

**KULIAH GEOLOGI DINAMIS
PERTEMUAN MINGGU KE 5**

GEODINAMIKA BUMI

**Prepared By Djauhari Noor
2020/2021**

PENDAHULUAN

- Pada dasarnya geodinamika adalah sebagai disiplin terpadu yang menggabungkan aspek-aspek geologi, geofisika, geodesi dan geokimia.
- Geodinamika berkembang dilatarbelakangi oleh:
 1. perkembangan paradigma baru tentang teori tektonik lempeng (plate tectonics) sejak tahun 1960-an telah mementahkan teori-teori dinamika bumi sebelumnya;
 2. Berkembangnya teknologi penginderaan jarak jauh (remote sensing) dari satelit, komputer, telekomunikasi dan penentuan posisi di atas bumi dari satelit;
 3. Berkembangnya Ilmu Sistem Bumi sejak 1996;
 4. Kesadaran manusia untuk mengatasi bencana kebumihan, seperti gempa bumi, letusan gunung api, tsunami, dll;
 5. Meningkatkan usaha penelitian secara internasional dan interdisipliner untuk menjawab proses-proses dinamis yang terjadi dalam tubuh bumi;
 6. Berkembangnya Ilmu Sistem Bumi (Earth System Science).

- **Lingkungan Bumi yang terkait dinamika fisik:**
 - (1). Dinamika Bumi Padat (Solid Earth Dynamics);**
 - (2). Dinamika Lautan (Ocean Dynamics) - Dinamika Hidrosfer ;**
 - (3). Dinamika Atmosfer (Atmospheric Dynamics) ;**
 - (4). Dinamika Lingkungan Kehidupan (Dynamics of the Biosphere).**

- **Lingkungan Bumi terkait dengan reologi (aliran zat):**
 - 1. Dinamika Kerak Bumi (Crustal Dynamics);**
 - 2. Dinamika Litosfer (Kerak Bumi termasuk Mantel Atas) ;**
 - 3. Dinamika Tubuh Dalam dari Bumi (Mantel Dynamics atau Dinamika Mantel atau Dinamika Bumi bagian dalam (Earth's Interior)).**

Tujuan Studi Geodinamika

- 1. Fisika dari Interior Bumi, sifat dan perilakunya, serta sumber energi yang menggerakannya.**
- 2. Pengetahuan tentang gerakan kerak bumi dalam wilayah seismik aktif serta hubungannya dengan struktur bumi masa kini.**
- 3. Pengetahuan tentang gerakan paleodinamika (dinamika masa purba) yang catatannya terawetkan dalam batu-batuan dalam jalur orogenik (pegunungan).**
- 4. Pengetahuan tentang gerakan, khususnya gerakan vertikal masa lalu dan masa kini yang terjadi dalam wilayah yang lebih stabil.**
- 5. Pengetahuan tentang mekanisme terjadinya gempa bumi dan usaha-usaha prediksi bencana tektonik.**
- 6. Pengetahuan tentang rotasi bumi, magnetisme bumi dan gayaberat bumi.**

