



ANALISIS PALEOSTRESS SISTEM SESAR BARIBIS - SEGMENT SESAR BREBES BERDASARKAN DATA SKALA SINGKAPAN

ANALYSIS OF SESAR BARIBIS PALEOSTRESS SYSTEM - SESAR BREBES SEGMENT BASED ON SCREEN DATA SESAR

Ramadhan Adhitama^{1a}

¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

^aEmail korespondensi: ramadhanadhitama@trisakti.ac.id

Sari. Gempabumi di Pulau Jawa Indonesia merupakan fenomena yang sudah dimaklumi terjadi, dikarenakan lokasi geografis yang berdekatan dengan jalur subduksi Asia Tenggara – Hindia Australia. Namun kontribusi struktur geologi bukan hanya berasal dari *mega-thrust* hasil dari subduksi saja, melainkan struktur sesar yang berada di Pulau Jawa juga menimbulkan beberapa event gempabumi yang signifikan dan bencana yang besar.

Gempabumi dangkal (hiposenter gempa lebih dangkal dari 70 km) di Pulau Jawa sangat dipengaruhi dari struktur sesar di kerak bumi yang sesar tersebut dapat dilihat bahkan di permukaan bumi melalui DEM (*digital elevation model*) maupun skala singkapan. Sesar-sesar ini didominasi oleh sesar naik berupa sabuk lipatan dan sesar anjak (*fold and thrust belt / FTB*): Sesar Baribis dan Sesar Kendeng; juga sesar – sesar mendatar, seperti: Sesar Cimandiri dan Sesar Opak.

Sesar Baribis seringkali digambarkan berupa sesar dengan arah strike barat timur, yang memanjang dari Jawa Barat hingga Jawa Timur. Interpretasi Sesar Baribis menjadi satu sesar besar yang meneruskan sesar tersebut hingga tersambung dengan back thrust yang ada di utara Pulau Lombok. Interpretasi seperti ini dirasa kurang tepat dalam penggambaran sesar detail, dikarenakan banyaknya partisi Sesar Baribis yang terlihat pada keadaan geologi permukaan. Serta dengan simplifikasi seperti ini akan menimbulkan analogi potensi gempa yang keliru dalam estimasi magnitudo gempabumi.

Analisis Paleostress menggunakan data sesar skala singkapan (1~6 meter) dengan mengukur kedudukan dari sesar dengan arah kinematika yang diambil dari parameter pergerakan berupa *slickenside* maupun *offset* perlapisan yang diamati di lapangan. Kemudian data di analisis menggunakan metode sumbu kinematik (Marrett dan Allmendinger, 1990) lalu data diproses menggunakan peranti lunak Faultkin 8.07.

Sejarah Artikel :

Diterima
10 Januari 2020
Revisi
5 Maret 2020
Disetujui
27 Mei 2020
Terbit Online
25 Agustus 2020

Kata Kunci :

- Sesar Baribis
- Jawa
- Indonesia
- Paleostress

Keywords :

- Baribis Fault
- Java
- Indonesia
- Paleostress

Hasil analisis paleostress Segment Brebes Sesar Baribis berdasarkan data sesar skala singkapan yaitu: sumbu P (σ_1) terfokus di arah Utara-Selatan mengikuti deformasi orthogonal subduksi Jawa, dan sumbu T (σ_3) memiliki 2 arah yaitu barat-timur akibat dari sistem sesar geser mengiri dengan jurus timurlaut-baratdaya, dan pada sumbu vertikal akibat dari sistem sesar naik Baribis.

Abstract. *Java Island Earthquake is a well-known phenomenon, that is because the subduction of India-Australia oceanic crust with Southeast Asia. Although the earthquake within the subduction zone is intense, but the earthquake within the mainland of Java related to the shallow fault is creating devastating earthquakes.*

Shallow earthquakes (which focus shallower than 70 km) within the Java Island is very closely related to the faults within the crust. The Faults is so obvious, thus is it easily shown at the surface of the earth within DEM (Digital Elevation Map) or even in the outcrop scale. It is dominated by reverse faults within the fold and thrust belt (FTB): Baribis Fault and Kendeng Fault; and also strike slip faults, such as: Cimandiri Fault and Opak Fault. Baribis Fault often drawn as a continuous very straight striking fault that crosses the island from west to east. The consequence of this interpretation is oversimplification of Baribis Fault Geometry and links the fault with the Kendeng Fault, moreover some interpretation links the Baribis Fault with Lombok back thrust. In the detail analysis of the Baribis Fault, this type of interpretation can lead to misrepresentation of the kinematic and the behavior of the fault. That is because Baribis fault is partitioned into several segments and curves to the south based on surface observation.

