

APLIKASI TEKTONIK LEMPENG DALAM SUMBER DAYA MINERAL, ENERGI DAN KEWILAYAHAN

Zufialdi Zakaria

Laboratorium Geologi Teknik, Jurusan Geologi, FMIPA, UNPAD

ABSTRACT

Indonesian Region have the condition of complicated tectonic. Indonesian Archipelago is represent meeting of Pacific Plate and Indian-Australian Plate (in Eastern Indonesia), and also Eurasia Plate and Indian-Australia Plate (in Western Indonesia), and also smaller plate (Caroline Plate and Philippine Sea Plate).

Plate boundaries can be estimated by zone of active earthquake, zone of mass movement in mountain region, zone of volcanism, zone of magmatisme, and zone of hydrocarbon.

Estimation of plate tectonic boundary is important to support an investigation and research of mineral resources, energy resources, and terrain resources can be predicted. On land resources study, plates tectonic boundary is most important to anticipate of geological disaster.

Keywords: plate tectonic, plate boundaries, resources

ABSTRAK

Wilayah Indonesia memiliki kondisi tektonik yang rumit. Kepulauan Indonesia merupakan pertemuan lempeng Pasifik dan lempeng Indo-Australia (di bagian timur), Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia (di bagian barat), serta lempeng yang lebih kecil (Lempeng Caroline dan Lempeng Laut Filipina).

Batas-batas lempeng dapat diperkirakan melalui zona gempa aktif, zona gerakan tanah di wilayah pegunungan, zona vulkanisme, zona magmatisme, dan zona hidrokarbon.

Perkiraan batas lempeng tektonik penting untuk mendukung penyelidikan dan penelitian sumber daya mineral, sumber daya energi, maupun sumber daya kewilayahan dapat diprediksi. Dalam studi sumber daya kewilayahan, batas lempeng-lempeng tektonik adalah sangat penting untuk antisipasi berbagai kebencanaan geologi.

Kata kunci: tektonik lempeng, batas lempeng, sumber daya

PENDAHULUAN

Teori tektonik lempeng (*plate tectonic*) dapat menerangkan proses dinamika bumi tentang pembentukan jalur pegunungan, jalur gunung api, jalur gempa bumi, dan cekungan endapan di muka bumi yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng. Lempeng-lempeng (*plate*) kulit bumi bergerak dari punggung tengah samudera (*mid oceanic ridge*), dimana dibentuknya kerak baru, menuju garis busur vulkanik lainnya dan menuju rantai pegunungan aktif. Lempeng-lempeng kulit bumi saling bertumbukan, berpapasan maupun menjauh.

Batas lempeng secara luas digambarkan oleh zona gempa kegempaan aktif (Isacks & yang lainnya, 1968, dalam Hamilton, 1979). Zona-zona sempit mengikuti pusat-pusat pe-

mekaran samudra, patahan-patahan *strike-slip*, dan zona Beniof ; zona-zona luas terdapat di wilayah-wilayah melange di atas lempeng yang menunjam, dan di bagian benua tersebar luas.

TEKTONIK LEMPENG

Konsep Tektonik Lempeng menjelaskan bahwa kulit bumi terdiri atas beberapa bagian lempeng yang tegar, yang bergerak satu terhadap lainnya, di atas massa liat astenosfir yang kecepatannya rata-rata 10 cm/tahun atau 100 KM/10 juta tahun (Morgan, 1968; Hamilton, 1970, dalam Alzwar, et al., 1987). Dalam konsep tektonik lempeng tersebut, lempeng-lempeng (*plate*) kulit bumi bergerak dari punggung tengah samudera (*mid oceanic ridge*), dimana dibentuknya

kerak baru, menuju garis busur vulkanik lainnya dan menuju rantai pegunungan aktif.

Kulit bumi dibagi menjadi tujuh lempeng litosfir yang sangat besar, masing-masing terdiri atas lempeng benua maupun lempeng samudra dengan banyak lempeng kecil (Gambar 1).

