

PERAN SISTEM TUNJAMAN, SESAR MENDATAR *TRANSFORM* DAN PEMEKARAN
TERHADAP SEBARAN CEKUNGAN SEDIMEN DI INDONESIA
*THE ROLE OF SUBDUCTION SYSTEMS, TRANSFORM FAULTS AND RIFTING
TO THE DISTRIBUTION OF SEDIMENTARY BASINS IN INDONESIA*

Oleh :

Syaiful Bachri

Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122

Abstrak

Berdasarkan umurnya, cekungan sedimen di Indonesia dapat dibedakan menjadi cekungan pra-Tersier, cekungan berumur menerus pra-Tersier – Tersier, dan cekungan Tersier. Indonesia bagian barat didominasi oleh cekungan Tersier, sementara Indonesia bagian timur didominasi oleh cekungan yang berkembang sejak Zaman pra-Tersier sampai Tersier. Baik berdasarkan umurnya maupun berdasarkan pola sebarannya, keberadaan cekungan – cekungan tersebut merepresentasikan pola perkembangan tektonik. Di wilayah bagian barat Indonesia pola sebaran cekungan berpola semi konsentris tampak mendominasi wilayah ini, dan ini dikontrol oleh evolusi sistem tunjaman. Sementara di bagian timur Indonesia hanya di wilayah Busur Banda dicirikan oleh sebaran cekungan berpola semi konsentris, dan selebihnya umumnya berpola acak, kecuali daerah yang dipengaruhi pemekaran dan tunjaman selain Busur Banda. Sebaran berpola acak ini terutama dikontrol oleh keberadaan sesar-sesar mendatar *transform* yang menjadi mediasi transportasi benua renik yang berasal dari Australia.

Kata kunci: Tunjaman, sesar *transform*, pemekaran, cekungan sedimen

Abstract

On the basis on the age, sedimentary basins in Indonesia can be classified into Tertiary, pre-Tertiary, and pre-Tertiary continues to Tertiary basins. Western Indonesia is dominated by Tertiary basins, whilst the eastern Indonesia is occupied largely by basins which have developed since pre-Tertiary time. Either based on the age or the distribution pattern, the occurrence of the basins represent tectonic evolution pattern. The western Indonesia is dominated by basins of semi-concentric pattern which represent evolutions of the subduction system. Meanwhile, in the eastern Indonesia only the Banda Arc which is characterized by basins of semi-concentric pattern, and the rest is largely occupied by basins which are distributed randomly, excepted in the areas which are affected by rifting and subduction excluding the Banda Arc. The random distribution is mainly controlled by the occurrence of major lateral faults which have an important role in transporting micro-continents derived from Australia.

Key words: Subduction, transform fault, rifting, sedimentary basin.