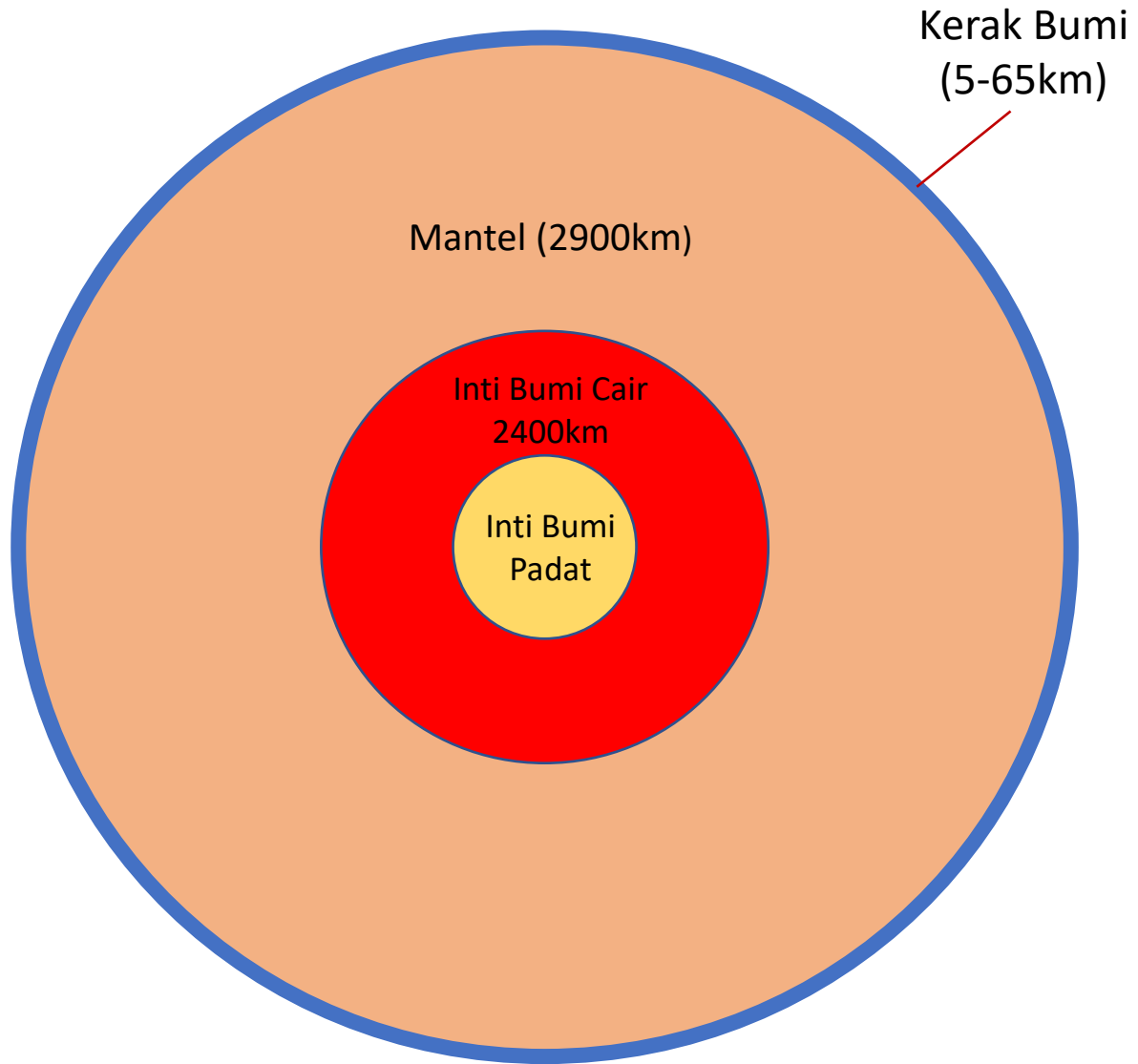
RUANG LINGKUP BAHASAN

- **Studi tentang dinamika bumi padat (lithosfer)**
- **Gaya dan proses (internal dan eksternal) yang mempengaruhi bumi**
- **Studi tentang struktur bumi dan gerakannya serta keterkaitannya dengan:**
 - 1. Struktur, komposisi, evolusi dan deformasi bumi padat**
 - 2. Medan magnet bumi dan medan gayaberat bumi**
 - 3. Pasut laut dan pasut bumi padat**
 - 4. Variasi waktu dalam rotasi bumi dan orientasi sumbu putarnya**

