**
- **Tempat dimana lempeng-lempeng saling bergeser secara horizontal satu dan lainnya, maka akan berkembang menjadi batas-batas lempeng transforms, sesar-sesar mendatar dan umumnya dicirikan oleh pusat-pusat kegempaan dengan epicentrum gempa dangkal.**
- **Lempengan kerak bumi yang terletak jauh dari pinggir lempeng dapat menyebabkan material mantel yang berdensitas rendah naik ke permukaan sehingga memungkinkan terbentuknya gunung-gunungapi yang bersumber dari lempeng.**

- **Kerak bumi mengambang diatas mantel bumi yang berdensitas lebih besar yang terletak dibawah kerak bumi. Kerak bumi akan naik dan tenggelam dalam usahanya mempertahankan keseimbangan isostasi.**



Sistem tertutup, seperti yang diperlihatkan pada pendinginan aliran lava, dimana pertukaran hanya berupa pertukaran panas. Dalam hal ini panas yang berasal dari lava hilang kedalam atmosfer.



Sistem terbuka, seperti yang diperlihatkan pada sistem sungai dimana terjadi pertukaran energi dan materi. Dalam suatu sungai, air dan sedimen yang masuk kedalam sungai berasal dari daerah disekitar aliran sungai dan mengalir melalui sistem sungai kearah laut. Hampir semua sistem geologi adalah sistem terbuka.

ARAH PERUBAHAN PADA SISTEM GEOLOGI

- **Semua perubahan yang terjadi pada sistem alam akan mengikuti arah sesuai dengan arah yang dibutuhkan oleh sistem tersebut untuk mencapai dan menjaga keseimbangan (equilibrium), yaitu suatu kondisi yang memungkinkan energi yang paling rendah.**
- **Perubahan sistem yang terjadi di alam ini pada dasarnya adalah untuk mencapai dan memelihara keseimbangan, yaitu suatu kondisi energi yang paling rendah atau paling minimal. Hal yang sangat mendasar dan paling utama pada sistem geologi adalah aliran energi dan perpindahan materi.**
- **Cara lain untuk mengetahui tentang keseimbangan adalah dengan cara mempelajari suatu kondisi dimana hasil kerja bersih (net) suatu gaya pada suatu sistem sama dengan nol.**

- Untuk dapat memahami keseimbangan dengan lebih baik lagi maka cobalah anda pikirkan tentang 2 bongkah batu yang berada didua sisi suatu bukit.
- Apabila salah satu bongkah dari batu tersebut terletak tepat diatas puncak bukit maka bongkah tersebut akan memiliki energi potensial gayaberat yang lebih besar dibandingkan dengan bongkah lainnya yang berada didasar lembah yang mempunyai energi potensial gayaberat yang lebih kecil.
- Pertanyaannya adalah manakah dari kedua bongkah batu tersebut yang lebih besar kemungkinannya untuk berubah posisinya?

SISTEM, KESEIMBANGAN DAN GEOLOGI

- **Sistem dan Keseimbangan adalah dua konsep yang berkembang didalam kajian ilmu geologi. Kedua konsep ini memberikan pola pikir dalam memahami bagaimana setiap bagian dari bumi bekerja dan mengapa bumi secara tetap berubah.**
- **Kedua konsep ini dapat kita lihat dalam semua skala ruang dan waktu. Tidak satupun yang acak atau tidak teratur, semuanya, mulai dari butiran pasir yang ada di pantai hingga ke danau, rangkaian pegunungan, atau ngarai, semuanya terbentuk secara sistematis melalui interaksi antara materi dan energi secara teroganisir/teratur.**
- **Sistem geologi yang dinamis diatur oleh hukum-hukum alam, yang menyediakan kunci bagi kita untuk memahami bumi serta seluruh proses-proses dan bentangalam yang terjadi di bumi.**

