

TINJAUAN GEOLOGI TERHADAP MODEL ELEVASI DIGITAL SISTEM PARIT-PRISMA AKRESI, SELATAN JAWA

Oleh :

D. Kusnida, T. Naibaho dan T.A. Suprpto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung-40174

Diterima : 02-01-2009; Disetujui : 20-07-2009

S A R I

Model elevasi digital sistem parit-prisma akresi selatan Pulau Jawa menggambarkan keterwakilan topografi dasar laut seperti elevasi, lereng dan lain sebagainya secara tepat dan dengan mudah dapat dikuantifikasikan serta digambarkan sebagai output images. Sistem parit-prisma akresi selatan Pulau Jawa terletak di sebelah tenggara tepian Paparan Sunda dan diperkirakan dialasi oleh kerak samudera terakresi dan berada pada tahap awal evolusi. Analisis topografi rinci data model elevasi digital (DEM) dari daerah ini menunjukkan hubungan yang erat antara struktur geologi dan batas satuan batuan.

Kata kunci : parit, prisma akresi, DEM, topografi, lereng.

A B S T R A C T

Digital elevation model of the trench-accretionary prism system off south Java Island displays an accurate representation of seafloor topographic such as elevation, slope, etc and can easily be quantified and is displayed as output images. The trench-accretionary prism system off south Java Island lies on the southeast Sunda Shelf continental margin and it is suggested to be underlain by the basement of accreted oceanic crust, which is still in an early stage of evolution. Detailed topographic analysis of the digital elevation model (DEM) data from the area reveals a strong correlation between geological structures and rock unit boundaries.

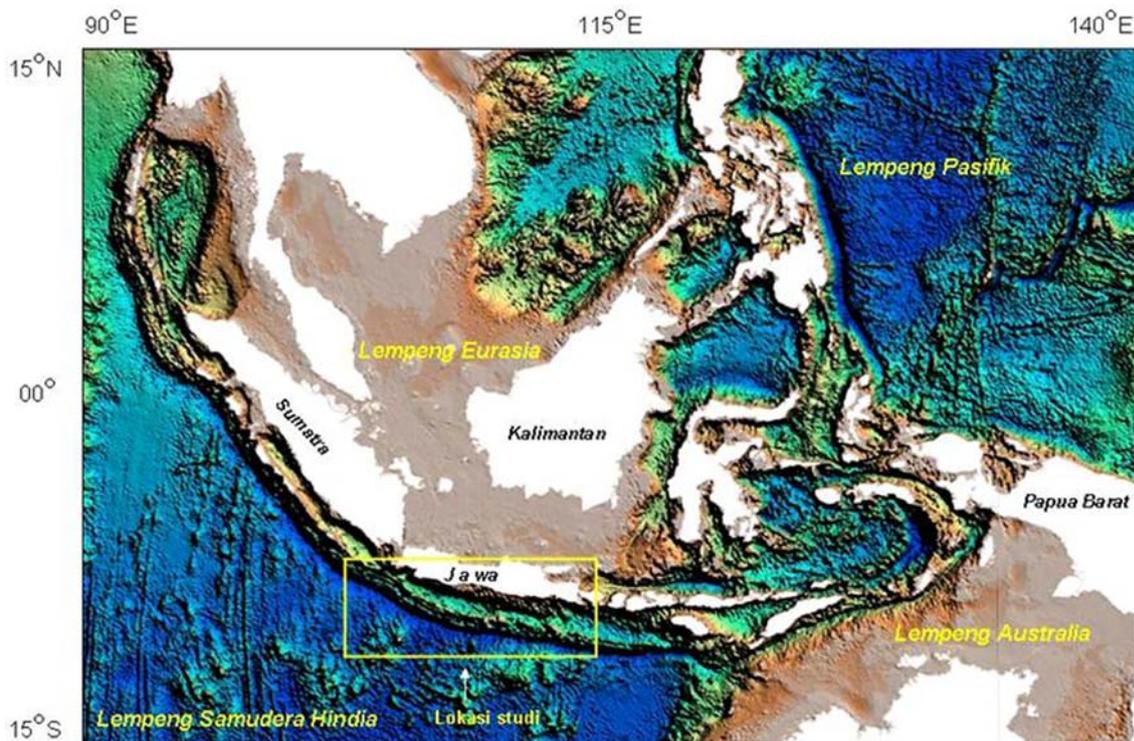
Keywords : trench, accretionary prism, DEM, topography, slope.

PENDAHULUAN

Perairan Indonesia terbentuk oleh adanya konvergensi tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Hindia-Australia di sebelah tenggara, Lempeng Benua Eurasia di sebelah baratlaut, dan Lempeng Samudera Pasifik di sebelah timurlaut (Gambar 1). Secara morfotektonik daratan dan perairan Indonesia yang dikenal dengan nama Busur Sunda-Banda didominasi oleh sistem parit laut dalam dan busur luar/prisma akresi yang membentang dari sebelah barat Sumatra, selatan Jawa dan Nusa Tenggara hingga Maluku Utara. Busur-busur ini dicirikan oleh rangkaian morfologi berupa tinggian lereng

luar, parit/palung, punggung busur luar/prisma akresi, cekungan busur luar, busur vulkanik dan cekungan busur belakang (Hamilton, 1988).

Salah satu hal yang menarik dari morfologi dasar laut di Indonesia adalah keberadaan rangkaian sistem parit-prisma akresi yang membentang dari kepulauan Andaman di sebelah baratdaya hingga kepulauan Enggano di sebelah barat pulau Sumatra. Sistem ini menerus menjadi sistem bawah permukaan laut yang membentang hingga di perairan selatan pulau Jawa-Nusa Tenggara (Katili, 1986). Namun demikian, gugusan punggung busur luar ini kembali muncul menjadi gugusan kepulauan



Gambar 1. Lokasi daerah studi (Sumber : Smith dan Sandwell, 1997)

manakala menjadi bagian dari sistem benturan antara lempeng Benua Australia dengan Busur Banda seperti pulau Timor dan pulau Seram.

Satyana (2009) menyatakan bahwa perbedaan rangkaian punggungan busur luar di barat Sumatra dan selatan Jawa-Nusa Tenggara lebih disebabkan karena wilayah busur luar di Sumatra ditutupi oleh sedimentasi tebal asal Kipas Bengal yang menjulur ke selatan dari sebelah timur India sampai ke barat Sumatra. Saat pengangkatan busur luar terjadi oleh adanya proses penunjaman jaman Neogen di sebelah barat Sumatra, sebagian sedimen di busur luar Sumatra ini terangkat sampai di atas permukaan laut, berimbrikasi dengan prisma akresi membentuk rangkaian kepulauan Simeulue-Enggano. Lebih jauh, penulis ini menyatakan bahwa sedimen yang berasal dari Kipas Bengal tidak sampai ke selatan Jawa-Nusa Tenggara karena selain terlalu jauh juga karena sistem penunjaman menjadi frontal berarah timur-barat sehingga menyulitkan arah sedimentasi.

Oleh karena itu prisma akresi di selatan Jawa-Nusa Tenggara terbentuk hanya sebagai punggungan busur luar bawah laut, bukan sebagai busur kepulauan luar. Namun demikian,

sejarah pembentukan struktur dan sedimentasi Neogen sepanjang cekungan busur muka Sunda di sebelah baratdaya Sumatra dan baratdaya Jawa telah diteliti secara rinci oleh Susilohadi drr (2005).

Dari uraian di atas tampak bahwa perkembangan tektonik kepulauan busur luar di sebelah barat pulau Sumatra dapat dipelajari secara seksama dari singkapan-singkapan batuan di daratan, namun tidak dapat dilakukan untuk punggungan busur luar bawah laut di sepanjang sektor selatan pulau Jawa-Nusa Tenggara. Untuk mengetahui topografi dan batas satuan batuan serta struktur yang berkembang di daerah sistem parit-prisma akresi bawah laut di selatan Jawa, maka dalam tulisan ini digunakan data model elevasi digital (DEM).

DATA DASAR DAN METODE PEMERIAN

Data dasar yang digunakan dalam studi ini adalah data *digital elevation model (DEM)* dari ETOPO2-NOAA (kombinasi data “*Satellite Altimetry Observation*” dan data pemeruman kapal survey) yang dirilis oleh Smith dan Sandwell (1997) dengan ketelitian sekitar 10 meter. Kuantifikasi pengenalan morfologi

berdasarkan ekspresi topografi untuk struktur geologi menggunakan metode pemerian yang dikembangkan oleh Florinsky (1996). Sebagai contoh, kelurusan yang dicirikan oleh pelengkungan pada permukaan mendatar mengindikasikan sesar yang terbentuk karena pergerakan tektonik horisontal (sesar geser). Kelurusan yang diperlihatkan oleh adanya pelengkungan permukaan vertikal, biasanya dikarenakan pergerakan vertikal (sesar turun dan sesar naik), serta kelurusan yang diakibatkan oleh gabungan pergerakan horisontal dan vertikal (sesar oblig dan sesar celah). Untuk pembuatan peta *image* dan peta derajat kemiringan lereng digunakan perangkat lunak ER-Mapper ver.6.3 dan Global Mapper ver. 8.

KERANGKA TEKTONIK

Transek penampang seismik yang memotong prisma akresi sepanjang Busur Sunda - Busur Banda Barat (Van der Werff, 1996) menunjukkan variasi struktur yang berhubungan dengan awal benturan dengan benua Australia. Morfologi sistem busur-cekungan berubah dari suatu punggung di selatan Jawa-Sumbawa menjadi suatu lereng di selatan Sumba. Di sebelah timur Sumba, prisma akresi tersesar naikan di atas cekungan busur muka, bersatu dengan sedimen dan batuan alas.

Menurut Van der Werff (1996), perbandingan antara volume prisma akresi dan jumlah sedimen yang dipasok ke dalam Parit Jawa sejak 30 juta tahun yang lalu (sekitar batas bawah Oligosen Akhir) mengindikasikan kemungkinan kecil sekali adanya sedimen yang tersubduksikan. Pengurangan dimensi lebar prisma akresi dari Bali hingga Sumbawa sesuai dengan kecenderungan peremajaan (*rejuvenation*) sistem prisma akresi ke arah barat sejak Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Di sebelah selatan Sumba, lebar prisma akresi bertambah karena adanya akresi karbonat tepi benua yang tebal dan terdeformasi oleh lipatan-lipatan sesar naik. Pembumbungan dari sebagian tepi paparan Scott di Samudra Hindia yang tersubduksikan meningkatkan tekanan geser alas, menambah pertumbuhan prisma akresi yang besar. Lebih ke arah timur, benturan lempeng Benua Australia menghasilkan tekanan geser alas yang lebih besar dan didistribusikan ke seluruh prisma akresi. Proses seperti ini

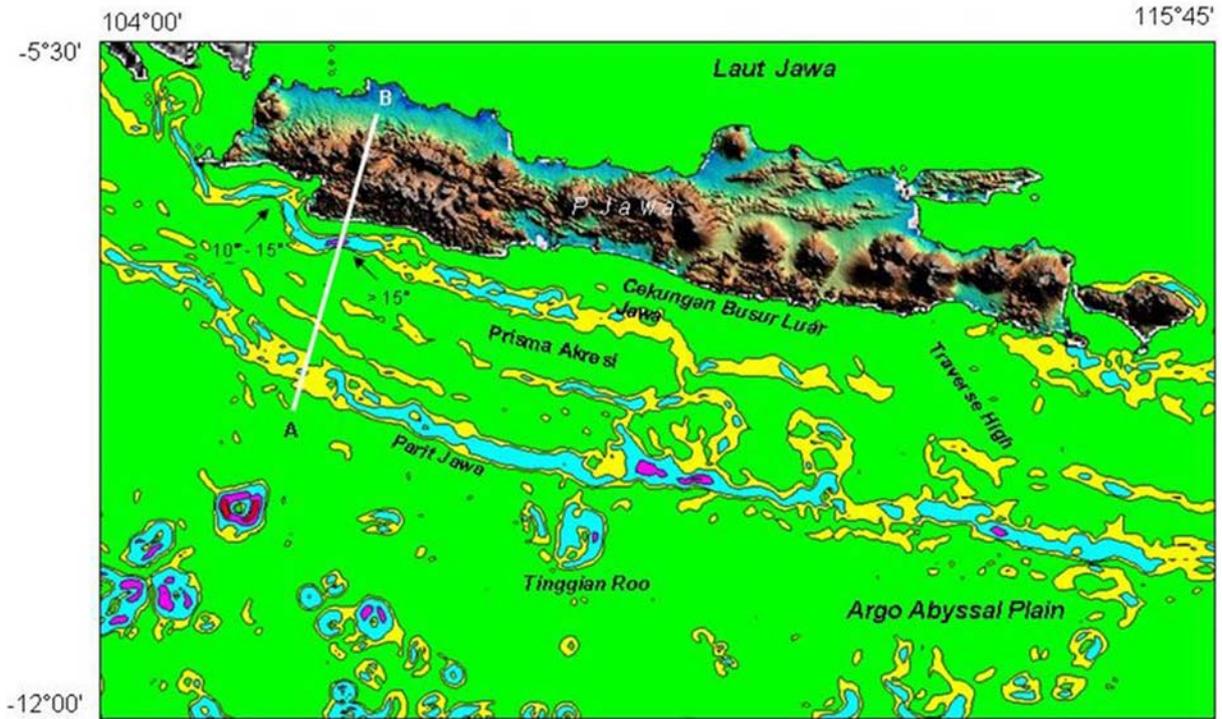
menyebabkan perkembangan progresif sesar naik dan deformasi internal, menyebabkan pemampatan dan penebalan prisma akresi.

Kusnida drr (2002), menunjukkan adanya akresi frontal di sektor selatan Pulau Jawa yang dicirikan oleh pensesaran imbrikasi sedimen pelagis yang tipis pada kaki prisma akresi. Morfologi kaki prisma akresi ini dikontrol oleh sesar-sesar pada lempeng samudera tersubduksi yang jurusnya sejajar dengan zona deformasi dan kemungkinan berasal dari pembumbungan lereng parit bagian luar. Batuan alas kerak samudera yang terakresikan oleh sesar naik ke arah parit memotong prisma akresi dan menerus hingga lempeng yang tersubduksikan.

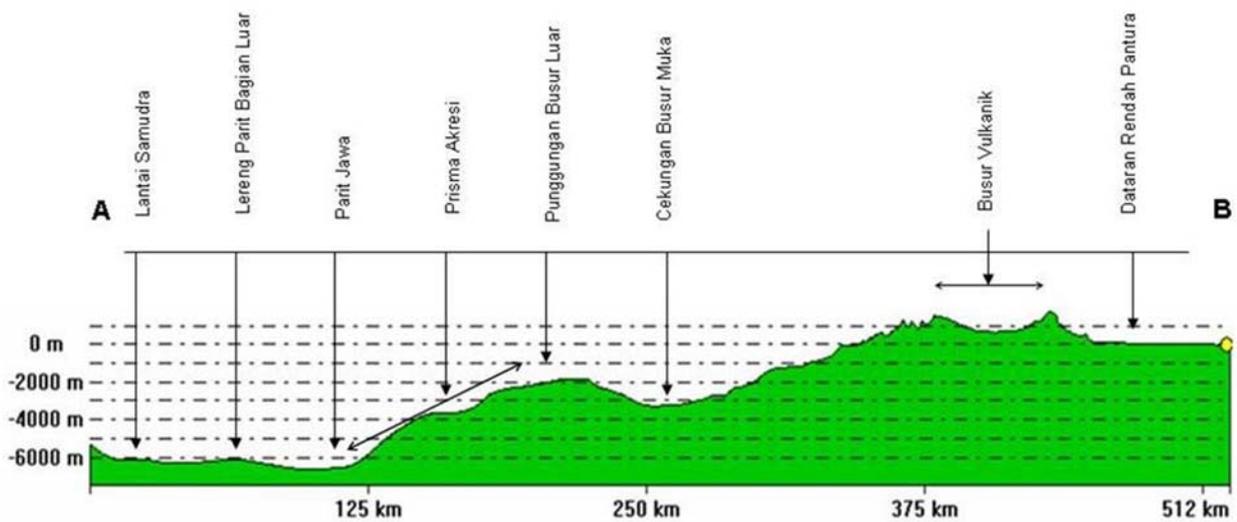
HASIL DAN ANALISIS

Kahle dan Talwani (1981), berdasarkan hasil survey gayaberat menunjukkan bahwa konfigurasi cekungan busur luar di sepanjang Busur Sunda pada awalnya dikontrol oleh proses peregangan dan penurunan diferensial blok batuan alas sebagai respon adanya benturan India dan Asia pada kala Eosen. Selanjutnya, peningkatan konvergensi antara Asia Tenggara dan lempeng Samudra Hindia yang berasosiasi dengan tekanan subduksi, menyebabkan pengangkatan dan pembentukan ketidakselarasan regional di seluruh Busur Sunda. Sejak kala Miosen Awal hingga Miosen Akhir, sistem parit-prisma akresi di sektor selatan Jawa dicirikan oleh peregangan daerah busur luar.

Salah satu ciri yang paling jelas dari prisma akresi di sektor selatan Jawa adalah adanya rangkaian topografi berupa gawir-gawir dengan kecuraman antara 10°–15° terutama pada lokasi antara 106°50'–107°75' BT dan antara 08°00'–08°75' LS (Gambar 2). Gawir curam ini berasosiasi dengan sesar naik dengan arah dip ke selatan berupa *dip-slip* murni yang menghasilkan pemampatan akresi sejajar dengan sumbu Parit Jawa. Di beberapa tempat, gawir curam ini bertindak sebagai tanggul lokal sehingga sedimen terakumulasi di dalam cekungan busur luar (Gambar 3). Hubungan struktur seperti ini mengindikasikan bahwa prisma akresi di selatan Jawa kemungkinan terangkat sejak Miosen Akhir hingga Pliosen bahkan mungkin hingga sekarang seperti ditunjukkan oleh Van Weering drr (1989) dan Van der Werff drr (1994) di sektor selatan Bali-



Gambar 2. Peta morfologi bawah laut selatan Pulau Jawa, Samudra Hindia. Peta diproses dari data ETOPO2-NOAA (Smith dan Sandwell, 1997).



Gambar 3. Morfotektonik bawah laut selatan Pulau Jawa. Lokasi penampang A-B, lihat Gambar 2

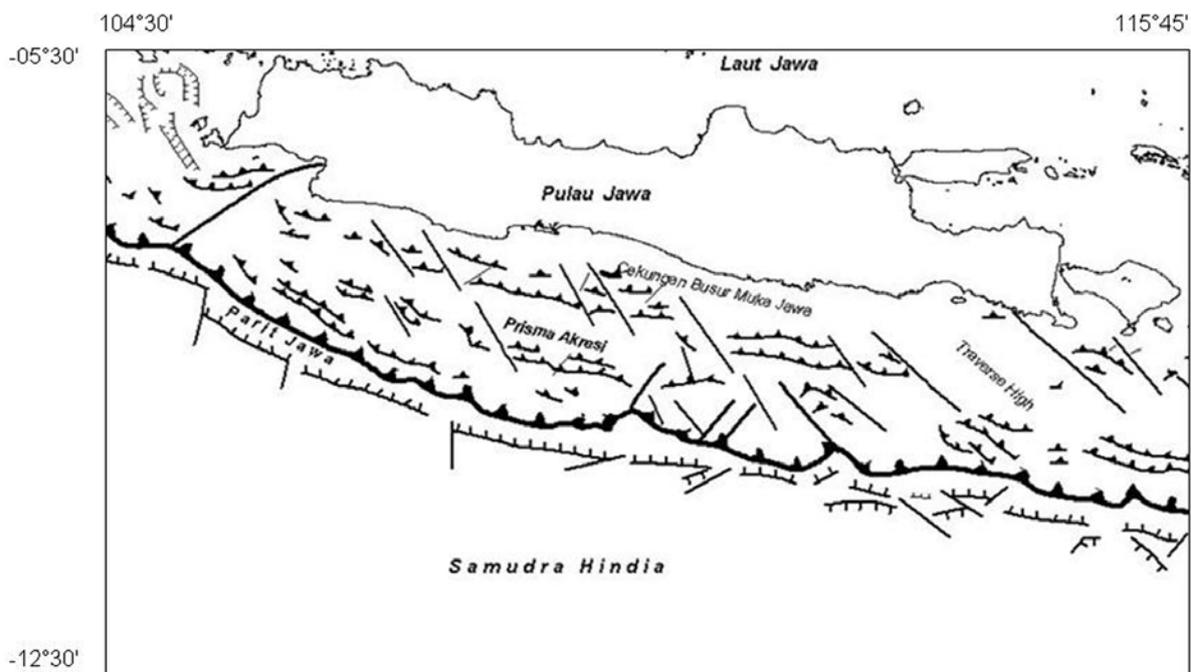
Lombok. Bentangan berarah timur-barat topografi gawir curam yang sejajar dengan sumbu parit diduga karena pertumbuhannya yang cembung ke arah Samudra Hindia selama terjadinya subduksi.

Respon struktur untuk meningkatkan kompresi pada umur Miosen Akhir bervariasi di sepanjang Busur Sunda. Menurut Silver drr (1986), di utara Bali-Flores permulaan benturan antara lempeng Australia dan Busur Banda bagian barat telah mengakibatkan terjadinya sesar naik dan cekungan inversi busur belakang. Menuju daerah lepas pantai selatan Pulau Jawa, peningkatan ukuran prisma akresi dan kecepatan konvergensi menyebabkan pengangkatan dan perlipatan pada skala besar sedimen yang terdapat di cekungan busur luar. Awal penurunan cekungan busur luar berhubungan dengan umur lempeng samudra yang tersubduksi di atas mana cekungan busur luar berada. Di sepanjang sistem parit-prisma akresi di selatan Pulau Jawa, pelengkungan prisma akresi dan sesar geser yang memotong busur menunjukkan bukti adanya proses penurunan diferensial (Gambar 4).

PEMBAHASAN

Penafsiran pola struktur pada sistem parit-prisma akresi di sektor selatan Pulau Jawa mengindikasikan adanya kemenerusan struktur sistem ini hingga di selatan Sumba. Sistem busur antara Jawa dan Bali-Sumbawa dibatasi oleh sepasang tinggian memotong cekungan busur luar (*traverse high*) di selatan Jawa Timur dengan arah barat-laut-tenggara tanpa adanya *offset* sesar geser utama. Struktur tinggian ini merupakan batas dengan sistem parit-prisma akresi sektor selatan Bali-Lombok. Struktur tinggian seperti ini berubah arah menjadi timur-barat di sebelah barat Sumba dan menandakan transisi antara sistem busur vulkanik intra-oseanik di bagian barat dan zona benturan benua di sebelah timur.

Analisis model elevasi digital sistem parit-prisma akresi selatan Jawa menunjukkan hubungan yang erat perkembangan prisma akresi dengan proses subduksi kerak Samudra Hindia sejak kala Miosen hingga Resen. Awal pengangkatan prisma akresi beserta pensesaran serta pembentukan tinggian menyilang (*traverse high*) di cekungan busur muka di lepas pantai selatan Jawa Timur, bisa merupakan hasil dari progradasi tekanan Parit Jawa pada kala Oligosen –Awal Miosen.