Pada gambar 1 tersebut, zona pemekaran lantai samudra digambarkan dengan double garis. Zona tersebut merupakan bagian dimana lempeng-lempeng bergerak terpisah. Garis bergelombang adalah simbol batas lempeng dimana terdapat penunjaman (*subduction*) yaitu salah satu lempeng menunjam di dalam lempeng lainnya. Garis hitam tunggal menggambarkan patahan *strike-slip* dimana lempeng-lempeng saling berpapasan satu sama lainnya. Bagian yang berwarna abu-abu adalah bagian dari kontinen, sepanjang batas lempengnya mengalami ekstensi, kompresi, atau *strike-slip* (sesar mendatar yang menyebabkan lempeng saling berpapasan).

Lempeng-lempeng kulit bumi bergerak dari punggung tengah samudra (*mid oceanic ridge*), dimana dibentuknya kerak baru, menuju garis busur vulkanik lainnya dan menuju rantai pegunungan aktif. Lempeng-lempeng tersebut saling bergerak, dengan cara bertumbukan, berpapasan maupun menjauh.

Apabila dua lempeng yang berbeda sifat saling mendekat, misalnya lempeng samudra mendekati lempeng benua, maka umumnya lempeng samudra akan masuk ditekuk ke bawah lempeng benua. Tipe ini disebut sebagai tubrukan tipe Cordilera. Kadang-kadang lempeng samudra yang bergerak mendekati lempeng benua akan ditekuk ke atas sehingga seolah tersesar-sungkupkan. Gejala tubrukan seperti ini disebut sebagai obdaksi (Alzwar et al., 1987).

Proses pemekaran yang disebabkan oleh arus konveksi dapat terjadi di benua maupun di samudra. Pemekaran di benua dinamakan

ripping, sedangkan pemekaran di samudra dikenal sebagai *spreading*.

Sesar-sesar mendatar pun akan menyebabkan lempeng saling berpapasan. Sesar ini dalam istilah tektonik lempeng dikenal sebagai *transcurrent fault* (termasuk didalamnya adalah *wrench-fault* dan *strike-slip fault*). Sedangkan *transform fault* adalah sesar mendatar yang besar dengan pergerakan mendatar, yang ujung-ujungnya dibatasi oleh batas-batas tektonik (*tectonic suture*), misalnya parit Jawa atau palung Jawa (Alzwar et al., 1987).

Batas lempeng secara luas digambarkan oleh zona gempa kegempaan aktif (Isacks & others, 1968, dalam Hamilton, 1979). Zona-zona sempit mengikuti pusat-pusat pemekaran samudra, patahan-patahan *strike-slip*, dan zona Beniof; zona-zona luas terdapat di wilayah-wilayah melange di atas lempeng yang menunjam, dan di bagian benua tersebar luas.

Selain zona gempa aktif, pada kontak antara dua lempeng tersebut dapat terbentuk zonasi-zonasi lain yang memiliki aspek manfaat dan aspek kendala dengan ciri-cirinya yang khas (Zakaria, 2004). Zonasi-zonasi akibat gejala tumbukan lempeng-lempeng dalam kerak bumi tersebut berupa:

- 1) *Zonasi Gempa* : Zona seismik yang aktif digunakan untuk identifikasi batas-batas *plate*.
- 2) *Zonasi Vulkanisme*: Gunungapi (vulcano) banyak muncul di sekitar sabuk seismik yang aktif (*the active seismic belt*) dari bumi. Munculnya gunungapi dapat digunakan untuk identifikasi batas-batas *plate*.
- 3) *Zonasi Magmatisme*: Magmatisme berkaitan erat dengan kontak dua buah lempeng dari kerak bumi. Retakan-retakan akan terbentuk sebagai hasil deformasi gaya-gaya yang bekerja. Retakan-retakan yang dalam merupakan daerah lemah sebagai jalan aliran magma ke permukaan bumi.
- 4) *Zonasi Mineralisasi* : Akibat mun-

culnya gejala magmatisme.

- 5) *Zonasi Endapan Hidrokarbon*: Daerah akumulasi minyak bumi & batubara.
- 6) *Zonasi Gerakan Tanah* : Pada daerah tumbukan dua lempeng struktur geologi banyak berkembang dan merupakan daerah yang lemah karena mempunyai aspek kebencanaan bagi pengembangan wilayah/lahan.

