

**HIRARKI GEMPA BUMI DAN TSUNAMI  
(Aceh, Nias, Bantul, Pangandaran, dan Selat Sunda)**

***The Hierarchy of Earthquake and Tsunami:  
The Cases of Aceh, Nias, Bantul, Pangandaran, and Sunda Straits***

Oleh:

***Imam Hardjono***

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A.Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Surakarta 57102  
Telp. (0271) 717417 ext. 151-153., Fax. (0271) 715448  
E-mail: hardjono@ums.ac.id

**ABSTRACT**

Indonesia is vulnerable to earthquake and tsunami disaster because it is located in the fracture zone between the continental and oceanic lithospheres, running from the west of Sumatera, through the south of Java, NTB, Sulawesi to Papua. In the theoretical framework of Indonesian tectonic lithosphere, this zone is known as *Sula-spuur*. The frequent earthquake and tsunamis in Indonesia justify the theory that the earth will always seek for dynamic self-balance through oceanic basin as well as continental basement expansions. Based on the tectonic lithosphere analysis, the anatomy of earthquake and tsunami disaster in Java falls into two different paths. The first is northwestward path in Western Java following the Semangko fault trend, from Pangandaran/ Cilacap through Kadipaten, Subang to Jakarta. The other is the northeastward path in Central Java and East Java running from Bantul through Prambanan, Klaten to Rembang. The two bats correspond to the seventeen-kilometre-deep-underground fracture involving basement rocks resulted from the area shifting evolution during the limestone age prior to the existence of limestone in Indonesia. Based on the evidences found in Bantul- Klaten earthquake, the question necessary to raise is whether similar earthquake may happen in Jakarta.

**Keywords:** *earthquake and tsunami, tectonic lithosphere*

**PENDAHULUAN**

Sejak akhir tahun 2004, tepatnya tanggal 26 Desember 2006 pukul 07.30 pagi, ketika itu Propinsi Daerah Istimewa Nanggroe Aceh Darussalam (NAD) hampir semua kabupaten rata disapu oleh *gelombang tsunami*, menelan korban ribuan orang tewas, ratusan ribu rumah penduduk hancur berikut semua infrastrukturnya. Ternyata penyebab tsunami adalah Gempa Tektonik berskala 9 Skala Richter, dengan pusat gempa berada sekitar 200 km sebelah barat daya Propinsi NAD, di Samudra Hindia.

Beberapa hari berikutnya, Kabupaten Pulau Nias, di propinsi Sumatera Utara, tepatnya berada di sebelah barat daya Propinsi NAD luluh lantak disapu Gempa Tektonik berskala sekitar 8 Skala Richter, menimbulkan ribuan korban jiwa meninggal, ribuan rumah penduduk rata tanah berikut infrastrukturnya.

Kemudian, belum satu bulan kejadian beruntun tersebut terjadi, disusul gempa bumi yang mengguncang Padang, Lampung, menerus sampai Jawa barat Selatan. Terakhir, Sabtu, 27 Mei 2006, jam 05.55

pagi, daerah kabupaten Bantul, DIY, Kabupaten Klaten, bahkan sebagian kecamatan di Kabupaten Sukoharjo maupun Kabupaten Boyolali luluh lantak diterjang *Gempa Tektonik* berskala 6 [skala Richter], dengan pusat gempa tepat berada di bawah Kota Bantul [Prof. M.T. Zen, guru besar ITB, Mantan Deputi Menristek Bidang Sumberdaya Alam]. Hampir 7000 orang meninggal, ribuan luka berat, ratusan ribu rumah penduduk rata tanah. Tepat 51 hari setelah kejadian ini, tepatnya 17 Juli 2006, masyarakat kembali dikejutkan dengan terjadinya bencana gelombang tsunami di sepanjang pantai selatan Pulau Jawa, menyusul terjadinya gempa tektonik, dengan pusat gempa 80 km di selatan Pangandaran, dengan 6,4 skala Richter, menelan korban ratusan jiwa meninggal, ratusan orang hilang terbawa ombak, milyaran rupiah kerugian harta. Tiga hari berikutnya, Rabu 19 Juli 2006, kembali gempa terjadi lagi dengan pusat di selatan Gunung Api Krakatau, Selat Sunda, dengan 6,8 skala Richter.