SISTEM GEOLOGI

SIKLUS HIDROLOGI

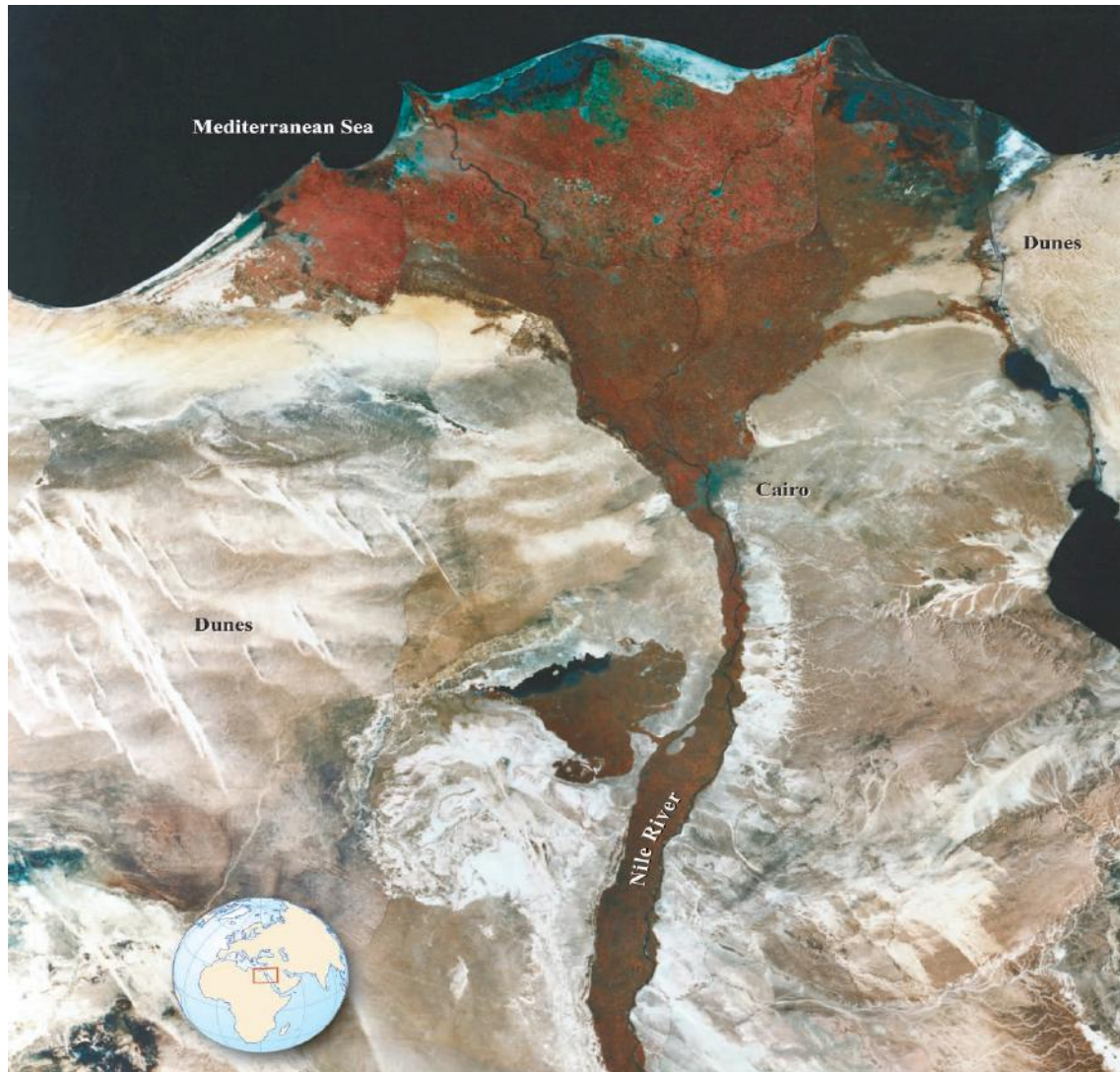
SISTEM HIDROLOGI

BENTUK
BUMI

PERUBAHAN
BENTUK
BUMI

PERGERAKAN
LEMPENG

SISTEM GEOLOGI



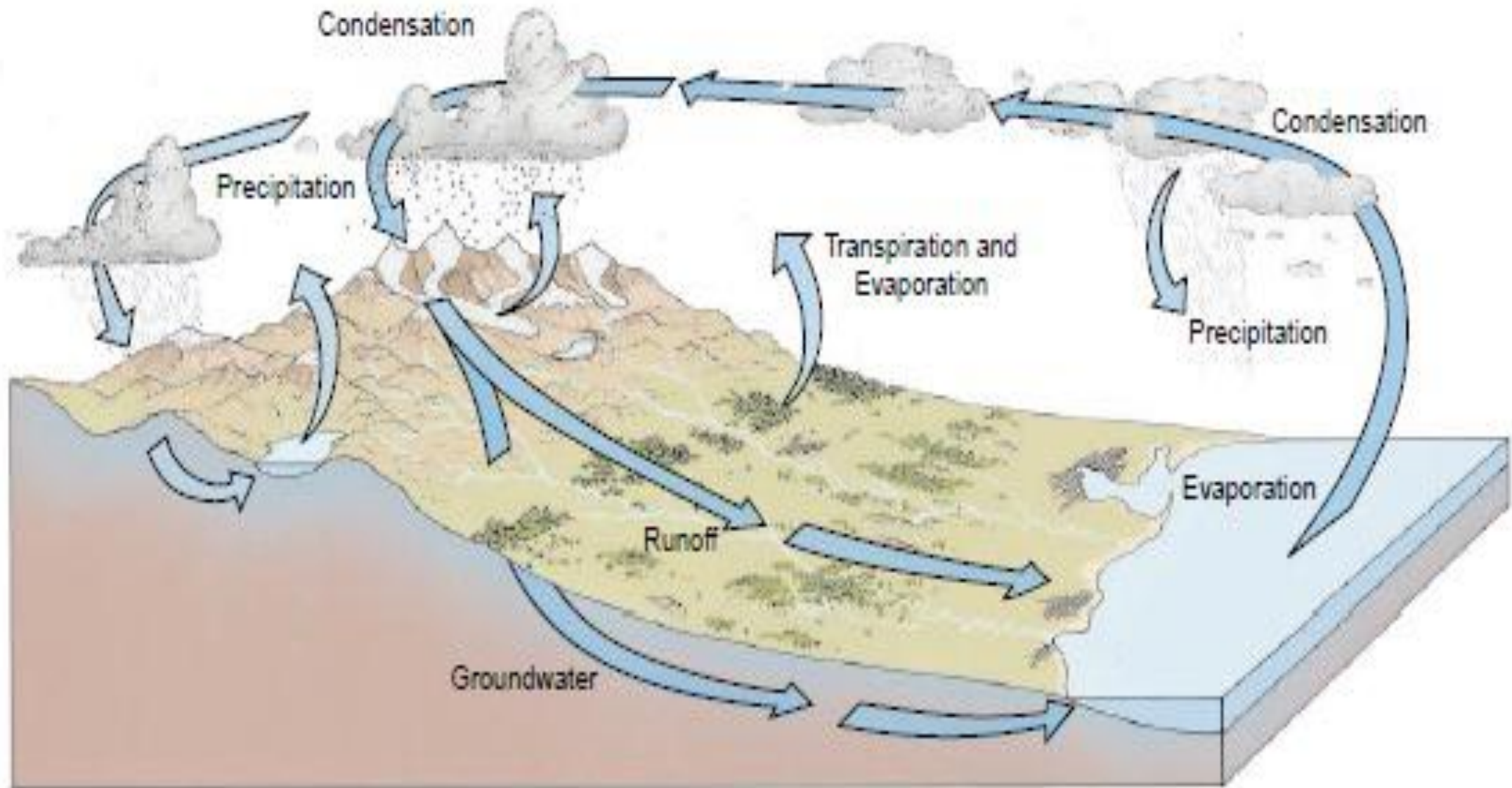
Kenampakan SISTEM HIDROLOGI pada citra satelit



Kenampakan SISTEM TEKTONIK pada citra satelit

SISTEM HIDROLOGI

- **Sistem hidrologi adalah siklus dari suatu sistem yang sangat kompleks, dimana air bergerak / berpindah dari lautan ke atmosfer, melewati daratan dan kembali lagi ke lautan.**
- **Air dalam sistem hidrologi berpindah sebagai aliran air permukaan (surface runoff), air bawah tanah, gletser, dan gelombang, dimana arus akan mengerosi, mengangkut, dan mengendapkan material batuan yang berada di permukaan bumi.**



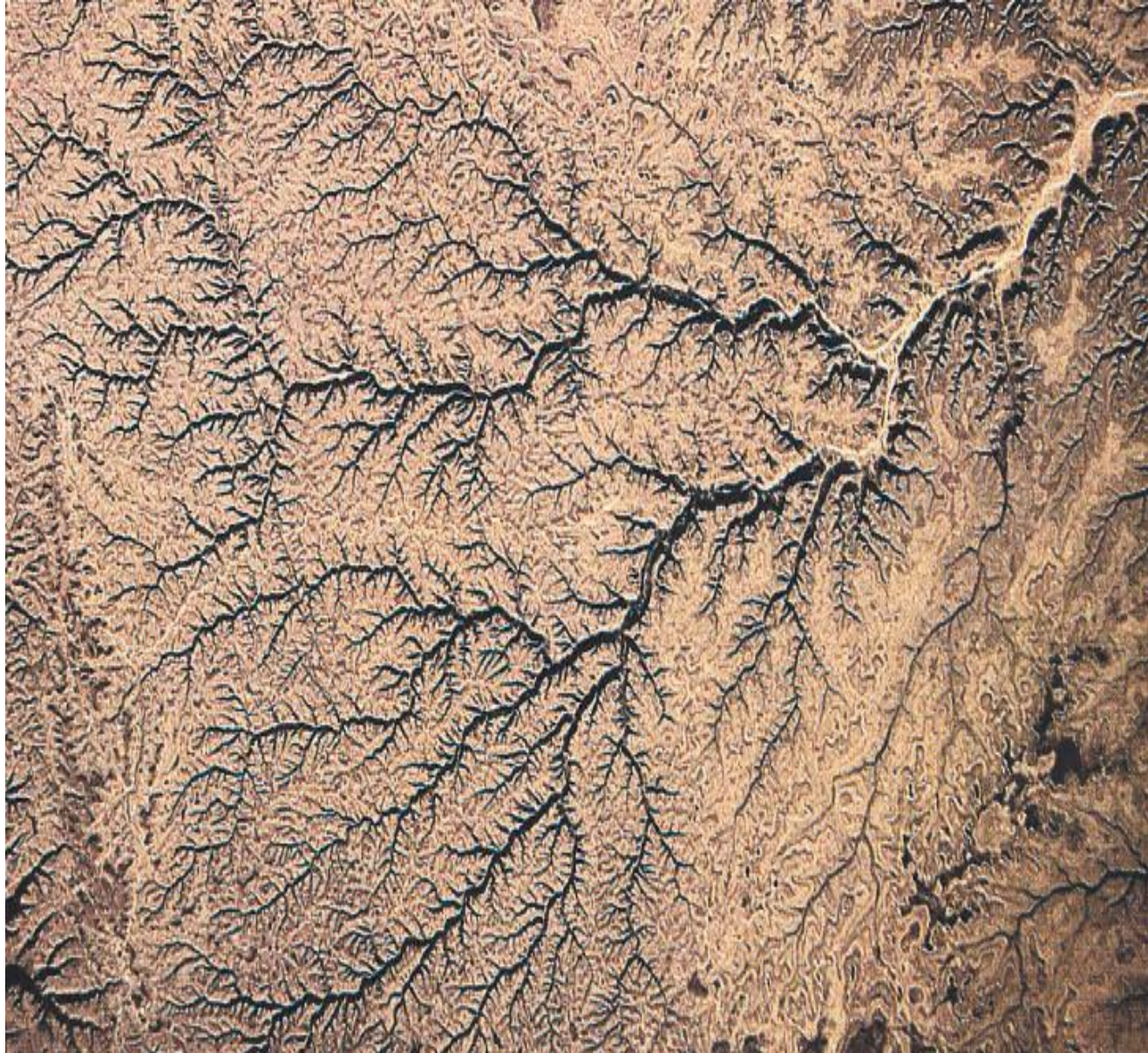
Gambar : Sirkulasi air dalam siklus hidrologi sebagai Sistem Hidrologi

