

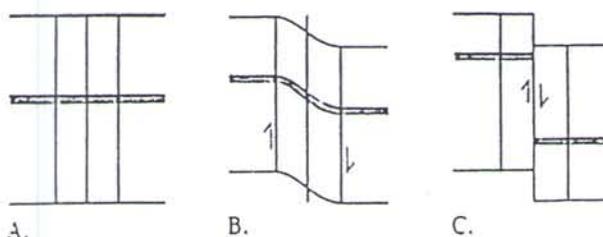
INTERIOR BUMI DAN TEORI TEKTONIK LEMPENG

I. GEMPA BUMI DAN GELOMBANG SEISMIK

Bumi merupakan bahan yang dinamis, akibat massa batuan aktif bergerak satu dengan yang lain, sehingga menghasilkan gempa bumi pada zona tunjaman lempeng dengan kedalaman sekitar 700 km di bawah dasar-dasar samudra. Gempa bumi, berasal dari pergerakan secara perlahan dari massa batuan akibat pertambahan gaya deformasi, sehingga massa batuan melampui batas elastisitasnya dan akhirnya patah (pecah).

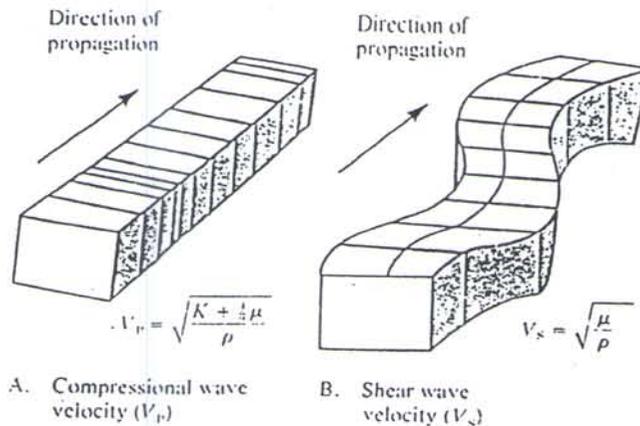
Tempat lepasnya energi deformasi elastis, yang biasa disebut "gelombang seismic", menyebar ke segala arah disebut sebagai "hiposenter". Rekahan-rekahan yang terbentuk akibat deformasi tersebut dinamakan "patahan" (fault).

Pada Gambar 1A tampak keadaan massa batuan sebelum mengalami deformasi. Saat mengalami deformasi (Gambar 1B), dan bila massa batuan telah melampui batas elastisitasnya (Gambar 1C) akibat deformasi maka massa batuan akan patah/pecah.



Gambar 1 . A. Massa batuan sebelum mengalami deformasi. B. Saat mengalami deformasi. C. Massa batuan telah mengalami batas elastisitasnya.

Dengan mempelajari struktur dalam bumi, disimpulkan adanya dua jenis gelombang seismik, yaitu "compressional wave" biasa disebut dengan P wave (gelombang P), dan "shear wave" biasa disebut S wave (gelombang S), perhatikan Gambar 2A dan Gambar 2B.



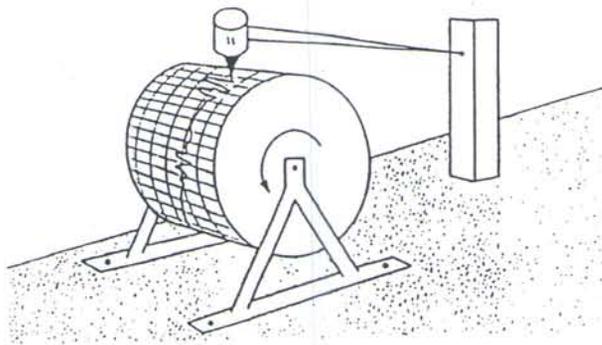
Gambar 2. A. Compressional wave, biasa disebut P Wave (Gelombang P)
B. Shear wave, biasa disebut S wave (gelombang S)

Gelombang P adalah gelombang tekanan penyebab deformasi elastis pada massa batuan, bergerak "searah" dengan arah gaya deformasi. Sedang gelombang S adalah gelombang tarikan bergerak "membuat sudut" dengan arah gaya deformasi. Kecepatan gelombang P ternyata 40% lebih besar dibanding kecepatan gelombang S.

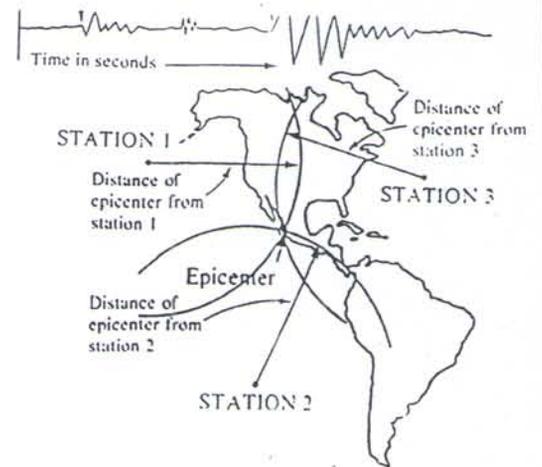
Alat geofisika untuk mencatat gerakan perlahan interior (kerak) bumi yang berassosiasi dengan gelombang seismik disebut "seismograph". (Gambar 3). Apabila kecepatan kedua gelombang P dan S dapat diketahui dari seismograph, dan selang (perbedaan) waktu kedatangan kedua gelombang dicatat, maka kedalaman pusat gempa (hiposenter) dapat ditentukan (Gambar 4).

Proyeksi (posisi) tegak lurus hiposenter ke permukaan bumi, disebut sebagai "episenter".

Gelombang P didalam bumi, mempunyai kecepatan yang berbeda-beda, sebagai akibat ketidak-homogenan struktur dalam (interior) bumi. Sifat dari gelombang ini, baik pada fasa padat maupun fasa cair, tetap ditransmisikan. Sedang untuk gelombang S, tidak ditransmisikan pada fasa cair.



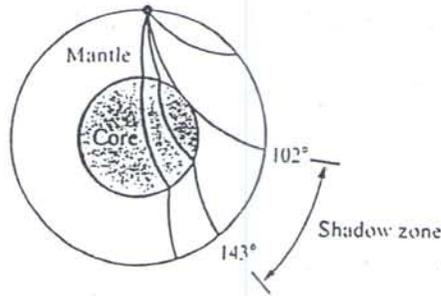
Gambar 3. Seismograph



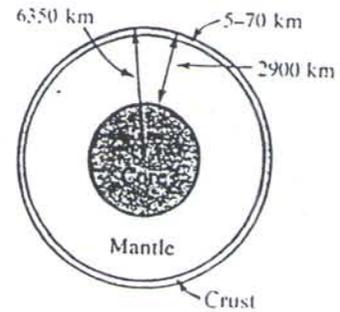
Gambar 4. Karena gelombang P berjalan lebih cepat dari gelombang S, maka gelombang P tiba di seismograph lebih dahulu dan direkam oleh defleksi pada diagram seismograph. Gelombang S direkam dengan cara yang sama, tetapi pada waktu berikutnya. Sehingga perbedaan kedatangannya dapat dicatat. Lokasi gempa dapat ditentukan bila jarak gempa dari beberapa stasiun seismograph dihitung.

Gelombang P dapat dicatat hingga posisi 120° dari pusat gempa (Gambar 5). Tetapi pada koordinat $102^\circ - 143^\circ$, getaran gelombang P tidak dapat direkam, dan daerah tersebut dinamakan "shadow zone" (daerah bayangan). Gerakan gelombang P tercatat mulai lemah kecepatannya adalah pada koordinat $143^\circ - 180^\circ$.

Dari hasil penelitian ahli geofisika mengenai kecepatan gelombang P dan gelombang S di dalam bumi, disimpulkan terdapat dua bidang utama diskontinuitas, pertama sekitar 5 - 70 km dari permukaan bumi, sedang kedua, pada kedalaman ± 2900 km dari permukaan bumi (Gambar 6). Tampak dari gambar tersebut secara garis besar, interior bumi terdiri atas kerak bumi (crust) dengan ketebalan $\pm 5-70$ km, selubung bumi (mantel) ketebalannya $\pm 70-2900$ km, dan inti bumi (core) dengan ketebalan ± 3450 km. Sehingga secara akumulasi, jari-jari bumi diperkirakan ± 6350 km panjangnya.



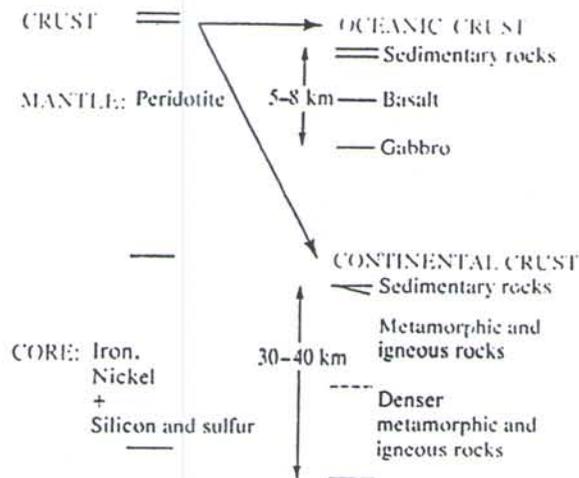
Gambar 5. Gelombang P tidak dicatat antara 102° dan 143° dari titik pusat gempa, karena gelombang P direfraksikan oleh material padat di bagian dalam bumi.



Gambar 6. Dari hasil penelitian kecepatan gelombang P dan S, terdapat dua bidang utama diskontinuitas, pertama pada kedalaman sekitar 5 - 70 km, dan kedua pada kedalaman sekitar 2900 km.

II. KOMPOSISI dan BERAT JENIS BUMI

Berat jenis batuan ultramafik penyusun selubung bumi (mantle) adalah berkisar antara $3,2 \text{ gr/cm}^3$ pada bagian luar (atas) dan 5 gr/cm^3 pada bagian dalam (bawah). Sedang rata-rata berat jenis bumi adalah $5,5 \text{ gr/cm}^3$, sedikit lebih besar dibanding dengan berat jenis inti bumi (core). (Gambar 7).



Gambar 7. Distribusi kecepatan seismic dan tingkat kedalaman, kaitannya dengan komposisi kimia terbesar penyusun bumi.

Komposisi kerak bumi sangat bervariasi susunannya bila dibanding dengan mantel atau inti bumi. Hal ini disebabkan beberapa proses, baik proses oksigen (gaya yang bekerja dari luar permukaan bumi) maupun proses endogen (gaya yang bekerja dari dalam permukaan bumi) pada kerak bumi menyebabkan terjadinya perubahan komposisi secara lokal. Dari penelitian kerak bumi, dapat dipisahkan menjadi dua yaitu kerak benua (continental crust) dan kerak samudra (oceanic crust).