Paleostress analysis was done from outcrop scale fault data (1~6m) which is orientation of the faults, and the kinematic data is based on slickenside on the fault plane or obvious offset. Afterward, the data was analyzed based on kinematic axes method (Marrett and Allmendinger 1990), and then it was processed with Faultkin 8.07 software. The results of Paleostress analysis of Brebes Segment-Baribis Fault based on observation in outcrop scale (1~6m): The P-axis (σ_1) lies on north-south which is fits perfectly of the subduction related, and the T-axis (σ_3) have two directions, that is: (1) west-east which is corresponds to the sinistral strike-slip fault with fault strike northeast-southwest; (2) vertical axis which is corresponds to the west-east reverse fault of Baribis fault

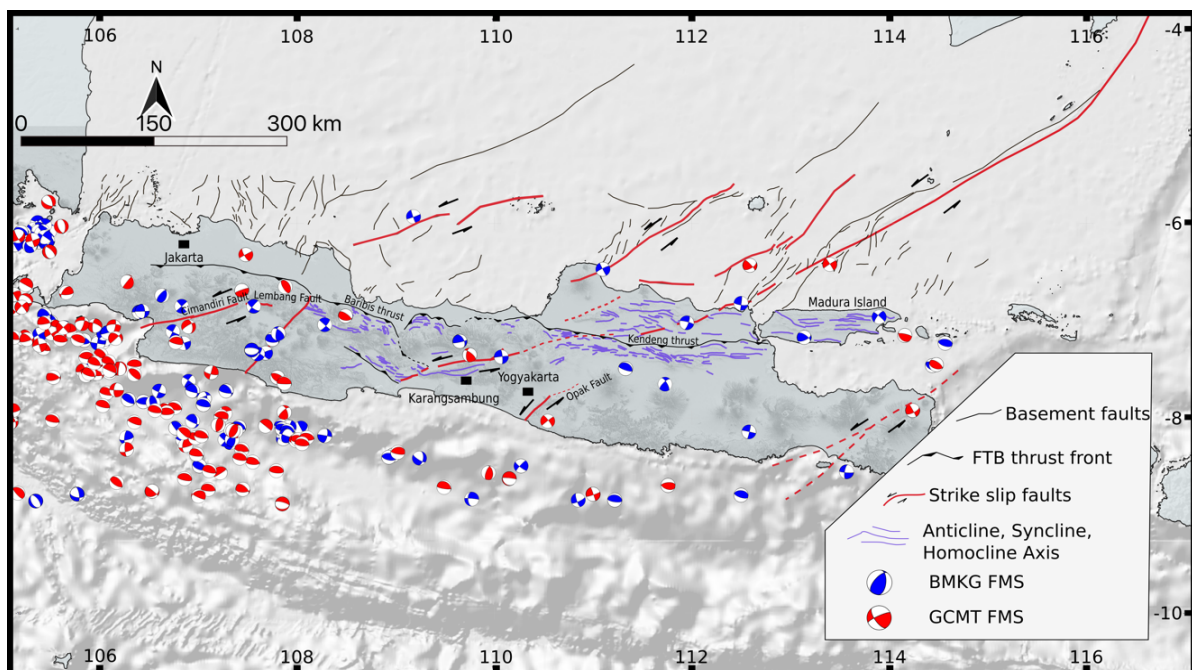
PENDAHULUAN

Kinematika Sesar Pulau Jawa

Pulau Jawa biasa digambarkan sebagai deformasi *co-axial pure shear* (Malod et al. 1995) yang diakibatkan oleh subduksi lempeng tektonik Hindia-Australia dengan Lempeng Eurasia. Sehingga pola deformasi kontraksi (lipatan dan sesar naik) yang memiliki arah yang parallel dengan jurus subduksi akan mudah digambarkan. Namun, berdasarkan fakta geologi lapangan yang ada struktur geologi Pulau Jawa tidaklah sesederhana itu. Terdapat struktur lipatan dan patahan naik yang terdapat di daerah Bogor hingga Baribis di daerah Jawa Barat bagian Utara juga secara terpisah terdapat juga struktur sesar naik yang terdapat di daerah Jawa Barat bagian selatan di daerah Ciletuh, Bayah dan sekitarnya memanjang hingga Cilacap. Struktur lipatan dan patahan naik Bogor – Baribis kemudian di perbatasan Jawa Barat – Jawa Tengah berbelok ke arah Selatan sehingga terlihat pola lipatan tersebut menyambung dengan Pegunungan Serayu Selatan yaitu: daerah Purwokerto, Kebumen sampai Purworejo. Pegunungan Serayu Selatan seolah terhenti dan terpotong oleh pegunungan Kulon Progo yang terdiri dari bentuk antiklinorium dengan litologi dominasi batuan beku yang memiliki arah sumbu panjang antiklin NNE – SSW. Kemudian Pegunungan Serayu Utara yang berada diawali di batas