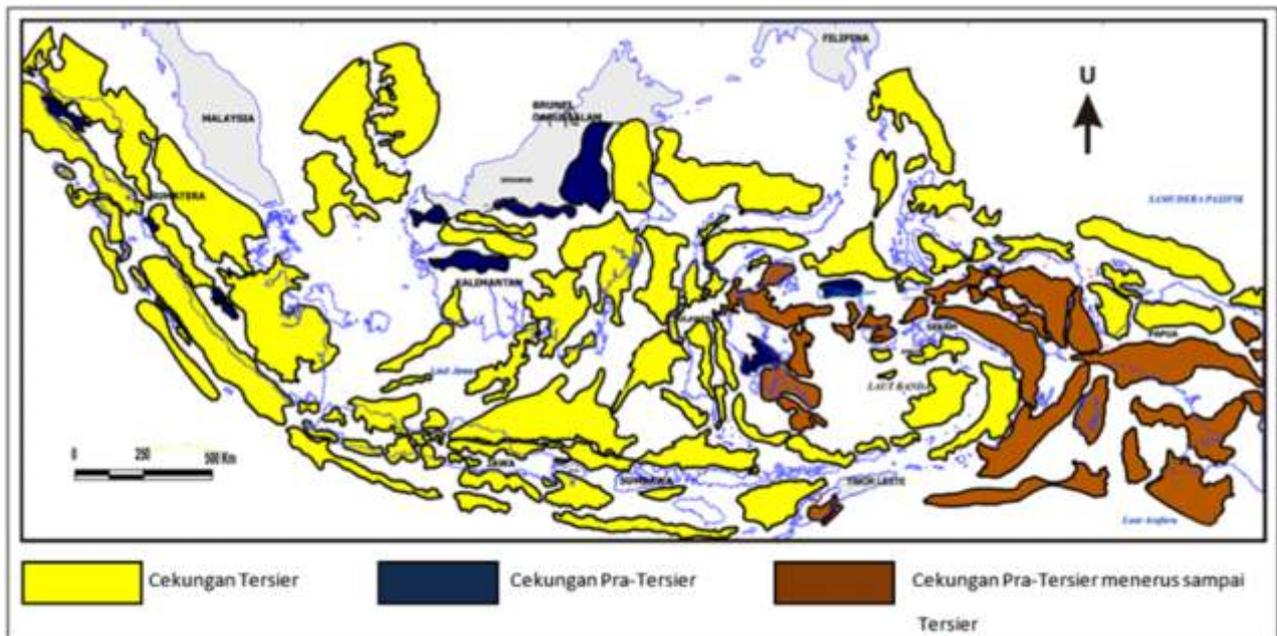
Pendahuluan

Konvergensi lempeng-lempeng Hindia-Australia, Pasifik dan Eurasia telah menyebabkan terbentuknya beberapa busur kepulauan di Indonesia. Proses konvergensi antar lempeng yang berlangsung terus hingga kini mempengaruhi evolusi busur-busur tersebut, seperti adanya rotasi busur, pembentukan struktur regional, serta pembentukan cekungan sedimen.

Di Indonesia dijumpai 128 cekungan sedimen, yang berdasarkan umurnya dapat dibedakan menjadi cekungan Tersier, cekungan pra-Tersier, dan

cekungan yang berkembang sejak pra-Tersier dan berlanjut hingga Tersier (Badan Geologi, 2009). Cekungan Tersier mendominasi bagian barat Indonesia, cekungan pra-Tersier terutama dijumpai di wilayah Kalimantan bagian utara, sementara cekungan pra-Tersier yang berkembang menerus hingga Tersier umumnya dijumpai di wilayah Papua dan sebelah timur Sulawesi (Gambar 1).

Makalah ini akan mengupas hubungan antara struktur utama dan kegiatan tektonik terhadap sebaran cekungan sedimen di Indonesia, berdasarkan data sebaran cekungan sedimen (Badan Geologi, 2009), serta data keberadaan struktur utama maupun kegiatan tektonik di Indonesia berdasarkan hasil penelitian para penulis terdahulu.



Gambar 1. Peta cekungan sedimen Indonesia (Badan Geologi, 2009).