Satu fenomena alam yang tiada satu manusia, atau alat apa pun, tidak mampu meramalkan kapan bencana tersebut akan datang atau terjadi. Padahal secara geologis hampir semua daerah di Indonesia ini tidak ada satu daerah pun yang luput dari “resiko” Gempa Bumi Tektonik maupun Tsunami. Pertanyaan mendasar adalah bagaimana cara meminimalisasi akibat semua bencana alam tersebut bila kejadian tersebut tiba-tiba datang kembali?

Studi ini bertujuan :

1. Mengkaji kejadian gempa tektonik di Bantul/ Klaten dari tinjauan geologis.
2. Mencari alternative solusi pra-gempa.

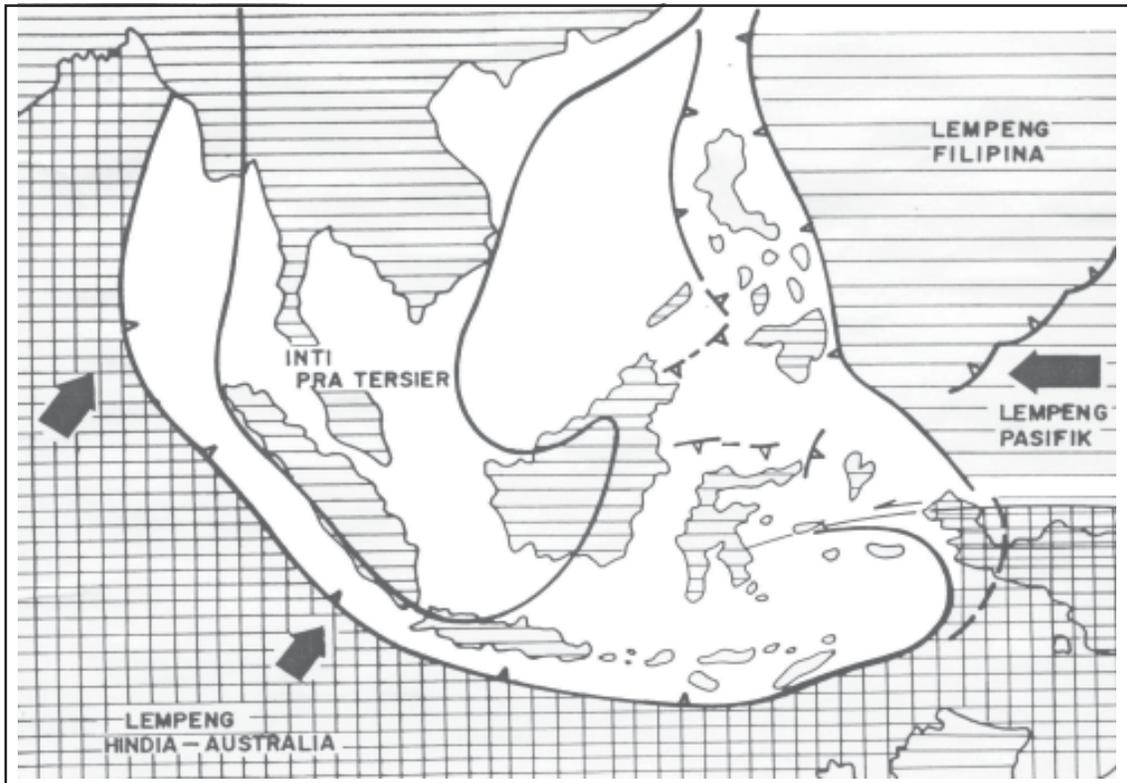
## **METODE PENELITIAN (KAJIAN GEOLOGIS MEKANISME GEMPA TEKTONIK)**

Dengan melihat paparan beberapa kejadian di depan, dapat disimpulkan sementara, bahwa peristiwa gempa tektonik maupun tsunami yang terjadi di Indonesia intensitasnya relatif meningkat, sehingga mutlak diperlukan masyarakat diberikan “pencerahan wacana” tentang apa dan bagaimana hierarki gempa tektonik itu bisa terjadi, serta bagaimana cara termudah untuk meminimalisasi akibat yang ditimbulkan bila gempa tektonik itu terjadi. Tentunya masyarakat perlu tahu, kerangka dasar awal proses terjadinya gempa bumi tektonik, seperti akan diuraikan pada bagian berikut.