baratnya adalah Gunung Slamet yang di antaranya terdapat FTB Pemalang – Pekalongan – Semarang yang kemudian akan berhubungan dengan FTB Kendeng di Jawa Timur. Sistem sesar naik yang berada pada daerah ini hampir sebagiannya diselimuti oleh batuan beku berumur kuartar. Meskipun tertutup oleh sedimen dan batuan beku kuartar, struktur sesar naik dan lipatan yang terdapat di bawahnya masih menunjukkan adanya tanda-tanda aktifnya struktur tersebut. Salah satu contohnya adalah gempa bumi yang terjadi pada bulan April 2018 berupa sesar naik oblik dengan komponen strike slip sinistral mengguncang daerah Kalibening dengan kekuatan 4.4 Mw (Sumber: BMKG). Kekuatan gempa bumi yang tidaklah terlihat kuat ini mengakibatkan adanya korban jiwa dan ratusan rumah hancur. Hal ini dipercaya disebabkan hiposenter gempa bumi yang dangkal yaitu 4 km, dan Kalibening beralaskan oleh sedimen-sedimen muda yang tebal yang mengakibatkan adanya intensifikasi deformasi dataran akibat guncangan gempa bumi.

Pola tatanan struktur geologi Pulau Jawa yang kompleks ini juga dipengaruhi juga adanya partisi regangan (*strain partitioning*) yang terjadi dalam proses subduksi. Bahwasanya *slip rate*, berdasarkan analisis GPS (Koulali et al. 2016) adanya transfer stress yang terjadi antara subduksi Jawa dengan *back-*



Gambar 1. Peta struktur Pulau Jawa dan sekitarnya dengan overlay data FMS (Focal Mechanism Solution) BMKG dan GCMT. Data sesar bawah permukaan di Laut Jawa reinterpretasi dari interpretasi sesar Sribudiyani et. Al, 2003)

thrust di bagian utara melalui struktur sesar mendatar mengiri yang menghubungkannya. Penelitian tersebut terfokus pada daerah Timur Jawa hingga Pulau Timor, namun pola deformasi tersebut menerus hingga Pulau Jawa bagian Barat. Data *focal mechanism solution* (fms) atau *moment tensor* dari gempabumi dangkal (< 70km) yang dikeluarkan oleh katalog CMT dan BMKG membuktikan adanya partisi strain yang terjadi di Pulau Jawa berupa *back thrusting* dan sesar mendatar mengiri (sesar batuan dasar / basement reinterpretasi dari (Sribudiyani et al. 2003)) (Gambar 1).