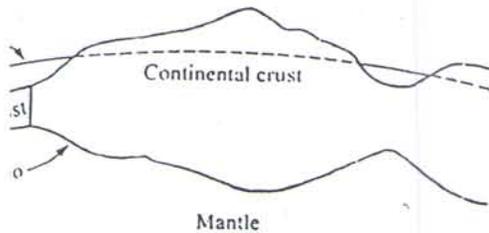
Kerak samudra terdiri atas tiga lapisan, dari atas ke bawah adalah batuan sedimen ($\pm 0,5$ km tebalnya), basalt (1-2 km tebalnya), dan paling bawah gabbro (± 3 km tebalnya). Kerak samudra ketebalannya hanya ± 5 km tertutup air laut yang tebal/dalamnya ± 5 km pula. Komposisi utamanya adalah unsur Si (Silika) dan Al (Aluminium).

Komposisi kerak benua lebih kompleks, karena disamping terdiri atas berbagai variasi batuan metamorph dan batuan beku, ditutupi lagi oleh berbagai batuan sedimen dengan variasi ketebalan yang tidak sama di perbagai tempat.

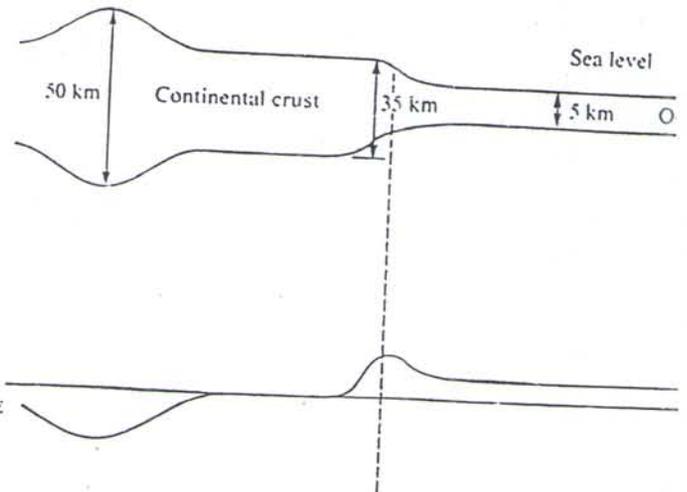
Kecepatan gelombang P pada kerak benua sekitar 4-5 km/det didekat permukaan bumi, semakin cepat jauh di bawah permukaan bumi yaitu $\pm 6-7$ km/det.

Unsur utama pada kerak benua adalah Si (Silika) dan Mg (Magnesium), dengan berat jenis antara 2,6-2,8 gr/cm³, dan ketebal berkisar 35-40 km.

Secara lateral, ketebalan kerak bumi sangat tidak homogen. (Gambar 8). Di beberapa tempat tampak kerak benua sangat tebal (misalnya pada pegunungan) ke arah atas, juga menebal ke arah bawah (ke dalam mantel). Tidak meratanya ketebalan kerak bumi ini, secara lateral mencapai radius ± 400 km - 700 km.



Gambar 8. Kerak bumi dan kerak samudra



Gambar 9. Anomali gravitasi Bouguer

Dari hasil penelitian beberapa ahli geofisika, dengan mendasarkan pada "anomali gravitasi Bouguer" (dalam bab ini tidak dibahas), didapat adanya anomali negatif pada daerah pegunungan dan anomali positif pada daerah di bawah permukaan laut (Gambar 9). Hal inilah yang menguatkan pendapat bahwa ketebalan kerak benua sangatlah tidak merata di setiap tempat di muka bumi.

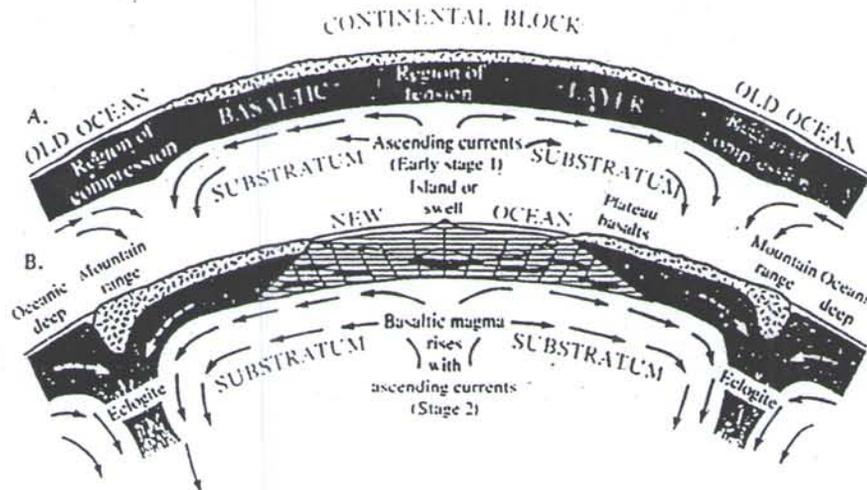
GRADIEN PANAS BUMI

Hasil pengamatan dari lobang pemboran dan pertambangan bawah tanah, menunjukkan adanya perubahan temperatur pada kulit bumi, sedang dengan pertambahan kedalamannya dari permukaan bumi.

Data menunjukkan bahwa perubahan temperatur antara 20°C - 30°C , setiap kedalaman bertambah ± 1 kilometer. Sehingga diasumsikan, pada kedalaman sekitar 40 kilometer dari permukaan bumi merupakan temperatur pencarian batuan, yaitu $\pm 800^{\circ}\text{C}$ - 1200°C (temperatur pada dapur magma).

MORFOLOGI CEKUNGAN SAMUDRA

Konsep pemekaran lantai samudra (sea-floor spreading) dan pergerakan kerak bumi, mendasari penelitian tentang morfologi cekungan samudra. Arthur Holmes (1944), membuat skema hipotetis tentang tunjaman lempeng (continental drift), (Gambar 10A.B).

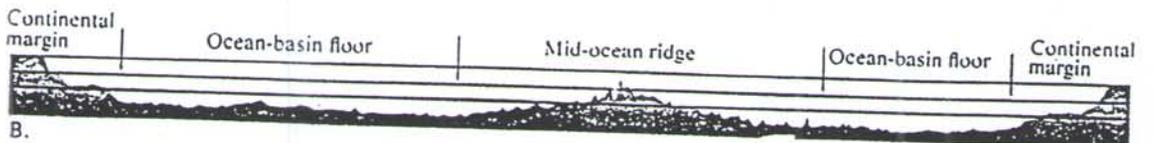
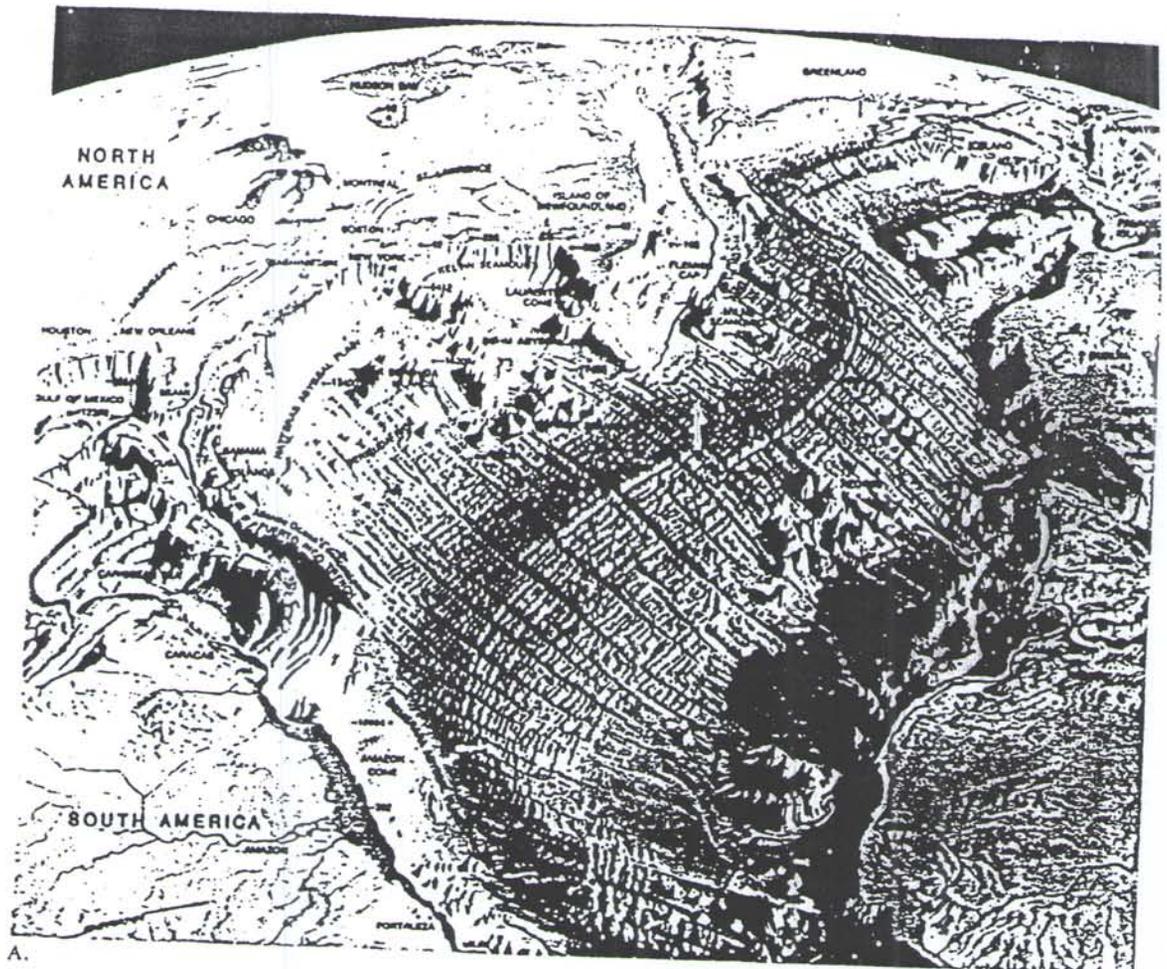


Gambar 10A.B. Skema hipotetis tunjaman lempeng (continental drift)

Sebagai contoh, cekungan Samudra Atlantik (Gambar 11A) dari penampang topografinya (Gambar 11B) menunjukkan adanya zona pemekaran lantai samudra dengan lebar punggung bervariasi antara 2000-4000 km, dengan tinggi punggung sekitar 2 km di bawah muka laut.

Dataran kaki dengan kedua sayap punggung tengah samudra biasa disebut dataran abisal (abyssal plains), mempunyai kedalaman sekitar 5 km dari muka laut.