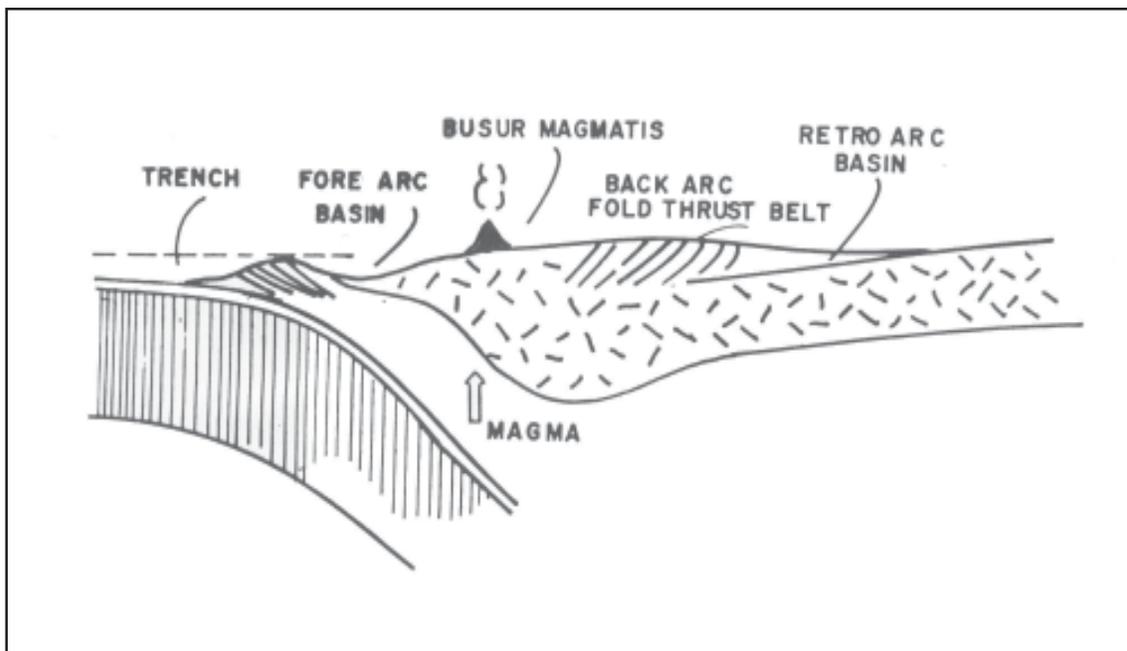
Konsep “Tektonik Pergeseran Benua” pada saat ini dapat dikatakan telah diterima secara umum oleh banyak ahli kebumihan, dan mekanisme pergeserannya dikaitkan dengan pemikiran adanya pembentukan kerak baru di bagian bumi yang terkenal sebagai “pematang tengah samudera” (*meet oceanic ridge*). Mekanisme ini di dalam literature tektonik, dikenal sebagai konsep “*sea floor spreading*”. Teori ini mengutamakan gerak mendatar pada kulit bumi (litosfer), sedangkan gerak-gerak vertikal walaupun ada, adalah sebagai akibat skunder dari gerak mendatar tadi.

Untuk dapat memahami pola serta perkembangan tektonik di Indonesia, lebih mudan apabila dijelaskan dengan menerapkan konsep tektonik global baru, yaitu berdasarkan konsep tektonik lempeng. Berpijak pada teori ini, kepulauan Indonesia dianggap sebagai jalur yang lebar, merupakan produk dari pertemuan 3 lempeng besar (*mega plates*), yaitu :

1. Lempeng Samudera *Hindia – Australia*, bergerak ke utara.



Gambar 1. Lempeng Tektonik



Gambar 2. Diagram Ideal pada Pola “Continental Margin Arch - Trench”