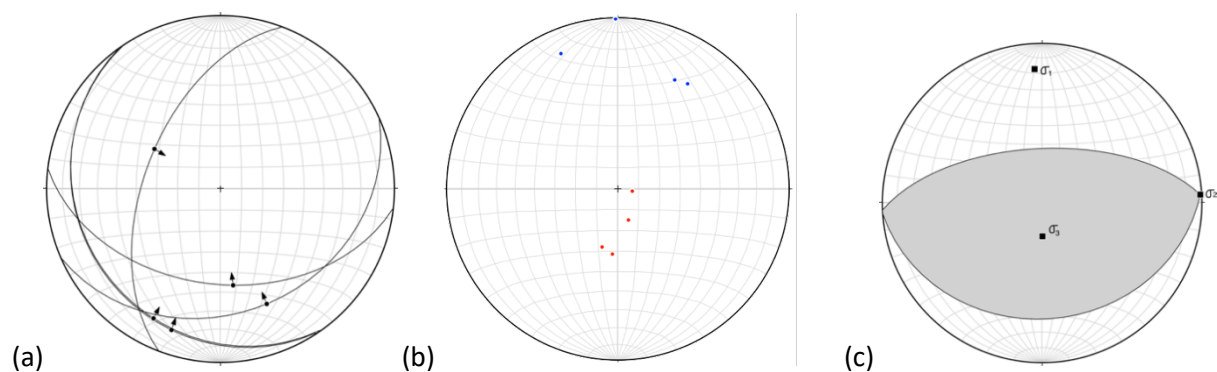
Berubahnya sistem pola subduksi yang bersifat oblik di Pulau Sumatra menjadi tegak lurus di Pulau Jawa menjadikan struktur geologi dan kegempaan Pulau Jawa berbeda dengan pola struktur Pulau Sumatra berdasarkan rekaman gempabumi daerah subduksi selatan Jawa menunjukkan aktifitas gempabumi yang relatif lebih tenang dari kegempaan daerah subduksi Pulau Sumatra. Walau memiliki

seismisitas yang lebih tenang dari kegempaan di Sumatra, gempabumi besar di Pulau Jawa yang mengakibatkan tsunami pernah terjadi (Peta Gempa Nasional). Diantara gempa yang menyebabkan tsunami adalah gempa Mw 7.8 di Jawa Timur pada tahun 1994 (Abercrombie et al. 2001) dan Mw 7.8 di Pangandaran pada tahun 2006 (Ammon et al. 2006; Fujii and Satake 2006).

Selain dari potensi gempabumi dan tsunami yang berada pada zona subduksi di laut selatan Pulau Jawa, gempabumi besar di daratan Pulau Jawa dengan hiposenter < 70 km di daratan Pulau Jawa terekam dalam beberapa tahun terakhir menghasilkan bencana yang besar. Gempabumi darat di Jawa yang tercatat sangatlah destruktif yaitu seperti gempa Sesar mendatar mengiri Opak Yogyakarta Mw 6.3 – 6.4 di tahun 2006, kemudian gempabumi sesar naik oblik yang terjadi di daerah Kalibening (Segmen Kendeng thrust di bagian barat) dengan kekuatan Mw 4.4 di tahun 2018. Kedua gempabumi ini memiliki hiposenter < 20 km, dan daerah terdampak dengan sedimen kuarter yang tebal menghasilkan guncangan gempa yang begitu besar.

METODOLOGI

Pada penelitian ini data sesar skala singkapan (1 ~ 6 meter) telah di ukur langsung di lapangan yang berada di daerah Selatan Kota Brebes, bertepatan dengan thrust front dari Sesar Baribis segment Brebes. Kemudian data tersebut dianalisis berdasarkan analisis kinematik menggunakan software Faultkin 8.07 sesuai dengan konsep yang diutarakan oleh Marret dan Allmendinger (1990). Berdasarkan metode ini, maka fault slip sesar yang diamati di lapangan akan di ekstraksi unsur stress yang berkaitan dengan kinematika sesar menjadi sumbu pemendekan (P-axis/stress maksimum/ σ_1), sumbu netral/null (N-axis/stress intermedier/ σ_2) dan sumbu pemanjangan (T-axis/stress minimum/ σ_3). Sumbu P dan T direkonstruksi berdasarkan titik tengah dari *movement plane* (bidang σ_1 - σ_3) yang dibagi oleh bidang sesar dengan bidang yang tegak lurus dari net slip sesar (*auxiliary plane*) (Gambar 2).