SISTEM ATMOSFIR – LAUTAN

- Lautan-lautan yang ada di Bumi berfungsi sebagai reservoir yang sangat besar dimana air yang berbetuk cairan dan bersamaan dengan gas-gas yang terdapat di atmosfer membentuk sistem iklim.
- Sirkulasi fluida yang menyelimuti bumi ini digerakan oleh panas yang berasal dari matahari. Pemanasan permukaan bumi yang tidak teratur dari matahari menyebabkan atmosfer mengalami aliran konveksi yang menyebabkan angin mengalir dari lautan ke daratan atau sebaliknya.
- Aliran angin ini menyebabkan terjadinya evaporasi sejumlah besar uap air masuk kedalam atmosfer, dan menggerakkan arus di lautan. Adanya variasi-variasi dalam sistem aliran konveksi ini membentuk pola yang teratur dalam penyebaran precipitasi dan temperatur di seluruh permukaan Bumi.
- Jadi, iklim dikontrol oleh sistem materi dan energi. Sebaliknya, iklim mengotrol bagaimana sistem hidrologi bekerja di suatu area yang bersifat lokal.

SISTEM SUNGAI

- Hampir seluruh air yang mengalami presipitasi di daratan secara langsung akan kembalikelautan melalui sistem pengaliran air permukaan atau sistem sungai. Jumlah air yang terlihat di sungai sungai yang ada diatas Bumi sangat besar, tetapi dalam kenyataannya sangat kecil, yaitu hanya lebih kurang 0.0001% dari total air yang ada di Bumi, atau 0.0005% air tidak berada di lautan.
- Air mengalir melalui sungai sungai dengan sangat cepat, dengan kecepatan rata-rata 3 meter per-detik. Pada kecepatan ini, air dapat menempuh perjalanan melalui seluruh total panjang sungai hanya dalam beberapa minggu.
- Ini artinya bahwa volume air yang berada di sungai dalam perioda waktu yang tersedia adalah kecil, total volume air yang melewati sistem sungai dalam suatu perioda dapat sangat besar. Sebagai hasilnya, hampir semua kenampakan bentuk-bentuk bentangalam didominasi oleh air yang mengalir.



Gambar Suatu Sistem Sungai yang terlihat dengan jelas bagaimana sistem hidrologi membangun atau membentuk daratan.

Pada citra tampak dengan jelas adanya perpindahan air yang direpresentasikan oleh sistem inter-koneksi cabang-cabang sungai yang sangat rapat, sedangkan di beberapa area tidak tersentuh oleh erosi sungai.

Bentuk-bentuk bentangalam lembah sungai adalah merupakan bentuk bentangalam yang paling dominan yang terdapat di benua.

SISTEM GLASIAL

- Di daerah yang beriklim dingin, presipitasi jatuh sebagai salju, dan hampir seluruhnya tertahan sebagai es yang tidak dengan segera kembali ke lautan sebagai aliran air permukaan.
- Apabila salju yang jatuh setiap tahunnya lebih besar dibandingkan salju yang mencair pada musim panas, maka akan terbentuk tumpukan es yang besar membentuk gletser. Lembah glacial yang besar akan terbentuk dari jatuhnya salju yang berada di daerah pegunungan dan secara perlahan lahan turun mengalir kebawah lembah sebagai sungai es.
- Sistem glacial merubah sistem hidrologi yang normal secara signifikan karena air yang jatuh ke daratan tidak langsung dialirkan kembali ke laut. Hal ini tidak sampai gletser mencair pada waktu sampai di bagian yang lebih rendah yang akhirnya aliran air kembali ke laut, merembas kedalam tanah atau ter-evaporasi.



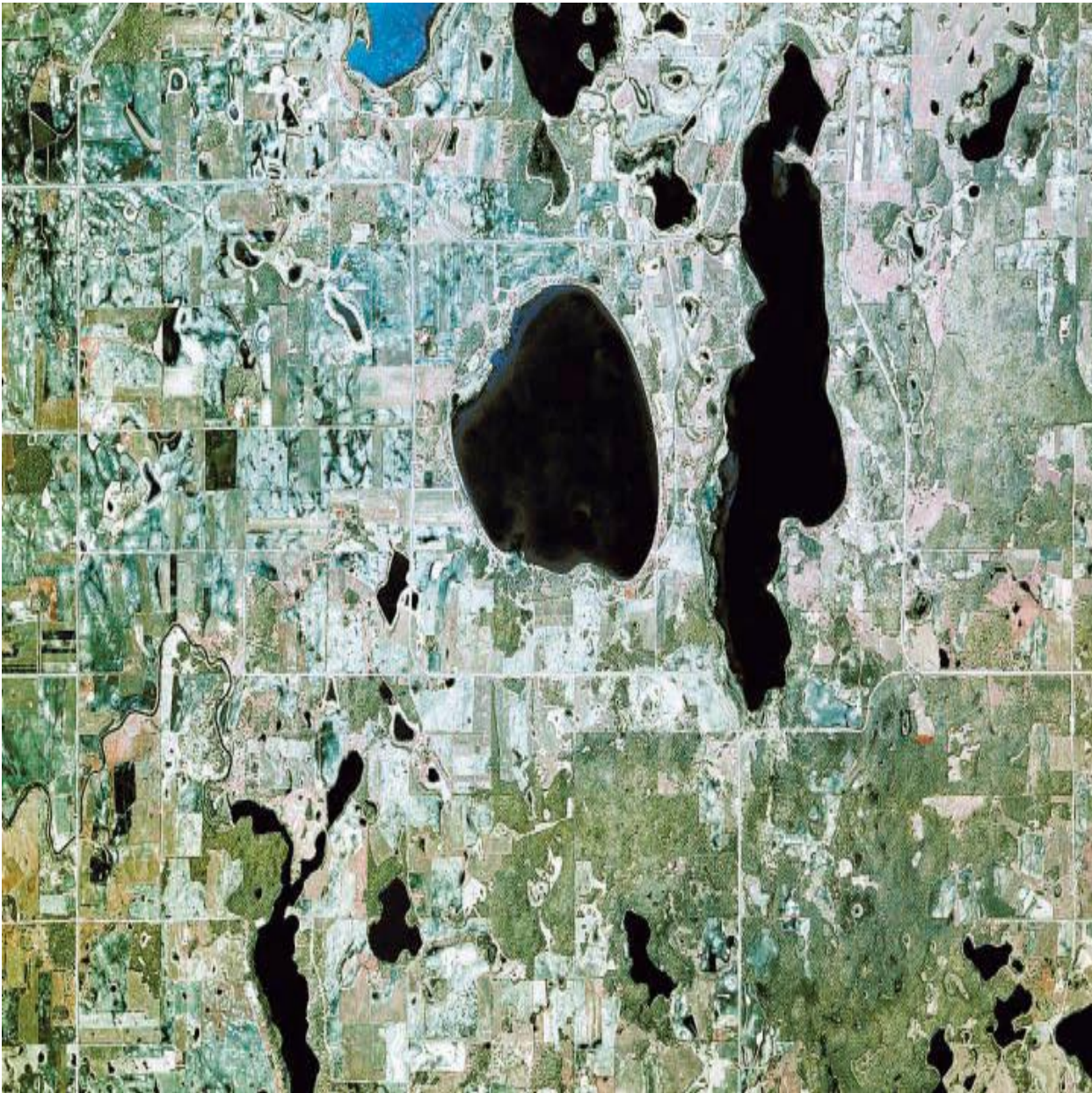
Lembah lembah glacial yang terdapat di Alaska dimana akumulasi salju yang terjadi setiap tahun yang kemudian mencair pada saat musim panas. Sepanjang puluhan tahun, siklus ini memungkinkan akumulasi es/salju membentuk gletser.

