

## ANALISIS MORFOTEKTONIK PERBUKITAN SERAYU UTARA DAERAH PURBALINGGA, JAWA TENGAH

Edi Hidayat<sup>1</sup>, Tri Hartono<sup>1</sup>, Puguh Dwi Raharjo<sup>1</sup>, Sueno Winduhutomo<sup>1</sup>, dan  
Kristiawan Widiyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangasambung – LIPI  
Email: edih002@lipi.go.id

### Sari

Daerah penelitian termasuk wilayah Kabupaten Purbalingga bagian utara dan merupakan jalur Pegunungan Serayu Utara. Peta topografi dan citra landsat daerah penelitian, memperlihatkan adanya perbedaan topografi mencolok yang ditandai oleh adanya lereng perbukitan berbentuk segitiga (*triangular facet*). Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh tingkat aktivitas tektonik terhadap kenampakan topografi di daerah tersebut. Analisis yang dilakukan adalah dengan pendekatan morfotektonik. Data yang digunakan adalah peta topografi, peta geologi, citra landsat, SRTM dan DEM. Semua data diproses dan dikompilasi dengan menggunakan sistem informasi geografi (SIG). Hasil analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi tektonik aktif ini terdiri dari pengukuran Perbandingan Lebar Dasar Lembah dan Tinggi Lembah (*ratio of valley floor width to valley height - Vf*) dan Lengkungan Muka Pegunungan (*mountain front sinuosity - Smf*). Analisis morfotektonik memperlihatkan nilai Smf menunjukkan nilai berkisar 1,4 – 1,6 atau masuk kategori kelas 1. Hal ini berarti daerah ini dipengaruhi oleh tektonik aktif. Hasil perhitungan Vf dan Smf menunjukkan bahwa lereng perbukitan yang berbentuk segitiga (*triangular facet*) lebih dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dibandingkan erosi. Aktivitas tektonik yang menghasilkan topografi berupa kelurusan perbukitan segitiga (*triangular facet*), mengindikasikan adanya sesar aktif.

**Kata kunci:** morfotektonik, *mountain front sinuosity* (Smf), Vf, sesar aktif

### Abstract

*Study area is located in the northern part of Purbalingga Regency, as a part of Northern Serayu Mountain. Based on topographic map and landsat image is characterized by triangular facet. The morphotectonic analysis was used to reveal the influence of activity in forming morphology of the area. Using GIS, topo map, geological map, landsat imagery, SRTM and DEM were used for this analysis. This analysis includes measurement of ratio of valley floor width to valley height (Vf), and mountain front sinuosity (Smf). Based on morphotectonic and analysis SMF values range from 1,4 – 1,6 to show category class 1. This means the area is influenced by active tectonic. Vf and Smf values show stronger influence of tectonic than that of erodin. Tectonic activity resulted triangular facet probably indicates the occurrence of active fault.*

**Keyword:** *morphotectonic, mountain front sinuosity (Smf), Vf, active fault.*

### PENDAHULUAN

Secara geologi Kepulauan Indonesia merupakan hasil interaksi tiga lempeng besar di dunia, yaitu konvergen lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Tentunya jalur konvergen ketiga lempeng ini menjadi jalur gempa bumi yang paling aktif di lautan yang getarannya akan dirasakan sampai di daratan. Selain itu, aktivitas tektonik pada jalur subduksi ini dapat pula menjadi pemicu aktifnya sesar-sesar yang berada di daratan. Hal inilah yang harus diwaspadai karena gempa bumi yang bersumber dari sesar-sesar aktif yang berada di daratan

biasanya mempunyai episenter yang dangkal, seperti halnya gempa bumi yang diakibatkan pergerakan sesar Semangko di Pulau Sumatra, sesar Cimandiri di Jawa Barat, sesar Opak di Yogyakarta.

Gempa bumi yang bersumber dari pergerakan sesar aktif selain akan menghancurkan dan merobohkan bangunan, gempa ini akan menyebabkan terbentuknya retakan-retakan tanah. Jika retakan tanah ini terjadi pada lereng dengan kemiringan yang besar, maka daerah ini akan menjadi rawan gerakan tanah. Peristiwa ini terjadi pada saat gempa Tasikmalaya dan gempa bumi Padang (September 2009) yang banyak menelan korban jiwa dan harta benda.

Berdasarkan bukti sejarah kegempaan daerah penelitian memperlihatkan pernah terjadi gempa bumi dengan skala yang cukup besar, yaitu Daerah Banyumas (13-08-1863 dan 27-03-1871 dengan skala MMI VII) dan Purwokerto (13-01-1981 dengan skala MMI VII). Melihat data di atas, penelitian detail jalur-jalur sesar yang dapat berpotensi sebagai sumber gempa di darat pada wilayah tersebut perlu dilakukan.

## TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh informasi data tingkat aktivitas tektonik hubungannya dengan jalur patahan aktif.

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di lapangan dan di studio. Penelitian lapangan dilakukan untuk mencari bukti-bukti geologi permukaan dan geomorfologi yang erat kaitannya dengan keberadaan sesar di daerah penelitian. Penelitian di studio meliputi kegiatan pengolahan data morfotektonik untuk mengetahui aktivitas tektonik berdasarkan perhitungan kuantitatif morfotektonik di daerah penelitian. Untuk pengolahan data morfotektonik digunakan citra ASTER dan citra SRTM. Secara kuantitatif aktivitas tektonik yang berpengaruh terhadap morfologi tersebut dapat ditentukan dengan pengolahan data morfotektonik. Pengolahan data morfotektonik mencakup:

### 1. Perhitungan Perbandingan Lebar Dasar Lembah dan Tinggi Lembah (*Ratio of Valley Floor Width to Valley Height*)

Perbandingan lebar dan tinggi lembah ( $V_f$ ) diekspresikan dengan persamaan:

$$V_f = 2 V_{fw} / ( E_{ld} - E_{sc} ) + ( E_{rd} - E_{sc} )$$

$V_{fw}$  adalah lebar dasar lembah,  $E_{ld}$  dan  $E_{rd}$  adalah elevasi bagian kiri dan kanan lembah,  $E_{sc}$  adalah elevasi dasar lembah (Gambar 1.A). Nilai  $V_f$  tinggi berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan rendah, sehingga sungai akan memotong secara luas pada dasar lembah dan bentuk lembah akan semakin melebar. Sedangkan nilai  $V_f$  rendah akan merefleksikan lembah dalam dan mencerminkan penambahan aktivitas sungai, hal ini berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan yang tinggi (Keller dan Pinter, 1996).

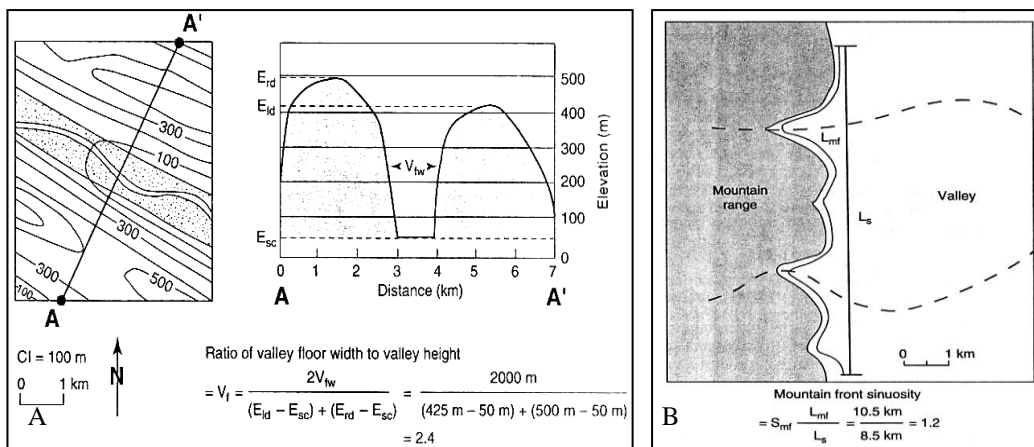
### 2. Perhitungan Lengkungan Muka Pegunungan (*Mountain Front Sinuosity*)