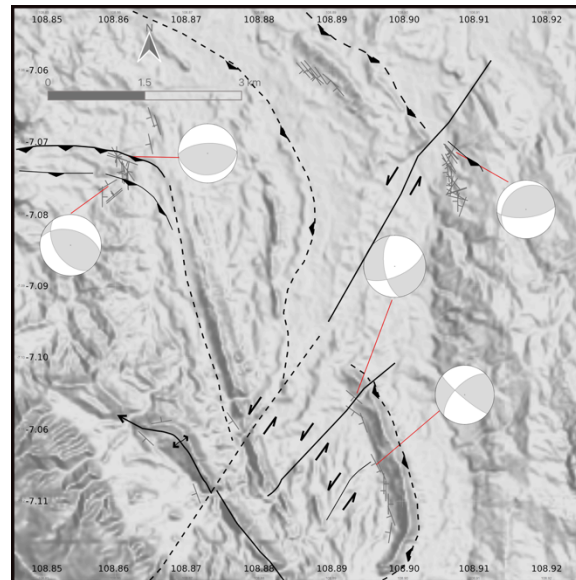


Gambar 2. Proses analisis paleostress data sesar (a) plot data sesar beserta pergerakan; (b) plot sumbu P (sumbu pemendekan, warna biru) dan sumbu T (sumbu pemanjangan, warna merah); (c) rekonstruksi sesar dan auxiliary plane.

Sesar Baribis

Pola struktur FTB di daratan Pulau Jawa seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya merupakan pola struktur kompleks yang memiliki banyak partisi yang kompleks. Sesar Baribis memiliki kenampakan geologi permukaan juga terlihat dengan adanya struktur perlipatan dan patahan naik yang memanjang sepanjang sesar. Sesar Baribis Segmen Brebes dapat teramati dengan jelas pada skala regional berupa

DEM maupun singkapan adanya struktur lipatan dan sesar naik. Pola jurus (*strike*) lipatan yang terlihat pada DEM memiliki arah barat baratlaut – timur tenggara pada bagian barat dan semakin ke arah timur maka strike sesar terputar searah jarum jam (*clockwise*), sehingga jurus menjadi utara baratlaut - selatan tenggara (Gambar 3).



Gambar 3. Peta struktur daerah penelitian dan fms yang direkonstruksi dari data sesar

Pola sesar di daerah penelitian didominasi oleh sesar naik yang merupakan kinematika utama Sesar Baribis (Gambar 4). Jurus Sesar naik bervariasi antara barat – timur, hingga terputar menjadi baratlaut – tenggara, bahkan utara-selatan. Terdapat juga sesar geser mengiri yang berada memiliki jurus baratdaya-timurlaut (Gambar 5). Total sesar yang diamati di lapangan adalah 102 unit sesar beserta gores garis yang terlihat dengan jelas di lapangan (Gambar 6).



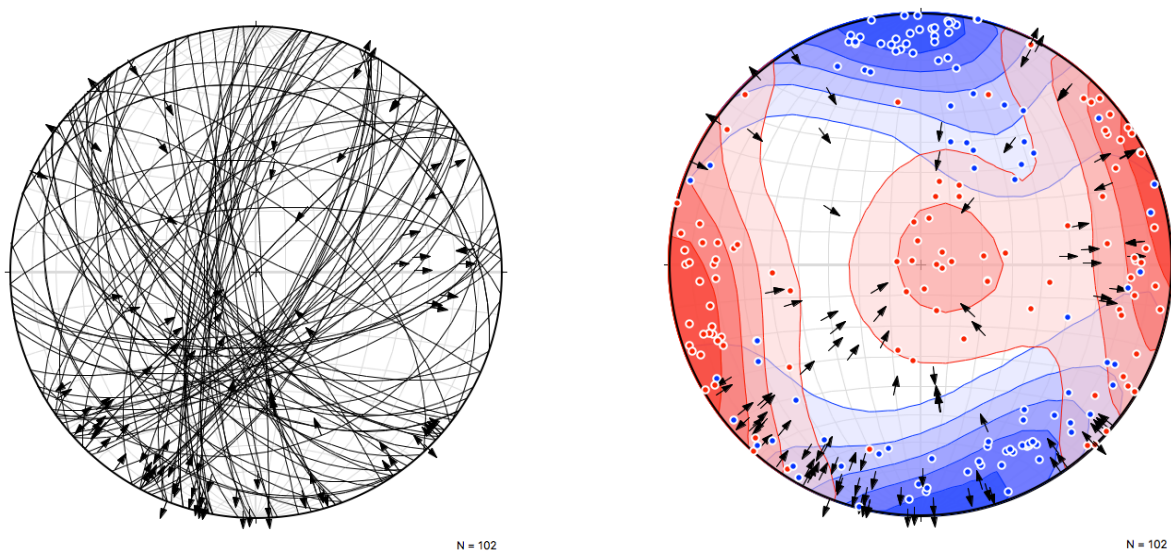
Gambar 4. Singkapan sesar naik beserta slickenside