Teori tektonik lempeng mampu menerangkan asal usul keberadaan magmatisme, tektonik aktif baik di darat maupun di laut secara sistematis dan teratur. Hamilton (1989) mengungkapkan, berdasarkan integrasi data geofisika dan geologi permukaan maupun bawah laut seperti: peta batimetri (Mammerickx *et al.*, 1976), sifat thermal (Anderson *et al.*, 1978), gempa, dan peta tektonik skematik (Hayes & Taylor, 1978), struktur kerak (Hayes *et al.*, 1978), isopach sedimen (Mrozowski & Hayes, 1978), *free-air gravity* (Watts *et al.*, 1978), anomali-anomali magnetik (Weissel & Hayes, 1978), dan pergerakan lempeng-lempeng regional (Hamilton, 1978; Tapponnier *et al.*, 1982) dari berbagai sistem di wilayah Indonesia yang merekam interaksi antara tiga lempeng besar dan lempeng-lempeng yang lebih kecil, maka tektonik di Indonesia menyediakan data dan berbagai contoh dari produk dan proses pertemuan lempeng jenis konvergen.

Gugusan kepulauan Indonesia merupakan pertemuan lempeng Pasifik dan lempeng Australia (di bagian timur), serta Lempeng Eurasia dan Lempeng Hindia (di bagian barat). Hadirnya lempeng besar beserta lempeng yang lebih kecil (Lempeng Caroline dan Lempeng Laut Filipina) menyebabkan tatanan tektonik kepulauan Indonesia menjadi rumit, (Gambar 4)

Menurut Katili (1980), konsep Tektonik Lempeng yang telah diterapkan di busur kepulauan Indonesia oleh beberapa peneliti seperti

Hatherton & Dickinson, 1969 ; Fitch, 1970 ; Fitch & Molnar, 1970 ; Hamilton. 1970, 1971, 1972, dan Katili, 1971, terbukti telah menjelaskan berbagai fenomena geologi dan geofisika serta mempermudah dalam memahami Indonesia, dan juga digunakan untuk memprediksi penyebaran dan umur batuan

Konsep baru tektonik global telah memperkenalkan bahwa kerak bumi sebagai suatu lempeng yang bersifat *rigid* yang masing-masing bergerak satu dengan yang lainnya (Isack dkk, 1968; Le Pichon, 1968 ; Morgan, 1968 ; dll, dalam Katili, 1980). Deformasi dari kerak batuan bisa berupa lipatan, patahan, atau kekar-kekar yang banyak dijumpai di antara batas lempeng. Secara garis besar batas lempeng dapat dibedakan menjadi 3 yaitu: (1). Batas divergen (2) Batas Konvergen (3) *Shear / Transform Fault*. Dalam tulisan ini hanya akan membahas bataslempeng konvergen. Penampang dari batas konvergen dan batuan asosiasinya disampaikan pada Gambar 6.

Katili (1980), berdasarkan peneliti terdahulu (Hamilton, 1970; dan Dickinson, 1971), memaparkan bahwa model tektonik lempeng pada busur kepulauan Indonesia telah direkonstruksi, menghasilkan sistem 2 busur kepulauan.

Model tektonik lempeng di timur Indonesia memperlihatkan kesamaan dengan yang ada di barat, kecuali tidak adanya *foreland basin* di belakang busur kepulauan. Model di timur Indonesia menunjukkan struktur yang lebih kompleks, dapat dilihat dari bentuk *inter-arc basin*, busur ketiga, dan cekungan laut dalam. Model seperti ini telah dipaparkan oleh Karig (1971, dalam Katili, 1980) yang menunjukkan bahwa batas cekungan, disebut *inter-arc basin*, dihasilkan dari mekanisme *pull-apart*.

Menurut Matsuda dan Uyeda (1971, dalam Katili, 1980), perubahan batas lautan akibat intrusi magma dari Benioff Zone di belakang busur

volkanik menghasilkan lempeng samudera berukuran kecil.

Asosiasi batuan pada penampang skematik struktur tektonik, seperti yang diperlihatkan pada gambar 5, mempermudah perkiraan letak sumber daya mineral maupun bahan galian tambang lainnya, seperti nikel dan krom (di sekitar *trench slope break*); emas, mangan, tembaga (di sekitar busur magmatik); endapan timah dan seng (di sekitar *fore arc basin*).

Berdasarkan posisi struktur tektonik, keberadaan sumber daya energi dapat diperkirakan. Misalnya wilayah yang mengandung panas bumi dapat diperkirakan lokasinya. Zona hidrokarbon atau wilayah-wilayah yang menunjukkan keberadaan hidrokarbon (batubara dan minyak bumi) dan gas bumi juga dapat diperkirakan terutama keberadaan cekungan-cekungan sedimen seperti pada gambar penampang (Gambar 6) yang dikemukakan oleh Purwanto dan Purnomo (1994, dalam Zakaria 2004). Dengan demikian penelitian untuk pencaharian sumber daya alam mineral dan energi akan lebih terarah.

Untuk keperluan sumber daya kewilayahan, konsep tektonik lempeng sangat bermanfaat terutama dalam mengantisipasi daerah-daerah bencana geologi seperti daerah tsunami, gempa bumi, dan gunungapi. Untuk itu wilayah-wilayah perkiraan bencana geologi dapat dipelajari lebih dini terutama untuk berbagai pengembangan wilayah.

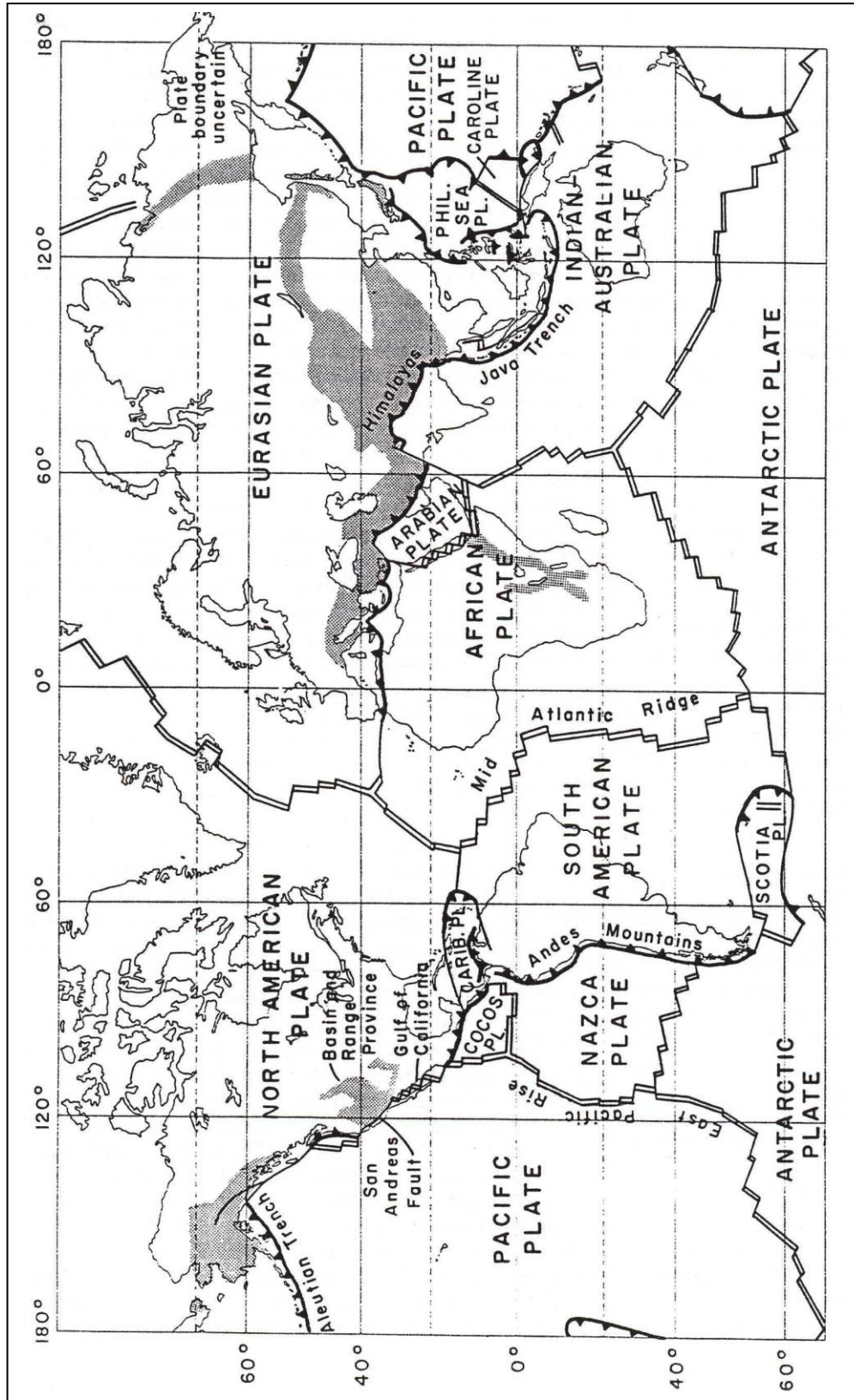
KESIMPULAN

Indonesia sebagai bagian dari sistem tektonik dunia yang memiliki kondisi tektonik yang rumit, mempunyai sumber daya mineral dan energi yang relatif lebih mudah dicari karena asosiasinya dengan posisi struktur tektoniknya. Selain itu, wilayah beresiko kebencanaan pun lebih mudah diperkirakan, terutama dalam hal ini adalah kebencanaan geologi seperti gempabumi, tsunami

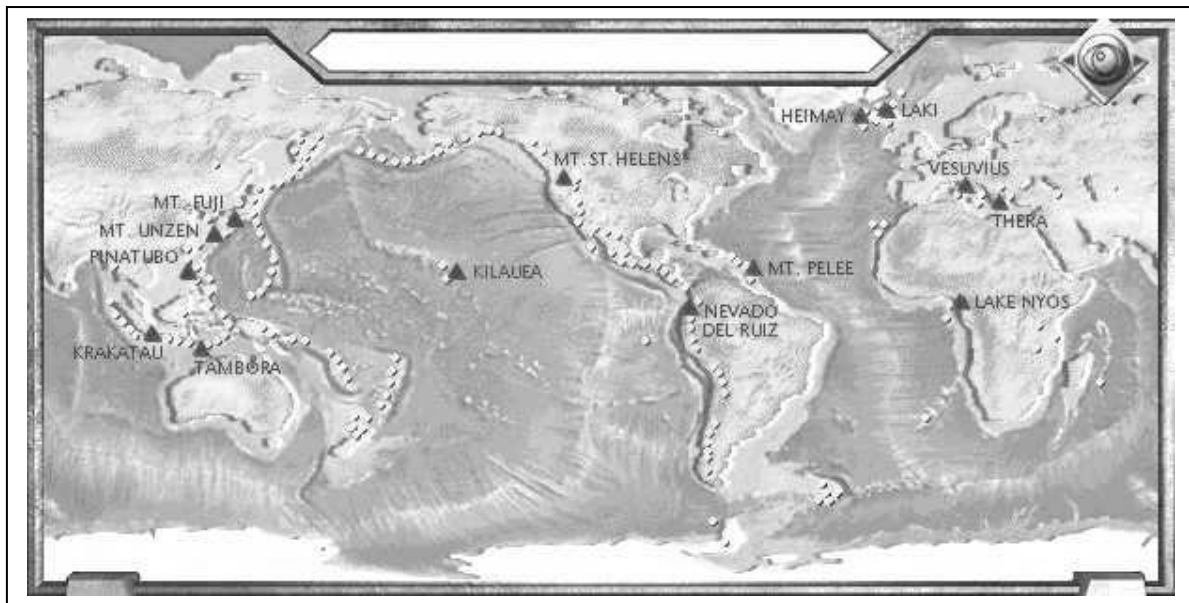
dan letusan gunung api. Hal tersebut dapat dikemukakan karena adanya zona-zona yang telah diketahui, seperti : zona gempa aktif yang berkaitan pula dengan zona gerakan tanah di wilayah pegunungan; zona vulkanisme yang berkaitan pula dengan zona magmatisme maupun zona mineralisasi serta zona hidrokarbon.

DAFTAR PUSTAKA

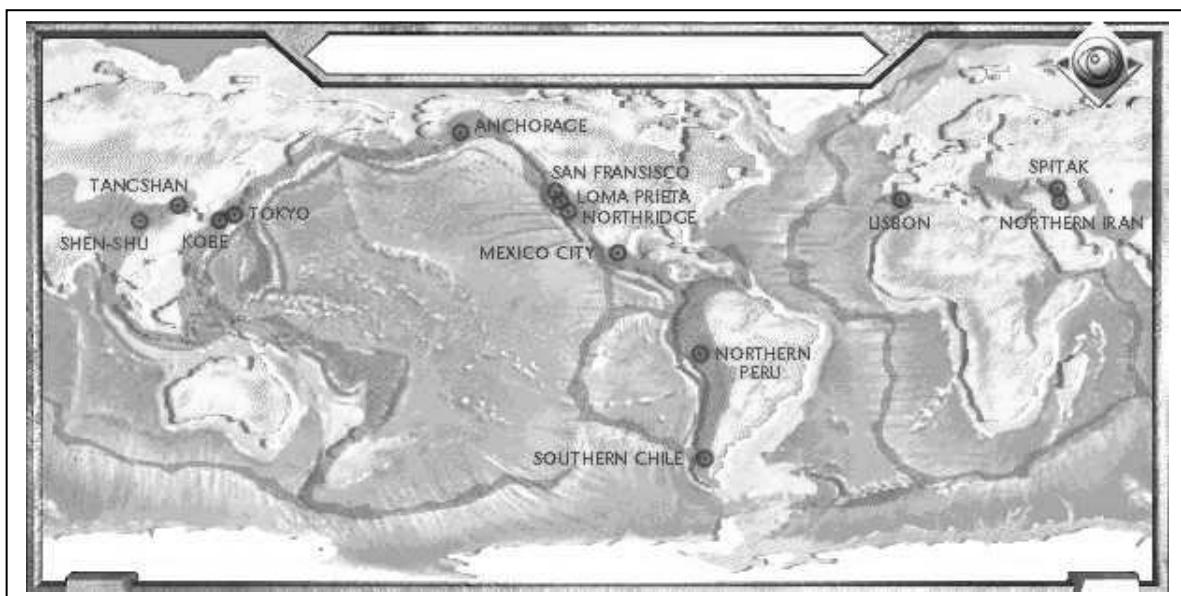
- Alzwar, M., Samodra, H., & Tarigan, J.J., 1987, *Pengantar Ilmu Gunungapi*, Penerbit Nova, 226 hal.
- Hall, R., 1995, Plate Tectonic Reconstructions of the Indonesian Region, *Proceedings Indonesian Petroleum Association vol. 1, 1995, IPA*, p. 70-84
- Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. Geol. Surv. Proff. Paper 1078, US Government. Printing Office, Washington, p.114-156.
- Hamilton, W., 1989, Convergent-Plate Tectonics Viewed from The Indonesian Region, dalam majalah *Geologi Indonesia, Majalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Vol 12, no 1 Juli 1989, IAGI - Jakarta, p 35-88.
- Katili, J. A., 1989, Evolution of The Southeast Asian Arc Complex, dalam *Geologi Indonesia, Majalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, Vol 12, no 1 Juli 1989, IAGI-Jakarta, p. 113-143.
- Katili, J.A., 1980, Geochronology of west Indonesia and its implication on plate tectonics, dalam *Geotectonics of Indonesia, A modern view*. Directorate General of Mines, (VII+)271 pp., Jakarta, p. 181-198
- Zakaria, Z., 2004, Kebencanaan Geologi dan Hubungannya dengan Aktivitas Tektonik di Jawa Barat Bagian Selatan, *Jurnal Alami*, Vol. 9., No. 2., Tahun 2004, hal. 60-67.



Gambar 1. Lempeng-lempeng litosfir di benua yang menggambarkan batas-batas yang sekarang masih aktif (Hamilton, 1979)

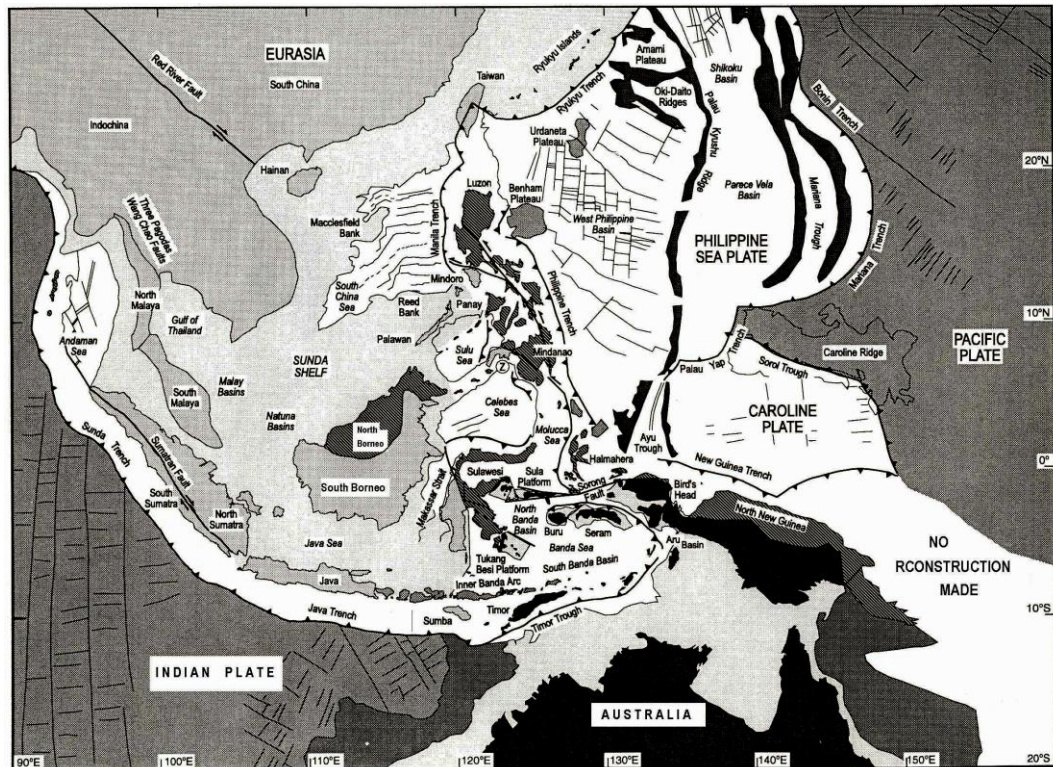


Gambar 2. Zonasi vulkanisme, magmatisme dan mineralisasi (simbol bulatan). Tanda segitiga adalah gunung api yang aktif.

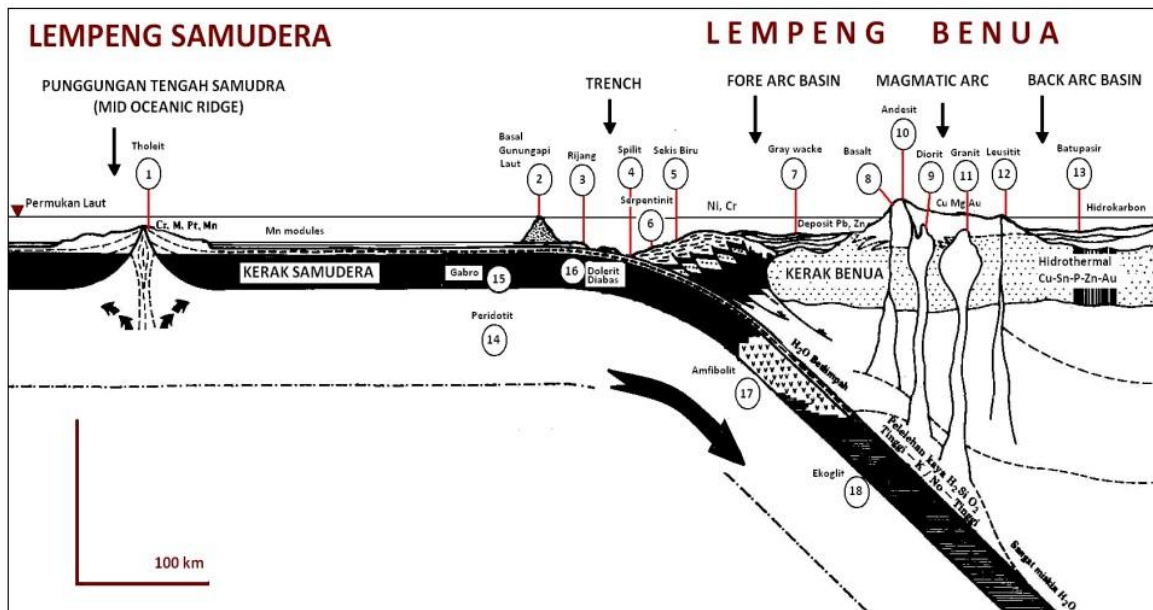


Dorling Kindersley Multi Media Earth Quest, 1997

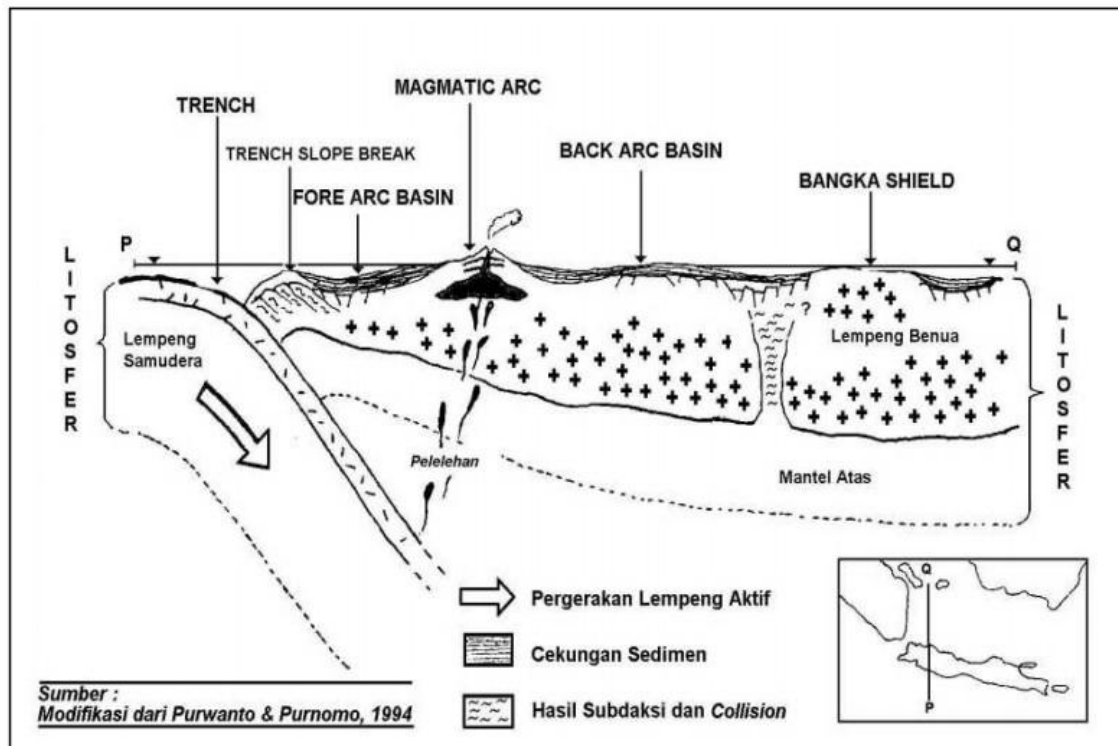
Gambar 3. Zonasi gempa dan gerakan tanah (garis abu-abu dan hitam)



Gambar 4. Rekonstruksi lempeng tektonik di Indonesia (Hall, 1995)



Gambar 5. Hubungan antara keterdapatan mineral dengan posisi struktur tektonik (Alzwar et al., 1987, dimodifikasi)



Gambar 6. Zona hidokarbon, lokasi keterdapatan migas (Modifikasi dari Purwanto & Purnomo 1994, dalam Zakaria 2004)