

IDENTIFIKASI SESAR AKTIF DI SEPANJANG JALUR KALI GARANG, SEMARANG
 IDENTIFICATION OF ACTIVE FAULT ALONG THE PATH KALIGARANG, SEMARANG

E. Hidayat

UPT Loka Uji teknik Penambangan Jampang Kulon-LIPI
 Jl. Cihaur No. 2 Desa Kertajaya, Kec. Simpenan, Kab. Sukabumi, Telp. (0266) 490533

Abstrak

Daerah Semarang yang terletak di bagian utara Pulau Jawa merupakan daerah relatif stabil terhadap gempa bumi subduksi. Oleh karena itu adanya sesar aktif yang menjadi sumber gempa perlu diperhatikan. Pada citra landsat, di daerah Semarang terdapat kelurusan-kelurusan struktur geologi, sedangkan penelitian lapangan dijumpai tanda-tanda sesar yang meliputi gawir sesar, pengangkatan teras sungai, gerakan tanah rayapan, pergeseran batuan dan rekahan yang memotong batuan Kuartar Formasi Damar. Berdasarkan analisis data tersebut di atas sesar Kali Garang dengan arah utara – selatan merupakan sesar aktif.

Kata kunci: semarang, struktur geologi, sesar Kali Garang, sesar aktif

Abstract

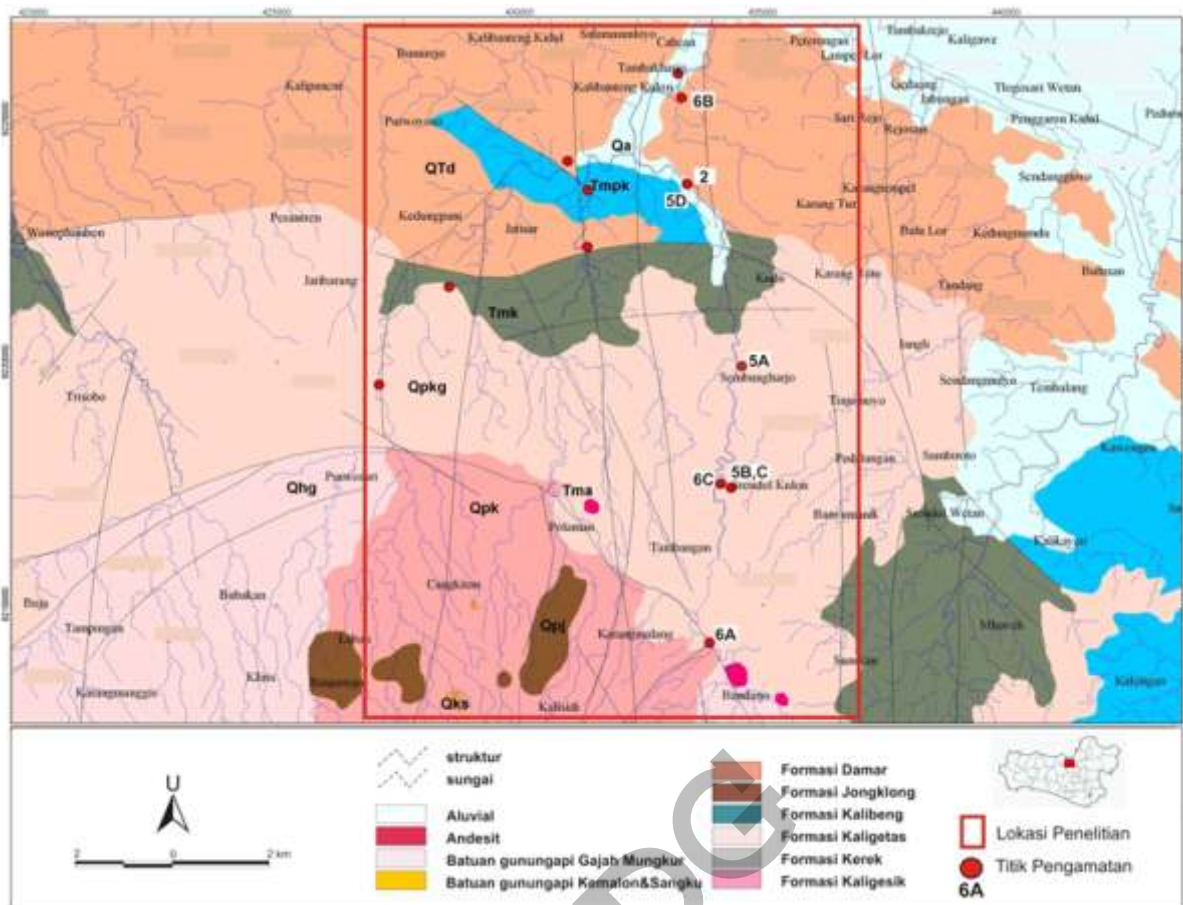
The Semarang area, located in the northern part of Jawa, is an stable area to the subduction earthquake. There fore the active faults, that are originated from the earthquake, have to be concerned. On the landsat imagery there are some lineaments in the Semarang area meanwhile in the field there are some fault including morphotectonic and geological structure features. The morphotectonic features consist of escarpment, and creeping several segments of Garang River, and geological structure features are offset lithology, dragfold and joint in Quaternary rocks of Damar Formation. Based on analysis of the data, the north-south Kali Garang fault indicates an active fault.

Keyword: semarang, geological structure, Kali Garang fault, active fault

Pendahuluan

Daerah Semarang merupakan salah satu daerah yang jarang terkena guncangan gempa bumi, karena letaknya di utara Pulau Jawa. Secara geologi jauh dari episenter gempa yang bersumber di subduksi selatan Jawa. Getaran gempa biasanya relatif kecil karena bersumber dari gempa dalam. Walaupun demikian bukan berarti Semarang terbebas dari gempa bumi yang besar, karena sumber gempa bumi bisa terjadi akibat pergerakan sesar aktif dengan episentrum yang lebih dangkal. Analisis sementara pada citra landsat memperlihatkan adanya kelurusan yang melintasi daerah Semarang, dan kelurusan ini sebagai sesar. Berdasarkan sejarah kegempaan daerah tersebut pernah digoncang gempa yang bersumber di daratan (Visser, 1922), sedangkan data katalog kegempaan yang dikeluarkan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG)

memperlihatkan kejadian gempa bumi di Semarang pada tanggal 19 Januari 1856 dengan kekuatan VI-VII MMI yang menyebabkan adanya kerusakan pada bangunan. Kemungkinan gempa bumi tersebut terkait dengan adanya sesar aktif. Keberadaan sesar aktif di daerah Semarang harus menjadi perhatian, karena sesar ini melintasi Kota Semarang yang padat penduduknya. Oleh karena itu, tata ruang daerah ini harus memperhatikan aspek geologi, terutama aspek gempa bumi dan dampak lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jalur sesar Kali Garang yang diduga masih aktif dengan pendekatan kenampakan geologi permukaan yang terdiri atas pengukuran data struktur geologi dan geomorfologi. Lokasi penelitian terletak dalam koordinat UTM 426000-438000 dan 9213000-9227000 yang di-overlap-kan dengan Peta Geologi lembar Magelang – Semarang (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian merupakan bagian dari Lembar Magelang dan Semarang (Thanden *dr.*, 1996). Sebagian besar ditutupi oleh batuan berumur Kuartar yang tersebar mulai dari dataran tinggi di selatan sampai dataran alluvium di bagian utara daerah penelitian. Beberapa lokasi titik pengamatan terkait struktur geologi, morfologi dan gerakan tanah sebagai indikasi keberadaan sesar aktif di Daerah Semarang Selatan yang dijelaskan pada Gambar 2, 5 dan 6.

Metodologi

Penelitian sesar aktif harus memerlukan data-data yang komprehensif baik itu data geologi maupun geofisika. Selain itu, data kegempaan, paleoseismik dan dating menjadi faktor yang penting dalam penelitian sesar aktif. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian sesar aktif dengan pendekatan geologi permukaan untuk mengidentifikasi keberadaan sesar aktif di Daerah Semarang. Metoda yang dilakukan difokuskan untuk menganalisis morfotektonik dan geologi struktur. Morfotektonik mempelajari tentang segala hal menyangkut hubungan antara struktur geologi dengan bentuk lahan atau lebih spesifik lagi hubungan antara struktur neotektonik dan bentuk lahan (Stewart dan Hancock, 1994). Identifikasi sesar aktif di daerah penelitian diawali dengan analisis citra Landsat. Kelurusan struktur yang diperoleh digunakan untuk memperkirakan keberadaan jalur sesar dan untuk

menentukan lokasi kunci pengambilan data lapangan. Pengamatan lapangan terdiri atas bentang alam berupa data gawir sesar, endapan teras dan pengukuran unsur-unsur geologi struktur yang meliputi bidang perlapisan, sesar, kekar, dan lipatan.

Geologi Regional

Daerah Semarang disusun oleh morfologi yang berbeda antara bagian utara dengan bagian selatan. Bagian selatan memperlihatkan morfologi yang tinggi dan terjal, batuanannya tersusun oleh batupasir gunungapi dan breksi berumur Kuartar, sedangkan di bagian utara membentuk perbukitan bergelombang lemah dan batuanannya tersusun oleh breksi yang ditutupi endapan aluvial.