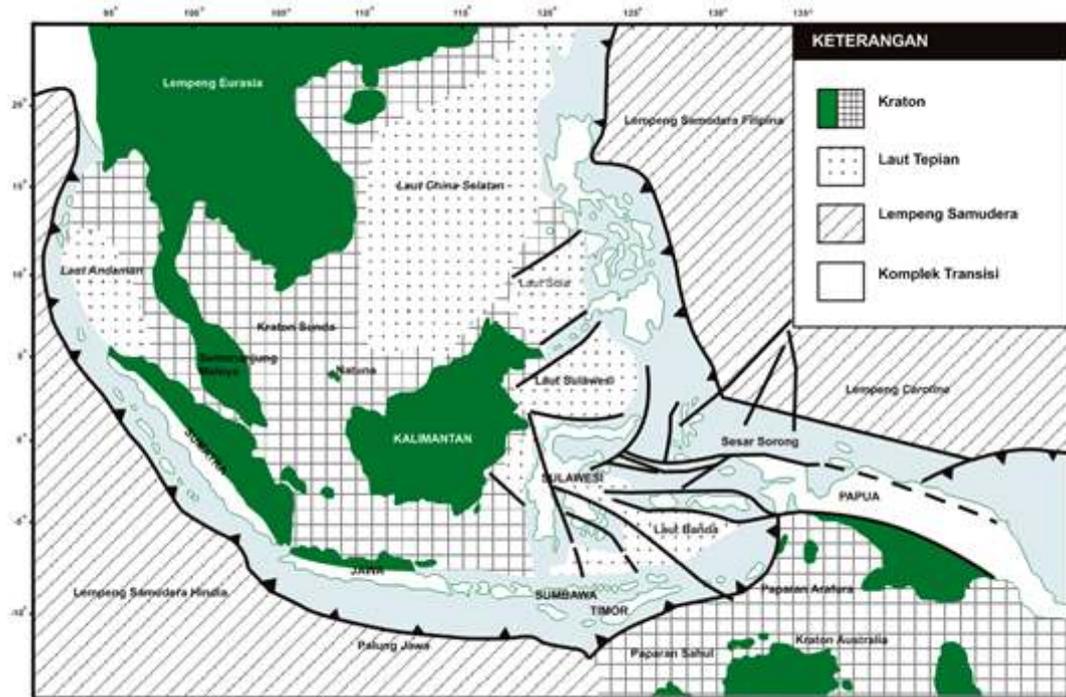
Wilayah Busur Sunda dan Paparan Sunda

Wilayah Busur Sunda meliputi busur kepulauan yang membentang dari Sumatera, Jawa sampai pulau-pulau di sebelah timurnya, sampai Pulau Sumbawa, sementara wilayah Paparan Sunda meliputi wilayah Kalimantan ke barat melalui daerah Natuna hingga menyambung dengan Semenanjung Malaya, di sebelah selatannya termasuk Laut Jawa, bagian utara-barat Jawa dan bagian paling timur – utara Sumatera (Gambar 2). Terjadinya evolusi tektonik lempeng di wilayah ini selama Mesozoikum – Kenozoikum, tanpa disertai oleh adanya migrasi material batuan atau bagian dari suatu lingkungan tektonik tertentu secara lateral, sehingga mengalami perpindahan ke lingkungan tektonik yang baru. Perkembangan tektonik semacam ini dapat diistilahkan sebagai model otokton, (*autochthonous model*) karena semua satuan batuan merupakan satuan batuan otokton (*in situ*).

Sebagaimana dijelaskan oleh Katili (1975), sejarah busur kepulauan di Indonesia bagian barat dimulai pada awal Paleozoikum, yaitu ketika terdapat dua sistem palung - busur yang berlawanan, yang dipisahkan oleh satu mikrokontinen, sebagaimana ditunjukkan oleh adanya (1) zona tunjaman di sebelah timur Semenanjung Malaya yang menghasilkan busur vulkano-plutonik di bagian tengah daerah tersebut, dan (2) adanya tunjaman ke arah benua Asia di bagian barat Sumatera .

Kegiatan penunjaman ke arah Asia berlanjut pada Karbon Akhir – Perem Awal, di sebelah barat atau Sumatera bagian barat, yang disertai kegiatan vulkanisme dan penempatan batuan granitan. Pada saat itu terjadi pula penunjaman ke arah baratdaya di tepian benua sebelah timurlaut, yang diindikasikan oleh adanya batuan gunungapi dan granit di bagian timur Semenanjung Malaya dan Kalimantan bagian barat (Katili, 1975). Zona tunjaman ini sedikit bergeser ke arah Samudera Hindia pada Perem – Trias Awal (Katili, 1989). Terbentuknya busur vulkano-plutonik pada pulau-pulau yang dikenal mengandung timah di Indonesia dan Semenanjung Malaya mengindikasikan bahwa zona Benioff kemungkinan lebih dangkal dibanding tunjaman sebelumnya (Katili, 1975).

Rifting pada Kapur Awal yang terjadi di Gondwana menyebabkan India terpisah dari Gondwana (Katili, 1989). Pada Kapur Akhir – Eosen Awal (70 jtl), zona tunjaman di sebelah baratdaya dan di timurlaut menjadi lebih luas, karena masing-masing bergerak ke Samudera Hindia dan ke laut Cina Selatan. Data paleomagnetik dari Daly drr (1986) menunjukkan adanya rotasi kraton Sunda yang menyebabkan tertutupnya Laut Cina Selatan. Sementara itu tunjaman kerak samudera di bawah Kalimantan berlanjut, sedangkan vulkanisme dan penempatan granit terjadi sepanjang tepi kraton, termasuk Natuna dan Kepulauan Anambas.



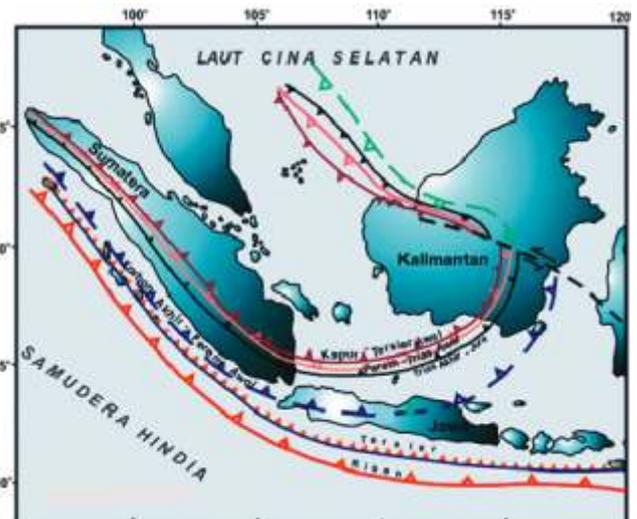
Gambar 2. Peta tataan tektonik Indonesia (Simandjuntak dan Barber, 1996).