Gambar 5. Singkapan sesar geser mengiri beserta slickenside

Paleostress

Sumbu P yang didapat dari semua sesar yang diobservasi di daerah penelitian terfokus pada arah Utara-Selatan, sedangkan sumbu T terbagi 2 kluster menjadi sumbu barat-timur dan sumbu vertikal. Pembagian sumbu T menjadi 2 bagian disebabkan 2 sesar dengan kinematika yang berbeda. Sesar naik akan memiliki sumbu T dengan *plunge* hampir tegak, sedangkan sesar geser akan memiliki *plunge* sumbu T barat-timur dengan besar *plunge* subhorizontal. Dilihat dari pola deformasi ini terlihat efek deformasi dari sesar geser mengiri ini terbentuk relatif bersamaan dengan pembentukan sesar naik dan lipatan. Diinterpretasikan sesar tersebut merupakan sesar sobekan (*tear fault*) yang terbentuk ketika sesar naik dan lipatan terpropagasi.



Gambar 6. Plot seluruh data sesar di stereonet beserta arah pergerakannya (kiri), plot sumbu P (biru) dan T (merah) sesar daerah penelitian beserta konturnya (kanan).

KESIMPULAN

Sesar Baribis bukanlah sesar yang secara menerus memotong barat – timur, namun memiliki banyak segmen partisi dan semakin ke arah timur, tepatnya di perbatasan Jawa Barat dan Jawa Timur berbelok ke arah selatan. Pola deformasi Pulau Jawa juga terpartisi menjadi sesar naik dan sesar geser mengiri.

Struktur geologi Sesar Baribis Segmen Brebes memiliki 2 pola sesar yang dominan yaitu: sesar naik dengan jurus barat – timur yang terotasi hingga utara-selatan; serta sesar geser mengiri dengan jurus baratdaya-timurlaut. Berdasarkan dua pola sesar ini paleostress daerah penelitian memiliki sumbu P (pemendekan) dengan arah utara-selatan, dan sumbu T (pemanjangan) dengan arah barat-timur dan sumbu vertikal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan segala puji bagi Allah Tuhan Pencipta Semesta Alam, Satu-satunya Tuhan yang berhak untuk disembah, karena dengan taufiknya penulis bisa menyelesaikan tulisan ilmiah ini. Semua yang benar berasal dari Allah, walaupun ada kesalahan maka itu berasal dari khilaf dan kekurangan penulis. Kemudian ucapan terimakasih kepada Universitas Trisakti yang sudah mensupport penelitian ini juga para mahasiswa Teknik geologi trisakti yang bersama turut mengambil data di lapangan: Adhin, Adit, Edo, Hendri dan Jan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abercrombie, Rachel E., Michael Antolik, Karen Felzer, and Göran Ekström. 2001. "The 1994 Java Tsunami Earthquake: Slip over a Subducting Seamount." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 106(B4): 6595–6607.
2. Ammon, Charles J., Hiroo Kanamori, Thorne Lay, and Aaron A. Velasco. 2006. "The 17 July 2006 Java Tsunami Earthquake." *Geophysical Research Letters* 33(24).
3. Fujii, Yushiro, and Kenji Satake. 2006. "Source of the July 2006 West Java Tsunami Estimated from Tide Gauge Records." *Geophysical Research Letters* 33(24).
4. Koulali, A et al. 2016. "Crustal Strain Partitioning and the Associated Earthquake Hazard in the Eastern."
5. Malod, J. A., Komar Karta, M. O. Beslier, and M. T. Zen. 1995. "From Normal to Oblique Subduction: Tectonic Relationships between Java and Sumatra." *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 12(1–2): 85–93.
6. Marrett, Randall, and Richard W. Allmendinger. 1990. "Kinematic Analysis of Fault-Slip Data." *Journal of Structural Geology* 12(8): 973–86.
7. Sribudiyani et al. 2003. "The Collision of the East Java Microplate and Its Implication for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin."