

ANALISIS MORFOTEKTONIK SESAR LEMBANG, JAWA BARAT

Edi Hidayat

Balai Informasi dan Konservasi Kebumian LIPI, Karangsembung
Jln. Karangsembung Km. 19, Kebumen, Jawa Tengah
e-mail: edih002@lipi.go.id

ABSTRACT

The Lembang fault was located approximately 10 km to the north of Bandung City that crossed the Kecamatan Lembang City directly in east-west direction for 22 km length. The existence of this fault became very important because this fault crossed the densely-populated settlement and tourism area. Up to now, the level of the activity of this fault was still in matter of debate due to the insufficient of seismicity data and history resulted by the activation of this fault. One of the approaches to determine the level of the activity of the Lembang Fault is morphometry analysis. Parameters used to morphometry analysis comprise of ratio of valley floor width to valley height (Vf) and drainage basin asymmetry (AF). In addition to morphometry, sediment analysis sagpond also used to determine the fault activity. Result analysis of the two methods above, indicates that the Lembang an active fault with the movement down (normal fault).

Keywords: *Lembang Fault, Morphotectonic, Sagpond, Active fault, Normal fault.*

PENDAHULUAN

Sesar Lembang adalah salah satu bukti geologis dan ekspresi geomorfologi yang jelas dari aktivitas neotektonik di Cekungan Bandung. Sesar Lembang terletak kurang lebih 10 km di utara Kota Bandung yang melintasi Kota Kecamatan Lembang dengan panjang sekitar 22 km berarah barat-timur (Gambar 1). Dari timur ke barat, tinggi gawir sesar yang mencerminkan besarnya pergeseran sesar (loncatan *vertical/throw* maupun dislokasi) berubah dari sekitar 450-an meter di ujung timur (Maribaya, G. Pulusari) hingga 40-an meter di sebelah barat (Cisarua) dan menghilang di ujung barat utara Padalarang.¹

Sesar ini merupakan salah satu sesar yang diperkirakan sesar aktif yang akan memicu terjadinya gempa di Jawa Barat dan khususnya di wilayah Bandung. Catatan sejarah kegempaan Sesar Lembang tidak banyak, padahal hampir semua gempa bumi yang bersifat merusak dihasilkan oleh pergerakan sepanjang sesar aktif yang berada di daratan. Sampai saat ini aktif atau tidaknya Sesar Lembang masih menjadi perdebatan walaupun tercatat adanya gempa

yang kemungkinan bersumber dari sesar tersebut dengan episenter di daerah Cihideung.^{2,3} Selain pengaruh tektonik, aktivitas Sesar Lembang diperkirakan dipengaruhi juga oleh aktivitas vulkanisme yang dapat memengaruhi mekanisme pergerakan sesar ini. Menurut Bemmelen⁴ dan Tjia,⁵ awal terbentuknya Sesar Lembang berhubungan dengan aktivitas G. Sunda. Selanjutnya Tjia⁵ juga menyebutkan bahwa pergerakan Sesar Lembang tidak murni normal, tetapi memperlihatkan adanya gerak geser (*strike-slip*). Tentunya ini berbeda dengan pendapat Bemmelen yang menyebutkan pergerakan Sesar Lembang adalah normal (*dip-slip*). Pendapat Bemmelen⁴ tentang Sesar Lembang hampir sama dengan hasil penelitian yang relatif baru yang dilakukan oleh Dam⁶ dan Nossin⁷ yang menjelaskan bahwa Sesar Lembang termasuk ke dalam *volcano-tectonic* yang terbentuk akibat gaya gravitasi sehingga yang terjadi adalah sesar normal. Beberapa penelitian di atas memperlihatkan bahwa aktivitas Sesar Lembang sangat dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme.

Untuk mengetahui tingkat aktivitas tektonik pada suatu daerah dapat dilakukan dengan pendekatan analisis morfometri. Menurut Keller dan Pinter,⁸ morfometri didefinisikan sebagai pengukuran kuantitatif bentuk bentang alam/morfologi. Pengukuran kuantitatif mengikuti kaidah geomorfologi sebagai objek perbandingan bentuk lahan dan perhitungan parameter secara langsung indikasi geomorfik yang sangat berguna untuk identifikasi karakteristik suatu wilayah dan tingkatan aktivitas tektonik. Dengan analisis morfometri ini diharapkan akan diperoleh informasi seberapa besar tingkat keaktifan Sesar Lembang. Selain itu, pendekatan stratigrafi endapan *sagpond* pun bisa dilakukan karena endapan tersebut biasanya terbentuk pada bidang sesar akibat aktivitas sesar tersebut. Dari stratigrafi *sagpond* diharapkan akan diperoleh bukti rekaman perulangan sekuen *sagpond* yang mencerminkan aktivitas pergerakan sesar. Banyaknya lapisan *paleosol* pada endapan *sagpond* akan menjadi bukti pergerakan dari Sesar Lembang yang telah terjadi di masa lalu.