Pada 50-45 jtl atau Eosen Tengah terjadi tumbukan antara India dan Eurasia (Katili, 1989). Selanjutnya pada 40 jtl (Eosen Akhir) terjadi pengestrusian Birma dan Thailand (Tapponier dr., 1982). Pada sekitar 40 jtl tersebut terjadi perubahan arah gerakan lempeng pasifik, dari NNW ke WNW (Ben-Avraham & Uyeda, 1973). Terjadinya rotasi Kalimantan searah jarum jam menyebabkan terjadinya bukaan pada Laut Cina Selatan (Daly dr., 1986). Pada Eosen Akhir (40 jtl) juga terjadi satu peristiwa penting yaitu terjadinya zona tunjaman Eosen Akhir yang berarah barat-timur di selatan Jawa dan Sumatera.

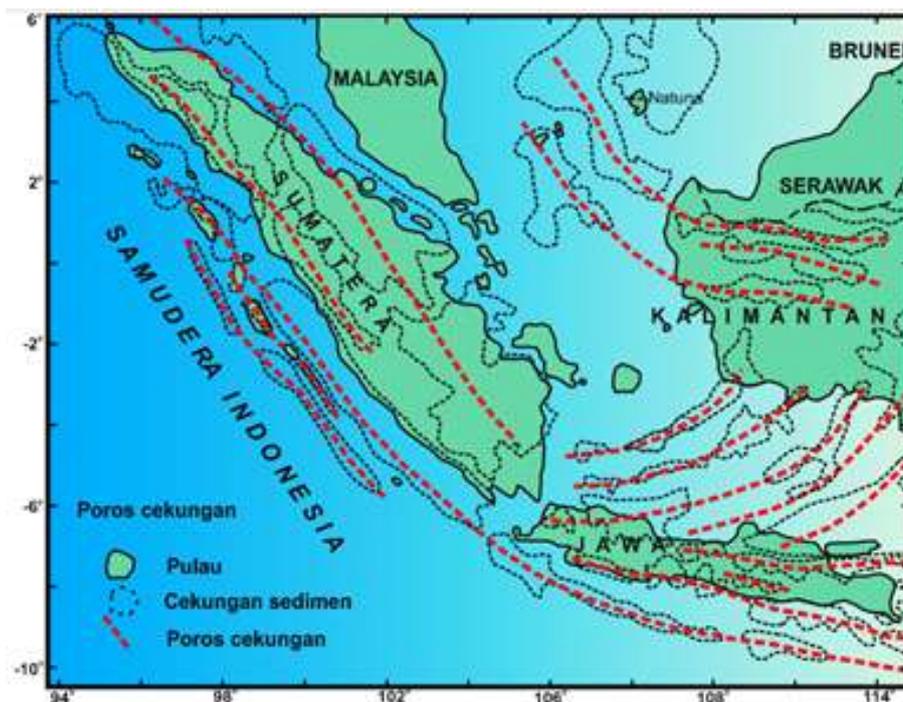
Pada Oligosen Akhir (30 jtl), tunjaman di selatan Sumatera dan Jawa mengakibatkan terjadinya vulkanisme yang menghasilkan Formasi Andesit Tua di Busur Sunda. Zona tunjaman tersebut pada Pliosen bergeser ke selatan ke posisi Parit Sumatera-Jawa masakini. Namun berdasarkan sebaran batuan gunungapi, dapat disimpulkan bahwa vulkanisme Kenozoik Akhir sampai Holosen mengalami migrasi ke arah yang berlawanan, yang diduga dikarenakan kemiringan zona Benioff jauh lebih landai dibanding pada waktu pertengahan Tersier (Katili, 1975).

Evolusi zona tunjaman Indonesia bagian barat sejak Karbon Akhir – Perem Awal hingga masakini disajikan dalam Gambar 3. Evolusi tektonik yang tanpa disertai pergeseran lateral material secara

signifikan ini disebut dengan model otokton, dan disertai pembentukan cekungan yang mengikuti perkembangan sistem tunjaman tersebut, yaitu berpola semi-konsentris (Gambar 4). Cekungan-cekungan sedimen yang terbentuk merupakan cekungan parit (*trench*), cekungan busur muka, cekungan antar pegunungan, dan cekungan busur belakang.



Gambar 3. Evolusi sistem tunjaman di Indonesia bagian barat (Katili, 1989).