2. Lempeng *Pasifik* bergerak ke barat.
3. Lempeng *Asia Tenggara (Sunda)* bergerak ke utara.

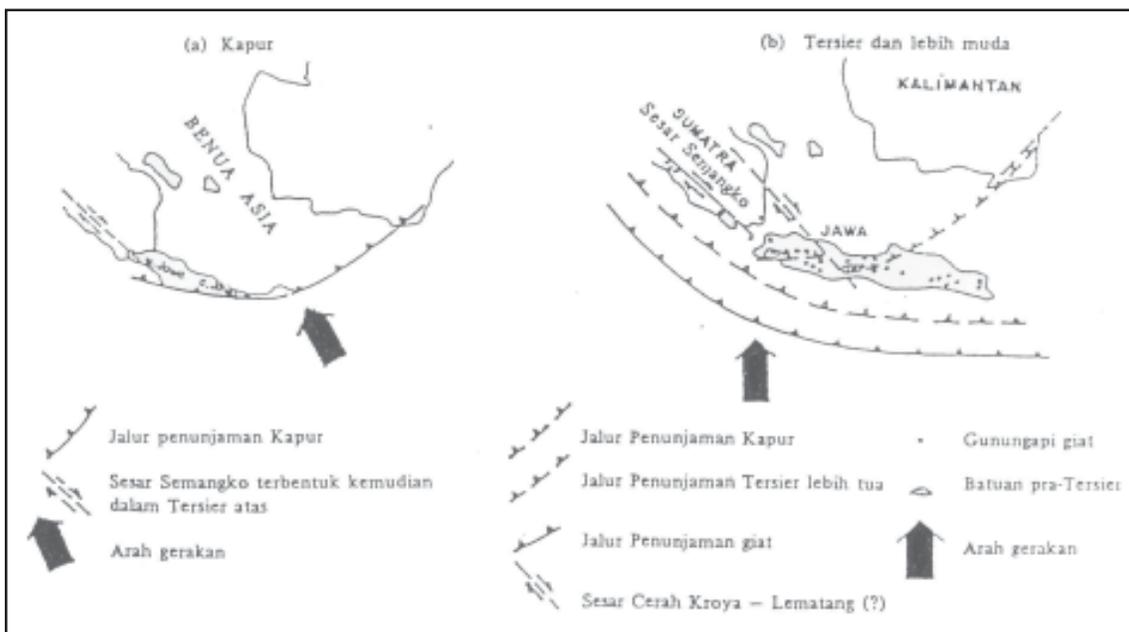
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa tektonik suatu wilayah yang didasarkan pada konsep tektonik lempeng, dapat disusun dengan cara menganggap bahwa (lihat gambar 1 dan 2) :