Lembah-lembah glasial terbentuk di daerah pegunungan yang bersalju dan kemudian secara perlahan mengalir sebagai aliran es yang berbentuk menyerupai lidah yang sangat besar turun mengikuti lembah-lembah sungai yang ada.

Perpindahan es merupakan agen erosi yang sangat bertenaga yang dapat merubah bentuk lembah dimana es tersebut mengalir.

SISTEM AIR BAWAH TANAH

- **Subsistem lainnya dalam sistem hidrologi adalah sistem air bawah tanah, yaitu sistem dimana air meresap ke dalam tanah (bawah permukaan) dan bergerak mengalir secara perlahan lahan melalui ruang pori di dalam tanah atau batuan. Sangat mengherankan bahwa 20% air tidak berada di lautan tetapi berada di bawah permukaan.**
- **Aliran air bawah tanah yang sangat lambat ini dapat melarutkan material-material yang terdapat dalam batuan seperti batugamping dan dapat menyebabkan terbentuknya gua-gua bawah tanah dan semakin lama gua-gua ini dapat bertambah besar dan pada akhirnya ambles yang menyebabkan permukaan tanah akan membentuk cekungan-cekungan yang disebut dengan sinkhole (dolina atau uvala).**



Gambar Air Bawah Tanah (Groundwater) merupakan bagian dari sistem hidrologi yang sangat luas dan tidak terlihat karena air bawah tanah menempati ruang antar butir yang kecil yang ada di dalam tanah atau batuan dan berada dibawah permukaan.

Air bawah tanah ini dapat melarutkan batuan-batuan yang mudah larut, seperti batugamping, sehingga dapat membentuk jaringan yang rumit berupa gua-gua dan sauran-saluran bawah tanah sebagai tempat air bawah tanah mengalir.

SISTEM PANTAI

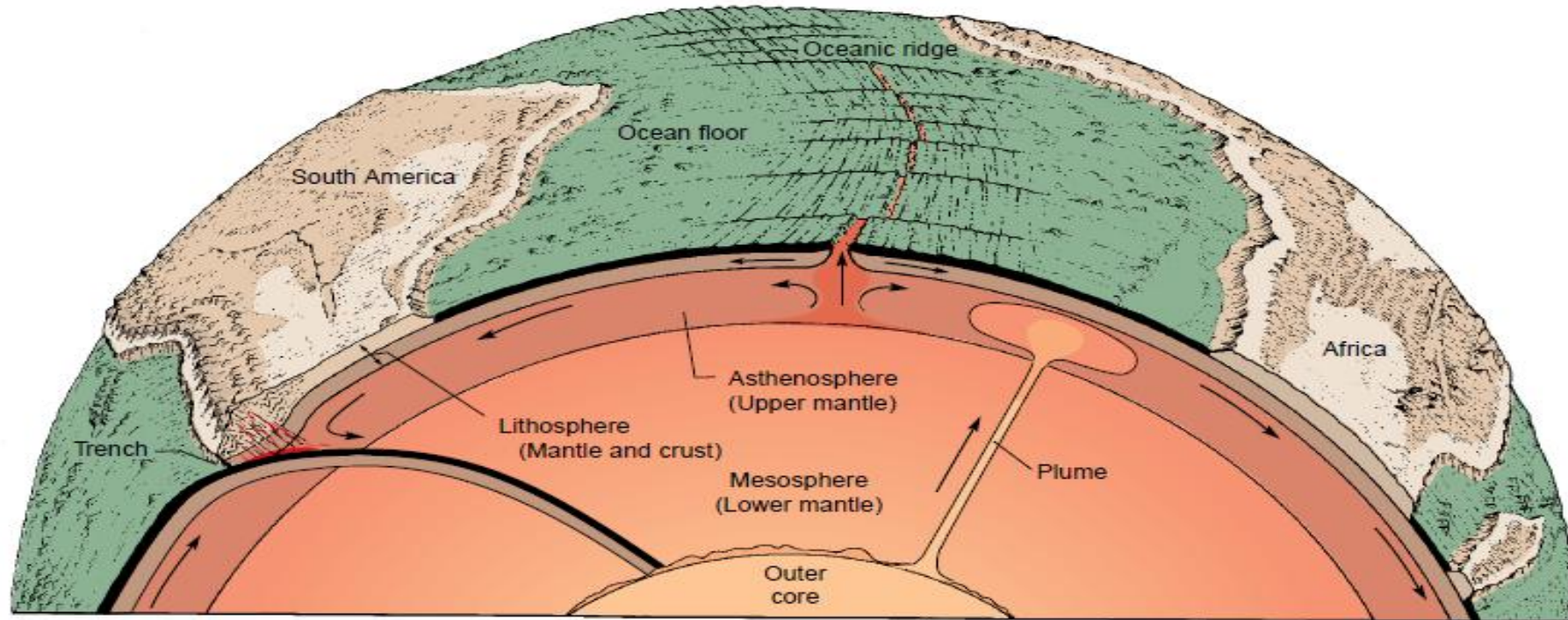
- **Sistem hidrologi juga bekerja di sistem garis pantai yaitu disepanjang pesisir atau pantai yang ada baik di benua-benua, kepulauan, dan juga tepi danau yang berada di daratan terutama oleh kerja gelombang.**
- **Air yang terdapat di lautan lautan dan danau merupakan badan air yang bersifat mobil yang menjadi subyek berbagai gerakan seperti terjadinya gelombang, pasang-surut, dan arus air.**
- **Seluruh gerakan tersebut akan mengerosi pantai dan mengangkut sedimen dalam jumlah yang sangat besar, sebagai contoh Delta Nile pada gambar.**
- **Dampak dari proses aktivitas air yang berada di pantai dapat kita lihat berupa teras pantai, delta, pesisir, tanggul pantai, laguna, dan erosi daratan oleh gelombang air (wave cut clift).**