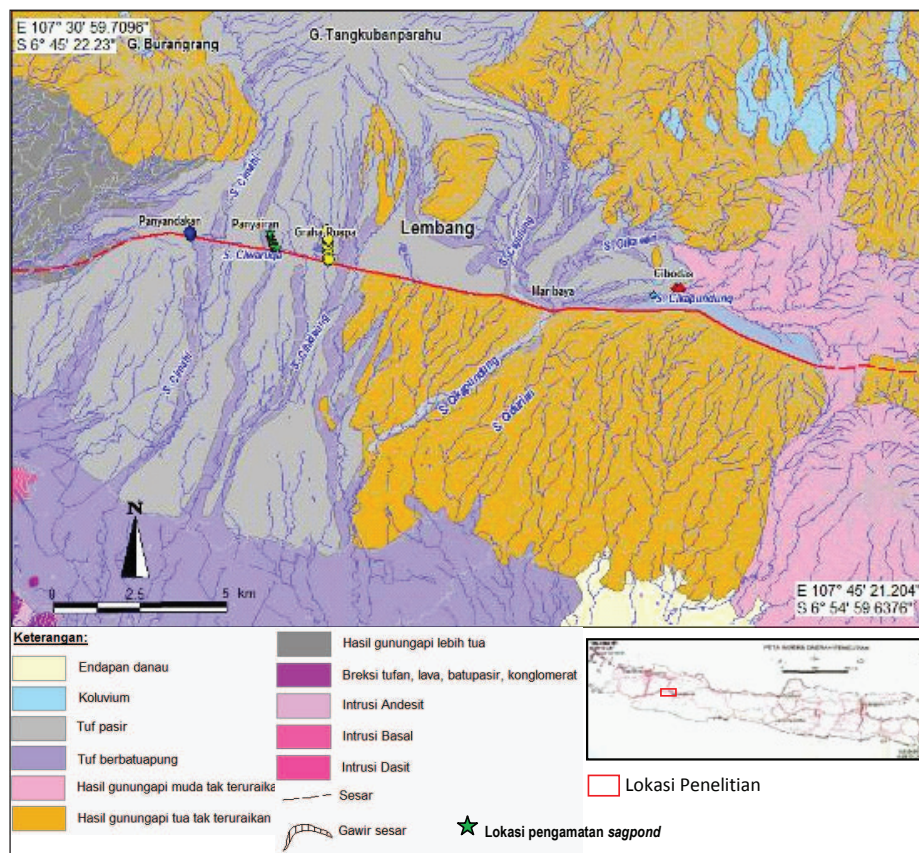
METODOLOGI

Parameter morfotektonik yang digunakan, adalah: (1) perhitungan morfometri dengan data dasar berupa citra Aster dan peta digital skala 1:25.000 yang kemudian diperoleh dengan Sistem Informasi Geografi (SIG); dan (2) analisis endapan *sagpond*. Beberapa indikasi geomorfik penting yang digunakan untuk studi tektonik aktif yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan morfometri adalah:⁸

Perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (*ratio of valley floor width to valley height*), 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 2 menjelaskan metode perhitungan V_f . Nilai V_f tinggi berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan rendah, sehingga sungai akan memotong secara luas pada dasar lembah dan bentuk lembah

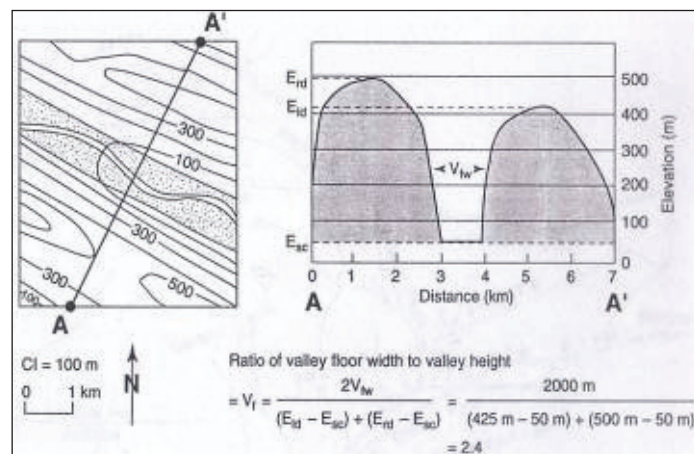


Gambar 1. Peta lokasi dan geologi daerah penelitian⁹

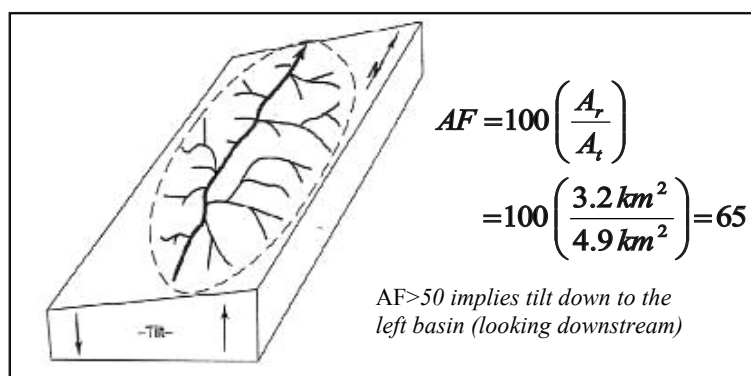
akan semakin melebar. Sementara itu, nilai V_f rendah akan merefleksikan lembah dalam dan mencerminkan penambahan aktivitas sungai. Hal ini berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan. Metode ini juga telah diterapkan untuk menganalisis tektonik aktif di zona Sesar Garlock daerah California. Nilai V_f berkisar antara 0,05–47. Nilai V_f rendah dijumpai pada lembah bagian utara zona Sesar Garlock yang diasumsikan bahwa aktivitas tektoniknya lebih kuat/aktif dibanding daerah lainnya.⁸

Asimetri cekungan pengaliran (Gambar 3) dapat memberikan informasi deformasi tektonik aktif dengan membedakan pola dan geometri. Faktor asimetri (AF) merupakan salah satu analisis kuantitatif cekungan pengaliran untuk mendeteksi kemiringan tektonik (*tectonic tilting*), baik pada skala cekungan pengaliran kecil maupun luas.

Metode lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah menganalisis stratigrafi pada endapan *sagpond* yang terletak di sepanjang Sesar Lembang. Untuk menentukan lokasi keberadaan *sagpond* di sepanjang Sesar Lembang, sebelumnya dilakukan deliniasi dengan menggunakan foto udara/citra landsat. Setelah mendapatkan titik-titik lokasi yang diduga merupakan lingkungan *sagpond*, selanjutnya dilakukan pengeboran tangan (*handbor*). Dari stratigrafi *sagpond* diharapkan akan diperoleh bukti rekaman perulangan sekuen *sagpond* yang mencerminkan aktivitas pergerakan sesar. Banyaknya lapisan *paleosol* pada endapan *sagpond* akan menjadi bukti pergerakan dari Sesar Lembang yang telah terjadi di masa yang lalu.



Gambar 2. Metode perhitungan perbandingan lebar dan tinggi lembah (V_f)⁸



Gambar 3. Metode perhitungan faktor asimetri.⁸

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (nilai V_f) pada Sesar Lembang dilakukan pada lembah sungai mulai dari hulu sampai ke muara dan menyebar dari barat ke timur (Gambar 4).

Grafik perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (Gambar 5) memperlihatkan adanya suatu pola berupa perubahan nilai yang semakin kecil ketika sungai memotong gawir Sesar Lembang (Lokasi 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9). Nilai tersebut merefleksikan adanya lembah yang curam dan dalam akibat sungai mengerosi bagian dasar pada blok selatan. Selanjutnya nilai V_f bertambah besar setelah melewati gawir sesar menuju muara. Hal ini tentunya berhubungan dengan aktivitas tektonik yang terjadi pada Sesar Lembang.

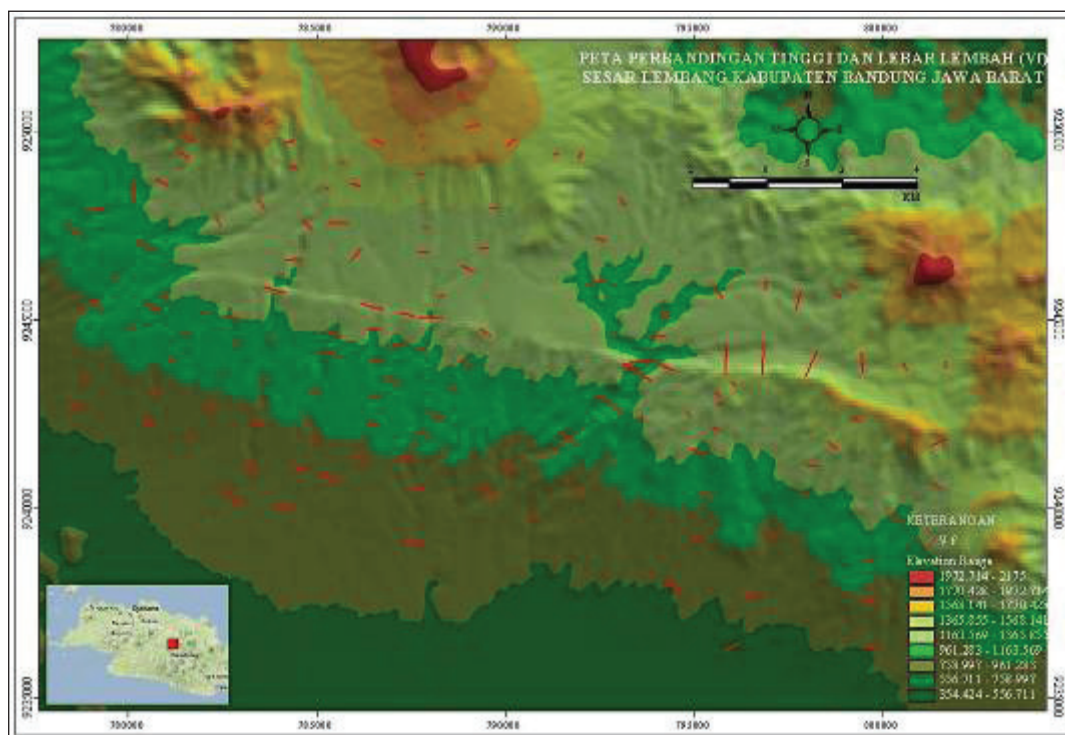
Sungai dengan hulu berada di gawir sesar blok selatan menunjukkan nilai V_f yang kecil (Gambar 6). Pada bagian barat blok selatan nilai tersebut merupakan respons dari lembah yang curam dan dalam dengan lebar lembah yang sempit akibat erosi vertikal yang jauh lebih besar daripada erosi horizontal. Proses

ini akan terjadi pada daerah yang mengalami pengangkatan yang besar, dan hal ini terjadi di bagian barat blok selatan. Sementara itu, di bagian timur terutama lokasi 17 dan 18, nilai V_f yang kecil lebih dipengaruhi oleh faktor litologi pada daerah tersebut yang lebih keras dan lebih resisten (breksi dan lava)⁹ sehingga menjadikan bagian lembah sungai pada daerah ini terlihat curam dengan lebar lembah yang sempit.

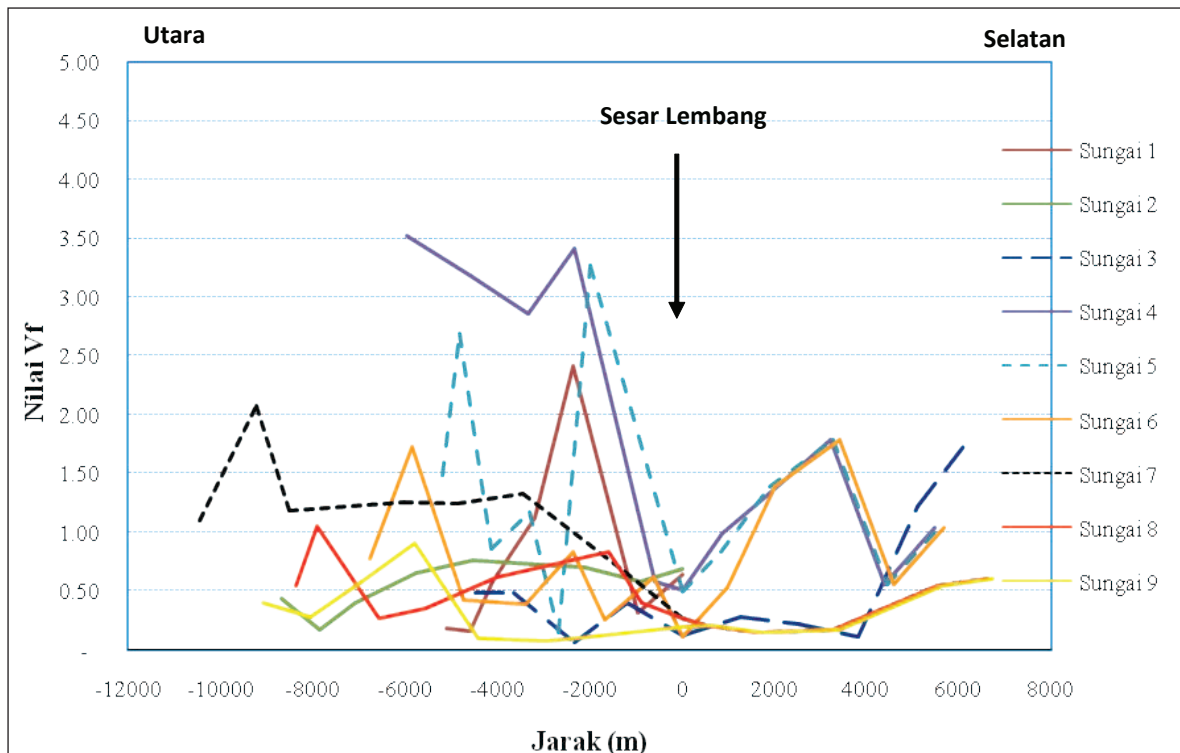
Analisis asimetri cekungan pengaliran (AF)

Dari nilai AF dapat diperoleh informasi yang lebih detail mengenai daerah yang dipengaruhi oleh gaya pengangkatan yang terbesar ataupun yang mengalami penurunan. Analisis itu dapat diperoleh dengan membuat penampang arah kemiringan DAS sesuai besarnya nilai AF. Hal ini dilakukan penulis untuk mengetahui bagian mana di sepanjang Sesar Lembang yang mengalami pengangkatan terbesar ataupun penurunan.

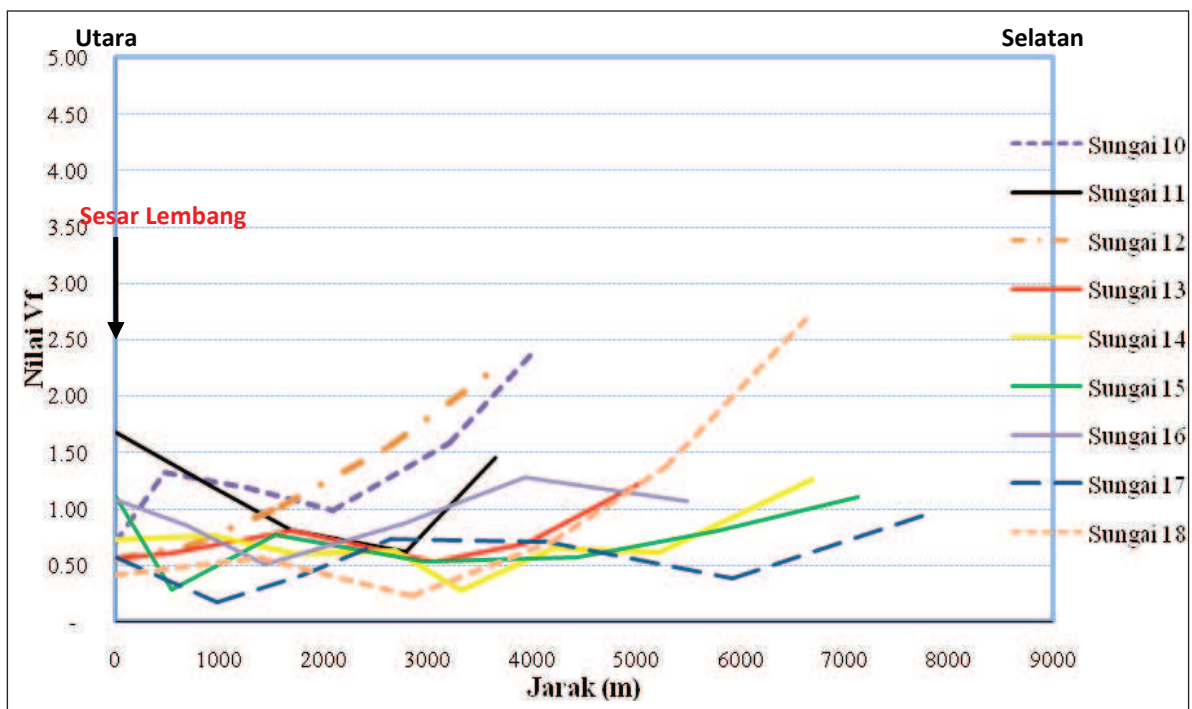
Hasil perhitungan asimetri cekungan pengaliran menunjukkan nilai AF di sepanjang Sesar Lembang rata-rata menjauhi 50 (Gambar 7). Kondisi litologi yang mendasari setiap DAS adalah sama berupa tuf pasir (lokasi 1–15



Gambar 4. Peta yang menunjukkan lokasi perhitungan perbandingan lebar dan tinggi lembah pada Sesar Lembang yang dioverlap dengan Peta DEM.



Gambar 5. Grafik hasil perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dengan tinggi lembah pada sungai yang berhulu di utara Sesar Lembang



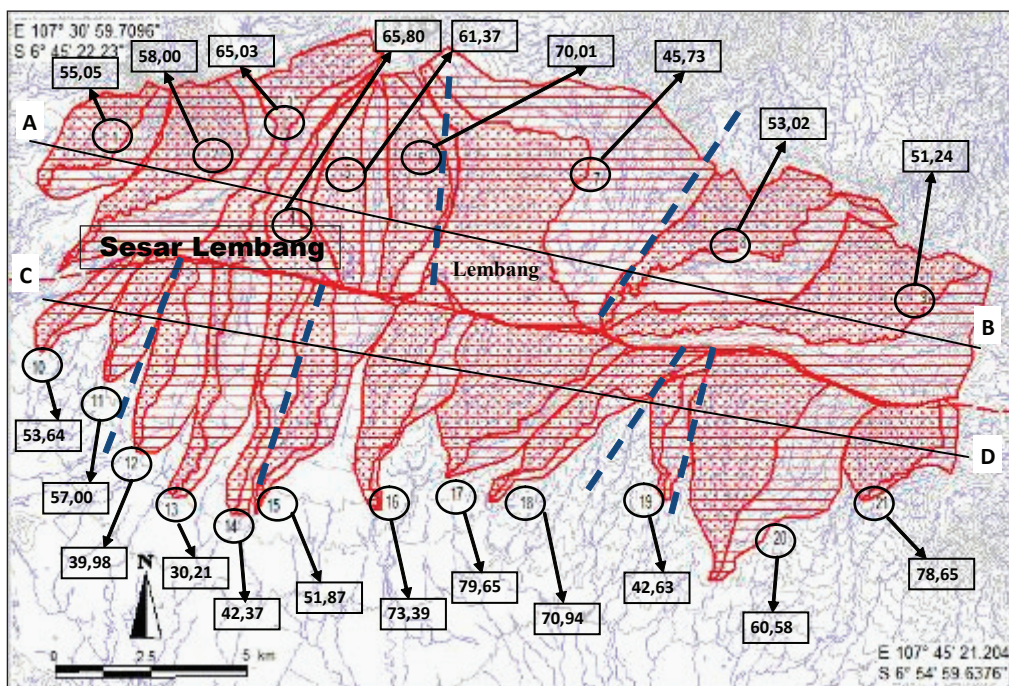
Gambar 6. Grafik hasil perhitungan perbandingan lebar dasar lembah dengan tinggi lembah pada sungai yang berhulu di selatan Sesar Lembang

kecuali 9) sehingga kemiringan DAS pada lokasi ini kemungkinan besar diakibatkan pengaruh tektonik, bukan resistensi batuan. Pada Lokasi 16 sampai 21 disusun oleh hasil gunung api tua tak teruraikan (breksi, lava). Hal ini juga membuktikan bahwa kemiringan DAS di daerah ini lebih dipengaruhi aktivitas tektonik, bukan akibat perbedaan litologi.

Penampang arah kemiringan DAS memperlihatkan bahwa blok selatan mempunyai kemiringan yang lebih besar dibandingkan blok utara. Hal ini tentunya sangat berkaitan dengan proses pengangkatan (Gambar 8). Dari peta geologi Situmorang,⁹ bagian barat dari blok utara maupun blok selatan sama-sama tersusun oleh tuf pasir hasil gunung api muda yang kurang resisten. Artinya, walaupun ada perbedaan nilai AF di kedua lokasi tersebut, tentunya bukan akibat faktor batuan, tetapi lebih dipengaruhi oleh perbedaan tingkat aktivitas tektoniknya (*tectonic tilting*). Kemiringan DAS pada blok selatan yang lebih besar daripada blok utara dapat diinterpretasikan bahwa pengangkatan yang terjadi pada blok selatan diperkirakan lebih besar dibandingkan dengan blok utara. Hal ini terlihat pula dari nilai AF di blok selatan yang rata-rata lebih besar daripada nilai AF di blok utara.

Penampang kemiringan DAS memperlihatkan kemiringan yang semakin kecil (hampir datar) ke arah timur, baik itu pada blok utara maupun pada blok selatan (Gambar 8). Tentunya ini berkaitan dengan gaya yang bekerja pada daerah tersebut. Dari penampang tadi dapat diperkirakan bahwa pusat gaya dan pengangkatan terbesar terjadi di sebelah barat, sehingga makin ke timur pengaruh gaya semakin kecil yang mengakibatkan nilai *tilting*-nya kecil yang direfleksikan dengan nilai AF mendekati 50. Dari semua proses tadi dapat diinterpretasikan bahwa semakin ke arah timur, baik di blok utara maupun blok selatan, kondisi tektonik relatif semakin kecil daripada bagian barat walaupun dari topografi memperlihatkan gawir sesar di bagian timur yang mempunyai elevasi lebih tinggi dan lebih curam dibandingkan bagian barat. Elevasi dan kecuraman gawir sesar tentunya dipengaruhi juga oleh batuan penyusun. Bagian timur disusun oleh batuan yang lebih resisten (breksi, lava) daripada bagian barat (tuf pasir).

Dari nilai AF dan penampang kemiringan DAS memperlihatkan adanya nilai AF yang turun tajam dan tercermin dari penampang dengan kemiringan DAS yang curam (Gambar 8). Hal ini terjadi pada blok utara maupun blok selatan.



Gambar 7. Peta perhitungan asimetri cekungan dengan nilai *Asymmetry Factor* (AF).

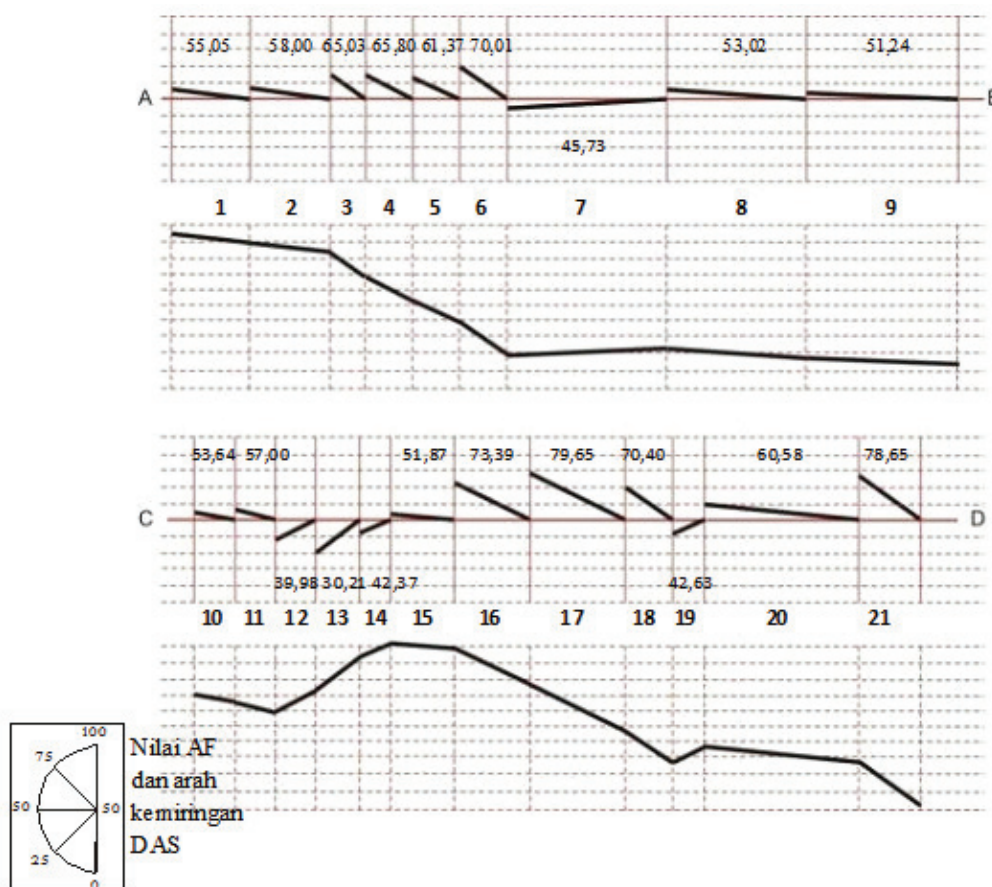
Proses ini kemungkinan besar terjadi penurunan akibat *flexure*. Dari topografi, proses ini meninggalkan jejak bentang alam berupa bentuk lembah yang dalam dan curam. Pada blok utara lembah ini berada pada lembah S. Cihideung sebelah barat kota Lembang, sedangkan pada blok selatan terdapat di sekitar lembah S. Cikapundung daerah Maribaya.

Selanjutnya, berdasarkan data morfometri menunjukkan bahwa morfologi pada blok utara Sesar Lembang yang berhubungan langsung dengan G. Tangkubanperahu tentunya akan dipengaruhi oleh keberadaan gunung tersebut. Selain material vulkanik, proses pengangkatan yang disebabkan aktivitas vulkanisme gunung tersebut memengaruhi bentuk topografi pada blok utara Sesar Lembang. Data penampang asimetri cekungan (AF) menunjukkan adanya gaya yang besar pada bagian barat blok utara Sesar Lembang yang diperlihatkan oleh *tilting*

yang besar. Kemungkinan peristiwa ini tidak terlepas juga dari pengangkatan yang dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme G. Tangkubanperahu.

Stratigrafi di daerah Desa Panyairan, Parongpong

Pengambilan data stratigrafi *sagpond* dilakukan di Desa Panyairan, Parongpong. Lokasi ini berada pada lembah di belakang gawir Sesar Lembang dengan lebar lembah utara-selatan sekitar 500 meter. Sebagian besar lokasi ini sudah dimanfaatkan menjadi kebun palawija dan sebagian masih memperlihatkan rawa yang ditutupi oleh semak. Jarak interval setiap titik pengamatan adalah mulai dari 20 meter sampai sekitar 60 meter. Semakin rapat interval tiap titik pengamatan akan lebih baik karena dapat menghasilkan variasi stratigrafi yang lebih banyak (Gambar 9). Dari hasil pengeboran diperoleh data stratigrafi yang dapat digolongkan



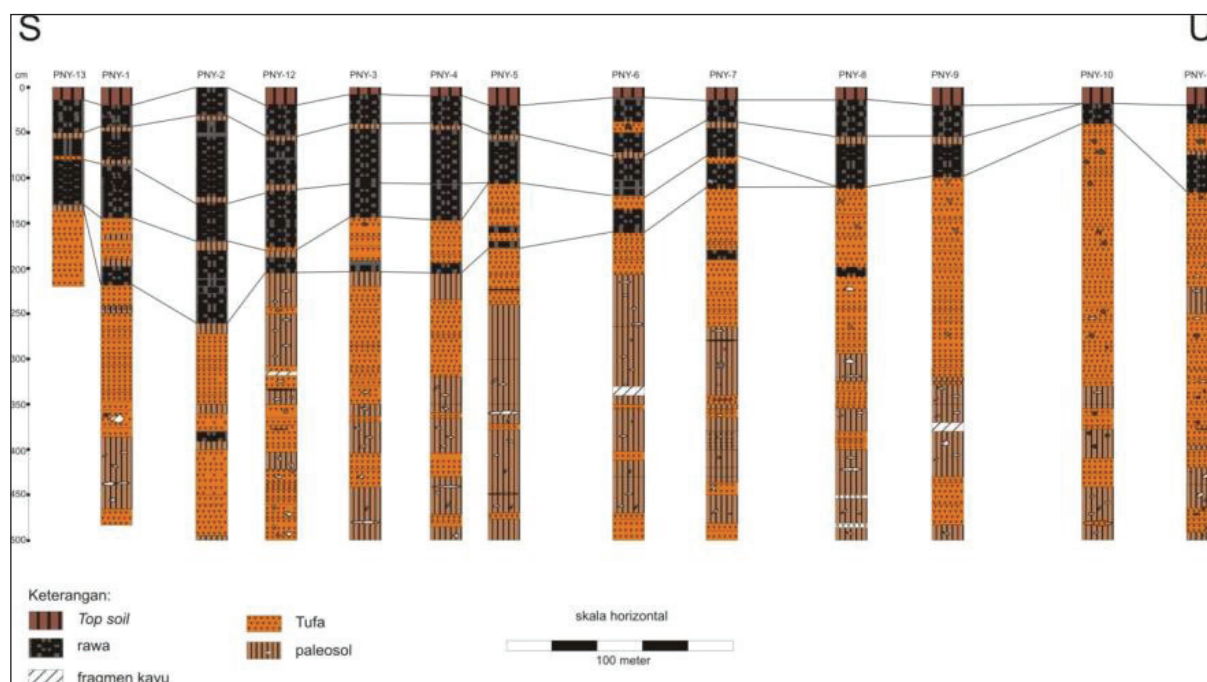
Gambar 8. Ilustrasi penampang proses tektonik yang terjadi pada blok utara dan selatan Sesar Lembang.

ke dalam empat satuan (Gambar 9), yang mencakup satuan tanah bagian atas (*top soil*) yang mempunyai ciri fisik berwarna coklat, lanauan, lembek sampai agak padat, tebal rata-rata 20 cm, banyak rumput. Selanjutnya di bawahnya diendapkan satuan endapan rawa dengan ciri fisik lempungan-lanauan, abu-abu sampai hitam, kaya sisa tumbuhan (rumput, akar halus), fragmen batu apung, fragmen batuan beku. Batas antara endapan rawa diisi oleh satuan *paleosol* dengan ciri fisik berwarna coklat, lanauan, sisa rumput, akar halus, banyak mengandung fragmen kayu. Selain itu, hasil pengeboran menunjukkan bahwa satuan tufa berpenampakan warna abu-abu sampai abu-abu kecoklatan, lempungan-lanauan, padat sedikit sisa daun, fragmen pumice berwarna krem, membundar tanggung, fragmen batuan beku.

Dari penampang stratigrafi (Gambar 9) terlihat bahwa sekuen *sagpond* disusun oleh endapan rawa cukup tebal dengan dibatasi bagian atasnya oleh *paleosol* dan bagian bawahnya oleh tufa. Di daerah ini terdapat juga lapisan tufa epiklastik yang memperlihatkan butiran berupa fragmen batuan beku dan pumice dengan bentuk membundar tanggung (*subrounded*). Hal ini juga

membuktikan bahwa lapisan tufa di daerah ini merupakan tufa produk hasil erosi (epiklastik). Perulangan sekuen di daerah ini sangat jelas, terutama pada bagian lingkungan *sagpond* yang relatif dalam dan letaknya tidak terlalu jauh dengan gawir sesar. Semakin ke utara, menjauhi gawir sesar terlihat endapan rawa yang semakin tipis dan dangkal dengan perulangan sekuen yang semakin sedikit.

Penampang stratigrafi *sagpond* memperlihatkan adanya perulangan lapisan *paleosol* yang cukup banyak. Hal ini membuktikan adanya perulangan proses penurunan pada *sagpond* tersebut. Pada saat sudah tidak ada lagi akomodasi, bagian atas rawa akan terekspose di permukaan dengan kondisi air semakin mengering sehingga menyebabkan pelapukan dan terbentuk *paleosol*. Dalam waktu yang bersamaan jika tidak terjadi proses penurunan maka *paleosol* yang terbentuk akan semakin tebal, tetapi jika ada proses penurunan yang semakin cepat maka *paleosol* akan terbentuk sangat tipis. Hal lain yang mungkin terjadi adalah tidak terbentuknya lapisan *paleosol* karena kecepatan penurunan lebih besar dibandingkan proses pengeringan lingkungan rawa.



Gambar 9. Penampang stratigrafi *sagpond* di daerah Panyairan, Parangpong. Data diambil dengan bor tangan sampai kedalaman 5 m.

Proses penurunan pada *sagpond* tidak terlepas dari pengaruh aktivitas pergerakan Sesar Lembang pada bagian *hanging wall* yang bergerak normal (blok utara) karena posisi *sagpond* berada dekat dengan gawir sesar yang merupakan bidang sesar dari Sesar Lembang. Banyaknya perulangan *paleosol* merupakan cerminan aktivitas pergerakan Sesar Lembang yang aktif. Proses penurunan di daerah ini relatif cepat dan besar karena tektoniknya lebih aktif sehingga lingkungan *sagpond* ini tetap berada pada daerah rendah dan cukup dalam. Lingkungan yang dalam dan aliran yang tenang mengakibatkan terbentuknya endapan rawa kaya organik (sisa tumbuhan) yang cukup tebal yang mengisi lingkungan pengendapan *sagpond* pada daerah ini (Gambar 10).