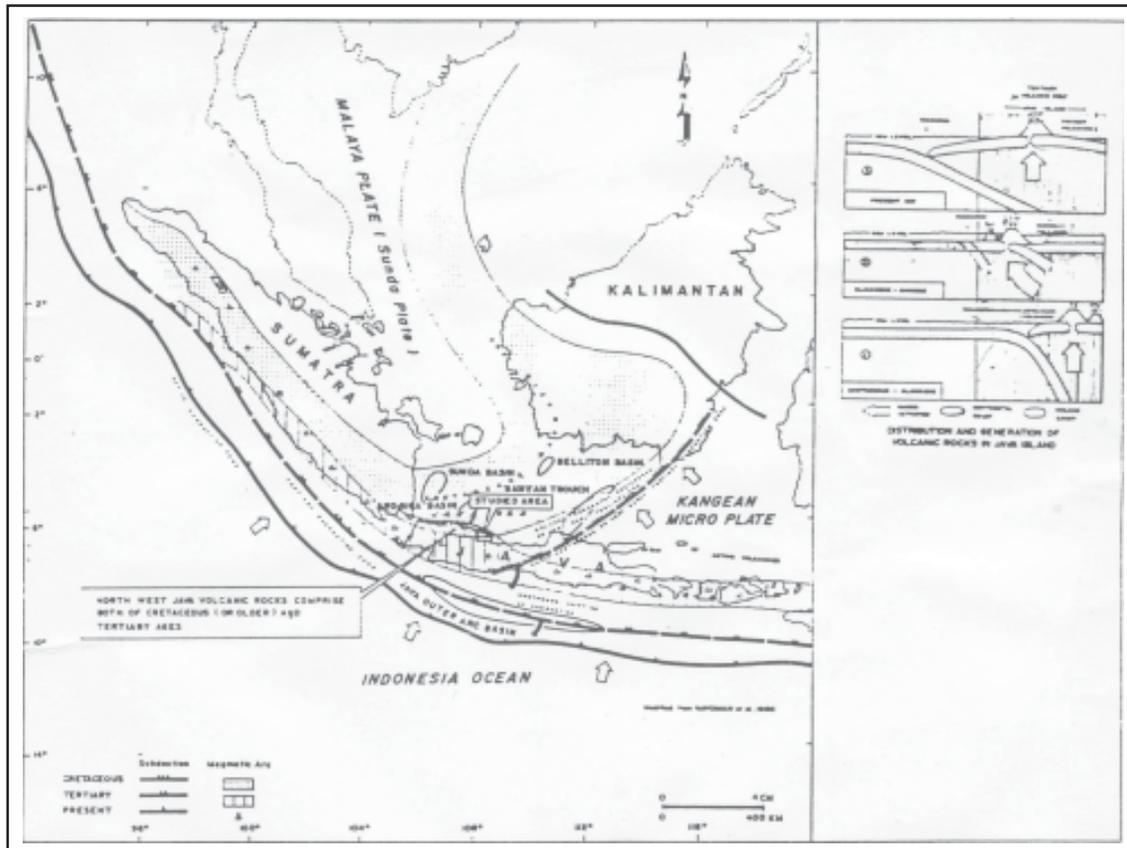
- a. **Jalur Tunjaman** pada umumnya akan dicirikan oleh adanya batuan “mélange”, batuan ofiolit, endapan turbidit, endapan longSORAN gaya berat di bawah air (*olistostrom*), batuan malihan fasies sekis hijau dan sekis biru (*green/blue schist metamorphics*). Beberapa batuan di atas, di pulau Jawa ditemukan di daerah **Ciletuh**, Sukabumi, **Karangsembung**, Kebumen, serta di **Bayat**, Klaten.
- b. Di atas **jalur benioff** (*benioff zone*), yang menunjukkan adanya lempeng yang menekuk dan menusuk di sinilah

tempat di mana **pusat atau sumber gempa tektonik** itu berada. Tempat ini disebut sebagai “*Hiposentrum*”, berada di bawah permukaan tanah. Bila diproyeksikan dipermukaan tanah, disebut sebagai **episentrum**. Di tempat ini biasanya akan dijumpai batuan-batuan beku dengan susunan kalk-al-kali, beserta kegiatan gunung api.

- c. **Cekungan muka busur** (*force arc basin*), yang diisi oleh endapan-endapan klastik dan volkanoklastik, yang sumbernya berasal dari busur magmatis. Cekungan ini terletak antara **palung lautan** dan busur magma. Karena sifat cekungan yang labil, jenis endapan umumnya berupa *turbidit* (lapisan batuan selang-seling pasir-lempung). Palung laut yang terbentuk pada saat tabrakan dua lempeng inilah yang menyedot air laut secara besar-besaran, untuk kemudian melemparkan kembali disertai tekanan yang sangat tinggi, beberapa saat setelah tabrakan itu berhenti. Inilah yang



Gambar 3. Palografi Pula Jawa (M. Untung, 1982)



Gambar 4. Regional Tectonic Setting of North - West Java Basin

disebut sebagai **gelombang tsunami**, seperti bencana yang terjadi di Nangro Aceh Darussalah (NAD), juga di daerah pantai selatan Jawa, menyusul gempa tektonik di selatan Pangandaran.

- d. **Cekungan belakang busur** (*back arc basin*), dengan endapan-endapan klastik yang tebal.

Ada beberapa masalah yang kirannya perlu untuk diketahui oleh masyarakat diantaranya adalah **pertama**, mengapa terdapat perbedaan antara gempa yang terjadi di Aceh dan di daerah Bantul? Artinya di daerah Kabupaten Bantul tidak diikuti peristiwa gelombang tsunami? **Kedua**, mengapa di daerah Kabupaten Bantul [6,0 skala Richter] efek/ dampak

kerusakan yang ditimbulkan lebih parah daripada gempa yang terjadi di Kabupaten Nias [8,2 skala Richter], dan orientasi/arah kerusakan daerah Kabupaten Bantul sampai Kabupaten Klaten, Kabupaten Sukoharjo adalah Timur Laut?