SISTEM EOLIAN

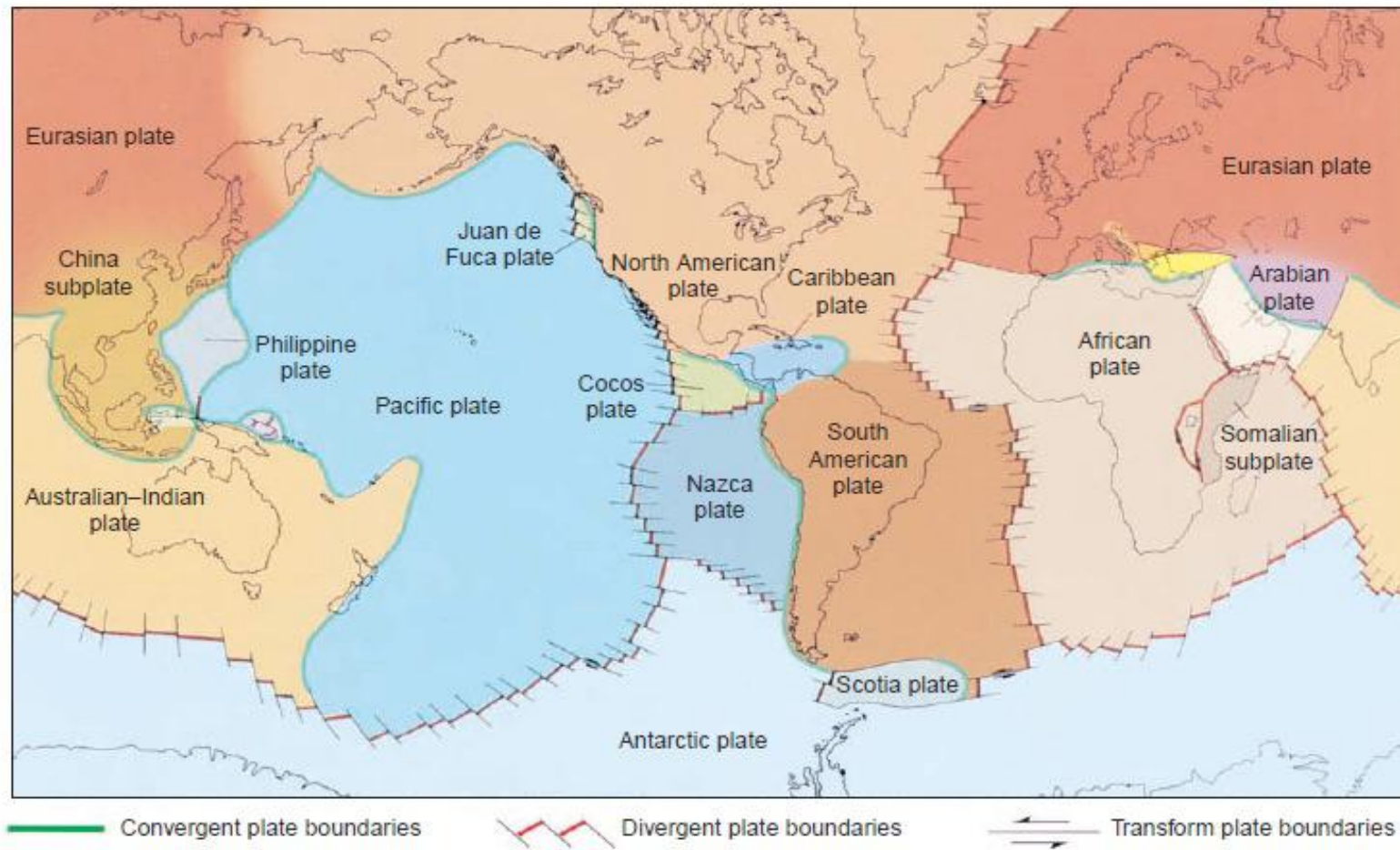
- **Sistem hidrologi juga bekerja di daerah yang beriklim kering (arid) yang terdapat di dunia. Dibanyak tempat di daerah gurun, lembah-lembah sungai masih merupakan bentuk bentangalam yang dominan.**
- **Tidak satupun yang ada dimuka bumi ini yang secara lengkap bintik bintik kering. Meskipun di daerah yang kering sekalipun beberapa kali terjadi hujan, dan pola iklim berubah sepanjang tahun.**
- **Lembah-lembah sungai dapat rusak atau tidak terlihat oleh gumuk pasir (dune) hasil hembusan angin yang menutupi bagian dari bentangalam gurun. Sirkulasi dari atmosfer membentuk sistem eolian.**
- **Angin dapat mengangkut debu dan pasir dalam jumlah yang sangat besar, dan meninggalkan jejak jejak yang khas dari aktivitas angin. Dalam sudut pandang yang lebih luas, angin itu sendiri merupakan bagian dari sistem hidrologi, yaitu perpindahan fluida di atas permukaan planet.**

SISTEM TEKTONIK

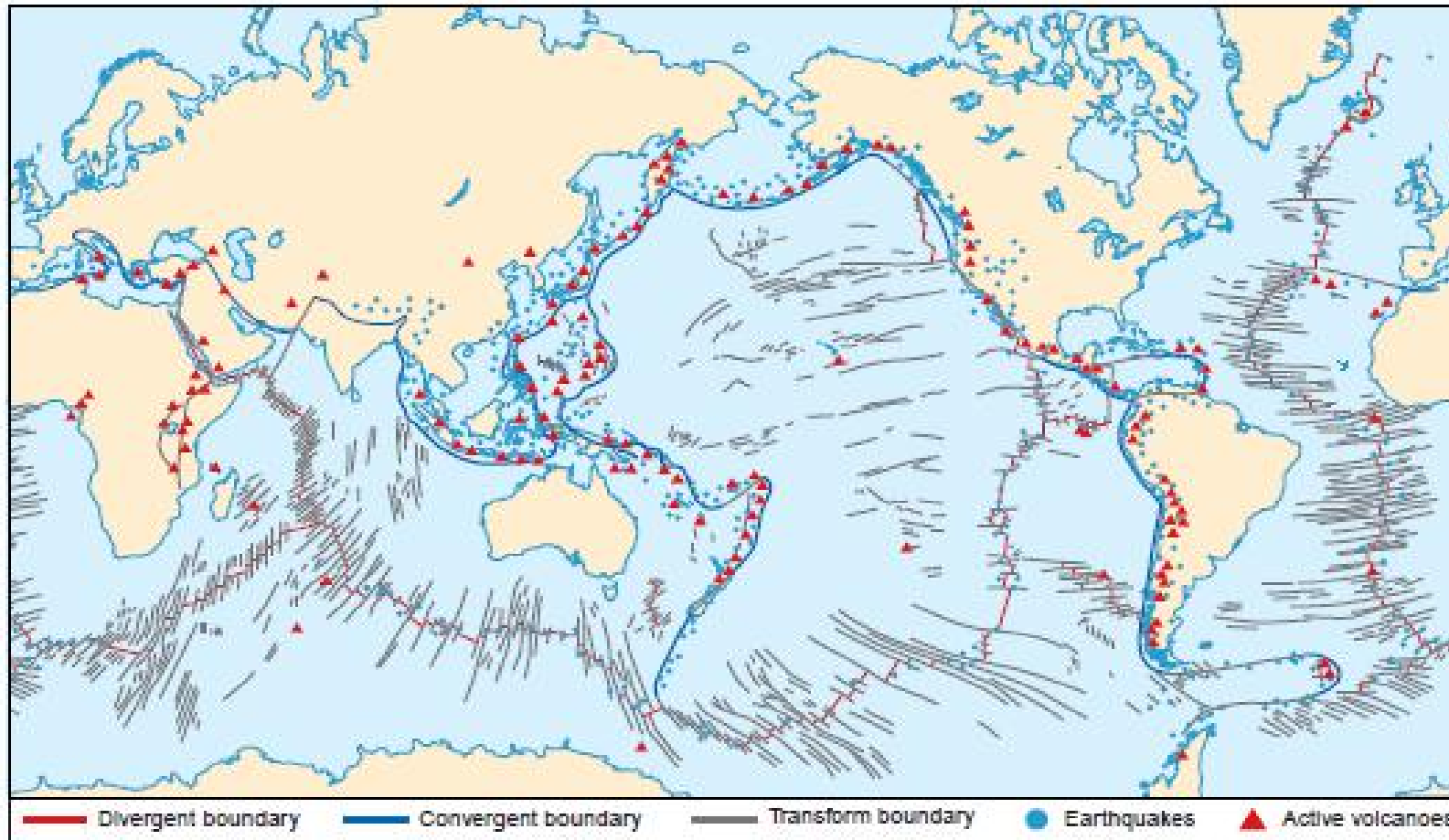
- **Sistem tektonik adalah sistem yang melibatkan pergeseran litosfir, dimana litosfir terpecah menjadi suatu mosaik dari lempeng-lempeng yang terpisah.**
- **Lempeng-lempeng ini secara sendiri sendiri bergeser memisahkan diri yang dapat saling bertabrakan, dan saling berpapasan satu dengan lainnya.**
- **Bagian pinggir dari batas batas lempeng adalah tempat dimana aktivitas geologi terjadi seperti pemekaran lantai samudra (seafloor spreading), pembentukan palung benua (continental rifting), pembentukan pegunungan, aktivitas gunungapi, dan gempa bumi.**



Gambar : Sistem Tektonik digerakan oleh energi panas yang berasal dari dalam Bumi. Astenosfir yang bersifat lebih plastis dibandingkan dengan litosfir yang menutupinya atau yang menutupi mantel bagian bawah. Lempeng litosfir yang berada diatas astenosfir relatif lebih dingin dan kaku bergeser dan terpisah kearah yang berlawanan sebagai suatu satuan mekanis disepanjang punggung samudra.