*Mountain front sinuosity* merupakan rangkaian pegunungan yang terdapat pada bagian depan/muka. *Mountain front sinuosity* ( $S_{mf}$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$S_{mf} = L_{mf} / L_s$ , dimana:  $L_{mf}$  adalah panjang pegunungan muka sepanjang bagian bawah,  $L_s$  adalah panjang secara lurus muka pegunungan (Gambar 1.B).  $S_{mf}$  merupakan suatu indek yang mencerminkan keseimbangan antara gaya/kekuatan erosi yang mempunyai kecenderungan memotong sepanjang lekukan muka pegunungan dan gaya/kekuatan tektonik dan bertepatan dengan zona sesar aktif yang mencerminkan tektonik aktif.  $S_{mf}$  dengan nilai rendah berkaitan

dengan tektonik aktif dan pengangkatan secara langsung. Apabila kecepatan pengangkatan berkurang, maka proses erosi akan memotong pegunungan muka secara tak beraturan dan nilai Smf akan semakin bertambah.

Klasifikasi nilai Smf dibagi menjadi tiga bagian, sehingga dapat dibedakan aktif atau tidaknya tektonik yang berkembang. Klasifikasi tersebut mengikuti indeks yang diberikan Bull dan McFadden (1977) *op.cit* Doornkamp (1986); **Kelas 1**, tektonik aktif dengan nilai Smf = 1,2 – 1,6, biasanya merupakan bentang alam berupa kipas aluvium, dataran lembah yang sempit, lereng bukit yang curam. **Kelas 2**, tektonik kurang aktif dengan nilai Smf = 1,8 – 3,4, merupakan bentang alam parit dari kipas aluvium, cekungan yang luas, kemiringan lereng yang curam, dataran lembah yang lebih lebar daripada dataran banjir. **Kelas 3**, tektonik tidak aktif dengan nilai Smf = 2,0 – 7,0, merupakan bentang alam yang berasosiasi dengan pola perbukitan.



Gambar 1. A. Metode perhitungan perbandingan lebar dasar dan tinggi lembah dan B. perhitungan muka pegunungan (Keller dan Pinter, 1996).

### LOKASI PENELITIAN

Secara administratif, daerah penyelidikan termasuk dalam wilayah Kabupaten Purbalingga dan sebagian Kabupaten Banjarnegara, Propinsi Jawa Tengah. Secara geografis, daerah penyelidikan dibatasi oleh Koordinat 109°18'22.36" sampai 109°41'26.80" Bujur Timur dan 7°10'47.2" sampai 7°24'8.71" Lintang Selatan dan masuk kedalam peta geologi Lembar Purwokerto dan Tegal (Djuri *et al*, 1996).

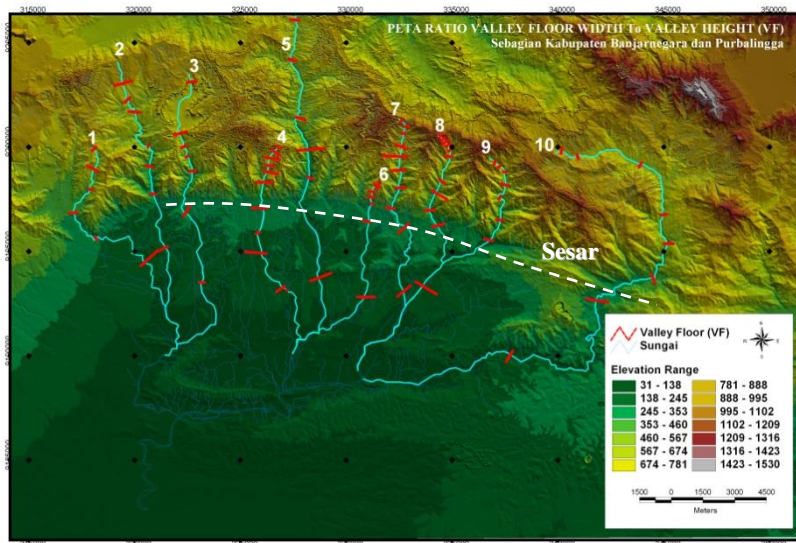
### HASIL

Bukti morfologi yang paling menarik di daerah penelitian adalah jalur perbukitan berbentuk segitiga (*triangular facet*) yang berarah barat-timur dengan pola aliran yang sangat dipengaruhi oleh struktur geologi.



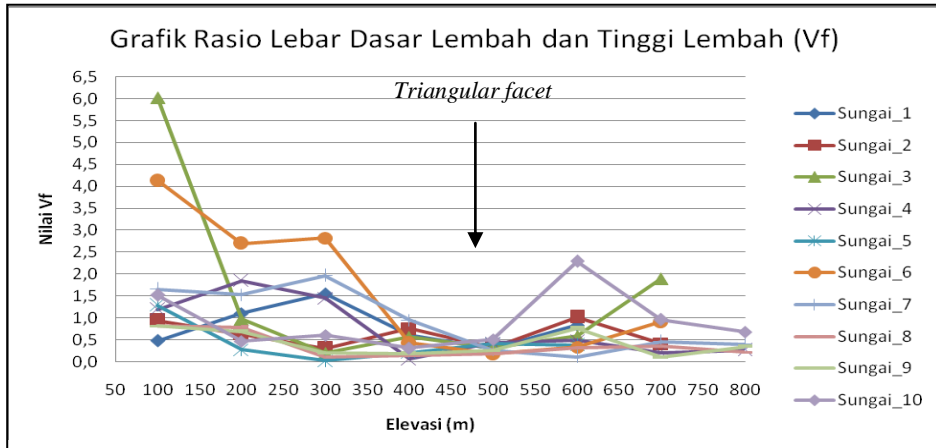
Gambar 2. A. Morfologi perbukitan *triangular facet* berarah Barat-Timur, dan B. cermin sesar, dengan arah bidang sesar Barat-Timur sebagai indikasi adanya jalur sesar pada daerah penelitian

Lokasi perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (nilai Vf) dilakukan pada beberapa lembah sungai dan menyebar dari barat ke timur (Gambar 4).



Gambar 4. Peta yang menunjukkan perhitungan Vf yang di-overlap dengan DEM. Terdapat 10 (sepuluh) sungai yang telah dilakukan perhitungan Vf. Terlihat jelas morfologi perbukitan *triangular facet* (warna kuning) kontak langsung dengan morfologi pedataran (warna hijau).

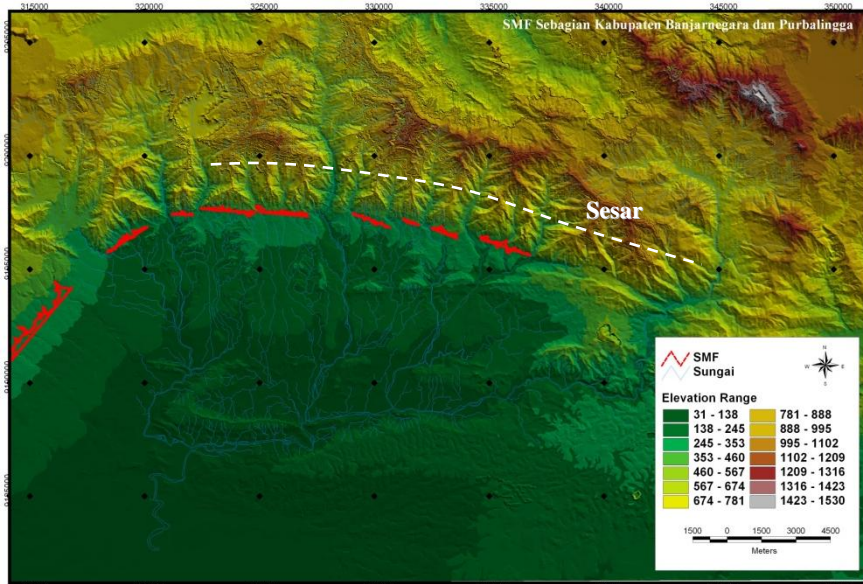
Peta SRTM memperlihatkan lembah-lembah curam dan sempit yang terbentuk di sepanjang zona perbukitan segitiga yang akan tercermin dari nilai Vf yang dicerminkan oleh batuan breksi dan lava (Djuri *et al*, 1996). Seluruh perhitungan menunjukkan nilai Vf sangat kecil berkisar dari 0,2 sampai 1,9, artinya sungai-sungai yang terbentuk di sepanjang perbukitan segitiga rata-rata memiliki topografi lembah yang curam dengan lebar lembah yang sempit. Tetapi di bagian pedataran yang landai nilai Vf yang lebih besar antara 2 sampai 4, tentunya ini juga merefleksikan bentuk lembah yang lebar dengan ketinggian lembah yang relatif rendah. Dari Hulu ke Muara (Selatan ke Utara), grafik perhitungan Vf memperlihatkan adanya suatu pola berupa perubahan nilai yang semakin kecil ketika sungai memotong gawir perbukitan segitiga (*triangular facet*). Nilai tersebut merefleksikan adanya lembah yang curam dan dalam akibat sungai mengerosi bagian dasar pada bagian yang relatif datar yang terletak didepan perbukitan segitiga. Selanjutnya nilai Vf bertambah besar setelah melewati gawir sesar menuju muara (Gambar 5).



Gambar 5. Grafik perhitungan nilai Vf pada semua sungai di daerah penelitian.

Di daerah penelitian telah dilakukan perhitungan Smf sebanyak 9 (Sembilan) lokasi disepanjang muka pegunungan *triangular facet* (Gambar 6). Hasil perhitungan menunjukkan nilai Smf berkisar antara 1,3 sampai 2,2 (Tabel 1). Nilai Smf menunjukkan nilai di bawah 1,6, artinya daerah penelitian termasuk kedalam daerah tektonik aktif (Bull dan McFadden, 1977, *op.cit* Doornkamp, 1986). Sedangkan menurut Keler dan Pinter (1996) menyebutkan bahwa nilai Smf berkisar antara 1 – 1,6 berasosiasi dengan dengan tektonik aktif rangkaian zona sesar aktif.

Kenampakan topografi berupa perbukitan *triangular facet* merupakan indikasi gawir sesar dari suatu patahan yang berkembang di daerah penelitian. Selain itu, struktur kekar/rekahan yang intensif dan breksiasi menjadi bukti keberadaan patahan di daerah ini. Dari hasil perhitungan morfotektonik ini bisa menjadi perkiraan awal tentang keberadaan sesar aktif di daerah ini.



Gambar 6. Peta yang menunjukkan perhitungan Smf yang di-overlap DEM. Terdapat 9 (Sembilan) lokasi perhitungan disepanjang muka pegunungan (*mountain front*) berarah barat-timur.

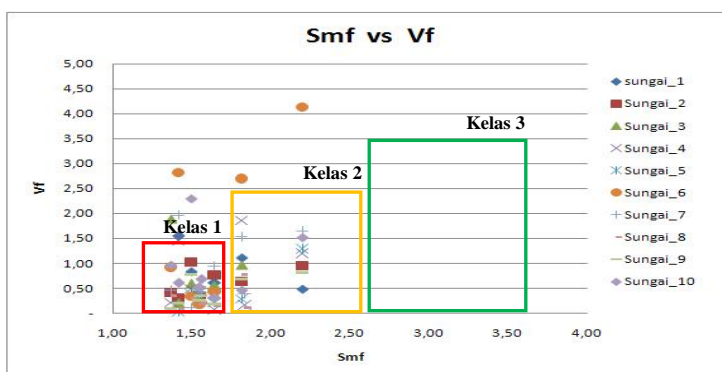
**Tabel 1. Perhitungan nilai Smf.**

No.	Lmf (km)	Ls (km)	Smf	No.	Lmf (km)	Ls (km)	Smf
1.	9,251	4,214	2,20	6.	2,586	1,733	1,49
2.	3,720	2,055	1,81	7.	1,003	0,736	1,36
3.	1,289	0,914	1,41	8.	1,851	1,192	1,55
4.	3,903	2,382	1,64	9.	4,105	2,240	1,83
5.	3,345	2,169	1,54				

## ANALISIS / DISKUSI

Analisis morfotektonik menunjukkan bahwa nilai perbandingan lebar dasar lembah dengan tinggi lembah ( $V_f$ ) sangat kecil berkisar antara 0,2 – 1,9. Nilai  $V_f$  yang kecil mendekati nol artinya lembah yang terbentuk sangat curam dengan lebar dasar lembah yang sempit akibat erosi vertikal lebih besar daripada erosi horizontalnya. Peristiwa tersebut akan terjadi pada daerah tektonik aktif berupa pengangkatan. Hasil perhitungan lengkungan muka pegunungan ( $Smf$ ) rata-rata sangat rendah antara 1,3 – 2,2, hal ini terjadi karena erosi yang terjadi pada lereng muka pegunungan lebih kecil dibandingkan dengan aktivitas tektonik yang ada.

Kondisi di atas menunjukkan bahwa indikasi tingginya aktivitas tektonik di daerah penelitian yang berupa pengangkatan (*uplifting*) pada bagian utara *triangular facet*. Hal ini tercermin pula dari nilai  $V_f$  yang semakin kecil ke arah utara (Hulu Sungai), walaupun ada beberapa sungai yang memperlihatkan nilai  $V_f$  yang besar dibagian utara dikarenakan adanya bagian yang landai pada bagian hulu sungai yang tercermin dari grafik nilai  $V_f$  (Gambar 5). Untuk melihat adanya kemungkinan aktivitas sesar aktif di daerah penelitian maka dibuat suatu diagram hubungan antara  $V_f$  dan  $Smf$  (Gambar 5). Silva *et al.* (2003) *op.cit* Barianto *et al* (2009) membagi tiga kelas morfotektonik berdasarkan nilai  $V_f$  dan  $Smf$ . Hasil perhitungan  $Smf$  menunjukkan ada 5 (lima) lokasi dengan nilai di bawah 1,6 sedangkan 4 (empat) lokasi nilainya di atas 1,6. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan tingkat aktivitas tektonik walaupun pada satu jalur rangkaian pegunungan *triangular facet*. Data tersebut menunjukkan bahwa daerah penelitian sebagian masuk kategori kelas 1 (tektonik aktif) dan sisanya kategori kelas 2 (tektonik kurang aktif). Oleh karena itu hasil analisis ini menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki potensi adanya jalur sesar aktif.



**Gambar 5.** Gambar di atas menunjukkan plot data antara  $V_f$  dan  $Smf$  (Silva *et al.*, 2003) *op.cit* Barianto *et al.* (2009). Berdasarkan nilai  $Smf$  dan  $V_f$  menunjukkan sebagian besar data berada pada kelas 1 (tektonik aktif), dan sisanya pada kelas 2 (tektonik kurang aktif) sedangkan kelas 3 (tektonik tidak aktif).

## KESIMPULAN

Hasil analisis morfotektonik yang diperoleh dari perhitungan dan pengolahan data morfometri VF dan Smf menunjukkan bahwa daerah penelitian sebagian besar termasuk ke dalam kelas I, artinya aktivitas tektonik di daerah ini jauh lebih besar daripada erosi, sehingga morfologi yang terbentuk adalah hasil aktivitas tektonik yang besar di daerah ini. Aktivitas tektonik yang berpengaruh disini diindikasikan oleh keberadaan jalur patahan aktif yang diapresiasi dengan jalur perbukitan berbentuk segitiga (*triangular facet*) yang berarah hampir Barat – Timur. Dari catatan sejarah kegempaan menunjukkan bahwa di daerah ini pun tercatat adanya titik kegempaan yang diindikasikan berasal dari pergerakan patahan aktif.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Kepala BIKK Karangsembung dan rekan-rekan peneliti yang terlibat dalam penelitian dan penulisan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bariato, D.H., Stianto, A., and Watanabe, K., 2009. *Tectonic Geomorphology Of Escarpment In Yogyakarta And Surrounding Area*. Proceeding International Conference Earth Science And Technology, pp. B05-1 - B05-11.
- Djuri, M., Samodra, H., Amin, T.C. dan Gafoer, M., 1996. *Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal*. Skala 1 : 100.000 Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Doornkamp, J.C., 1986. *Geomorphological Approaches to The Study of Neotectonics*. Jurnal of The Geological Society, Vol.143, London, pp 335 – 342.
- Keller, E.A. and Pinter N., 1996. *Active Tectonics (Earthquake, Uplift and Landscape)*. Prentise Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Volume I-A, Government Printing Office, Martinus Nidjof The Hague.