

STUDI SESAR AKTIF, KINEMATIK, DAN DINAMIK ZONA SESAR KALIGARANG (KGFZ) DI SEMARANG

Fahrudin¹, Imam A. Sadisun², Agus H²

¹Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang

²Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi dan Ilmu Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Bandung

ABSTRAK

Deformasi di Kota Semarang menyebabkan sesar aktif. Identifikasi sesar dan struktur penyerta yang tepat akan memberikan pemahaman kinematik dan dinamik dari proses tektonik di Kota Semarang. Penelitian ini membahas tentang kinematik dan dinamik sesar Kaligarang serta membuktikan apakah sesar Kaligarang merupakan sesar aktif dengan pendekatan morfometri dan morfotektonik. Dinamik sesar Kaligarang memberikan penjelasan arah tegasan utama yang membentuk sesar tersebut.

Kata kunci : deformasi, sesar aktif, dan tegasan utama.

PENDAHULUAN

Penelitian mengenai aktivitas deformasi tektonik di Semarang yaitu Thanden dkk. (1996) menyatakan bahwa kegiatan tektonik paling akhir di Semarang terjadi pada Plio-Plistosen. Simandjuntak (2003) menyatakan bahwa di selatan Semarang terdapat sesar naik (*thrust fault*). Sesar ini dipotong oleh berbagai ukuran sesar geser (mendatar), yang berarah baratlaut-tenggara atau timurlaut-baratdaya, di antaranya sesar Kaligarang. Pramumijoyo (2000) menulis bahwa sesar-sesar aktif di Semarang adalah hasil tekanan pada arah utara-selatan. Sesar naik yang aktif memotong batuan berumur Plistosen Akhir maupun yang lebih muda. Menurut Helmy (2008) bahwa sesar Kaligarang merupakan sesar geser yang memiliki arah relatif utara-selatan (N5°E–N185°E). Poedjoprajitno dkk. (2008) menyatakan bahwa sesar Kaligarang merupakan sesar yang aktif sejak zaman Tersier hingga Kuartar sebagai sesar geser mengiri.

Penelitian ini bertujuan mengetahui kinematik dan dinamik serta membuktikan apakah sesar Kaligarang merupakan sesar aktif.

KONDISI GEOLOGI

Daerah penelitian mempunyai tujuh formasi yang tersusun atas batuan sedimen, batuan gunungapi, dan intrusi batuan beku (Gambar 1). Batuan tertua berupa batuan beku plutonik yang berumur Miosen Akhir yang berupa batuan intrusi andesit. Kemudian diendapkan batuan sedimen laut sampai darat berupa Formasi Kerek, Formasi Kalibeng, Formasi Kaligetas, dan Formasi Damar. Aktivitas gunungapi terjadi pada Awal Plistosen sampai Holosen berupa Formasi Kaligesik dan Formasi Gadjah Mungkur.

Formasi intrusi andesit merupakan hasil intrusi andesit hornblende augit. Formasi Kerek tersusun atas perselingan batulempung dan batupasir. Batulempung mempunyai ketebalan 0,5-5 m berwarna hitam. Di dalam batulempung terdapat fragmen butiran karbon hitam, litik, kuarsit, dan lain-lain. Batupasir mempunyai ketebalan 0,5 cm - 1 m berwarna abu-abu, ukuran butir pasir halus sampai kasar. Formasi Kalibeng tersusun atas batulempung, batupasir kuarsa, napal, dan batupasir. Batulempung berwarna hitam dan terdapat fragmen batugamping berwarna putih. Batupasir kuarsa berwarna abu-abu kehitaman, ukuran butir pasir sedang–kasar, mengandung

mineral mika dan kuarsa. Napal berwarna hijau kebiruan, ukuran butir lempung sampai lanau, dan terdapat kalice berwarna putih. Ketebalan napal sampai 5 m. Batupasir berwarna abu-abu kemerahan, struktur berlaminasi, terdapat proses oksidasi yang menunjukkan kandungan mineral besi tinggi.

Formasi Kaligetas tersusun atas breksi, batulempung, batulanau, tuf, batupasir tufan, dan konglomerat. Formasi ini didominasi oleh breksi. Formasi ini mempunyai umur Plistosen (Helmy, 2008) dan diendapan secara tidak selaras di atas Formasi Kalibeng (TmPk). Formasi Damar tersusun atas batupasir dan konglomerat. Batupasir berwarna abu-abu keputihan, ukuran butir pasir kasar, *matrik supported*, dan fragmen berukuran 1–2 cm. Konglomerat berwarna abu-abu kecoklatan, bentuk fragmen membundar, ukuran fragmen 2–30 cm, tersusun atas andesit dan fragmen batuan beku.

Formasi Kaligesik tersusun atas aliran lava (breksi autoklastik) dan konglomerat. Breksi autoklastik atau lava mempunyai warna abu-abu kehitaman *grain supported* dan fragmen angular berukuran 5–20 cm, serta sebagian fragmen berstruktur vasikuler atau rongga-rongga udara. Sekitar 100 m terdapat breksi yang mempunyai kemas terbuka, sortasi jelek *matrik supported*. Konglomerat berwarna coklat keputihan. Fragmen membundar dengan ukuran butir 2–20 cm dengan komposisi material vulkanik berupa andesit, tuf, batuapung, dan litik lainnya. Mineral berupa kuarsa, horblenda, dan mika. *Matrik supported*, kemas terbuka sortasi jelek. Formasi Gadjah Mungkur tersusun atas konglomerat, lava, batupasir, batupasir tufan, tuf, *shale*, dan tuf mika. Formasi ini didominasi batuan yang mengandung aliran lava, kandung mineral mika tinggi pada tuf dan *shale*. Mineral besi terdapat pada batupasir, aliran lava, dan konglomerat.

METODOLOGI

Analisis diawali dengan membuat kelurusan struktur dari citra Landsat, SRTM, dan IKONOS. Kemudian melakukan pemetaan geologi dan struktur geologi di sepanjang Kaligarang. Analisis

sesar aktif meliputi morfometri dan morfotektonik, pengangkatan teras sungai, indikasi pemotongan pada batuan Kwartir, dan pentarikan umur batuan. Indikasi geomorfik untuk mempelajari tektonik aktif meliputi kurva hipsometrik, faktor asimetri sungai (AF), gradien indeks panjang sungai (SL), pegunungan muka (S_{mf}), perbandingan lebar dan tinggi lembah (V_f). Pengukuran struktur geologi meliputi lipatan, kekar, dan sesar. Pengukuran lipatan meliputi arah dan kemiringan lapisan batuan. Pengukuran kekar meliputi pengukuran arah orientasi kekar dan *style* kekar. Sesar terdiri atas dua yaitu sesar utama dan komponen struktur penyerta. Sesar dan komponen penyerta yang terbentuk merupakan hasil dari fase deformasi. Komponen penyerta bisa berupa kekar atau sesar minor. Model struktur berupa hubungan antara sesar utama dengan komponen penyerta kemudian akan dicari kinematik dan dinamik dari zona sesar Kaligarang

SE SAR AKTIF

Aspek morfotektonik bentukan lahan meliputi lembah utama (*linear valley*) sungai mempunyai arah utara–selatan, gawir yang mempunyai arah baratlaut–tenggara dan baratdaya–timurlaut. Struktur ini terletak di sekitar Tinjomoyo–Gombel. Lembah utama mempunyai kemiringan yang curam antara 75°–90° dengan ketinggian sampai 100 m dari dasar lembah. Di sekitar lembah terdapat endapan teras sungai yang terangkat oleh proses tektonik. Endapan ini terletak di ketinggian 10–112,5 m.

Aspek morfometri berupa kurva hipsometrik. Hasil perhitungan dan penggambaran kurva hipsometrik (Gambar 2) sebagian besar menunjukkan bahwa lembah Kaligarang merupakan stadium topografi muda sampai menengah. Bentang alam topografi sungai berstadium muda mengindikasikan bahwa terjadi proses tektonik aktif.

Perhitungan AF dilakukan 12 lokasi sub-basin yang tersebar di sepanjang lembah Kaligarang (Tabel 1 dan Gambar 3). Hasil perhitungan AF mempunyai nilai antara 25,3868 sampai 77,4938. Ada satu lokasi yang mempunyai nilai mendekati

50 yaitu lokasi sub-basin K. Tengke dengan nilai faktor asimetri sungai 48,0543, sedangkan sebelas lokasi yang lain mempunyai AF kurang atau lebih besar dari 50. Hasil perhitungan faktor asimetri dapat diartikan nilai AF yang mendekati nilai 50 maka daerah tersebut relatif stabil, artinya proses tektonik yang bekerja sangat kecil. Sedangkan nilai AF lebih besar atau kurang dari 50, maka daerah tersebut terjadi kemiringan akibat tektonik. Maka dapat disimpulkan Kaligarang mengalami kemiringan akibat tektonik yang mengindikasikan tektonik aktif.

Perhitungan SL dilakukan pada tiga domain yaitu domain Kalikreo dengan *midpoint* sebanyak 10 titik, domain Kaligribik dengan *midpoint* sebanyak 13 titik dan domain Kaligarang dengan *midpoint* sebanyak 11 titik. Masing-masing *midpoint* diperoleh nilai SL kemudian dibuat interpolasi dan kontur sehingga diperoleh zona gradien indeks panjang sungai (Gambar 4). Harga SL sangat sensitif yang mencerminkan *channel slope*. Hal ini berkaitan dengan aktivitas tektonik, resistensi batuan dan struktur aktif. Hasil perhitungan SL nilai yang diperoleh bervariasi dari yang terendah 37,7119 hingga tertinggi 397,1698. Nilai SL lebih dari 200 menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai tektonik aktif yang terjadi pada batuan resisten, nilai SL juga tinggi pada batuan lunak (Formasi Kerek/Kalibeng) disebabkan adanya struktur yang diduga aktif.

Perhitungan S_{mf} dilakukan di sepanjang lembah Kaligarang sebanyak 6 lokasi (Tabel 2). Nilai S_{mf} merupakan cerminan dari keseimbangan antara kekuatan erosi yang memotong sepanjang lekukan pegunungan muka dan gaya tektonik yang menghasilkan pegunungan muka. Hal ini berkaitan dengan rangkaian zona sesar aktif. Nilai S_{mf} kecil berasosiasi dengan tektonik aktif dan pengangkatan secara langsung, sedangkan apabila proses pengangkatan kecepatannya berkurang kemudian diikuti oleh erosi yang memotong pegunungan muka dan membentuk pegunungan muka tidak teratur, maka indikasinya adalah nilai S_{mf} akan semakin bertambah. Menurut Keller dan Pinter (1996) pembagian nilai S_{mf} yaitu nilai 1,0–1,6 berasosiasi dengan tektonik aktif, nilai 1,4–3,0

mencerminkan masih tektonik aktif, dan nilai 1,8 sampai lebih besar dari 5 mencerminkan tektonik tidak aktif. Hasil perhitungan S_{mf} pada umumnya menunjukkan nilai berkisar antara 1,0537 sampai 1,5922. Dengan demikian dari perhitungan nilai S_{mf} dapat disimpulkan bahwa semua lembah Kaligarang dipengaruhi oleh proses tektonik aktif.

Perhitungan V_f dilakukan di sepanjang lembah Kaligarang sebanyak 15 lokasi (Tabel 3). Nilai V_f akan mencerminkan perbandingan antara lebar dan tinggi suatu lembah dan berkaitan dengan kecepatan pengangkatan karena tektonik. Kecepatan tektonik rendah akan dicirikan oleh nilai V_f yang relatif besar yang berasosiasi dengan kecepatan pengangkatan rendah, sehingga sungai akan mengikis dasar lembah menjadi luas. Sedangkan nilai V_f kecil akan mencerminkan bentuk lembah dalam dan berkaitan dengan kecepatan pengangkatan, hal ini berkaitan dengan proses tektonik aktif. Nilai V_f pada lembah Kaligarang berkisar antara 0,0840 sampai 0,4495. Kaligarang mempunyai nilai V_f kurang dari 2 dan umumnya lembah mempunyai bentuk yang dalam. Nilai V_f kurang dari 2 merupakan indikasi tektonik aktif.

Analisis morfometri dengan menggunakan 5 parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa sesar Kaligarang merupakan bagian dari sesar aktif Kuartar. Kurva hipsometrik menunjukkan stadium topografi muda sampai menengah yang disebabkan tektonik aktif secara regional. AF menunjukkan bahwa telah terjadi kemiringan topografi sebesar 90% yang disebabkan oleh tektonik aktif. Nilai SL berkisar ratus (antara 200–< 400) menunjukkan kelas tektonik 2 sampai 3 yaitu kelas menengah sampai kecil. S_{mf} antara 1,0537 sampai 1,5922 diartikan bahwa kontrol kekuatan tektonik lebih dominan daripada kekuatan erosi. Dan nilai V_f kecil berasosiasi dengan tektonik aktif (Keller dan Pinter, 1996).

KINEMATIK DAN DINAMIK SESAR KALIGARANG

Analisis kinematik menentukan jenis sesar dari masing-masing lokasi. Ada 7 lokasi sesar yang ada di zona sesar utama Kaligarang KGMFZ dan

3 lokasi yang berada di sekitar zona sesar Kaligarang utama. Data yang digunakan dalam analisis ini meliputi kekar tarik, lapisan batuan, dan bidang sesar. Berikut contoh analisis kinematik yang berada di Pucung (Gambar 5). Kekar tarik dengan bidang kekar N220°E/85°, N221°E/80°, N210°E/75°, N215°E/75°, N230°E/86°, N210°E/75°, N210°E/85°, N230°E/85°, dan N225°E/75°. Lapisan di sayap utara: N305°E/68°. Lapisan di sayap selatan: N95°E/29°. Bidang sesar: N345°E/85°. Analisis terhadap 7 lokasi dapat disimpulkan bahwa zona sesar utama Kaligarang mempunyai kinematik pergerakan sesar geser mengiri dengan kemiringan sekitar 5°–36° (Tabel 4 dan Gambar 6). Ada beberapa lokasi yang mempunyai pergerakan sesar berbeda yaitu di Mojo dan Kalianyar. Sesar ini mempunyai pergerakan menganan. Sesar ini berada di luar zona sesar utama Kaligarang. Pergerakan sesar ini berbeda dengan pergerakan zona sesar utama, hal ini bisa dikarenakan fase tektonik berbeda atau keduanya mempunyai fase yang sama tetapi beda order sesarnya. Zona sesar utama Kaligarang sebagai order pertama sedangkan sesar yang berada di luar zona sebagai order kedua.

Zona sesar Kaligarang sudah terbentuk pada tektonik sebelum Plio-Plistosen dengan pergerakan sesar geser mengiri dengan kemiringan antara 5°–36°. Hal ini berdasarkan analisis sesar di Bangkong, Pucung, dan Pakintelan. Kemudian pada Plio-Plistosen, zona sesar Kaligarang masih mempunyai pergerakan sesar geser mengiri dengan kemiringan antara 6°–36°. Hal ini berdasarkan analisis sesar di Selorejo, Patemon, dan Sumurrejo. Jadi, dapat disimpulkan bahwa zona sesar Kaligarang sudah terbentuk sejak sebelum Plio-Plistosen. Sebelum terbentuk zona tersebut, terdapat rekahan sebelumnya pada awalnya. Rekahan sebelumnya ini terbentuk pada awal Tersier. Sehingga dapat diketahui bahwa tegasan yang membentuk zona sesar Kaligarang pada Tersier berarah relatif NWW-SSE.

SINTESIS SESAR KALIGARANG

Pada Awal Tersier, terbentuk rekahan sebelumnya yang berarah utara-selatan. Rekahan sebelumnya ini yang membentuk sesar-sesar yang terdapat di

Bangkong, Pucung, dan Pakintelan. Arah deformasi tektonik pada fase ini adalah NWW-SSE.

Pada Plio-Plistosen, terbentuk zona sesar Kaligarang dengan pergerakan sesar geser mengiri dan lipatan pada Formasi Kerek dan Kalibeng dengan sumbu lipatan NEE-SWW. Arah deformasi tektonik pada fase ini adalah NWW-SSE dengan arah tegasan regionalnya N155°E (Gambar 7A).