Peta mosaik dari lempeng-lempeng litosfir Bumi. Lempeng-lempeng ini bersifat kaku/getas/tidak plastis, dan masing-masing bergerak sebagai satu kesatuan tunggal. Ada 3 jenis batas lempeng: (1) sumbu punggung samudra, dimana lempeng-lempeng saling menjauh (divergen) dan merupakan tempat terbentuknya material baru kerak samudra; (2) patahan transform, dimana lempeng lempeng saling berpapasan satu dan lainnya; (3) zona subduksi, dimana lempeng-lempeng saling mendekat (konvergen) dan salah satu lempeng akan menyusup kedalam astenosfir (garis biru).

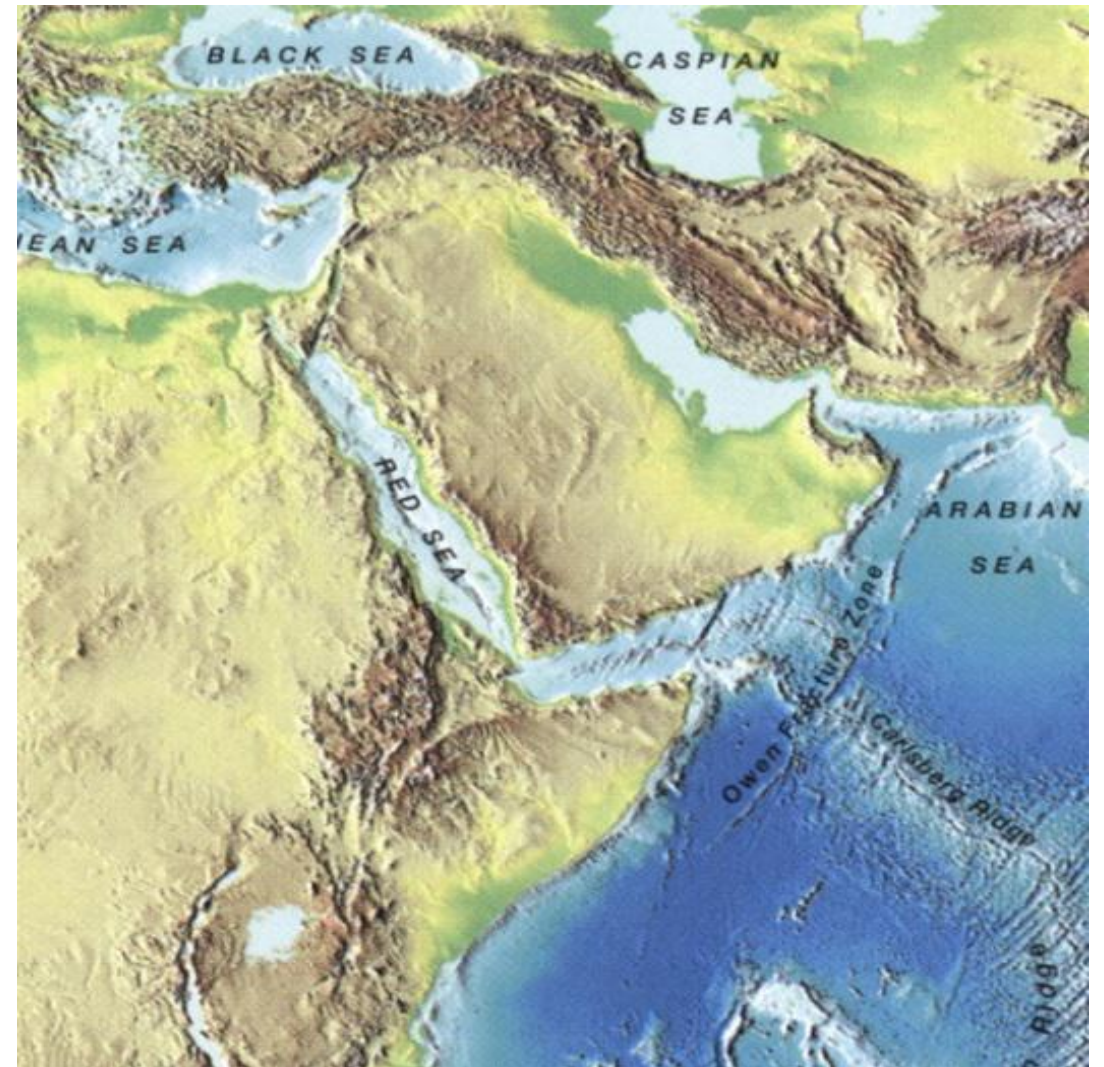


Peta sebaran pusat-pusat gempa bumi dan aktivitas gunung api yang tersebar di tepi-tepi lempeng. Pada batas-batas lempeng divergen, merupakan pusat tempat terjadinya gempa bumi dangkal, pusat erupsi gunung api bawah laut, dan rekahan rekahan jenis tarikan (tensional fractures). Pada batas transform umumnya dicirikan oleh pusat gempa bumi dangkal dan tidak dijumpai adanya aktivitas gunung api, sedangkan disepanjang tepi lempeng konvergen merupakan pusat gempa bumi dalam, pusat erupsi gunung api, palung laut yang berada di lantai dasar samudra dan jalur pegunungan lipatan.



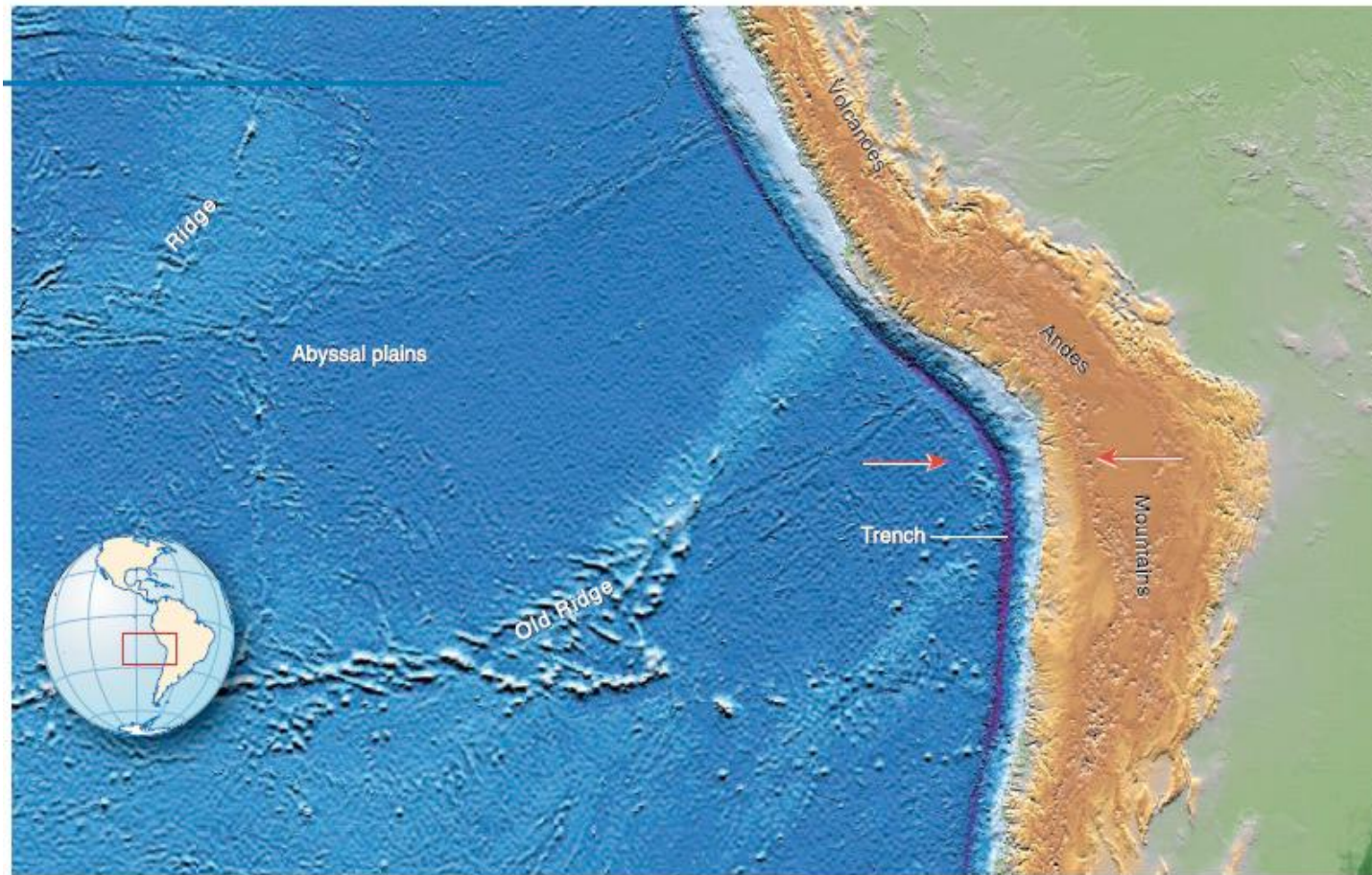
Citra satelit yang mengeks presikan Laut Merah sebagai hasil continent rifting (palung benua) dimana semenanjung Sinai dan Arabia berpisah dengan Afrika. Palung benua pada citra ditempati oleh Laut Merah dan Teluk Suez yang dicirikan oleh patahan yang linear, memanjang dari Laut Merah – Teluk Suez.

BATAS DIVERGEN



Batas lempeng divergen yang memisahkan antara Lempeng Afrika dengan Lempeng Arabia oleh Laut Merah sebagai palung benua (continent rift), sedangkan East African Rift memisahkan Lempeng Afrika Bagian Barat (Nubian) dengan lempeng Afrika Bagian Timur (Somalian).

BATAS KONVERGEN



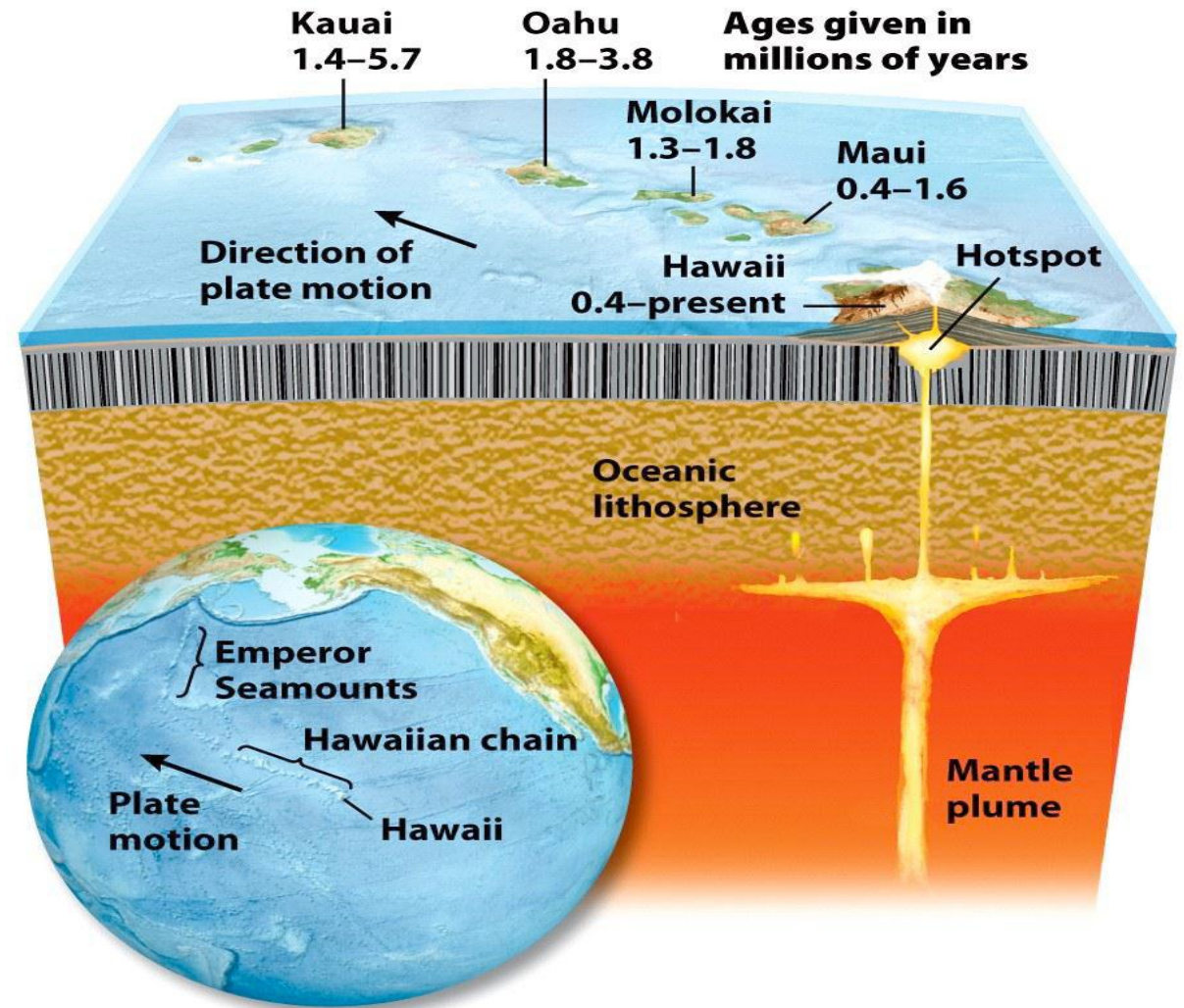
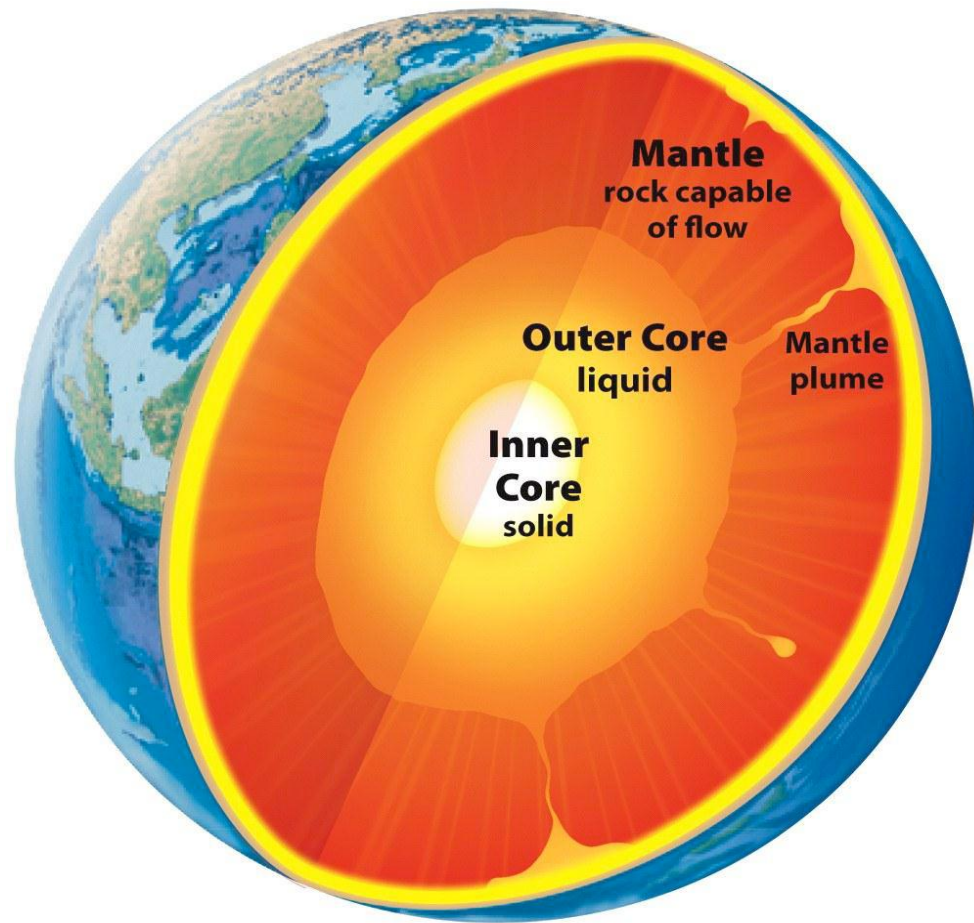
Pegunungan Andes terbentuk oleh subduksi antara lempeng Nazca yang menyusup kebawah di tepi lempeng konvergen Amerika Selatan. Lapisan-lapisan batuan sedimen yang awalnya horisontal kemudian terlipat dan terangkat dan secara bersamaan diikuti oleh proses erosi. Lapisan lapisan yang resisten terhadap erosi terlihat sebagai punggung di bagian timur Andes. Jalur pegunungan lipatan seperti pegunungan Andes merupakan salah satu bukti yang nyata hasil dari lempeng konvergen, dan apabila kita perhatikan secara teliti kita dapat juga menemukan dataran gunungapi yang relatif landai serta kerucut-kerucut gunungapi yang terisolasi yang menunjukkan peran dari aktivitas vulkanisme di bagian tepi lempeng konvergen.