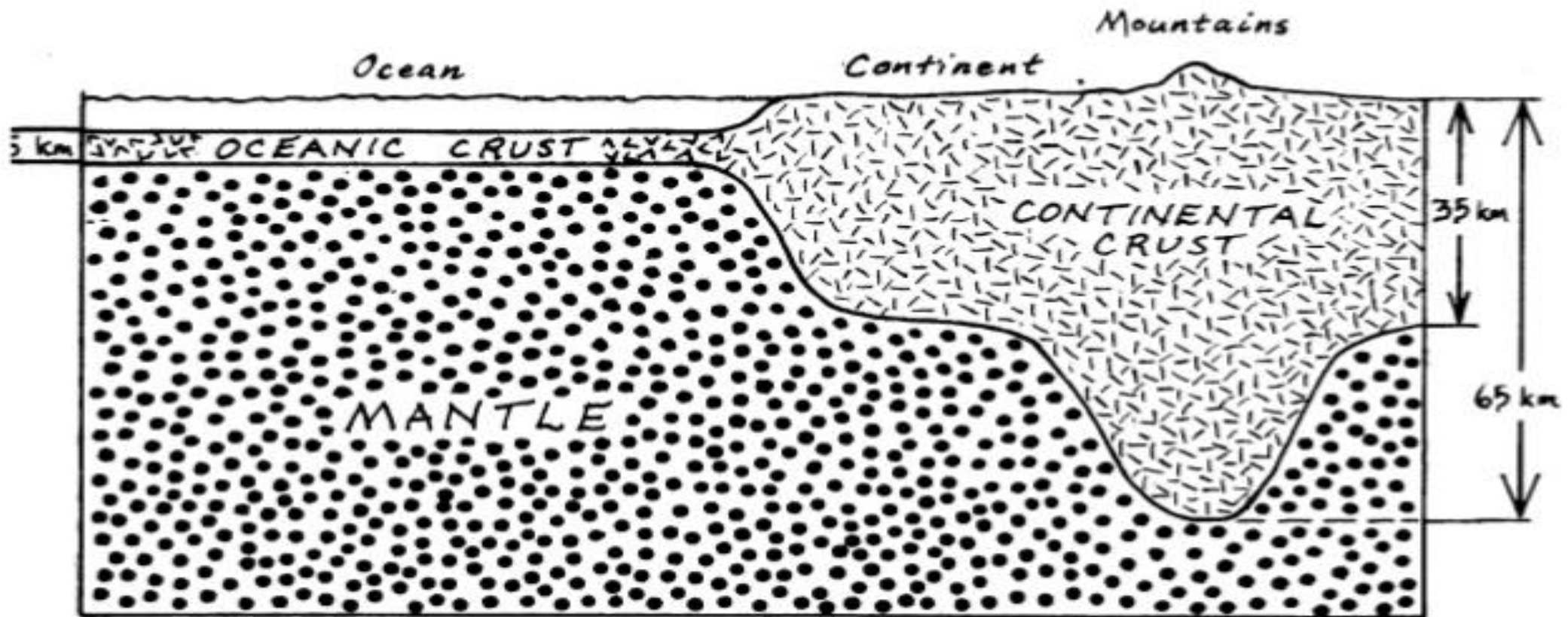
STRUKTUR INTERIOR BUMI

- **Bumi terdiri dari 3 lapisan konsentris, yaitu:**
- **Inti Bumi (Core)**
 - **Inti Bumi padat (Solid Core) = 1100 km**
 - **Inti Bumi cair (Liquid Core) = 2400 km**
- **Mantel Bumi (Mantle) = 2900 km**
- **Kerak Bumi (Crust) = 5 - 65 km**

- **Bahwa struktur interior bumi itu berlapis-lapis, di-deduksi dari 2 kumpulan data geofisika:**
 - **Data gelombang seismik yang dibangkitkan oleh gempa.**
 - **Data medan gayaberat bumi; densitas bumi bertambah menurut kedalaman**
 - **Radius Bumi: 6.378.136 meter**
 - **Tebalnya Kerak Bumi: Kerak Benua = 35-65 km dan Kerak Samudera = 5 km**