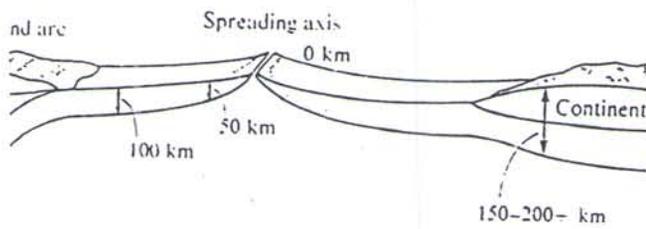
Daerah tepi benua (Gambar 11B) dengan kemiringan lereng $\pm 5^\circ$ dan kedalamannya sekitar 200 m dari muka laut, disebut lereng benua (continental slope).



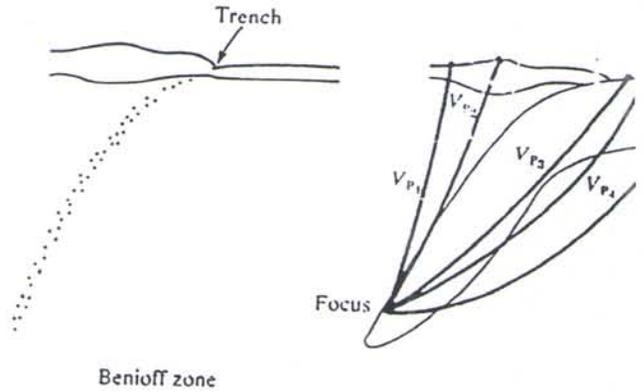
Gambar 11. A. Cekungan Samudra Atlantik
 B. Penampang melintang Samudra Atlantik

Di daerah Pasifik Barat dan sebagian Samudra Atlantik maupun Samudra Hindia, dijumpai adanya pemunculan aktifitas vulkanik berderet (berjejer) segaris, dengan puncak gunungapi yang muncul di permukaan laut menyerupai deretan pulau. Topografi ini dinamakan busur kepulauan (island arcs). Contohnya busur kepulauan Kuril, Jepang dan Mariana. Kedalaman laut pada cekungan antar busur kepulauan ini sekitar 2 - 5 km, daerah ini disebut "marginal seas" (Gambar 12). Dari gambar ini tampak bervariasi ketebalan kerak samudra dan kerak benua. Pada

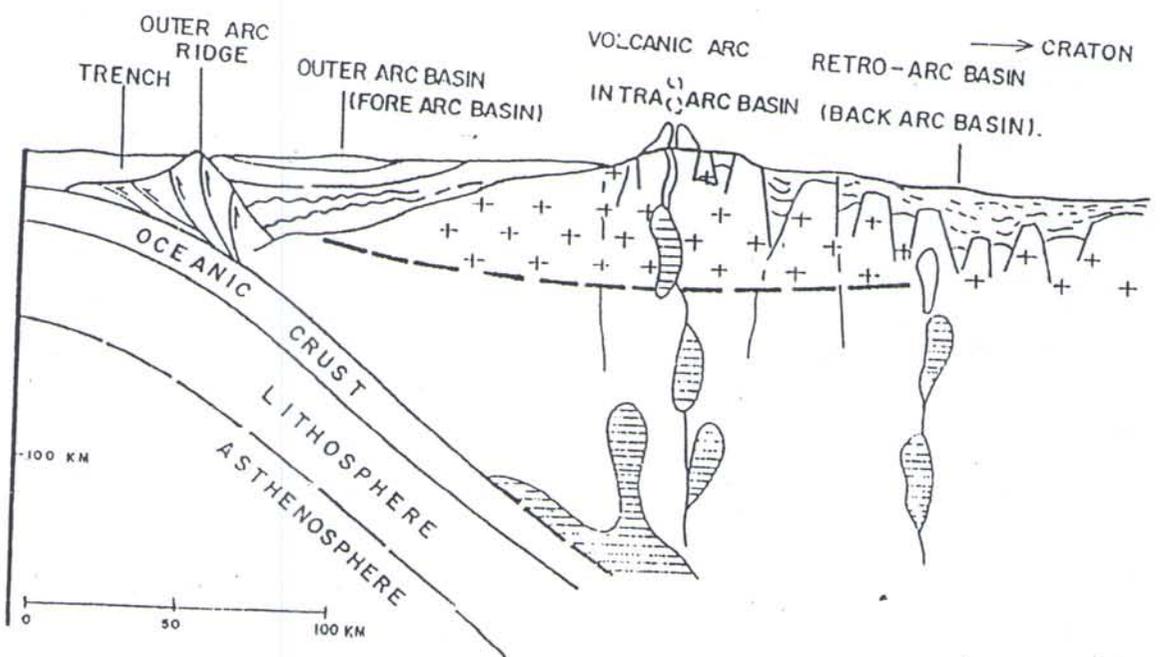
zona tunjaman (Subduction zone), terbentuk jalur benioff (benioff zone) dimana terletak pusat terjadinya sumber gempa bumi (Gambar 13).



Gambar 12. Variasi ketebalan kerak samudra dan kerak benua



Gambar 13. Jalur Benioff



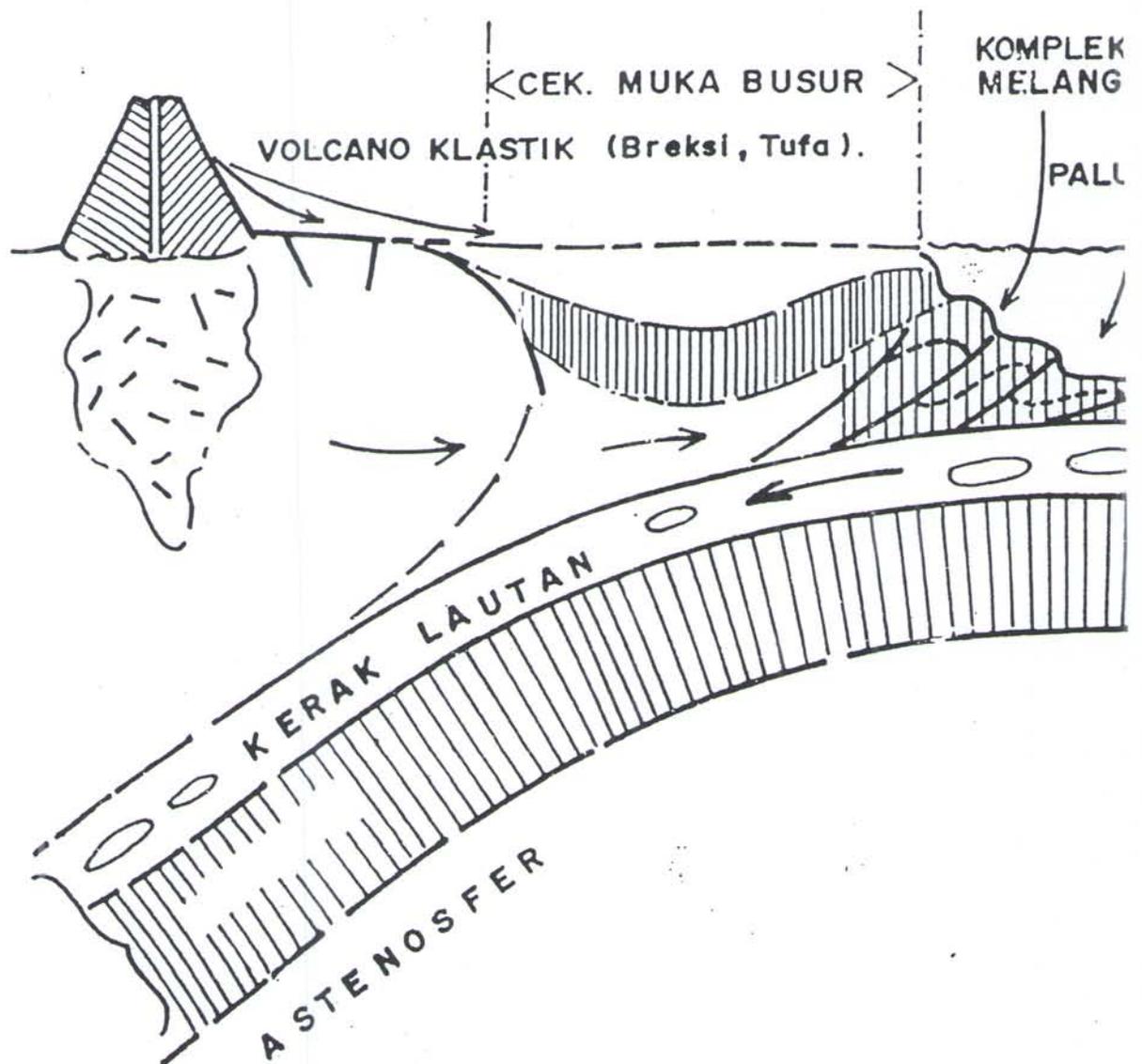
Gambar 14. Bagan skematik terjadinya tunjaman kerak benua dan kerak samudra, berikut bentukan yang terjadi. (Sumber. Lab. Geologi Dinamis ITB, 1988).

Menurut teori ini, bagian dari kulit Bumi atau litosfera, termasuk juga paling luar dari mantel Bumi ("mantel"), dianggap sebagai terdiri dari lempeng-lempeng yang kaku, bergerak satu terhadap lainnya dengan kecepatan berkisar antara 1 - 10 cm/tahun, atau sama dengan 100 km/10 juta tahun.

Lempeng-lempeng itu merupakan bongkah-bongkah litosfer, bersifat tegar, menumpang diatas suatu lapisan Bumi dalam keadaan selalu bergerak atau "mobile" yang dinamakan Astenosphere.

Batasan-batasan antara masing-masing lempeng yang saling bergeser itu merupakan tempat-tempat dimana terdapat daerah-daerah bergempa, orogen dan tektonik yang paling aktif di muka bumi. Adapun batasan-batasan pertemuan lempeng tersebut dapat berwujud sebagai:

- a. Palung lautan ("oceanic trench") dimana dua lempeng saling bertumbukan, atau konvergensi, dapat disamakan dengan pembentukan sesar-sesar naik dimana salah satu dari lempeng yang bertumbukan itu akan menunjam dan menyusup dengan sudut tertentu ke bawah lempeng satunya, ke dalam "mantel Bumi". Didalam jalur ini disebut jalur penekukan dan penyusupan atau "subduction zone", berlangsung peristiwa-peristiwa geologi penting yaitu pelenturan (deformasi) dan pemalihan (metamorfisma) terhadap setiap lapisan batuan sedimen dan endapan asal gunung api yang tertimbun didalam cekungan-cekungan pengendapan yang berada didekat daerah tumbukan (Gambar 15).
- b. Punggungan tengah samudra ("mid oceanic ridge"), dimana dua lempeng saling memisah diri disertai dengan pembentukan kerak baru. Dapat disejajarkan dengan pembentukan sesar-sesar normal. HEIRTZLER dkk (1968), dan LE PICHON (1968) telah dapat menentukan kecepatan rata-rata memisahkannya lempeng-lempeng tersebut dengan menggunakan sifat-sifat kesejajaran pada jalur-jalur anomali geomagnet positif dan negatif yang terletak simetris terhadap poros pematang atau



Gambar 15

punggung tengah samudra. Jalur-jalur tersebut berkesesuaian dengan jalur-jalur kerak samudra yang terdiri dari batuan beku yang mendingin melalui titik "CURIE" dan memperoleh kemagnitan "termoremanen" sepanjang urutan jaman dimana medan magnet Bumi mengalami perubahan secara bergantian dari keadaan normal dan membalik (Gambar 16)

- c. Sesar-sesar "transform", yaitu sesar mendatar yang terdapat di lantai-lantai samudra, berukuran panjang, dimana dua lempeng saling berpapasan (Gambar 16).