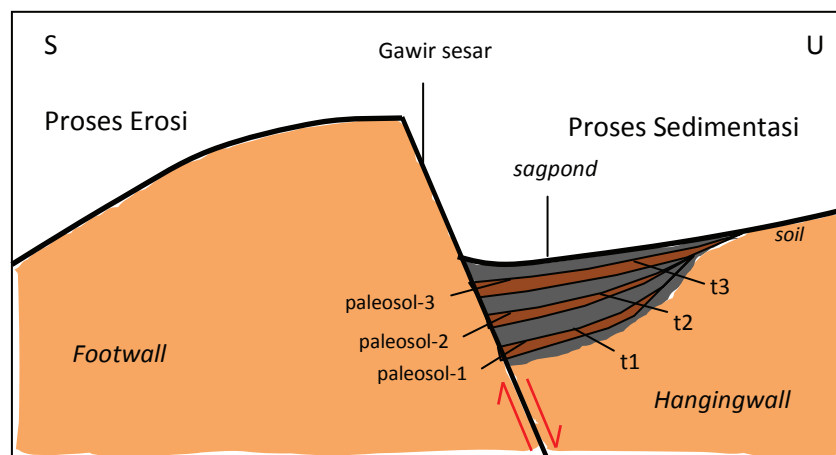
Analisis stratigrafi *sagpond* memperlihatkan bahwa *sagpond* yang terbentuk pada blok utara diakibatkan proses pergerakan normal atau gerak turun dari blok utara terhadap blok selatan. Hal ini dikaitkan dengan kegiatan kegempaan (seismik) yang terjadi pada sesar Lembang. Pada saat sesar ini tidak bergerak (interseismik) maka pada lingkungan *sagpond* yang akan terbentuk adalah endapan rawa. Selama itu pengisian endapan terus berlangsung yang menyebabkan semakin mendangkalnya lingkungan tersebut. Jika tidak ada lagi ruang akomodasi yang tersisa maka tidak menutup kemungkinan akan terbentuk lapisan tanah pada bagian atas endapan rawa. Selama

sesar ini tidak bergerak maka yang terjadi adalah pembentukan lapisan tanah yang tebal, tetapi pada saat sesar bergerak yang terjadi adalah penurunan kembali lingkungan *sagpond*. Pada saat terjadi penurunan maka ruang akomodasi menjadi terbuka lagi dan akan diendapkan kembali sedimen rawa/danau. Peristiwa perulangan endapan rawa dan lapisan *paleosol* menjadi indikasi aktivitas Sesar Lembang. Selain itu, penurunan lingkungan *sagpond* dibuktikan juga dengan adanya lapisan tufa epiklastik pada sekuen *sagpond*. Proses keterdapatan tufa epiklastik hasil letusan G. Tangkubanperahu berhubungan dengan erosi akibat perbedaan kemiringan dan perubahan *base-level* oleh proses penurunan pada blok utara terhadap blok selatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis morfometri dengan menggunakan parameter perbandingan lebar dasar lembah dan tinggi lembah (Vf) dan asimetri cekungan pengaliran (AF) maka morfologi di sepanjang Sesar Lembang menunjukkan daerah tersebut termasuk tektonik aktif yang kemungkinan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik Sesar Lembang.

Hasil analisis perhitungan morfometri dan stratigrafi *sagpond* memperlihatkan bahwa Sesar Lembang merupakan sesar aktif dengan pergerakan normal (*normal fault*) di mana Blok Utara (*hangingwall*) relatif bergerak turun



Gambar 10. Hubungan aktivitas sesar normal dengan pembentukan endapan *sagpond* di daerah yang dekat dengan bidang sesar (t1, t2, dan t3 adalah waktu pembentukan *paleosol*, S=selatan, U=utara).

terhadap Blok Selatan (*footwall*). Data ini juga memperlihatkan bahwa blok utara bagian barat lebih aktif dibandingkan dengan bagian timur walaupun terlihat gawir sesar bagian timur lebih tinggi daripada bagian barat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Ir. Budi Brahmantyo, M.Sc. dan Eko Yulianto, Ph.D. yang telah membimbing penulis dalam melakukan penelitian. Penyusunan makalah ini diharapkan lebih menambah pengetahuan dan pemahaman penulis terhadap permasalahan Sesar Lembang terutama menyangkut tingkat keaktifan sesar tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Brahmantyo, B. 2005. *Geologi Cekungan Bandung*. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung (tidak dipublikasikan).
- ²Kertapati E. 2006. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia (Perspektif Regional pada Karakteristik Gempabumi Merusak)*. Bandung: Pusat Survei Geologi, Badan Geologi.
- ³Marjiyono, A. Soehaimi, dan Kamawan. 2008. Identifikasi Sesar Aktif Daerah Cekungan Bandung dengan Data Citra Landsat dan Kegempaan. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, XVIII(2): 65–132.
- ⁴Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. I A. The Hague Martinus Nijhoff.
- ⁵Tjia H. D. 1968. The Lembang Fault, West Java. *Geologie En Mijnbouw*, 47: 126–130.
- ⁶Dam M. A. C. 1994. *The Late Quaternary Evolution of the Bandung Basin, West Java, Indonesia*. Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam.
- ⁷Nossin, J. J., Voskuil, R. P. G. A., Dam, R. M. C. 1996. Geomorphological Development of the Sunda Volcanic Complex, West Java, Indonesia. *ITC Journal*, 157–165.
- ⁸Keller, E. A. and Pinter N. 1996. *Active Tectonics (Earthquake, Uplift and Landscape)*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentise Hall.
- ⁹Silitonga, P. H. 2003. *Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, Skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.