Gambar 4. Sebaran cekungan sedimen di Indonesia bagian barat membentuk pola semi konsentris.

Wilayah Busur Banda dan Sulawesi

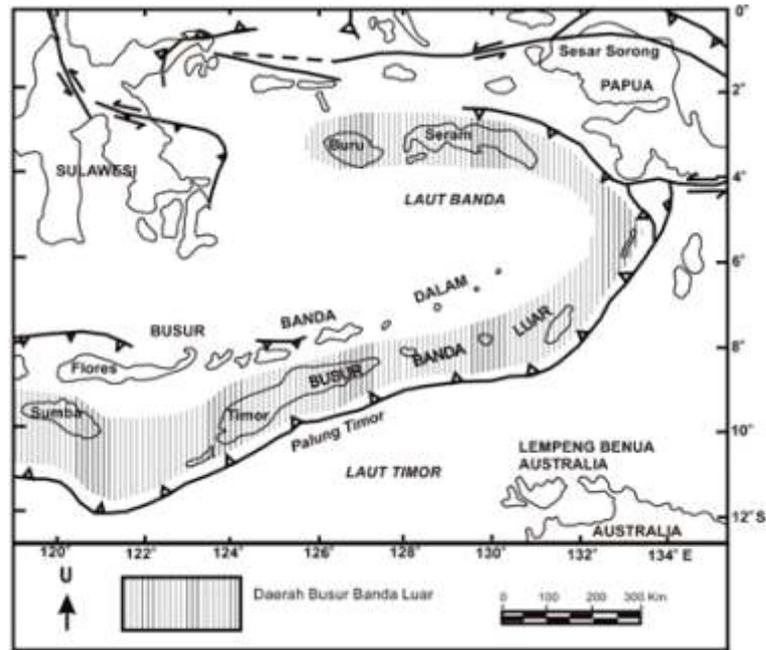
Sekitar 5 Jtl, ketika Australia masih bergerak ke utara, Papua berotasi ke arah kiri, akibatnya terjadilah pelengkungan ke barat laut pada Busur Banda yang semula berarah barat-timur (Gambar 5). Sebagai akibatnya cekungan sedimen di wilayah Busur Banda berpola semi konsentris (lihat Gambar 1). Sementara itu gerakan sesar-sesar *transform* telah menyebabkan beberapa mikrokontinen, seperti Buton, Sula dan lain-lainnya, bertumbukan dengan Busur Sulawesi dan Halmahera yang menghadap ke timur (Katili, 1989).

Tumbukan antara beberapa mikrokontinen dengan busur Sulawesi dan Halmahera tersebut mengakibatkan batuan ultrabasa terobdaksi di lengan timur dan lengan tenggara. Gaya tektonik ke arah barat melalui Sesar Sorong dan zona Sesar Matano mengakibatkan Sulawesi semakin terdorong ke arah Kalimantan, dan menyebabkan tertutupnya laut Sulawesi purba. Hal ini menyebabkan terjadinya obdaksi kompleks tunjaman Meratus dan Pulau Laut yang berumur Kapur – awal Tersier, serta terjadinya Pegunungan Meratus (Katili, 1978).

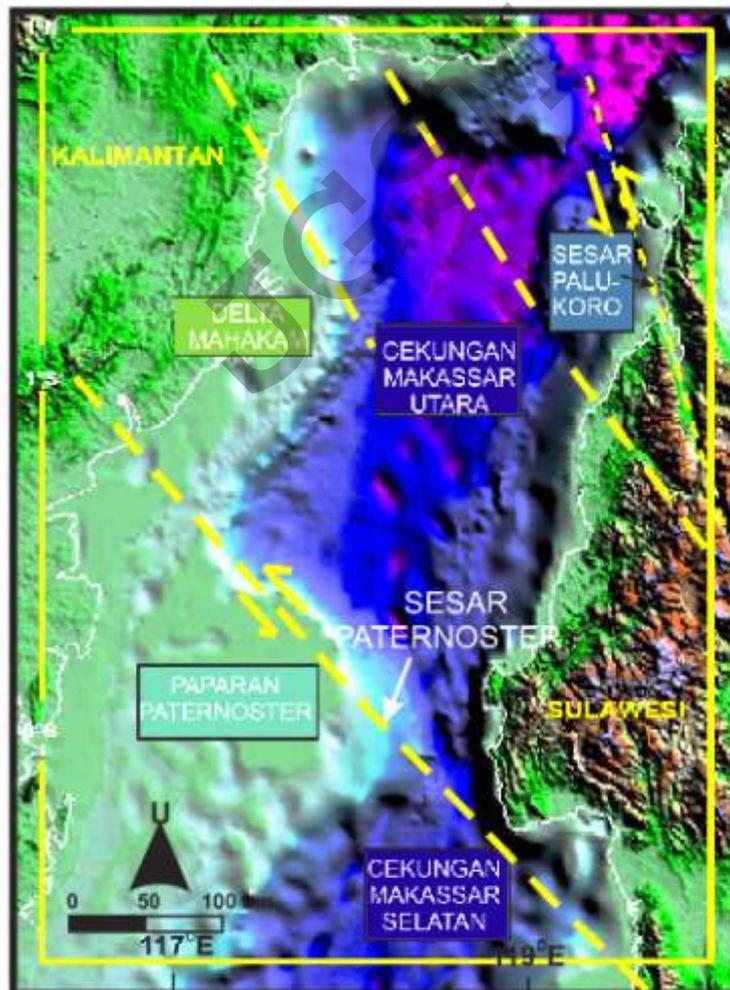
Laut Sulawesi selatan, sekarang disebut Selat Makassar, mengalami fase bukaan sejak Eosen Tengah (Situmorang (1982), Hall (1996), Moss dr.