SUSUNAN INTERIOR BUMI



Gambar . Ketebalan Kerak Bumi 35 - 65 km dan Kerak Samudra 5 km

Lapisan-lapisan Bumi berdasarkan sifat-sifat reologi

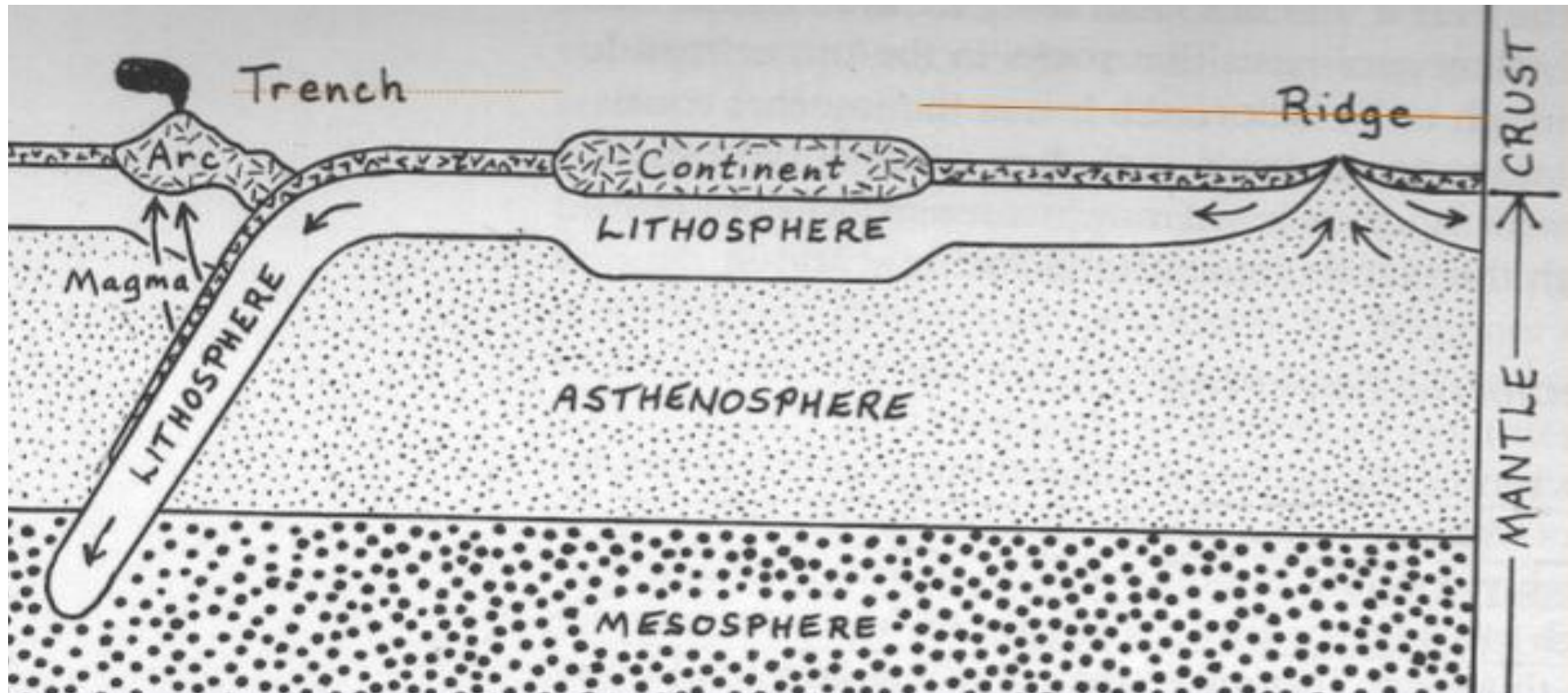
- Reologi adalah ilmu tentang deformasi dan mengalirnya materi (zat)
- Diperkenalkan dua lapisan baru dari bumi: (a) Litosfer (*Lithosphere*) dan (b) Astenosfer (*Asthenosphere*)
- Litosfer adalah kaku (rigid) dan Astenosfer adalah lunak (plastis)

Lapisan-lapisan Bumi berdasarkan sifat reologi ada 2 atau mungkin 3 lapisan Bumi:

- **Litosfer**

- Kerak bumi dan mantel bumi bagian atas (upper mantle); bersifat rigid
- Tebalnya tidak uniform:
- Di bawah benua : 30 km - 50 km
- Di bawah barisan gunung : 65 km
- Di bawah basin samudera: 5 km

- **Astenosfer** berada dibawah litosfer, bersifat lunak (plastis), mudah deformasi, viskositas rendah, tebalnya beberapa ratus km.
- **Mesosfer**. Mesosfer berada dibawah astenosfer (lapisan yang paling dalam dari mantel sampai batas inti



Gambar 5-3 Lapisan lapisan Kerak Bumi : Lithosphere; Asthenosphere dan Mesosphere

Litosfer dan Astenosfer

- Suhu bertambah dengan kedalaman bumi sampai kedalaman 80 km dalam mantel, suhu mencapai 1400°C , adalah suhu yang dekat dengan titik cair.
- Material yang terdiri dari satu mineral mencair dan kehilangan kekuatannya apabila dipanasi.
- Material yang terdiri dari lebih dari satu mineral tidak mencair pada saat yang sama; mungkin dalam rentan satu atau dua derajat perbedaannya.
- Mantel terdiri dari kumpulan banyak mineral dengan titik cair yang berbeda-beda dan tidak mencair sempurna pada kedalaman apapun juga.
- Namun demikian pada kedalaman astenosfer, suhu mendekati titik cair dari mineral mantel yang rendah titik cairnya dan hasilnya litosfer menjadi lunak dan mudah berubah bentuk (bersifat plastis)