**Kronologis Gempa Bumi Bantul - Klaten**

Dengan melihat kembali gambar-gambar terlampir, dapat di tarik simpulan sementara bahwa gempa bumi yang terjadi di daerah Bantul-Klaten merupakan gempa bumi tektonik, yang mempunyai hiposentrum dangkal (sekitar 17 km di bawah muka bumi), sehingga meskipun berskala relative kecil (6,0 skala Rithcer, BMG Pusat), menimbulkan dampak kerusakan yang sangat parah. Hamper semua daerah yang dilalui gelombang gempa bumi tersebut

rusak parah, semua rumah rusak rata tanah, bahkan dijumpai adanya rekahan selebar 40 cm memanjang hampir 10 km, kedalaman-nya sulit diperkirakan.

Satu hal perlu dicatat adalah, sesaat setelah gempa bumi terjadi, tidak diikuti adanya gelombang tsunami. Bila kita sepakat mengacu pada teori tektonik lempeng yang ada, dengan melihat anatomi mekanisme tumbukan lempeng (lihat gambar), maka bukan mustahil bahwa zona tumbukan berada sangat dekat dengan Pantai Parangtritis. Hingga hiposentrumnya diperkirakan berada tepat berada di bawah kota Kabupaten Bantul (M.T. Zein, 2006).

Bila kita mengacu pada hasil analisa struktur Pulau JawaMadura oleh M. Untung dan Hasegawa (1975), berdasar data gaya berat (lihat gambar), tampak bahwa di daerah Jawa Barat, dijumpai system sistem *patahan (sesar) anjak* yang berjejer sangat rapat, serta seringkali berimbikasi. Arah umum sesar anjak dan lipatan, adalah barat laut tenggara. *Memanjang dari Banyumas, Kadipaten, Subang, Purwakarta terus ke arah barat.* (lihat juga gambar). Sedangkan di daerah Jawa Tengah sampai Jawa Timur, arah umum struktur patahan dan lipatan, adalah utara-timur laut. *Memanjang dari Kebumen, Magelang, Ungaran, Kudus.* Bukti lapangan sekarang adalah, diketemukannya batuan *mélange*, yaitu batuan endapan Palung hasil tumbukan lempeng benua-samudera, di daerah Karangsambung, Kebumen utara dan di daerah Bayat, Klaten selatan. Di daerah Bantul diperkirakan terdapat *graben* bahkan di daerah sebelah timur Malang diperkirakan adanya *graben* relatif besar.

Mengacu pada bukti lapangan di atas, maka dapat disimpulkan sementara bahwa *zona tunjaman/tubrukan* lempeng

samudera-samudera jaman pra-Kapur, *membentang mulai dari Kebumen utara, Klaten selatan, menerus ke arah timur laut arah Rembang.* Zona tersebut diperkirakan berada pada kedalaman sekitar 17 km di bawah muka tanah dan melibatkan batuan dasar (basement rock), (lihat gambar 3: Paleogeografi pulau Jawa, M. Untung, 1982).

Hal ini ternyata sesuai dengan hasil penelitian Koesmadinata dan Pulunggono (1975), yang menyebutkan bahwa kerangka tektonik cekungan sediment tersier sepenuhnya dikontrol oleh "basement faulting", dan tidak selalu "basement faulting" tersebut tampak di permukaan, hanya arah-arah perlipatan yang mencerminkan arah "basement faulting" tersebut (lihat gambar). Berdasarkan konsep ini, maka dapat disimpulkan bahwa di daerah Jawa Barat patahan Baribis sesuai letaknya dengan Cirebon-Banyumas Through, di mana secara genetic merupakan patahan sangat dalam dan mengikutsertakan batuan dasar, bagian barat daya relative naik terhadap bagian timur lautnya. Diperkirakan patahan ini menerus ke pulau Sumatera, nantinya berkembang menjadi *patahan Semangko* yang membelah pula Sumatera menjadi bagian barat dan timur. Analog dengan hal ini, maka perkembangan zona tubrukan lempeng yang membentang dari Bantul, Klaten, menerus perkembangan zona sangat-sangat mungkin.