Gambar 4. Hasil penafsiran Peta Tektonik bawah dasar laut Selatan Pulau Jawa

Pensesaran bongkah (*block faulting*) dan penekukan batuan alas cekungan busur muka Jawa di sebelah utara prisma akresi ditafsirkan sebagai proses pembentukan kembali sesar naik prisma akresi ke arah Parit Jawa. Ketebalan prisma akresi yang juga bertindak sebagai alas Paparan Sunda diperkirakan merupakan faktor kritis daerah busur muka dalam merespon subduksi kerak Samudra Hindia. Oleh karena kekuatannya, lereng bagian dalam dari prisma akresi yang mengarah ke cekungan busur muka tampak tidak melakukan reaksi terhadap subduksi dengan cara mengembangkan sesar naik ke arah busur vulkanik. Sebaliknya, lereng bagian dalam ini hanya merespon penyusupan kerak Samudra Hindia dengan mengaktifkan kembali alas prisma akresi. Proses seperti ini bisa jadi merupakan penyebab pembentukan dan pengangkatan punggung busur luar bawah laut kala Miosen-Resen seperti adanya sekarang. Pengangkatan segmen prisma akresi berskala besar ini secara simultan ditafsirkan sebagai hasil dari penyusupan material kerak Samudra Hindia yang tersubduksi.

KESIMPULAN

Studi morfometrik berbasis *DEM* mampu mengindikasikan adanya berbagai elemen tektono-topografi utama di sektor selatan Jawa yaitu parit, prisma akresi, cekungan busur luar dan tinggian memotong cekungan (*traverse high*) beserta elemen struktur geologinya. Analisis rinci data *DEM* mampu menunjukkan struktur geologi di sektor selatan Pulau Jawa yang kondisi topografi dan struktur tektoniknya cukup kompleks. Sistem parit-prisma akresi di sektor selatan Jawa mencerminkan adanya saling pengaruh antara tiga sistem struktur regional : timur-barat, baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya.

ACUAN

- Florinsky, I.V., 1996, Quantitative topographic method of fault morphology recognition *Geomorphology*, Vol.16, Issue 2, pp. 103-119.
- Hamilton, 1988, Plate tectonics and island arc, *Geol. Soc. of Am. Bull.* 100: 1503-1527.
- Kahle, H. G. and M. Talwani, M., 1981, Structure and dynamics of plate boundaries in the Indian Ocean based on gravity anomalies, *International Journal of Earth Science*, Vol. 7, no. 2., pp. 427-445.
- Katili, J.A., 1986, On Understanding the Geologic Environment of the Southeast Asian Mineral and Hydrocarbon Deposits in Relation to the Progressive Development of Plate Tectonic Concept, *Memoir of the Geological Society of China*, No. 7, pp.45-68.
- Kusnida, D., H.S. Kusnadi and S. Djajadihardja, 2002, Seismic Interpretation Over Western Java Forearc Basin, Indonesia, *Bull. of the Mar. Geol.*, vol.17, no.1.
- Silver, E.A., Breen, E.A., Prasetyo, H. and Hussong, D.M., 1986, Multibeam study of the Flores backarc thrust belt, Indonesia, *Jour. Geophysics. Res.*, 91, B.3, 3489-3500.
- Satyana, A., 2009, Korespondensi. <http://www.mail.archive.com/iagi-net@iagi.or.id>, 8.11 AM, 14 Mei jam 11.55.
- Smith, W.H.F. and Sandwell, D.T., 1997, Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Sounding, *Science Magazine*, Vol. 277, Issue 5334.
- Susilohadi, C. Gaedicke and A. Ehrhardt, 2005, Neogene structures and sedimentation history along the Sunda forearc basin off southwest Sumatra and southwest Java, *Marine Geology*, Vol. 219, pp. 133-154.
- Van der Werff, W., Kusnida, D., Prasetyo, H. and Van Weering, T.C.E., 1994, Seismic stratigraphy and Cenozoic evolution of the Lombok Forearc Basin, Eastern Sunda Arc, *Marine Geology*, Vol. 117, Numbers. 1-4, pp. 119-134.
- Van der Werff, W., 1996, Variation in forearc basin development along the Sunda Arc, Indonesia, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 14, Issue 5, pp. 331-349.
- Van Weering, T.C.E., D. Kusnida, S. Tjokrosapoetro, S. Lubis, P. Kridoharto and S. Munadi, 1989, The seismic structure of the Lombok and Savu forearc basins, Indonesia, *Neth. Jour. Sea Res.*, Vol. 24.