Berdasarkan Peta Geologi lembar Magelang – Semarang oleh Thanden, *dr.*, (1996) (Gambar 1), stratigrafi wilayah Semarang tersusun oleh Formasi



Gambar 2. Pola bentukan *pointbar* yang berderet sebagai indikasi adanya aktivitas tektonik berupa sesar mendatar terdapat di daerah Pentol bagian tengah dari jalur Kali Garang (Data citra: *Google earth*, 2011).

Kerek, Formasi Kalibeng, Formasi Kaligetis, Formasi Damar, Formasi Jongkong, Batuan Gunungapi Kaligesik, dan Batuan Gunungapi Gajahmungkur. Sebagian besar daerah penelitian tertutup oleh Formasi Damar yang berumur Kuartar, yang tersusun oleh breksi gunungapi, konglomerat sebagai lensa dan batupasir tufan. Kegiatan tektonika di daerah ini mulai berlangsung sejak Tersier Awal yang ditandai dengan adanya intrusi basal dan andesit dan kemudian diikuti oleh pengangkatan dan erosi. Hasil erosi ini menghasilkan sedimen turbidit Formasi Kerek dan kemudian diikuti oleh Formasi Kalibeng yang diendapkan dalam lingkungan laut dalam, dan Formasi Damar yang diendapkan dalam lingkungan transisi sampai batial. Kegiatan tektonik Plio-Plistosen mengaktifkan kembali struktur geologi zaman Tersier Awal, membentuk lipatan-lipatan tak tersungkup, sesar naik berarah relatif barat-timur, sesar geser yang berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara, dan sesar normal.

Hasil penelitian terdahulu memperlihatkan adanya jalur sesar aktif di daerah Semarang yang searah dengan jalur Kali Garang. Pramumijoyo (2000) menyatakan bahwa sesar-sesar aktif di Semarang adalah hasil

tekanan kompresi utara - selatan. Sesar naik yang aktif memotong batuan berumur Plistosen Akhir dan batuan yang lebih muda. Poejoprajitno *drr.*, (2008) menyebutkan bahwa lembah sungai Kali Garang merupakan jalur sesar aktif sejak zaman Tersier sampai Kuartar dengan kedudukan sesar sekarang adalah $N179^{\circ}E/55^{\circ}$. Murwanto (2008), menyebutkan bahwa sesar Kali Garang ini memiliki arah relatif utara-selatan ($N05^{\circ}E - N185^{\circ}E$) yang melintas sepanjang Kali Garang dari daerah Gajahmungkur di utara sampai Gunung Swakul di bagian selatan.

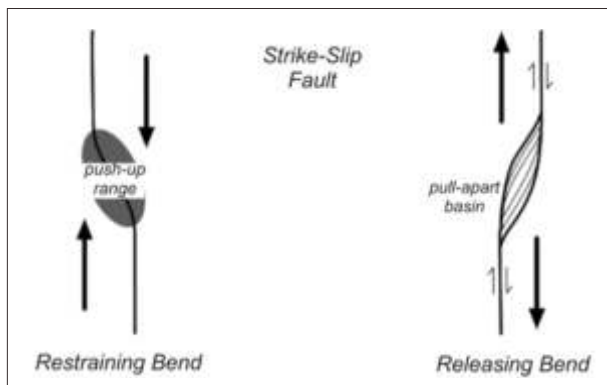
Hasil dan Diskusi

Keberadaan jalur sesar aktif yang melewati daerah Semarang perlu dikaji lebih detail, dengan bukti-bukti awal berupa data geologi permukaan. Data struktur geologi dan geomorfologi merupakan data lapangan yang penting dalam identifikasi keberadaan jalur sesar aktif.