(1997), Guntoro (1999), dan Puspita dr. (2005) meskipun mekanisme bukaan tersebut masih kontroversi sampai sekarang. Fase ekstensi atau pemekaran tersebut telah menyebabkan terbentuknya Cekungan Makassar Utara dan Cekungan Makassar Selatan (Gambar 6). Sementara sejak Miosen selat ini telah mengalami fase kompresi (Chamber dan Dalley, 1995; Bergman dr., 1996), yaitu saat mulai terjadinya benturan antara tepi Kranton Sunda (Kalimantan) di sebelah barat, dengan Paparan Sula di sebelah timur. Meskipun fase kompresi ini masih berlangsung sampai sekarang (Bachri, 2012) namun belum menyebabkan tertutupnya kembali Selat Makassar.

Di wilayah Busur Banda dan Sulawesi, hanya cekungan sedimen di sekitar Busur Banda saja yang berpola semi-konsentris, sementara di daerah sebelah utara lengan utara Sulawesi keberadaan cekungan sedimen dikontrol oleh sistem tunjaman Sulawesi Utara, di sebelah barat Sulawesi dikontrol oleh sistem pemekaran, sementara di bagian lain dari Sulawesi cekungan sedimen lainnya sebarannya tidak teratur, dikontrol oleh keberadaan sesar-sesar mendatar *transform*. Sesar-sesar mendatar *transform* di Sulawesi dan sekitarnya disajikan dalam Gambar 7A.



Gambar 5. Peta tataan tektonik Busur Banda diikuti sebaran cekungan sedimen berpola semi-konsentris (lihat Gambar 1).



Gambar 6. Sebaran cekungan sedimen di Selat Makassar yang dikontrol oleh tektonik bukaan sebagaimana ditunjukkan kemiripan batas barat Sulawesi Barat dengan batas timur Paparan Paternoster. Citra DEM diambil dari Becker dan Sandwell (2004).

Diskusi

Cekungan superimposed di Busur Sunda

Dari pola sebaran cekungan sedimen di Sumatera bagian tengah – barat, menyambung sampai Jawa bagian utara, Laut Jawa hingga Kalimantan barat daya, tampak adanya sistem tunjaman yang berkembang sejak Kapur Akhir – Perem Awal hingga Kapur Akhir – Tersier Awal. Namun, cekungan sedimen Pra-Tersier yang dijumpai di wilayah ini hanya sekitar 6 buah dan berukuran relatif kecil dibandingkan yang berumur Tersier. Sementara cekungan sedimen Tersier mendominasi dan bersama-sama cekungan Pra-Tersier membentuk pola semi konsentris dengan arah panjang cekungan mengikuti arah sistem tunjaman.

Walaupun di wilayah ini didominasi cekungan Tersier, bahkan di Laut Jawa bagian barat tidak dijumpai cekungan Pra-Tersier, namun diperkirakan jumlah cekungan Pra-Tersier sebenarnya lebih kurang sama dengan cekungan Tersier. Di lajur-lajur yang dilewati sistem tunjaman Pra-Tersier diduga terbentuk cekungan sejak Jaman Pra-Tersier dan berkembang terus hingga Tersier. Namun, cekungan Pra-Tersier di sini tertutupi (*superimposed*) oleh cekungan Tersier hingga yang terpetakan hanya cekungan Tersier.

Pada bagian lain dari wilayah Busur Sunda, yaitu di selatan Sumatera sampai selatan Jawa dijumpai sistem tunjaman linier, yang merupakan sistem tunjaman Tersier dan Risen. Pada saat itu, 40 jtl (Eosen Akhir) terjadi perubahan arah tunjaman, dari yang bersifat semi konsentris menjadi linier berarah hampir barat – timur (Katili, 1989). Cekungan-cekungan yang terbentuk terkait dengan sistem tunjaman Tersier ini diyakini murni merupakan cekungan Tersier, tidak ada cekungan Pra-Tersier yang tertutupi.

Lain halnya di Kalimantan Utara, terdapat satu cekungan sedimen Pra-Tersier dan satu cekungan Tersier yang relatif besar (Gambar 1), yang berproros panjang utara – selatan. Melihat bentuk dan arah panjang cekungan, ada kemungkinan cekungan ini terbentuk berhubungan dengan sistem tunjaman di sebelah timur Kalimantan, namun hal ini belum diketahui dengan pasti.

Pemekaran, tunjaman dan sesar transform di Indonesia bagian timur

Di Indonesia bagian timur, terdapat tiga struktur utama yang mengontrol kemunculan cekungan sedimen, yaitu: (1) struktur pemekaran (*rifting*), (2) sistem tunjaman, dan (3) sesar-sesar mendatar besar (*transform*).

(1). Pemekaran (rifting)

Cekungan Makassar Utara dan Makassar Selatan (Gambar 6) merupakan cekungan Tersier karena proses pemekaran Selat Makassar pada Eosen Tengah (Situmorang, 1982); Hall, 1996; Moss dr., 1997; Guntoro, 1999); dan Puspita dr., 2005). Karena pemekaran terjadi pada Eosen Tengah, maka cekungan-cekungan ini diyakini tidak menindih cekungan Pra-Tersier.

(2). Sistem tunjaman

Cekungan sedimen yang terbentuk berkaitan dengan adanya sistem tunjaman di Indonesia bagian timur, semuanya merupakan cekungan Tersier. Cekungan – cekungan tersebut yaitu yang berada di sebelah utara dan selatan lengan utara Sulawesi, berkaitan dengan Tunjaman Sulawesi Utara, cekungan – cekungan di Busur Banda yang membentuk pola semi-konsentris (Gambar 5), terkait dengan tunjaman di Laut Timor sampai Laut Banda ke utara, serta cekungan – cekungan di sebelah utara Papua yang terkait dengan penunjaman Samudera Pasifik ke lempeng Australia.

(3). Sesar mendatar (transform)

Cekungan-cekungan ini merupakan cekungan Pra-Tersier dan cekungan Pra-Tersier – Tersier, yang bentuk dan arah poros panjangnya sangat beragam karena diduga pengaruh rotasi yang berbeda-beda selama transportasi melalui media sesar mendatar tersebut. Cekungan – cekungan tersebut pada awalnya terbentuk di Australia, sehingga bentuk aslinya tidak diketahui.

Pada sekitar 30 jt yang lalu (Miosen) Gondwana pecah yang ditandai oleh pembentukan sumbu pemekaran di Samudera Hindia yang diikuti oleh bergesernya lempeng Australia ke utara (Katili, 1989). Selanjutnya diukti oleh terjadinya beberapa sesar transform yang menyebabkan beberapa pecahan dari lempeng Australia bergerak ke arah Sulawesi. Oleh karenanya, cekungan – cekungan tersebut mulai berada di Indonesia pada Tersier, meskipun sebagian berumur Pra-Tersier.

Cekungan sedimen alokton dan paraotokton

Di Indonesia bagian timur dijumpai cekungan pra-Tersier dan cekungan pra-Tersier – Tersier. Cekungan-cekungan pra-Tersier berasal dari Australia yang terbawa ke wilayah Indonesia, sehingga dapat disebut sebagai cekungan alokton. Namun, disamping itu juga dijumpai cekungan yang berkembang sejak pra-Tersier sampai Tersier. Sewaktu pra-Tersier sampai Tersier Awal, cekungan tersebut masih berada di Australia, kemudian setelah 30 jtl (Miosen) memasuki wilayah Indonesia, dan sedimentasi berlangsung terus. Oleh karenanya, cekungan ini dapat dikategorikan sebagai cekungan paraotokton, atau kombinasi antara alokton dan otokton.