TEORI TEORI DINAMIKA BUMI

- **Ada 4 teori yang mencoba untuk menjelaskan tentang dinamika bumi, yaitu:**
 - 1. Teori Kontraksi dan Ekspansi (Contraction and Expansion Theory) - Teori “Big Bang”**
 - 2. Teori Pengapungan Benua (Continental Drift Theory) - berkembang sejak tahun 1912-1930**
 - 3. Teori Perpindahan Kutub Magnet Bumi (1950) (Magnetic Polar Wandering Theory)**
 - 4. Teori Tektonik Lempeng (Theory of Plate Tectonics) berkembang sejak tahun 1960**

Teori Kontraksi dan Ekspansi (Contraction and Expansion Theory)

- **Abad ke-19 orang percaya Bumi mula-mula panas dan kemudian dingin pelan-pelan. Terjadi kontraksi**
- **Baris pegunungan dan jalur seismik dianggap daerah kontraksi**
- **Kemudian Bumi makin memanas lagi secara internal oleh pelepasan radioaktif (radioactive decay); Bumi membesar yang menyebabkan terjadi retak-retak (crack) pada kerak benua dan ada yang pecah berkeping-keping**
- **Begitu ekspansi berlanjut, crack menjadi basin samudera - magma mengalir ke atas membentuk kerak samudera baru**

- **Teori ini hampir sempurna, tetapi teori ekspansi mempunyai kelemahan yaitu :**
 - **Tidak ada bukti bahwa Bumi makin panas dari dalam**
 - **Teori tidak menerangkan mengapa benua tidak hanya bergerak lateral tetapi juga memutar**
- **Teori ini kemudian ditinggalkan dan orang mulai mencari pendekatan baru**

Teori Perpindahan Kutub Magnet Bumi (Polar Wandering Theory)

- Tahun 1950 terjadi titik balik dari teori Wegener (1930), yaitu munculnya teori perpindahan (keluyuran) kutub magnetik bumi.
- Teori ini menyatakan bahwa begitu batu-batuan terbentuk, maka batu-batuan tersebut termagnetisir dan arah dari magnetisasi merupakan catatan fosil dari arah magnetik bumi dan posisi kutubnya pada waktu atau saat batuan itu membeku.
- Magnetisme dalam batu-batuan purba dinamakan paleomagnetisme.
- Dari pengukuran paleomagnetik terbukti bahwa medan magnetik bumi telah ada semasa batu-batuan terbentuk.

- Informasi penting dari pengukuran paleomagnetisme pada batuan telah membuktikan bahwa titik kutub magnetik berubah-ubah posisinya (berpindah pindah)
- Magnetisme terjadi karena inti bumi luar yang cair berputar karena rotasi bumi (bekerja sebagai dinamo)
- Titik kutub magnetik dapat saja “wobble”, (terhuyung-huyung) namun letak titik kutub tidak akan jauh dari poros kutub bumi dan tidak jauh dari titik magnetik masa kini
- Kesimpulan: Benua yang bergerak/berputar bersama batuan yang termagnetisir dan bukannya kutub yang bergerak.

Teori Pengapungan Benua (Continental Drift Theory)