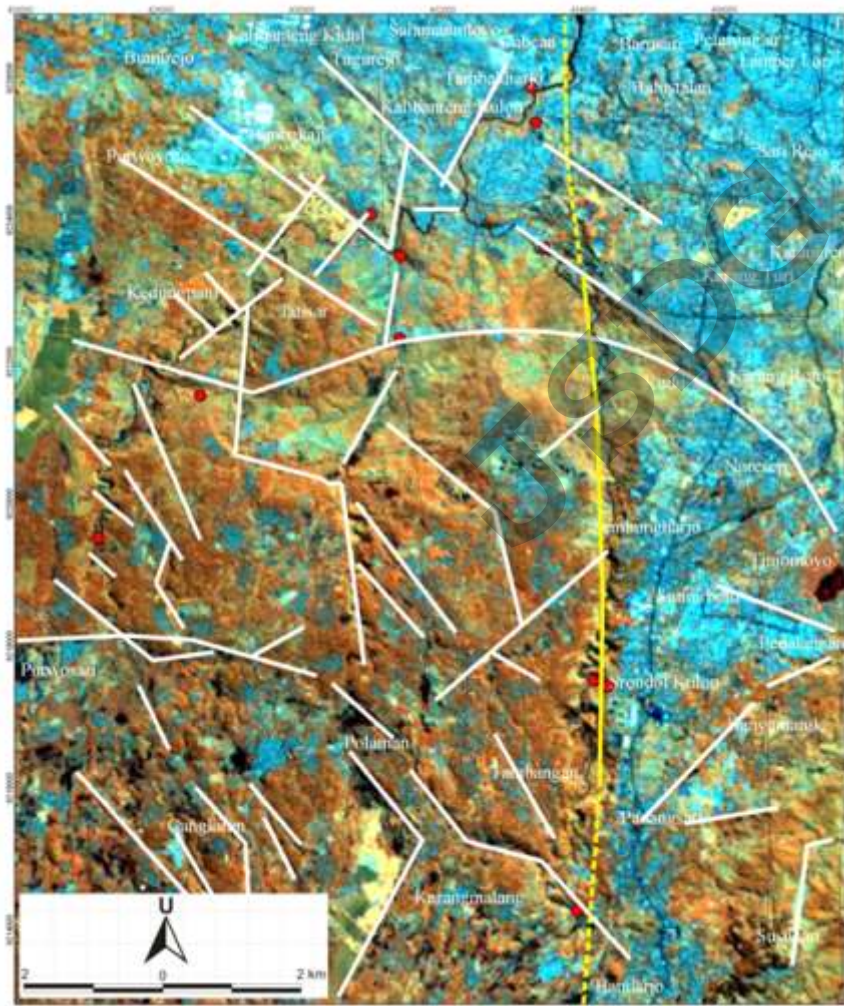
Identifikasi awal yang dilakukan dengan pengamatan morfologi atau bentang alam yang tersebar di daerah penelitian. Kenampakan bentangalam tektonik di daerah ini terdapat dilembah Kali Garang yang tercermin oleh keberadaan gawir sesar, pengangkatan teras dan struktur rantai pada alur sungai ini. Keberadaan deretan *pointbar* pada sungai mengidentifikasi adanya aktivitas sesar mendatar pada jalur sungai tersebut. Kenampakan ini dicirikan oleh adanya perubahan pola aliran, yang mengontrol sebaran deretan *pointbar* tersebut. Dalam skala besar, pembentukan deretan *pointbar* diduga menyerupai pembentukan cekungan tarik (*pull apart basins*) (Gambar 2).

Pembentukan cekungan (*pull apart basins*), disebabkan oleh mekanisme pergerakan sesar mendatar (Davis G.H, 1996). Tinggian (*restaining bend*) yang merupakan bagian terangkat membentuk daratan-daratan (*bar*), dan rendahan yang disebabkan oleh proses perenggangan (*releasing bend*) mengakibatkan bagian Sungai Garang dalam (Gambar 3). Dalam skala yang lebih besar lagi mekanisme cekungan tarik (*pull apart basins*) akan membentuk rangkaian perbukitan dan danau di sepanjang sesar yang dilewatinya.

Analisis kelurusan struktur pada citra landsat memperlihatkan arah kelurusan didominasi baratlaut - tenggara pada semua formasi batuan (Gambar 4). Kelurusan struktur ini mempunyai makna terkait dengan sejarah tektonik yang berpengaruh terhadap daerah penelitian.



Gambar 3. Mekanisme *pull apart basins* yang terjadi akibat pergerakan sesar mendatar (Davis G.H., 1996). Mekanisme ini menyerupai dengan pembentukan deretan *pointbar* pada Sungai Garang