Kesimpulan

Keberadaan sistem tunjaman, sesar *transform* maupun peristiwa pemekaran telah mempengaruhi pola sebaran cekungan sedimen di Indonesia. Cekungan – cekungan Tersier yang berpola semi-konsentris di bagian barat Busur Sunda sampai meliputi Kalimantan baratdaya diyakini merupakan cekungan yang tertindihkan di atas cekungan pra-Tersier, dan keduanya merupakan cekungan otokton. Sementara cekungan – cekungan Tersier di selatan Sumatera – Jawa, Selat Makassar, sekitar lengan utara Sulawesi dan beberapa di wilayah Papua diyakini terbentuk pada Tersier, tidak didahului pembentukan cekungan pra-Tersier. Cekungan pra-Tersier di Indonesia bagian timur merupakan cekungan alokton yang berasal dari lempeng Australia, sementara cekungan pra-Tersier – Tersier mulanya terbentuk di Australia, dan berlanjut pengendapannya selama Tersier setelah memasuki wilayah Indonesia.

Acuan

- Bachri, S., 2012. Fase kompresi di Selat Makassar berdasarkan data geologi daratan, seismic laut dan citra satelit. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, vol.22, No. 3, 137-144.
- Badan Geologi, 2009. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia*. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Becker, J. J., and Sandwell, D.T. 2004. Global topography. Scripps Institution of Oceanography, http://topex.ucsd.edu/www_html/srtm30_plus.html.
- Ben-Avraham, Z. & Uyeda, S., 1973. The evolution of the China Basin and the Mesozoic Paleogeography of Borneo. *Earth Planet Sci. Lett.*, 18, 365-376.
- Bergman, S.C., Coffield, D.Q., Talbot, J.P. & Garrad, R.A., 1996. *The Late Tertiary tectonic and magmatic evolution of S.W. Sulawesi and the Makassar Strait: Evidence for Miocene continental collision*. From: Hall, R. & Blundell (eds), *Tectonic Evolution of S.E. Asia*. Geological Society.
- Chambers, J.L.C. and Dalley, T., 1995. A tectonic model for the onshore Kutai Basin, East Kalimantan, based on integrated Geological and geophysical interpretation. *Proceedings Indonesian Petroleum Association*, 24th Annual Convention, Jakarta, I, 111-130.
- Daly, M., Hopper, B.G. & Smith, D.G., 1986. Reconstruction of movements of major plates in SE Asia, Proc. B.P. Workshop on Eastern Indonesia (unpub.)
- Hall, R., 1996. *Reconstructing Cenozoic SE Asia*. In: Hall, R., Blundell, D. J.(eds) *Tectonic Evolution of Southeast Asia. Geological Society of London Special Publication*, 106, 153-184.
- Guntoro, A., 1999. The formation of the Makassar Strait and the separation between SE Kalimantan and SW Sulawesi. *Journal of Asian Earth Sciences*, 17, p. 79-98.
- Katili, JA., 1975, Volcanism and plate tectonics in the Indonesian island arcs, *Tectonophysics*, 26, 165-188.
- Katili, J, 1978. Past and present geotectonic position of Sulawesi, Indonesia. *Tectonophysics*, 45, 289-322.
- Katili, J, 1989. *Evolution of the southeast Asian Arc complex*. *Geologi Indonesia* 12, 113-143.

- Moss, S. J., Chambers, J., Cloke, I., Carter, A., Satria, D., Ali, J. R., & Baker, S., 1997. New observation on the sedimentary and tectonic evolution of the Tertiary Kutai Basin. In: Fraser, A. J., Matthews, S. J., and Murphy, R.W. (eds) *Petroleum Geology of Southeast Asia. Geological Society of London Special Publication*, 126, 395-416.
- Simandjuntak, T.O. & Barber, A.J., 1996. Contrasting tectonic styles in the Neogen Orogenic Belt of Indonesia. In R. Hall & D. Bundell (eds). *Tectonic evolution of Southeast Asia, Geol. Soc. London, Special Publication*, 106, 185-201.
- Situmorang, B. 1982. The formation of the Makassar Basin as determined from subsidence curves. *Proceedings Indonesian Petroleum Association*, 11th Annual Convention, 83-108.
- Puspita, R.D., Hall, R. & Elders, C.F., 2005. Structural styles of the offshore West Sulawesi Fold Belt, North Makassar Strait, Indonesia. *Proceedings Indonesian Petroleum Association*, 11th Annual Convention & Exhibition, 519-542.
- Tapponier P., G. Peltzer, A. Y. Le Dain & R. Armijo, 1982, Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. *Geology*, Vol. 10, 611-616.

JGSM

JGSM