Di sinilah sebenarnya kata kunci, atau simpulan sementara, mengapa daerah-daerah yang paling parah terlanda gempa bumi tektonik 27 Mei 2006, dimulai dari daerah Bantul, Piyungan, Prambanan, Klaten selatan (Gantiwarno, Wedi dan Bayat), Cawas Weru. Mungkin saja tubrukan lempeng yang terjadi di daerah Bandul, akan men"treger" bekas luka lama berupa patahan besar, berarah timur laut, bekas zona tunjaman

lempeng benua-samudera, berada pada kedalaman 17 km di bawah muka tanah, melibatkan basement rock yang relatif dalam, dengan blok bagian JOGJA relatif bergerak ke arah selatan dan blok bagian MADIUN relatif bergerak ke arah utara.

### **PREDIKSI DAN SOLUSI**

Melihat urutan kejadian gempa tektonik dan tsunami, yang nampaknya makin intens frekuensinya, dan ada kecenderungan diikuti gempa susulan yang jumlahnya puluhan kali, maka bukan tidak mungkin masih akan terjadi lagi sebuah rangkaian gempa bumi tektonik yang sangat besar. Bila tempo hari arah yang digerakkan dan mengalami kerusakan hebat adalah *trend Bantul – Rembang*, maka bisa saja ke depan dampaknya *trend Cilacap (pangandaran)-Bandung – Jakarta*. Kejadian gempa bumi yang bersumber di selatan Gunungapi Krakatau, bisa jadi akan memicu meletusnya

gunungapi Krakatau, seperti kasus meletusnya Gunung Merapi sesaat setelah gempa bumi Bantul (lihat gambar 4). Pemerintah mutlak mulai mengupayakan adanya management informasi gempa yang baik, mulai dari BMG. Pemerintah daerah setempat, serta aparat keamanan. Sehingga ke depan tidak terjadi lagi jatuhnya ratusan bahkan ribuan korban jiwa, juga harta benda. Bila hal ini tidak dilakukan, maka bukan tidak mungkin peristiwa ini menjadi awal hancurnya sektor wisata pantai Indonesia.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Tulisan ini bisa terwujud karena aspek kerjasama yang baik tim PHK A2, Pimpinan Fakultas, dan dukungan dana PHK A2 Fakultas Geografi dari DIKTI untuk kegiatan publikasi ilmiah pada Forum Nasional. Atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan banyak terima kasih.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Bemmelen, R.W. van, 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nijhoff, The Hague, v.1.
- Bolliger, W.,P.A.C. De Ruiter, 1974, *Geologi of The South Central Tva Offshore Area*, Indon. Petrol. Assoc.
- Dickinson, 1978, *Plate Tectonicand Hydrocarbon accumulation*, AAPG Continuing Education Course, no. series 1.
- Koesoemadinata, R. P., and A. Pulunggono, 1975, *Geology of the Sourthern Sunda Self in Refference to Tectonic Framewor of Tertiary Sedimentary Basin of Western Indonesia*, Geologi Indonesia, IAGI, vol. 2, no. 2, p 1-19
- \_\_\_\_\_, dan Soejono, M., 1974, *Penelitian Turbidit di Pulau Jawa*, Laporan Riset No. 1276174, Badan Research ITB.
- Suwiyanto, 1978, *Hubungan Antara Kegempaan dengan Kelurusan pada Citra Landsat di Daerah Jawa Barat*, Suatu Tinjauan, Riset Geologi dan Pertambangan.
- Untung, M., 1982, *Sebuah Rekonstruksi Paleografi Pulau Jawa*, Geologi Indonesia, IAGI, V.9, NO.2, H. 15-24.
- \_\_\_\_\_, Hasegawa, H., 1975, *Penyusunan dan Pengelolaan Data Beserta Penafsiran Peta Gaya Berat Indonesia*, Geologi Indonesia, IAGI, v.2, no.2, h.11-17.