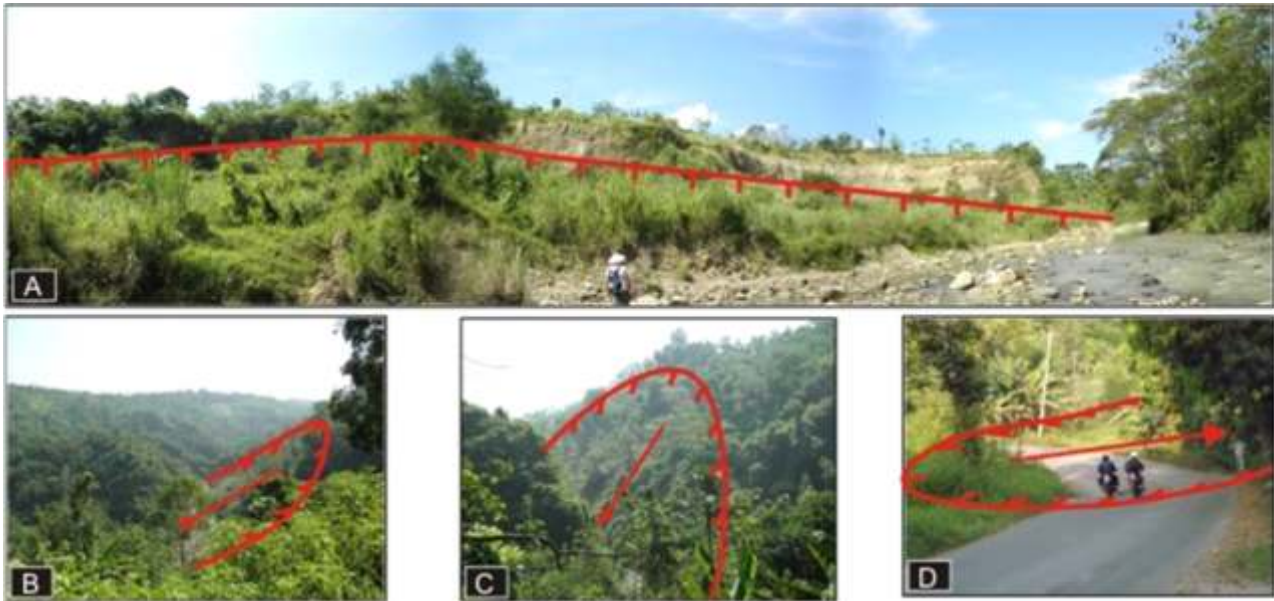
Gambar 4. Pola kelurusan daerah Semarang dan sekitarnya pada *Citra Landsat, band 457* dengan arah dominan baratlaut – tenggara. Arah kelurusan ini adalah yang paling dominan dan berkisar antara $N100^{\circ}E$ sampai $N150^{\circ}E$ dan $N320^{\circ}E$ sampai $N330^{\circ}E$. Kelurusan yang berarah hampir utara – selatan berkaitan dengan tegasan regional yang menekan dari selatan hampir tegak lurus dengan Pulau Jawa yang berarah utara – selatan. Indikasi Sesar Aktif diperlihatkan dengan kelurusan hampir utara – selatan yang dicirikan dengan garis kuning putus-putus yang sejajar dengan Kali Garang

Kelurusan struktur ini dianggap sebagai hasil proses tektonik yang paling muda dan berpengaruh terhadap proses-proses neotektonik di daerah penelitian.

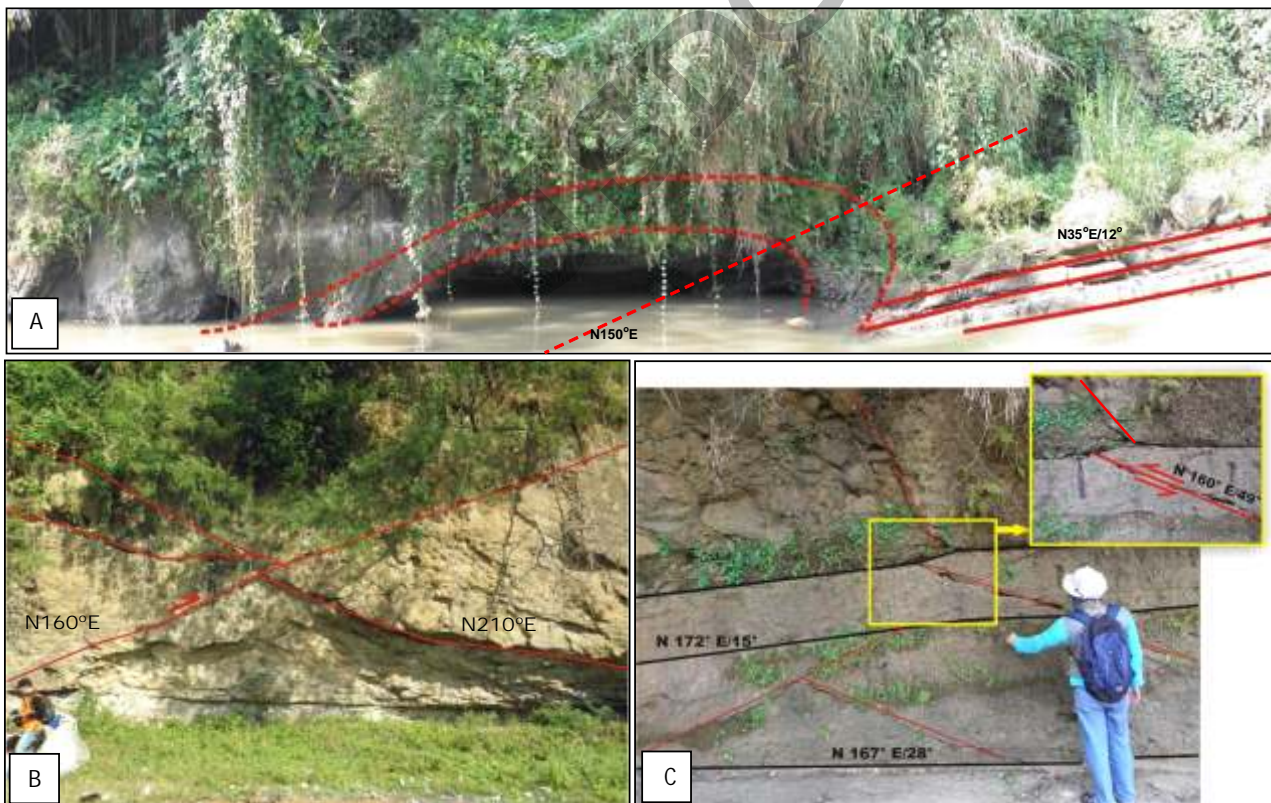
Keberadaan sesar yang diidentifikasi sebagai kelurusan mulai berkembang pada zaman Tersier sampai Kuartar, yang ditandai oleh adanya kelurusan pada Formasi Kerek, Formasi Kaligetas dan Formasi Damar, sedangkan kelurusan berarah utara – selatan diperkirakan terbentuk pada Zaman Tersier dan kemudian berlanjut hingga Zaman Kuartar. Kelurusan ini adalah suatu sesar yang sejajar dengan Kali Garang dan memotong daerah penelitian.