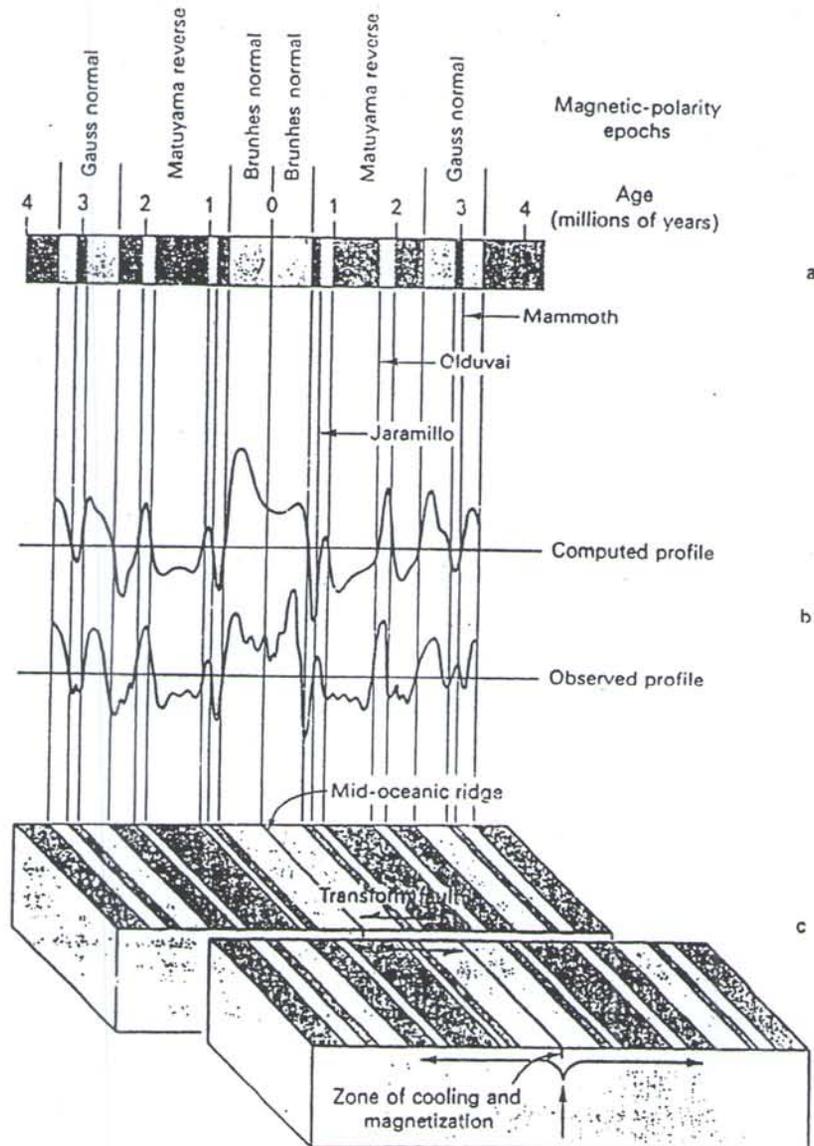


FIGURE 3-3
 (a) The geomagnetic polarity epochs and events. Ages are given in millions of years. [After A. Cox, B. Dalrymple, and R. Doell, "Reversals of the Earth's Magnetic Field." Copyright © 1967 by Scientific American, Inc. All rights reserved.]
 (b) Comparison of the observed geomagnetic anomaly profile Eltanin-19 (lower curve) with the computed profile (upper curve) for the East Pacific Rise. [After F. J. Vine, "Spreading of the Ocean Floor; New Evidence." *Science* 154 p. 1405. Copyright 1966 by the American Association for the Advancement of Science.]
 (c) Model sea floor with the magnetic anomaly stripes produced by the Vine-Matthews-Morley mechanism. A fracture zone, represented by the displacement zone of the two blocks, cuts the ridge and the magnetic stripes, producing a transform fault (see page 74).

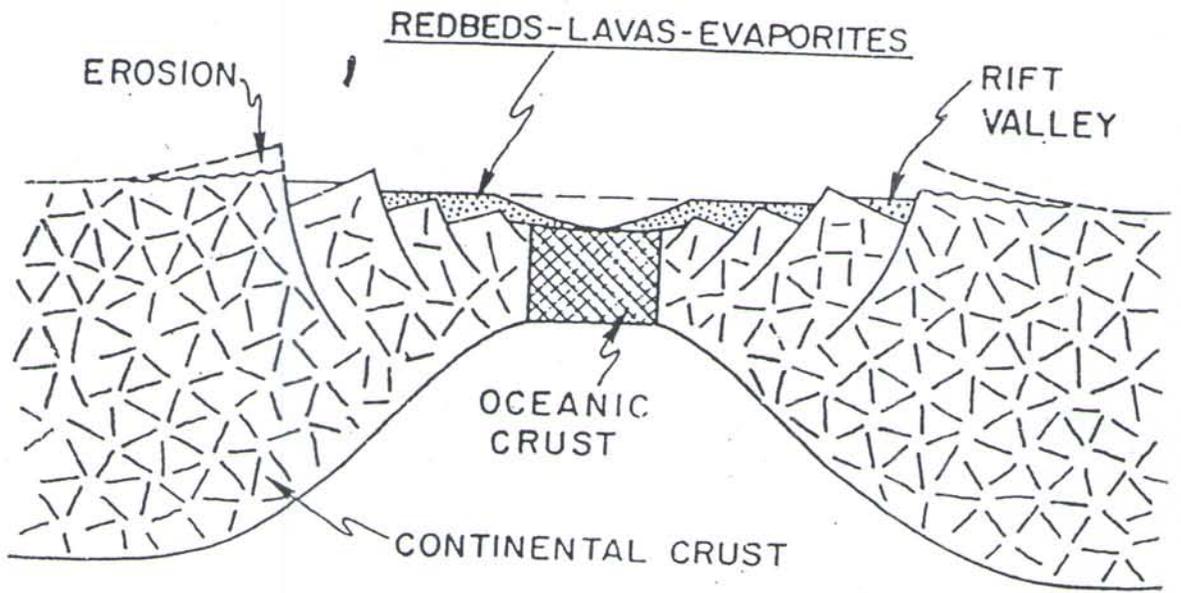
Gambar 16

Masih merupakan pertanyaan yang penting, dan masih merupakan masalah adalah mengenai mekanisme gerakannya. Banyak pemikiran-pemikiran serta teori-teori yang dikemukakan untuk menjawab pertanyaan ini, diantaranya adalah dengan didasarkan kepada adanya arus konveksi yang terdapat didalam mantel Bumi. Akhir-akhir ini beberapa peneliti berpendapat bahwa gerakan utama daripada lempeng-lempeng itu adalah dipengaruhi oleh perbedaan densitas dan ketebalan kerak bumi yang menonjol kearah lateral, sebagai akibat daripada pendinginan Bumi.

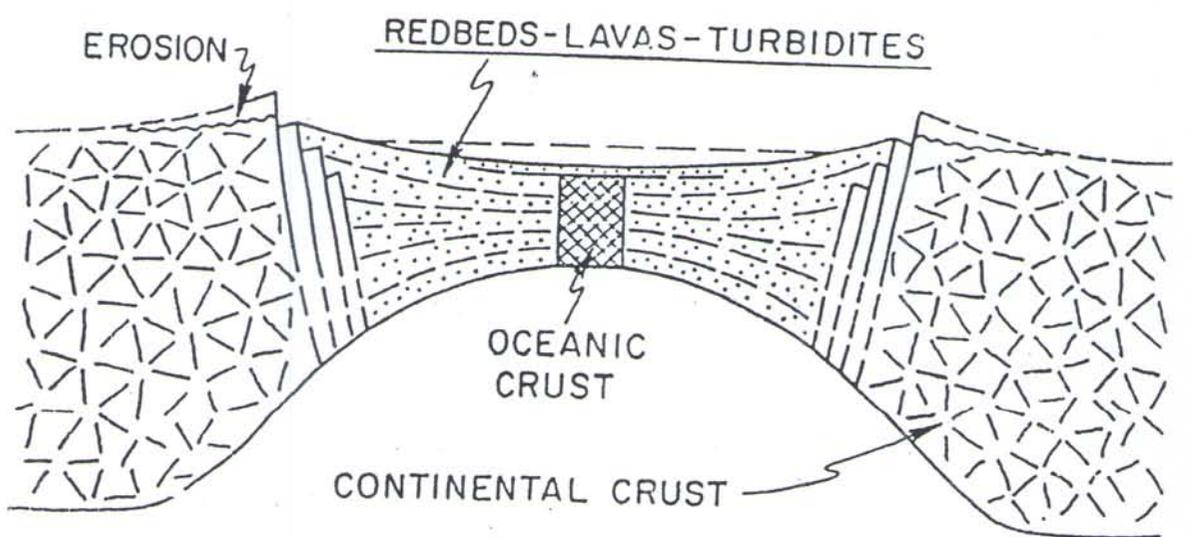
Apabila pemisahan lempeng itu berawal pada tengah-tengah bongkah benua, maka akan terjadi pemekaran "intra kontinental". Pada tahap-tahap awal pada gejala ini, akan terbentuk serangkaian struktur amblesan atau graben. Apabila keadaannya memungkinkan untuk dapat berkembang lebih lanjut, maka pemekaran ini akan dapat membentuk suatu cekungan lautan yang baru. Suatu kerak lautan dengan cara demikian akan terjadi melalui proses-proses terpadu dari membubungnya astenosfer yang keluar sepanjang punggung tengah samudra. Kerak baru yang terbentuk secara berangsur itu akan berada diantara bongkah-bongkah benua yang saling menjauh (Gambar 17).

Pada pertemuan lempeng yang bersifat konvergensi, adalah merupakan tempat dimana akan terjadi penambahan lempeng (bahan), yaitu kerak lautan yang semula terbentuk pada pemisahan lempeng, akan menunjam dan menyusup kedalam mantel Bumi. Apabila bentuk daripada permukaan bumi yang menandai adanya pemisahan lempeng adalah suatu punggung raksasa yang melintang ditengah samudra, maka daerah tumbukan lempeng yang berkembang secara sempurna akan membentuk suatu bentang alam yang berupa pola palung busur ("Arc-trench-system"). Palung lautan akan menandai tempat dimana gejala penyusupan sedang berlangsung.

Suatu gejala tumbukan masa lampau (paleo subduction) hanya dapat dikenal kembali dengan cara mengetahui



(1) QUASICONTINENTAL TRANSITIONAL CRUST



(2) QUASIOCEANIC TRANSITIONAL CRUST

Gambar 17

susunan "Tektono-stratigrafinya", yaitu produk daripada gejala tumbukan lempeng yang tercermin pada tatanan stratigrafinya dan pola strukturnya. Meskipun demikian, mengenal suatu daerah "paleo subduksi" umumnya tidak lagi mudah, karena daerah itu dalam perkembangan selanjutnya dapat saja mengalami perubahan tipe pertemuan lempeng, sehingga terjadi gejala tumpang tindih sifat tektono stratigrafi yang berbeda.

2.1. MODEL SISTIM TUMBUKAN LEMPENG

(Plate convergent system)

Untuk selanjutnya kita akan mencoba mempelajari, kemudian mengenal tipe-tipe satuan tektonostratigrafi yang lazim kita jumpai pada suatu model pertemuan lempeng yang konvergen, yang antara lain meliputi:

- (1) komplek penunjaman dan penyusupan lempeng, atau jalur subduksi,
- (2) cekungan muka busur atau "fore-arc basin", dan mungkin juga tepi busur,
- (3) busur magmatik atau volkanik, dan
- (4) cekungan belakang busur atau "back-arc basin".

Catatan:

Bila pada suatu gejala konvergensi ini salah satu daripada lempeng itu terdiri dari kerak samudra, maka sifat daripada gejala tektonik pada tempat pertemuan lempeng itu akan mencerminkan suatu bentuk busur kepulauan bergunung api atau pegunungan dan suatu palung yang sejajar dengannya pada bagian yang lengkung daripada busur (DICKINSON, 1971) (Gambar 18).

Pada pertemuan lempeng yang "konvergen", kita dapat mempunyai tipe bentuk tektonik yang berkisar dari "oceanic island arc" dengan jumlah sedimen yang terbatas, sampai kepada tipe "Continental margin arcs" dimana pada bagian lempeng yang menyusup akan tertumpuk berkilometer tebal endapan sedimen klastik (SEELY, D.R dan DICKINSON, W.R. 1977).

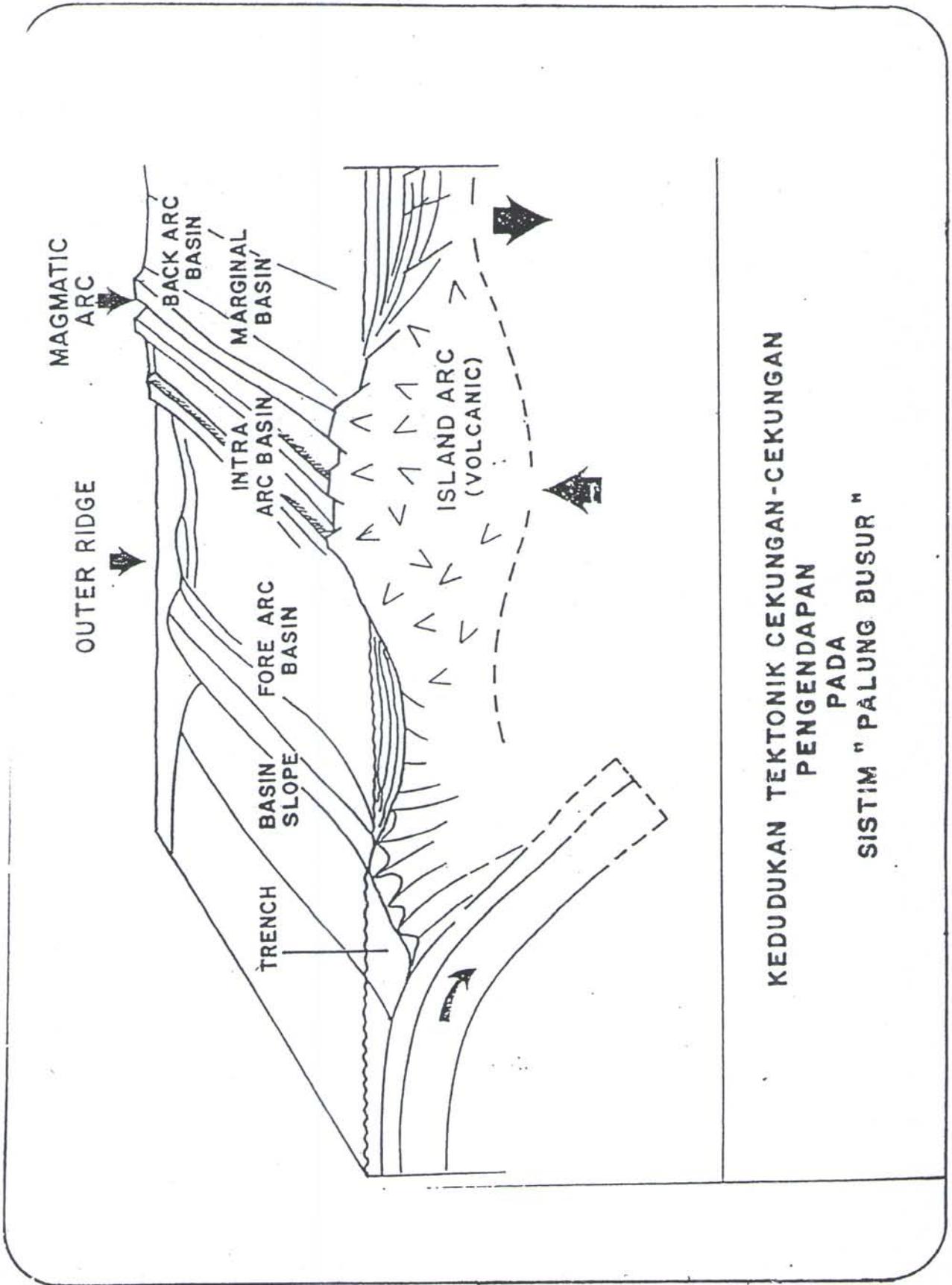
Adanya suatu gejala pertemuan antara lempeng yang "konvergen" biasanya ditandai oleh adanya palung laut,

yaitu tempat atau batas dimana dua lempeng saling bertemu, dan salah satunya menunjam dan menyusup kedalam mantel. Kemudian suatu busur volkanik yang kurang lebih sejajar dengan palung laut akan terbentuk diatas permukaan, yang menandakan adanya lempeng yang menyusup yang kemudian menimbulkan suatu kegiatan magma. Busur tersebut dapat berpijak di atas unsur kerak lautan maupun kerak benua (Gambar 19).

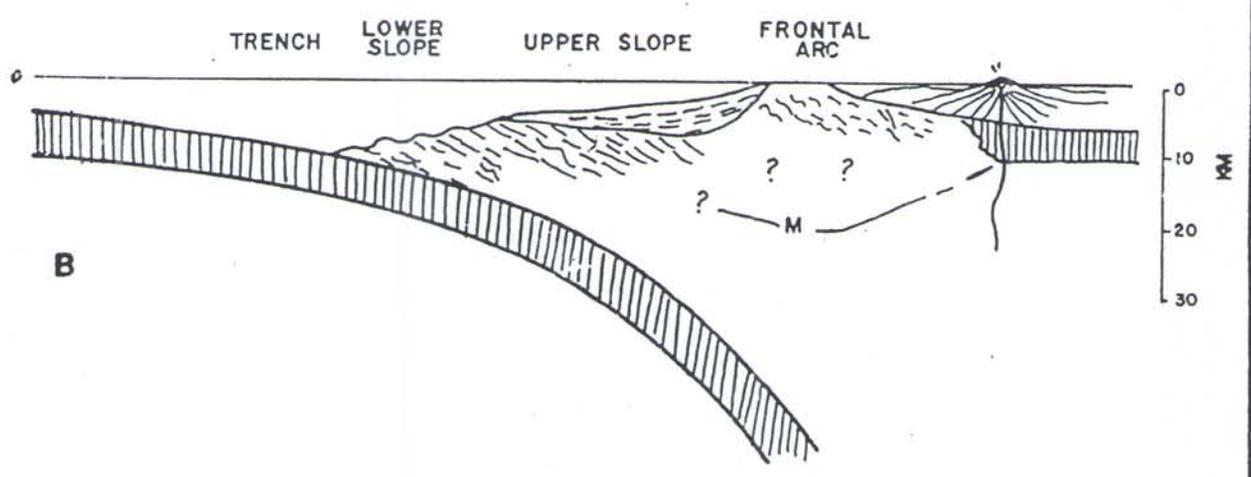
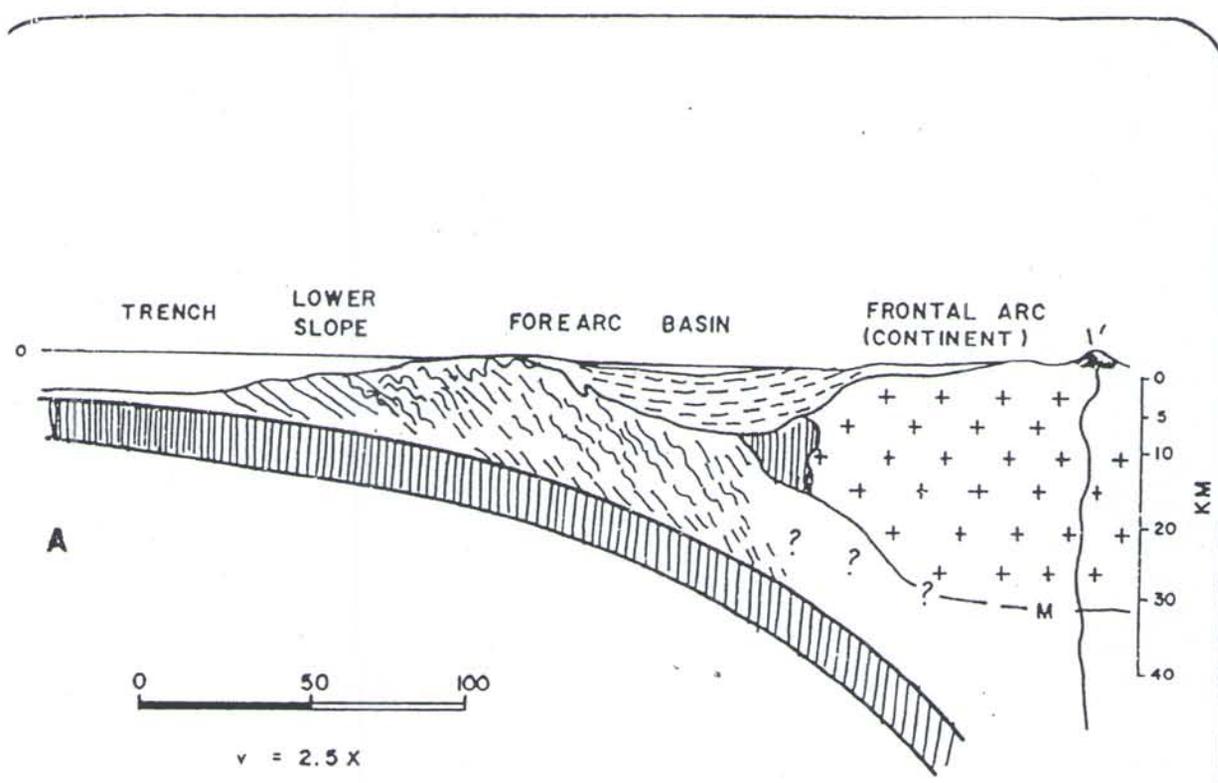
Secara keseluruhan, sistim busur kepulauan demikian akan terdiri dari 2 macam kumpulan batuan. Kumpulan batuan tersebut sebelumnya selalu kita kenal sebagai endapan dalam "eugiosyncline". Secara garis besar kumpulan batuan tersebut adalah suatu urutan batuan yang sangat tebal, yang sebagian terdiri dari endapan marin dengan sisipan batuan volkanik, dan mengalami pelenturan yang kuat dan rumit. Sebagian daripadanya termalihkan dan seringkali ditembusi oleh pluton berkomposisi granitis, atau tercampur dengan keratan-keratan batuan dari kelompok ultrabasa.