BATAS TRANSFORM

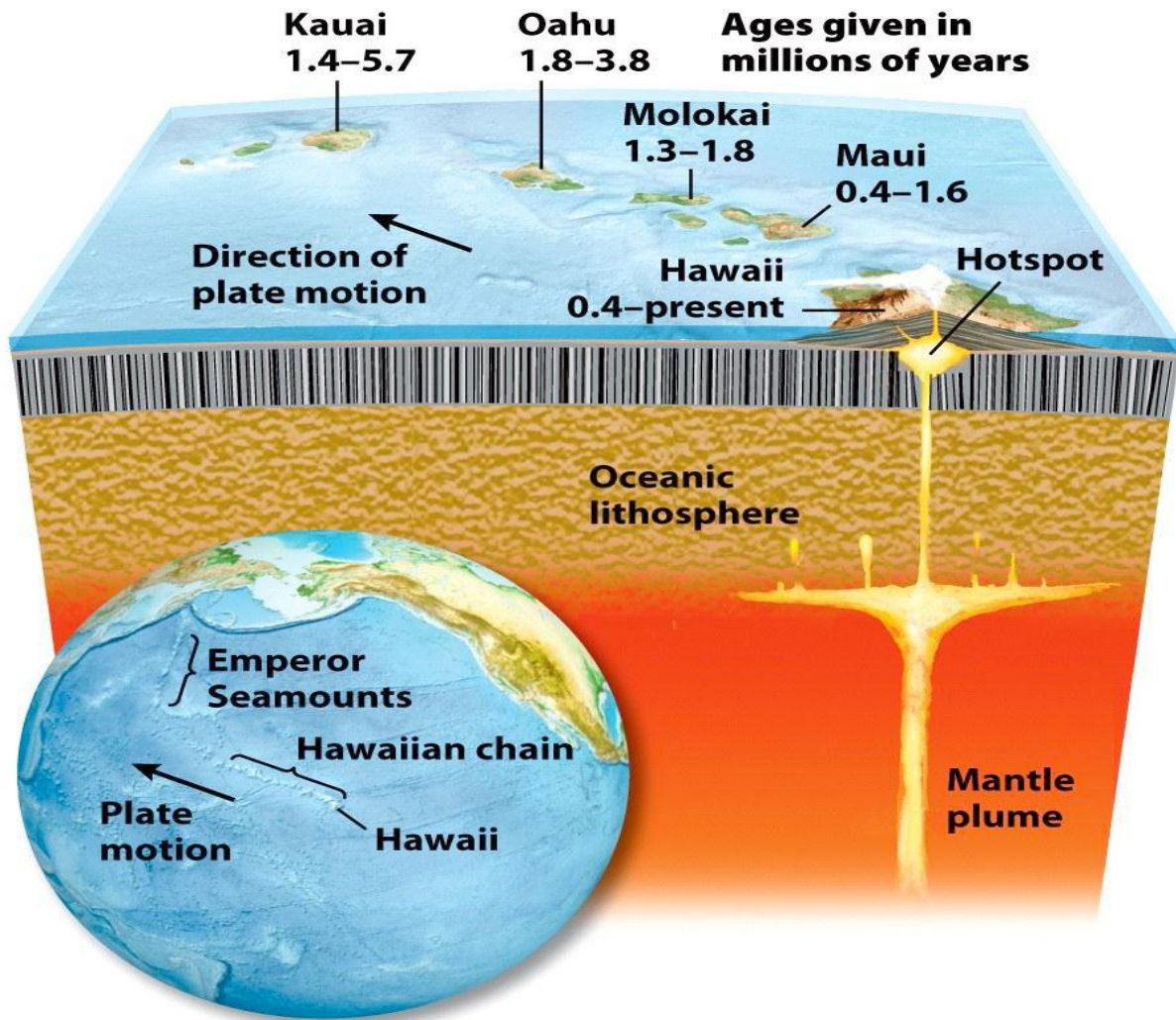


Sistem Patahan San Andreas di California merupakan bagian dari batas lempeng transform yang memisahkan lempeng Amerika Utara dari lempeng Pasifik. Sistem patahan ini berhubungan dengan batas divergen yang ada di teluk California, yaitu dengan patahan transform Mendocino dan punggung Juan de Fuca.

HOTSPOT – PLUME MANTLE



Plume mantel (material pijar) asal dari mantel bumi yang naik menerobos litosfir bumi dan dikenal sebagai hotspot (gambar kiri). Pembentukan gunungapi yang berasal dari hotspot yang naik kepermukaan bumi. Kepulauan Hawaii merupakan contoh dari gugusan kepulauan yang terbentuk dari material panas (hotspot) yang naik kepermukaan bumi dan menghasilkan pulau gunungapi.



Hawaii adalah suatu gugusan kepulauan yang terbentuk jauh dari batas-batas lempeng dan diduga kepulauan ini berada diatas suatu gumpalan material panas (hotspot) yang naik menerobos mantel menghasilkan pulau gunungapi. Oleh karena litosfir yang ada di wilayah ini bergerak secara berlahan-lahan kearah baratlaut dan membawa gugusan gunungapi yang lebih tua menjauh dari pusat hotspot.

TUGAS KULIAH GEOLOGI DINAMIS

- 1. Planet Bumi kita bersifat dinamis dan dikontrol oleh 2 sistem yang bekerja, yaitu Sistem Hidrologi dan Sistem Tektonik. Jelaskan dampak dari sistem hidrologi terjadi di daratan ?**
- 2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan sistem terbuka dan berilah contoh dari peristiwa geologi yang berhubungan dengan sistem terbuka?**
- 3. Jelaskan hubungan antara sistem tektonik dengan bentuk-bentuk bentangalam seperti pembentukan jalur pegunungan, gunungapi, palung laut dan dan gempa bumi?**

END OF SESSION - 2

**TERIMA
KASIH**