Bukti kenampakan morfotektonik di lapangan terdiri atas singkapan dan bentuk morfologi. Bukti morfologi meliputi adanya deretan *pointbar* (Gambar 1) dan adanya gawir sesar yang berkembang di sepanjang Kali Garang, sedangkan bukti singkapan adanya pergeseran teras dan zona gerakan tanah disepanjang sungai (Gambar 5).

Gerakan tanah dengan panjang kurang lebih 100 meter dengan ketinggian sekitar 15 meter terdapat di salah satu bagian Kali Garang di daerah Banyumanik (Gambar 5A). Material longsor berupa tufa dengan komponen bongkah batuan gunungapi yang diduga merupakan produk gunungapi Kuartar dari Gunungapi Ungaran di selatan. Gerakan tanah merupakan tipe rayapan (*creeping*) tersebar di beberapa lokasi sepanjang sungai. Gerakan tanah ini dikontrol oleh kemiringan lereng curam dan aktivitas tektonik. Hal ini terlihat di daerah Sekaran, gerakan tanah rayapan banyak dijumpai pada kemiringan lerengnya cukup landai (Gambar 5D). Kemiringan tiang listrik, retakan tembok bangunan, dan retakan di sepanjang jalan yang sistematis menandakan bahwa daerah tersebut bergerak terus walaupun pergeserannya sangat kecil (merayap).



Gambar 5. Keberadaan gawir sesar dan longsor di sepanjang lembah Kali Garang yang diindikasikan dipengaruhi oleh aktifitas sesar. A) Gerakan tanah pada tebing Sungai Garang, arah utara selatan. Membentuk mahkota longsor yang cukup besar, dimensi panjang sekitar 100 m yang memperlihatkan bagian teras sungai yang terpotong pada ketinggian sekitar 15 m dan terdapat rembesan mataair di Daerah Sembangharjo, Banyumanik, B) gawir sesar (*faultscarp*) Kali Garang di daerah Banyumanik dengan gawir yang terjal, sempit, dan terlihat lurus memanjang searah dengan kelurusan sungai, C) indikasi gerakan tanah rayapan (*creeping*) di daerah Srandol, Banyumanik. Terlihat adanya calon mahkota longsor yang cukup besar yang ditandai dengan garis merah melengkung, D) gerakan tanah rayapan dengan arah gerakan menuju badan Kali Garang, terlihat retakan jalan, tiang listrik yang miring secara sistematis.