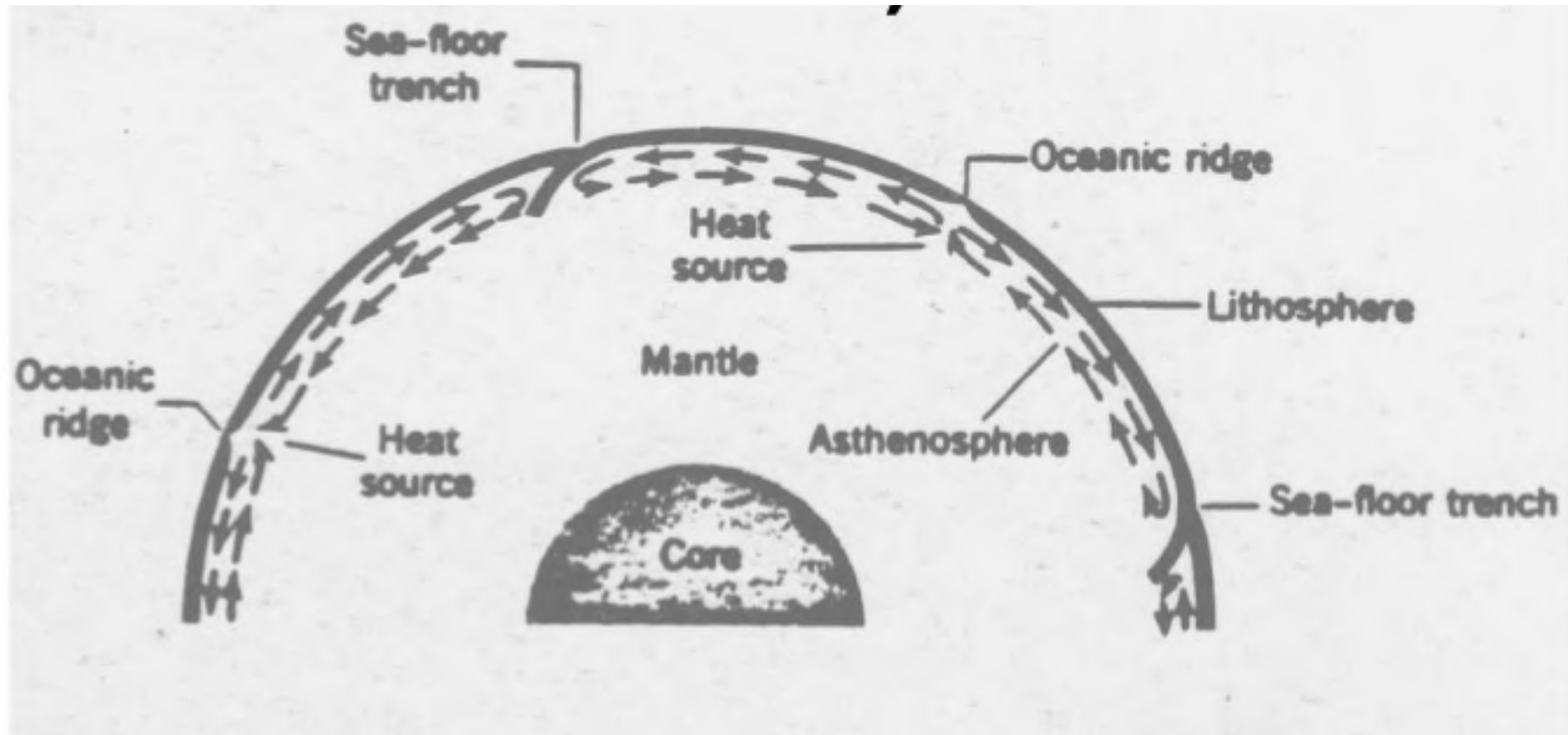
- Tahun 1912 Alfred Wegener (Jerman) memperkenalkan teori pengapungan benua (continental drift) secara perlahan-lahan, kadang-kadang pecah dalam lempeng-lempeng, kadang-kadang saling benturan
- Seperti sepotong balok es yang mengapung di suatu danau
- Dibuktikan bahwa fosil-fosil yang sama dari binatang yang mengembara di Amerika Selatan, India, Australia yang di masa lalu berada di wilayah tsb yang menyatu tsb.
- Benua Pangea (>200 juta tahun lalu)
- Namun Wegener tidak dapat menjelaskan mengapa Benua bergerak
- Wegener meninggal tahun 1930, namun perdebatan hangat tentang teorinya masih terus berlanjut

APA YANG MENYEBABKAN LEMPENG BERGERAK

- **Adanya arus Konveksi dalam tubuh Bumi**
- **Ada 3 macam arus konveksi yang diperdebatkan para ahli, yaitu:**
 - 1. Arus konveksi yang terbatas pada permukaan Astenosfer**
 - 2. Arus konveksi yang terjadi di seluruh Mantel**
 - 3. Semburan termal (Thermal plume): arus konveksi pada batas Inti dan Astenosfer yang muncul ke permukaan Bumi**