Urutan/kelompok batuan seperti itu kemudian oleh HAMILTON (1966) dan DICKINSON (1969) dikenali kembali sebagai dua kelompok batuan yang dalam suatu sistim "busur kepulauan" dalam teori tektonik lempeng termasuk sebagai bagian-bagian daripada batuan busur magmatik dan endapan palung laut. Seluruh sistim ini selanjutnya diberi nama "sistim palung busur" ("Arc-trench-system), yang terdiri dari dua bagian, yaitu busur magmatik dan palung laut dalam.

Pada suatu sistim palung busur yang masih aktif, antara palung laut dan busur magmatik (atau volkanik kalau yang aktif), terdapat suatu rumpang yang mempunyai bentuk geografi yang memanjang, mempunyai lebar berkisar antara 150 sampai 250 km, yang disebut sebagai "rumpang palung busur" atau "Arc-trench-gap" (DICKINSON, 1970).



KEDUDUKAN TEKTONIK CEKUNGAN-CEKUNGAN
 PENGENDAPAN
 PADA
 SISTIM " PÁLUNG BUSUR "



Gb : 19

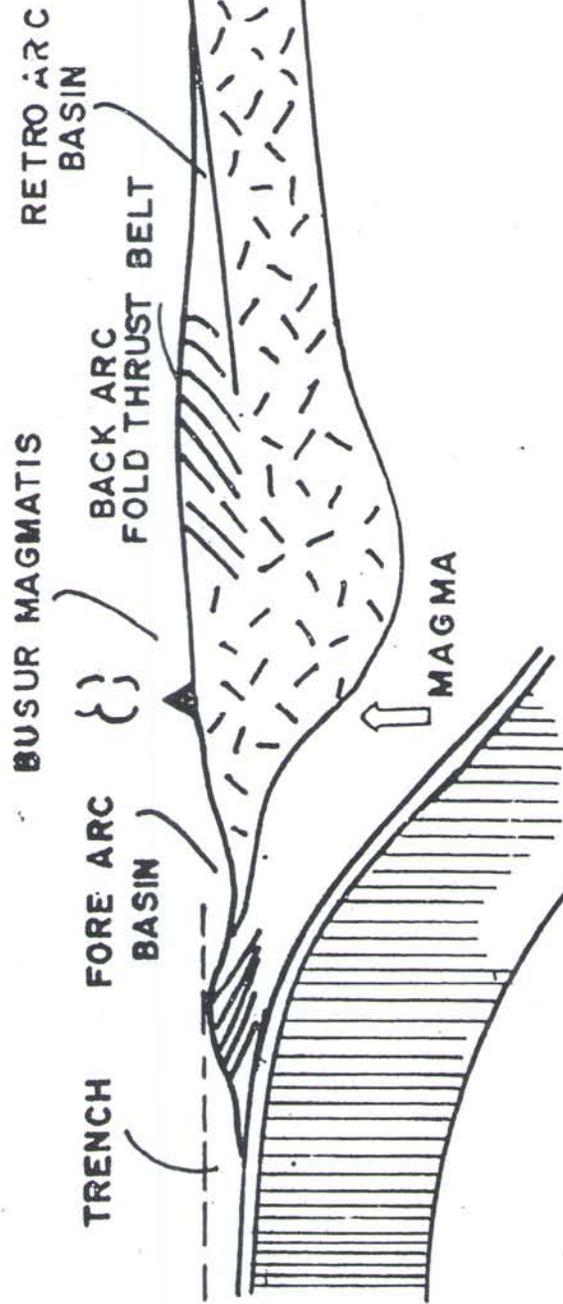


DIAGRAM IDEAL PADA POLA
" CONTINENTAL MARGIN
ARCH - TRENCH "

Gb : 19

Secara "tectonik" didalam sistim palung busur, daerah itu merupakan suatu cekungan yang dinamakan "Cekungan muka busur" (karena letaknya berada didepan busur volkanik, dilihat dari arah penyusupnya lempeng samudra).

Dibagian belakang daripada busur volkanik, juga terbentuk suatu cekungan pengendapan, yang mempunyai ciri-ciri kumpulan batuan yang hampir serupa dengan cekungan muka busur, tetapi dengan pola struktur geologi yang berbeda. Secara tektonis cekungan tersebut dinamakan "Cekungan belakang busur" atau "Back-Arc-Basin".

Dengan demikian, "sistim palung busur" ini secara keseluruhan akan terdiri dari 4 (empat) bagian unsur tektonik, yang masing-masing mempunyai ciri-ciri tektonostratigrafi yang khusus dan berbeda satu terhadap lainnya.

Dibawah ini akan diuraikan secara lebih terperinci ciri-ciri dan sifat-sifat daripada satuan-satuan tektonik tersebut (Gambar 20):

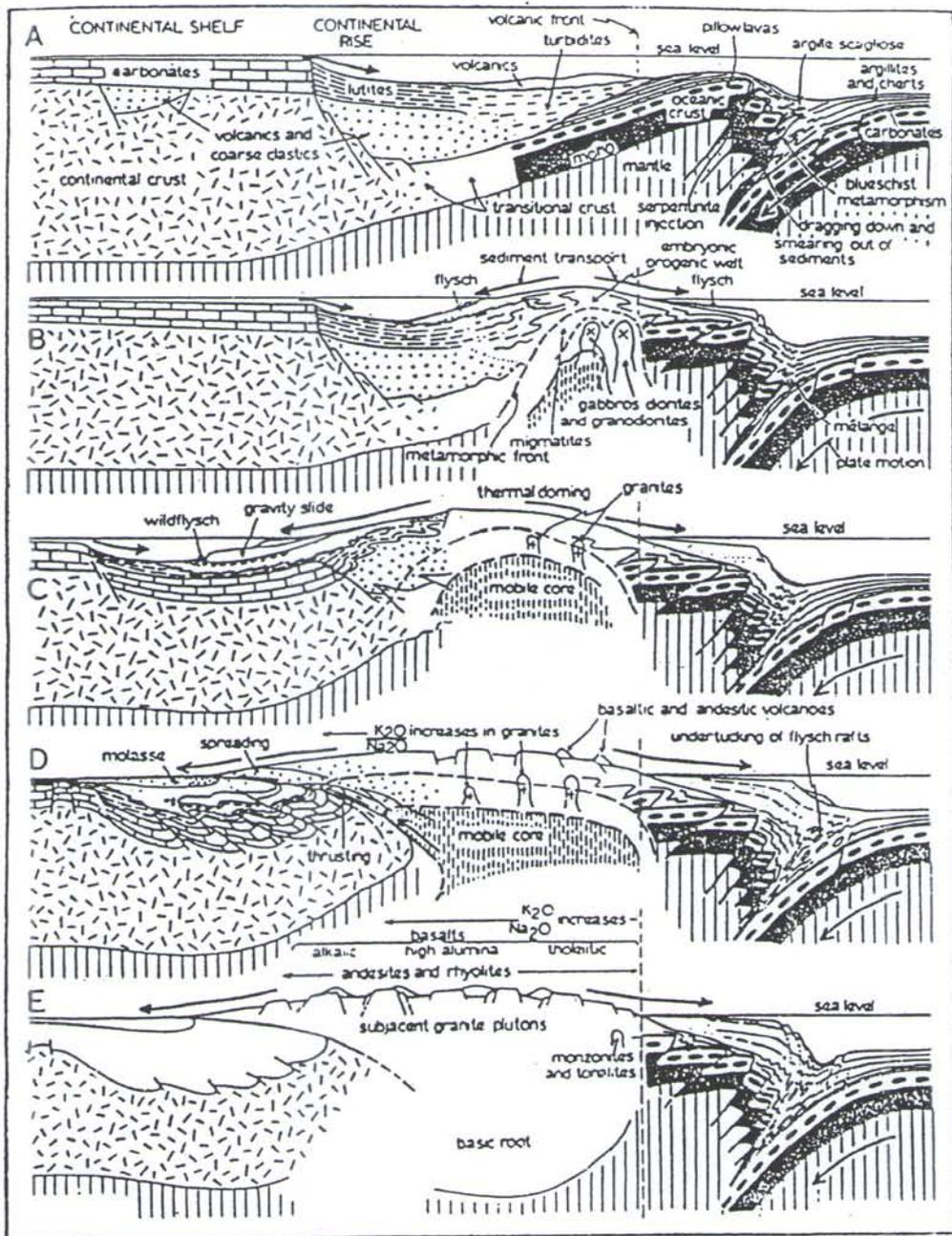
2.1.1 PALUNG LAUT ("Oceanic trench")

Bagian ini merupakan bentuk topografi yang negatif dengan kedalaman sampai dari 500 meter, dimana dasarnya terus-menerus bergerak/bergeser selama berlangsungnya gejala penyusupan kebawah dari lempeng samudra.

Catatan:

Perlu diketahui, bahwa sejak lempeng samudra mulai memisah diri dari pematang samudra dan bergerak kearah palung laut, diatas lempeng yang berada diantara pematang dan palung laut itu akan terjadi pengendapan yang terdiri dari 3 macam bahan yaitu: 1. sedimen berbutir halus, 2. endapan turbidit, dan sejumlah batuan volkanik terutama lava yang berasal dari kegiatan gunung-gunung api di bawah laut.

Sedimen-sedimen berbutir halus yang termasuk kedalamnya ialah: lempung dan lanau yang sumbernya dari daratan, debu gunung api serta rombakan cangkang hewani, yang diendapkan secara menerus dan yang kemudian akan membentuk selaput tipis yang terdiri dari "argilit, batugamping mikrit dan rijang" yang menutupi kerak samudra.



Model perkembangan jalur pegunungan tipe Cordillera sebagai akibat tumbukan antara lempeng lautan dan benua

dari Dewey and Bird

1970

G b : 20

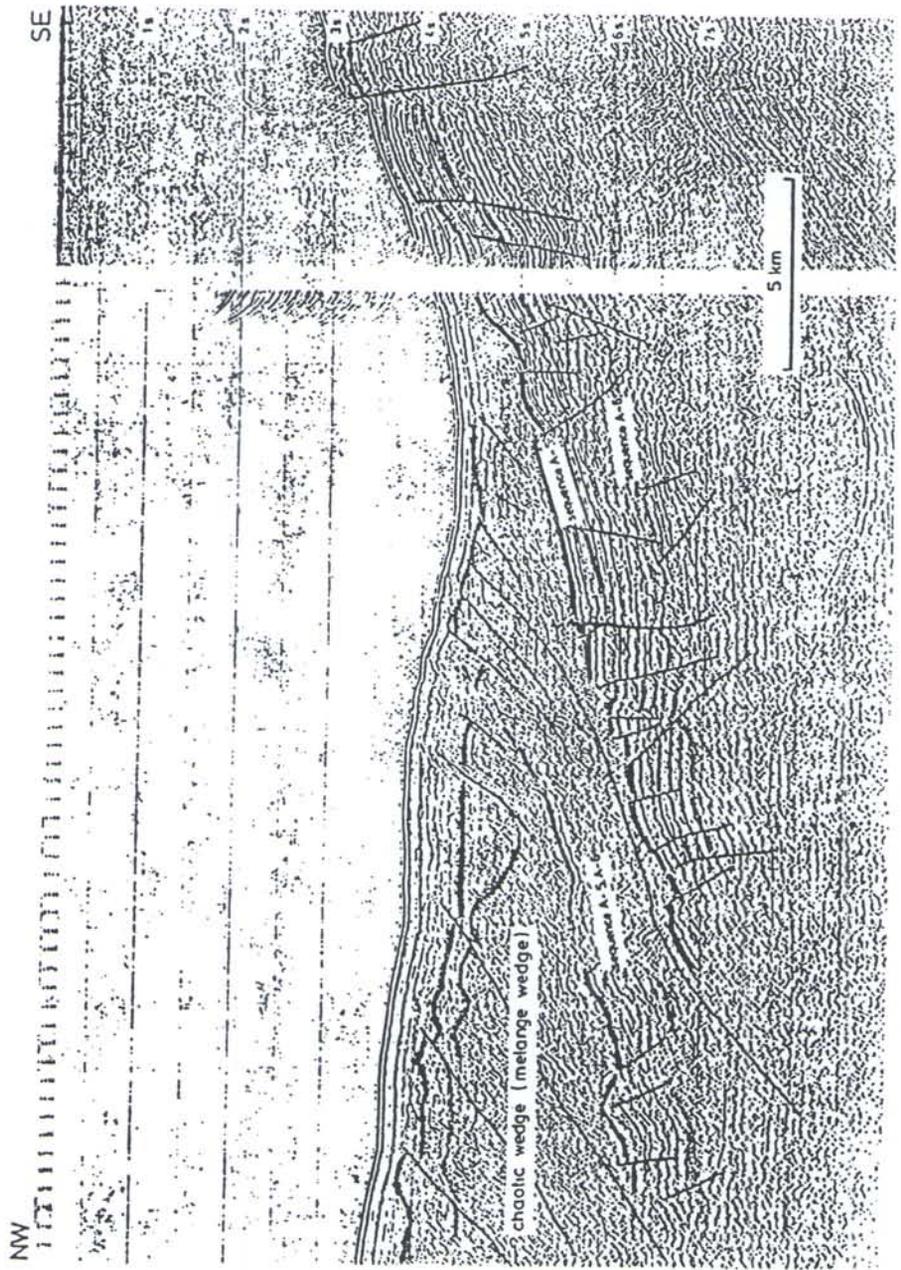
Gerak-gerak penekukan dan penyusupan lempeng di palung laut, akan menyebabkan terjadinya penumpukan dan penambahan bahan secara terus-menerus, yang terdiri dari kerak samudra beserta sedimen-sedimen yang diendapkan di atasnya, pada jalur subduksi. Penambahan tersebut berlangsung dengan cara gerak-gerak pensesaran serta pelenturan yang terpusat dan terarah pada bagian bawah palung laut. Dengan demikian jalur penekukan ini, pada sebelah dalam dari palung, akan terisi penuh oleh bahan-bahan berasal dari lempeng/kerak samudra selama berlangsungnya gejala penyusupan.

Gambar 21, adalah salah satu contoh data seismik laut di Indonesia timur, yang diambil melalui palung laut dekat Kep. Tanimbar. Perhatikan kerak beserta lapisan sedimennya yang menyusup dan di atasnya nampak menumpang "taji melange" (melange wedge), dengan sesar-sesar naiknya. Jalur melange ini terdiri dari campuran fragmen-fragmen kerak samudra, sedimen palung laut dan sedimen yang berasal dari busur vulkanik didekatnya.

Gambar 22, adalah model ideal dari suatu pertemuan lempeng konvergen menurut DICKINSON.

Gejala-gejala pen-sesaran dan pelenturan yang terjadi pada jalur penyusupan ini, akan menghasilkan suatu bentuk struktur yang terdapat pada batuan turbidit dan ofiolit. Bentuk struktur tersebut dicirikan oleh bidang-bidang rekahan gerus ("shear fracture") yang nampak lebih dominan dan menonjol dibandingkan dengan struktur perlapisan atau bidang-bidang kesekisan (DICKINSON, 1971). Pada dasarnya secara keseluruhan batuan yang berada didalamnya menunjukkan telah tersabakkan dan tersobek dengan kuat ("pervasively sheared").

Kumpulan batuan dengan ciri-ciri struktur seperti itu dinamakan "melange", yang sekaligus merupakan salah satu penciri khas dari suatu jalur subduksi atau pertemuan lempeng konvergen.



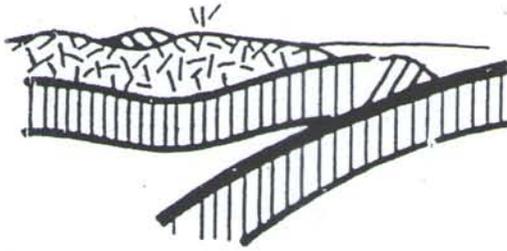
21

G b : 21

Fig. 14: Example of overthrusting within slope sequences A-5 and A-6 and chaotic wedge structure in the Aru trough (part of BGR line 93).

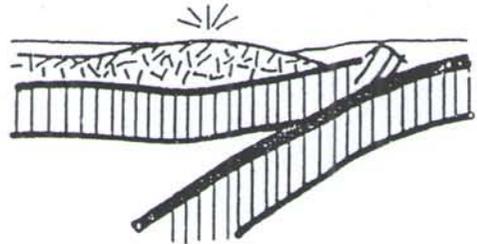
▲ Fig. 13: Example of an outer-arc-slope basin, melange ridge and internal structure of the chaotic wedge (part of BGR line 88).

POLA
 "CONTINENTAL MARGIN"-ARC TRENCH



CONTRACTED
 (ANDEAN)

A



NON CONTRACTED
 (JAWA)

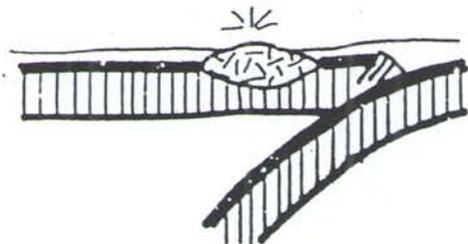
A-I

B. ARC
 SPREADING



MIGRATORY THD
 BACK-ARC
 (MARIANA)

B



STATIONARY THD
 BACK-ARC
 (ALEUTIAN)

C

B. ARC
 SPREADING



DETACHED
 (JEPANG)

D

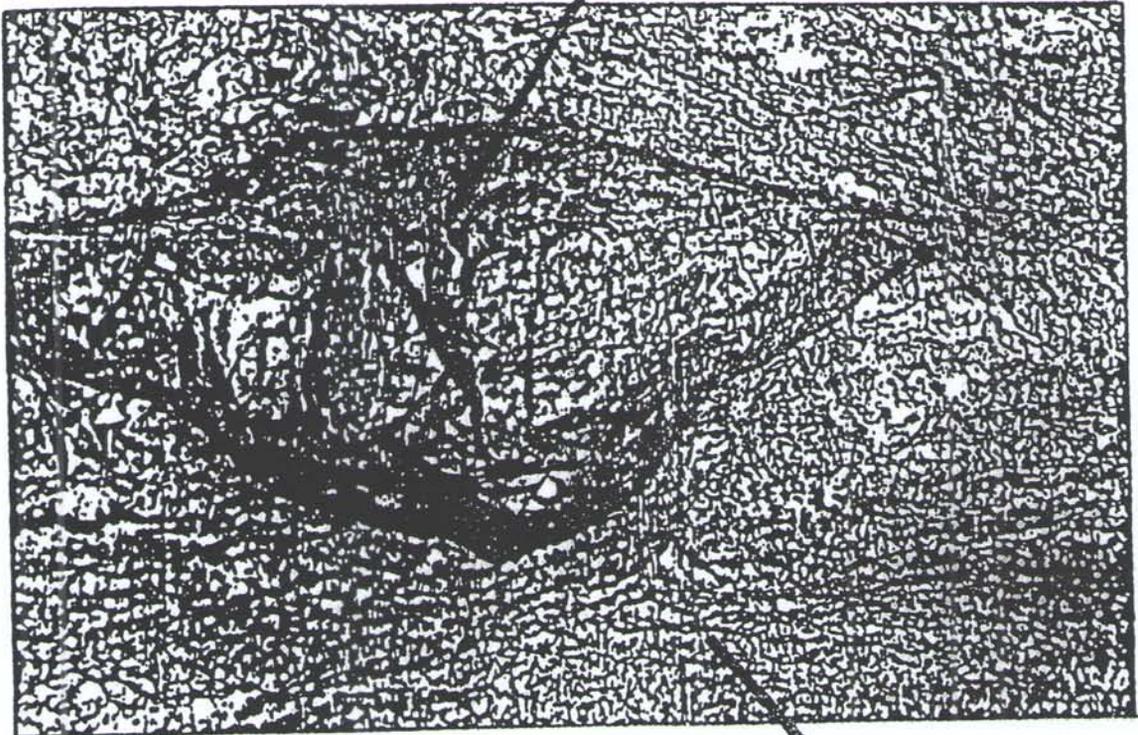
AAPG BULLETIN
 VOL. 63/I JAN 1979
 W.R. DICKINSON, AND
 SEELY

Gb: 22

"Melange", didefinisikan oleh HSU (1968) sebagai sekelompok batuan yang dapat dipetakan sebagai suatu satuan batuan; mengalami deformasi, terdiri dari kepungan-kepungan tektonik ("tektonik inclusions") yang berwujud bongkahan-bongkahan dengan ukuran berkisar dari beberapa cm hingga km, terdapat dalam suatu masa dasar yang umumnya bersifat serpihan atau tergeruskan ("sheared") dengan kuat. Karenanya strukturnya yang rumit, dan susunan batuan yang campur aduk terdiri dari berbagai jenis batuan dengan sumber yang berbeda-beda, maka kelompok batuan ini sering dikenal sebagai bancuh atau "chaotic rock". Mekanisme pencampurannya adalah tektonik.

Gambar 23 adalah sketsa kenampakan singkapan "melange".

Boudine : graywacke



Pervasively sheared clay

Gambar 23

Secara garis besar, kelompok batuan yang menyusun bagian palung laut ini terdiri dari (Gambar 24):

- a. Lava basaltis berstruktur bantal yang membentuk lantai samudra, disertai lapisan-lapisan sedimen argilit dan rijang;
- b. Sedimen turbidit dan klastika lainnya dengan perbandingan yang beragam dan mempunyai sumber dari daerah "orogen" dengan busur "gunungapi" dan "pluton"; dan
- c. Kumpulan batuan berkomposisi basa dan ultra basa (ofiolit) terutama terdiri dari gabro dan keratan-keratan batuan ultra basa yang telah mengalami gejala "serpentinisasi". Batuan ultrabasa ini dijumpai sebagai bentuk-bentuk yang tersisipkan diantara batuan malihan dengan "fasies sekis hijau" dan "sekis biru" ("green/blue schists facies metamorfis"), yang menunjukkan ubahan dalam kondisi tekanan yang besar suhu rendah ("high pressure - low temperatur").

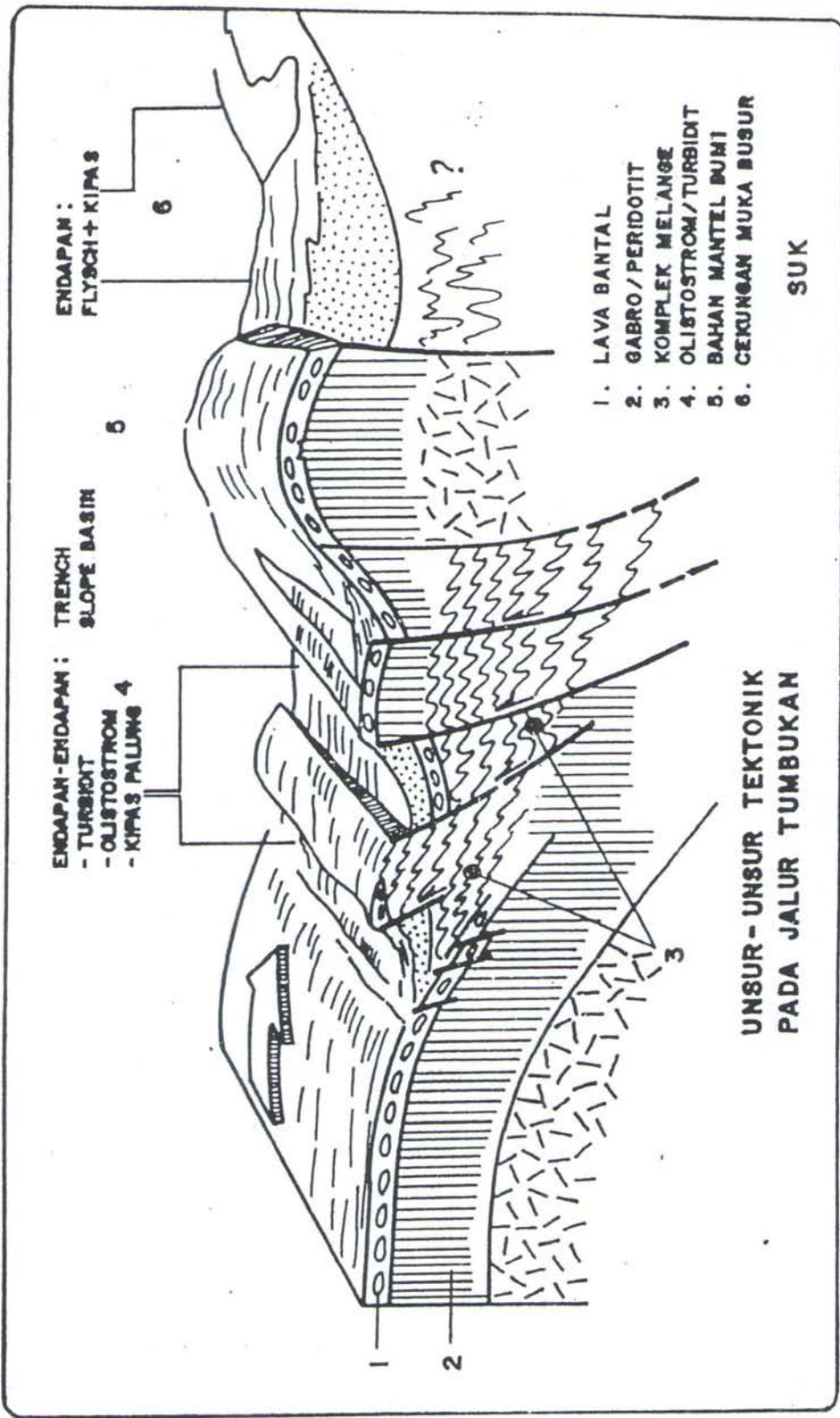
A. Susunan daripada melange

Bongkah-bongkah yang disebut sebagai kepungan-kepungan tektonik, yang terdiri dari batuan yang sifatnya 'asing' terhadap sekelilingnya atau masa dasarnya merupakan endapan palung laut. Bongkah-bongkah tersebut berasal dari satuan stratigrafi yang direnggut pada saat terjadinya proses pencampuran secara tektonis. Pada dasarnya ada 2 (dua) jenis bongkah/kepungan tektonis, yaitu:

1. Yang berasal dari luar cekungan pengendapan/palung laut, yang masuk kedalam cekungan dan tercampur pada saat berlangsungnya peristiwa penyusupan lempeng. Bongkah-bongkah tersebut bersumber dari bagian dalam dinding cekungan, atau dari bagian dasar cekungan yang tersugu pada saat gerak menyusupnya kerak ke bawah lempeng yang menumpanginya. Karena bongkah-bongkah tersebut sifatnya 'asing' terhadap endapan cekungan yang ada di sekelilingnya maka bongkah itu dinamakan bongkah asing atau "exctic blok".

Batuan yang membentuk bongkah-bongkah asing didalam "melange" ini terdiri dari:

- a. Batuan beku berkomposisi basa-ultra basa dari



G b : 24

kelompok ofiolit, yang merupakan bagian dari kerak samudra dan mantel bumi, dan

b. Batuan-batuan yang telah mengalami malihan, baik yang berasal dari kerak bumi maupun sedimen-sedimen palung laut.

2. Yang berasal dari dalam cekungan itu sendiri, yaitu lapisan-lapisan batuan yang sifatnya lebih tegar, seperti batupasir atau batugamping. Lapisan-lapisan batuan ini semula berwujud sebagai sisipan di dalam sedimen klastik yang lebih halus seperti lempung atau serpih, kemudian terpatahkan, terpotong-potong dan terpisah-pisah pada saat berlangsungnya deformasi sehingga membentuk bongkah-bongkah/kepungan-kepungan diantara masa dasar lempung yang tergeruskan. Bongkah-bongkah ini dinamakan bongkah selingkungan atau "native block", sebagai tandingan daripada "exotic block".

Apabila gerak-gerak penyusupan menjadi berkurang atau berhenti, mungkin sebagai akibat dari pengurangan kecepatan pergeseran lempeng, maka akan terjadi suatu keseimbangan isostasi yang akan mengakibatkan terjadinya gejala pengangkatan-pengangkatan, yang kemudian disusul dengan pengikisan (MITCHEL dan READING, 1971). Pada kebanyakan bentuk busur kepulauan, pada jalur subduksi yang terdiri dari taji "melange" serta sedimen-sedimen lainnya, akan terbentuk punggung yang berupa deretan pulau-pulau yang membatasi palung dengan cekungan di depan busur-vulkanik. Bentuk seperti itu dapat diamati sekarang ini di selatan P. Jawa sebagai punggung di bawah laut. Busur tersebut semula dikenal sebagai "busur-luar-non vulkanik". Secara struktural jalur tersebut terdiri dari keratan-keratan yang berupa sedimen-sedimen dan batuan dasar yang teranjakkan melalui sesar-sesar naik (sungkup) yang mempunyai bidang-bidang yang miring ke arah darat. Batuan dasarnya terdiri dari "melange" yang disisipi oleh batuan "ofiolit" yang berasal dari kerak samudra.

Diduga, bahwa sebagian daripadanya merupakan "melange", yang didesak kebawah dan berasal dari jalur subduksi yang lebih tua. Disebabkan karena kesetimbangan isostasi yang ditimbulkan oleh daya apung dari "melange" yang terbentuk kemudian dan didesak kebawah oleh penyusupan lempeng yang terus berangsur bergeser ke arah samudra, maka melange yang lebih tua yang berada di atasnya akan terangkat.

Mekanisme ini dapat menjelaskan bagaimana terjadinya pembentukan busur kepulauan atau punggung di bawah laut, yang terletak antara palung laut dan busur volkanik.

2.1.2 CEKUNGAN MUKA BUSUR

Daerah yang berada diantara palung laut dan busur volkanik pada suatu sistim palung busur, disebut sebagai daerah "muka busur" atau "forearc region", yaitu yang mencakup semua bentuk yang terletak pada bagian muka busur volkanik kearah palung laut.

Pola geologi maupun tektonik daripada daerah muka busur ini sangat bervariasi. Beberapa tipe busur volkanik mempunyai kerak samudra baik dibagian depan maupun dibelakangnya (Gambar 25 A.B.C.D).

Sifat-sifat dan perkembangan geologi dan tektonik (geotektonik) daripada muka busur, banyak dipengaruhi oleh pola tektonik daripada busur magmatik yang ada dibelakangnya, terutama ketebalan daripada massip busur dan banyaknya sedimen yang dibawa dan diendapkan kedalam muka busur. Tetapi faktor yang paling dominan yang menentukan pola tektonik daripada muka busur adalah pengaruh gerak-gerak penyusupan daripada jalur subduksi.

Tidak semua daerah muka busur suatu sistim palung busur mempunyai punggung, tetapi sebagai gantinya mempunyai cekungan dimana didalamnya diendapkan urutan sedimen yang tebal dan tidak atau sedikit sekali mengalami