Gambar 6. A) Singkapan lipatan seret (*dragfold*) berkaitan dengan pergerakan sesar mendatar, tersingkap pada Kali Garang merupakan bagian Formasi Kaligetas yang berumur Kuartar dengan bidang perlapisan dengan bidang sesar $N150^{\circ}E$. B) Lokasi pengamatan berada pada tebing di tepi jalan daerah Ngemplak Simongan. Litologi yang dijumpai berupa breksi vulkanik dan batupasir tufan dengan struktur kekar dan sesar merupakan bagian dari Formasi Damar yang berumur Kuartar. Bidang perlapisan $N278^{\circ}E/4^{\circ}$ dan bidang sesar dengan arah $N160^{\circ}E/26^{\circ}$. C) singkapan batupasir, breksi dan konglomerat bagian dari Formasi Damar dengan bidang perlapisan $N172^{\circ}E/15^{\circ}$ dan bidang sesar $N160^{\circ}E/49^{\circ}$. Tersingkap pada tebing Kali Garang di daerah Srandol, Banyumanik.

Tabel 1. Data pengukuran struktur (kekar dan bidang sesar) pada batuan berumur Kuarter, salahsatunya Formasi Damar yang terpotong jalur Kali Garang

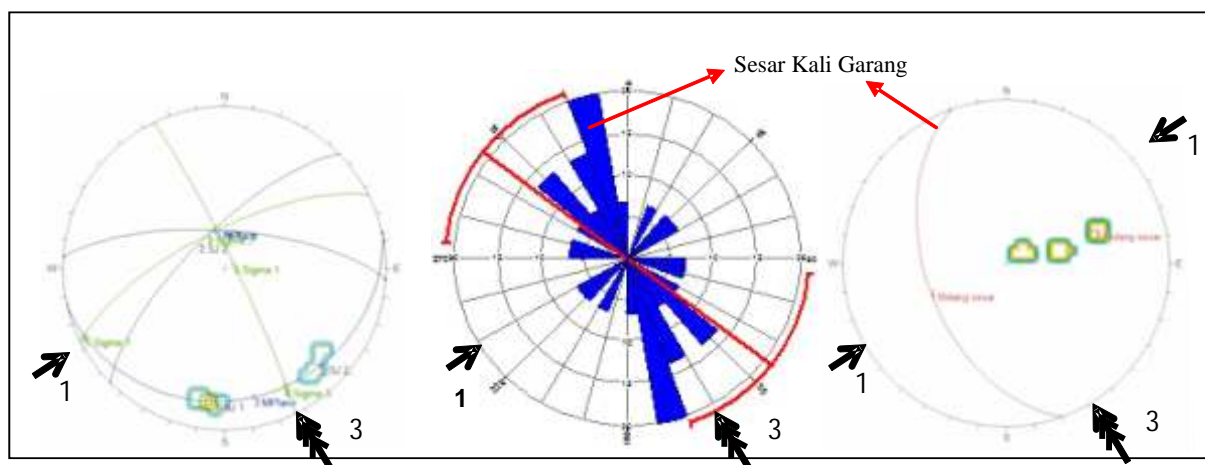
No	Koordinat (49 M)	Kekar	Bidang Sesar
1	0430982 ; 9224124	N20°E/42°	
2	0434219 ; 9213898	N315°E	N313°E/80° ; N398°E/80°
3	0434342 ; 9217400	N167°E/28°,N144°E/10°	N160°E/49°
4	0433324 ; 9225429	N159°E/16°	
5	0433253 ; 9225924	N155°E	N205°E/26
6	0431392 ; 9223525	N274°E/72°,N221°E/68°,N230°E/73°,N280°E/71°	
7	0428546 ; 9221540	N166°E	N6°E/67° ; N175°E/72°
8	0427103 ; 9219520	N340°E,N315°E, N300°E,N356°E	N320°E

Indikasi sesar aktif yang lain berupa jejak struktur geologi yang berkembang pada batuan yang berumur Kuarter, yaitu Formasi Kaligetas dan Formasi Damar di bagian selatan dan tengah (Gambar 6). Hasil pengukuran kekar dan sesar mikro yang kemudian dianalisis dengan *stereonet* memperlihatkan bahwa tegasan utama pada zaman Kuarter berarah hampir utara – selatan (Tabel 1 dan Gambar 7). Struktur geologi berupa kekar dan sesar mikro ini menjadi informasi penting dalam menentukan aktivitas tektonik yang berhubungan dengan keberadaan sesar aktif di daerah tersebut. Struktur geologi yang berkembang dalam batuan Formasi Damar, Kali Getas dan batuan gunungapi yang berumur Kuarter menjadi fokus utama, karena sesar tersebut dianggap terbentuk paling akhir dari kegiatan tektonik di daerah penelitian, sehingga sesar tersebut merupakan sesar aktif.