Arus Konveksi Terbatas pada Permukaan Astenosfer

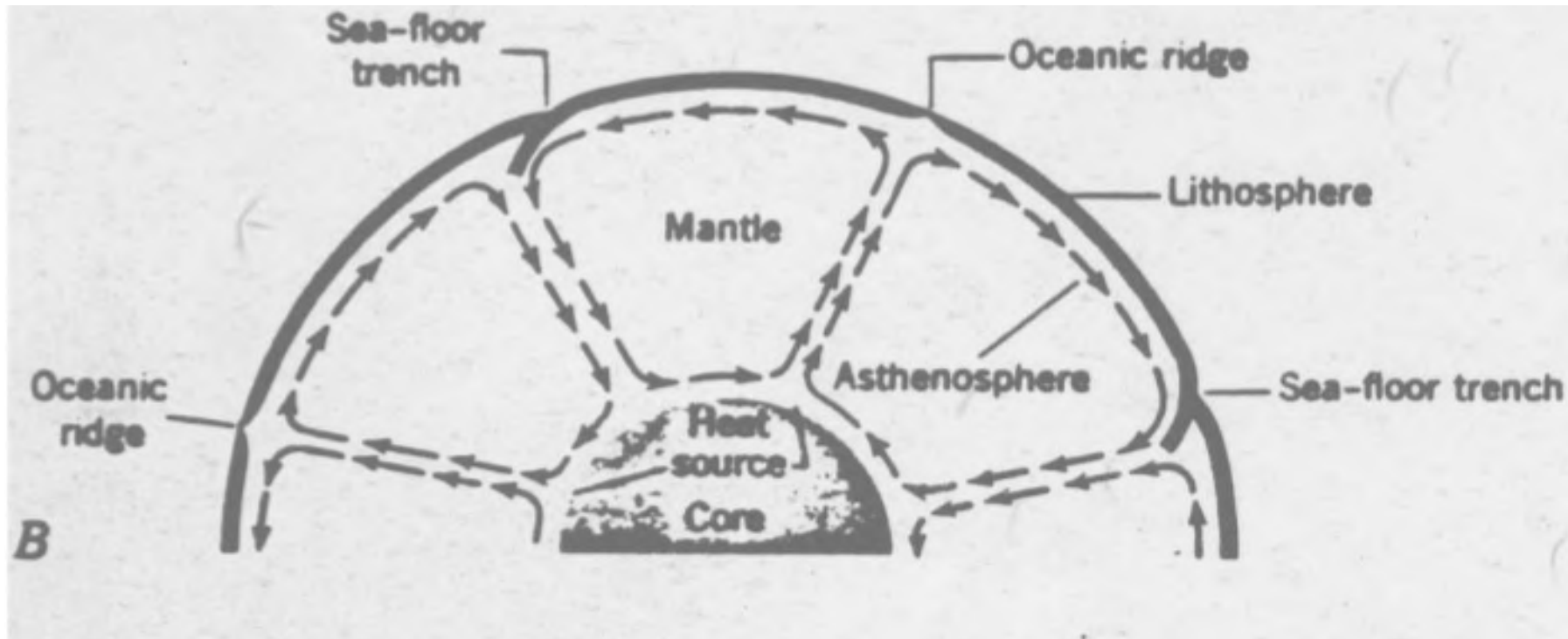
- Konsep ini menganggap bahwa arus konveksi terbatas hanya pada permukaan astenosfer saja, dimana sumber panas berada pada bagian bawah lapisan astenosfer yang naik ke arah bagian litosfer dikarenakan masa jenisnya yang lebih rendah dibandingkan dengan masa jenis material astenosfer bagian atas, sebaliknya material astenosfer bagian atas yang memiliki masa jenis yang relatif lebih besar akan turun ke bagian bawah lapisan astenosfer.
- Proses ini terjadi secara terus menerus yang menjadikan terjadinya arus konveksi dan arus konverksi ini menggerakkan litosfer bumi.



Gambar: Arus konveksi yang terjadi pada permukaan lapisan astenosfer Bumi.