Adanya lipatan seret (*dragfolds*) pada batuan Kuarter

yang tersingkap di cabang Kali Garang daerah Banyumanik, Semarang Selatan dibentuk oleh adanya tarikan yang diakibatkan oleh sesar mendatar (Gambar 6A). Selain itu, di lokasi yang sama ditemukan pula kekar-kekar berpasangan (*paired joints*) dan kekar gerus (*shear joint*).

Hasil pengukuran gores garis (*slicken side*) memperlihatkan bahwa jurus bidang sesar Kali Garang berarah N160°E (Gambar 7). Hal ini juga mencerminkan adanya tegasan utama yang hampir berarah utara – selatan menyebabkan terbentuknya Sesar Kali Garang yang memotong batuan berumur Kuarter (Gambar 7). Sesar yang memotong batuan Kuarter (sekitar 2 juta tahun yang lalu) dapat dikategorikan sebagai sesar aktif dan/atau berpotensi aktif dimasa yang akan datang (Keller dan Pinter, 1996). Merujuk definisi di atas yang dikaitkan dengan data kegempaan daerah penelitian dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa sesar yang



Gambar 7. Hasil pengukuran struktur di beberapa lokasi sepanjang Kali Garang pada batuan yang berumur Kuarter. Jurus yang dominan menunjukkan arah hampir barat laut – tenggara (NW-SE) yang berkaitan dengan gaya utama yang berarah hampir utara-selatan. A) Analisis Sesar Kali Garang dengan tegasan yang mempengaruhinya. Arah tegasan utama (1) N244°E/5°, tegasan menengah (2) N347°E/70°, dan tegasan terkecil (3) N153°E/19°. B) Diagram mawar yang menunjukkan arah bidang sesar Kali Garang, C) Analisis Sesar Kali Garang pada lokasi 6C menghasilkan kedudukan N160°E.

berarah utara-selatan di daerah Semarang merupakan sesar aktif, terutama sesar yang sejajar dengan Kali Garang.

Kesimpulan dan Saran

Hasil analisis geomorfologi dan struktur geologi menunjukkan bahwa di daerah penelitian teridentifikasi adanya beberapa jalur sesar dan salah satunya adalah yang berarah utara-selatan yang sejajar dengan Kali Garang. Bukti-bukti keberadaan sesar Kali Garang terekam dengan baik pada batuan yang berumur Kuartar yang terdiri atas cermin sesar, kekar gerus, lipatan seret dan banyaknya lokasi gerakan tanah di sepanjang Kali Garang dengan bentuk gawir sesarnya. Sesar Kali Garang yang terekam di batuan Kuartar menunjukkan bahwa

sesar ini masih aktif atau berpotensi aktif di masa datang. Untuk memperoleh gambaran dan informasi sesar aktif yang lebih detil di daerah penelitian, perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metoda yang lain seperti paleoseismologi dan geofisika sehingga dapat diperoleh sejarah aktifitas pergerakan dan mekanisme sesarnya yang lebih akurat.

Ucapan Terimakasih

Dalam kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada Kepala UPT. Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsembung LIPI dan rekan-rekan staf peneliti serta staf administrasi yang telah bekerja sama sehingga kegiatan penelitian ini dapat berjalan lancar.

Acuan

- Data Katalog Kegempaan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), <http://www.portal.vsi.esdm.go.id>
- Davis, G.H., 1996. *Structural Geology of Rocks and Regions*. The University of Arizona.
<http://maps.google.co.id/maps?hl=id&tab=wl>
- Keller, E.A. and Pinter N., 1996. *Active Tectonics (Earthquake, Uplift and Landscape)*. Prentise Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458
- Murwanto, 2008. Kajian geologi dan neotektonik untuk menselaraskan program pembangunan di Wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah. Laporan Penelitian Hibah Bersaing, UPN Veteran Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan)
- Poedjoprajitno S., J. Wahjudiono., dan A. Cita., 2008. Reaktivasi Sesar Kaligarang, Semarang. *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 3 No. 3, hal. 129-138
- Pramumijoyo, S., 2000. Existing active fault at Semarang, Central Java, Indonesia: revealed by remote sensing and field observation. *Proceedings of the HOKUDAN International Symposium and School on Active Faulting*. Hyogo, Japan, h.383-385
- Stewart, L.S., and P.L. Hancock, 1994. *Continental Deformation Neotectonics*. Pegamon Press, London, First Edition, pp 370-409
- Thanden, R.E., H. Sumardiredja, P.W. Richards, Sutis, K., T.C. Amin, 1996. *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa Tengah, skala 1:100.000*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Visser, S., 1922. *Inland and Submarine Epicentra of Sumatra and Java Earthquake*. Koninklijk Magnatisch en Meteorologisch Observatorium te Batavia, 9, 1-4.