Konveksi yang terjadi di seluruh Mantel

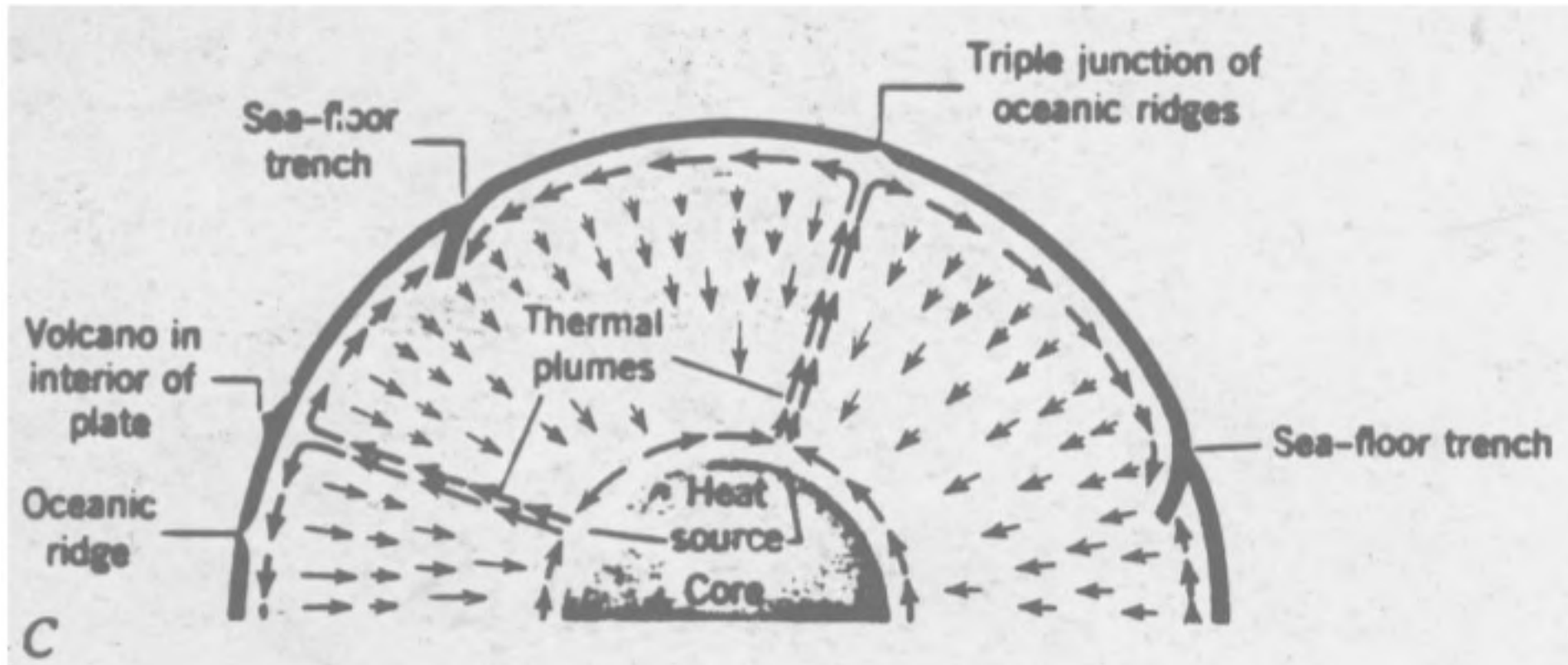
- Konsep ini menganggap bahwa arus konveksi terjadi diseluruh mantel dengan sumber panas berasal dari bagian inti bumi.
- Terjadinya arus konveksi dikarenakan material bagian bawah mantel yang panas akan memiliki masa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan material mantel yang terdapat di bagian atasnya, hal ini menyebabkan material bagian bawah akan naik ke bagian atas dan bagian bagian atas yang relatif lebih dingin dengan masa jenis yang lebih berat akan turun ke bagian bawah mantel. Proses ini berjalan secara terus menerus yang menimbulkan arus konveksi di dalam mantel.



Gambar: Arus konveksi yang terjadi diseluruh mantel

Adanya panas pada batas Inti Bumi dan Mantel yang muncul ke permukaan bumi sebagai “hotspot”

- **Konsep ini menganggap bahwa arus konveksi terjadi karena adanya semburan panas (thermal plumes) yang muncul ke permukaan bumi yang berasal dari batas inti bumi dan mantel.**
- **Arus konveksi ini yang menggerakkan litosfer bumi yang terdiri dari lempeng-lempeng dan saling menjauh menghasilkan punggung samudra, gunungapi pada lempeng interior, palung samudra.**



Gambar. Arus konveksi yang terjadi akibat semburan panas (thermal plumes)

END OF SESSION - 5

**TERIMA
KASIH**