Pada Holosen (Kuartar), zona sesar Kaligarang masih mempunyai pergerakan sesar geser mengiri dan lipatan pada Formasi Damar, Kaligetis, Gajah Mungkur, dan Kaligesik dengan sumbu lipatan E-W. Zona ini terus berkembang sampai sekarang sehingga terjadi perkembangan *restraining* dan *realising*. Perkembangan *restraining* dikontrol oleh proses *transpressional* di Patemon dan Pakintelan. Sedangkan perkembangan *realising* dikontrol oleh proses *transtensional* di Tinjomoyo dan Pakintelan. Juga terbentuk 2 kelurusan yang mempunyai arah NW-SE, kelurusan ini tepat berada dibagian hulu (selatan) dan hilir (utara) zona sesar Kaligarang. Kelurusan ini mempunyai pergerakan sesar naik, pergerakan sesar menganan, dan kelurusan mataair. Tektonik ini juga menyebabkan sesar-sesar aktif yang terdapat di luar zona sesar Kaligarang dan di zona sesar Kaligarang sendiri. Sesar-sesar tersebut terdapat di Selorejo, di Patemon, di Sumurrejo, di Susukan, di Mojo, dan di Kalianyar. Arah deformasi tektonik pada fase ini adalah N-S dengan arah tegasan regionalnya N180°E (Gambar 7B)

KESIMPULAN

Hasil kajian pemotongan batuan pada endapan Kuartar, morfotektonik, dan morfometri yang meliputi kurva hipsometrik, faktor asimetri, gradien indeks panjang sungai, pegunungan muka dan perbandingan lebar dan tinggi lembah, maka zona sesar Kaligarang merupakan **sesar aktif**.

Zona utama sesar Kaligarang (KGMFZ) mempunyai kinematik pergerakan sesar geser

mengiri. Sedangkan dinamik zona ini terbagi menjadi tiga fase deformasi tektonik yaitu:

- a) Pada awal Tersier, terbentuk rekahan sebelumnya yang berarah utara-selatan. Rekahan sebelumnya ini yang membentuk sesar-sesar yang terdapat di Bangkong, Pucung, dan Pakintelan. Arah deformasi tektonik pada fase ini adalah NWW–SSE.
- b) Pada Plio-Plistosen, terbentuk zona sesar Kaligarang dengan pergerakan sesar geser mengiri dan lipatan pada Formasi Kerek dan Kalibeng dengan sumbu lipatan NEE–SWW. Arah deformasi tektonik pada fase ini adalah NWW–SSE dengan arah tegasan regionalnya N155°E.
- c) Pada Holosen (Kuarter), zona sesar Kaligarang masih mempunyai pergerakan sesar geser mengiri dan lipatan pada Formasi Damar, Kaligetis, Gajah Mungkur, dan Kaligesik dengan sumbu lipatan E–W. Zona ini terus berkembang sampai sekarang terjadi perkembangan *restraining* di Patemon dan Pakintelan dan *realising* di Tinjomoyo dan Pakintelan. Arah deformasi tektonik pada fase ini adalah N-S dengan arah tegasan regionalnya N180°E.

DAFTAR PUSTAKA

Helmy, Murwanto. 2008. Kajian Geologi dan Neotektonik untuk Melaraskan Program Pembangunan Di Wilayah Kota Semarang, Jawa Tengah. Laporan Penelitian Hibah Bersaing, UPN Veteran Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.

Huzita, K., Imaizumi, T., Kaizuka, S., Matsuda, T., Nakada, T., Okada, A., Ota, Y., Utsu, T., Yonekura, N., and Yoshii, K. 1992. *Maps of Active Faults in Japan*, University of Tokyo Press: 73 pp.

Keller, E.A., and Pinter, N. 1996. *Active Tectonic Earthquake, Uplift and Landscape*, Prentice hall, Upper saddle river, New Jersey 07458: 338 pp.

Poedjoprajitno, S., Wahyudiono, J., dan Cita, A. 2008. Reaktivasi Sesar Kali Garang, Semarang. *Jurnal Geologi Indonesia* Vol.3(3): 129-138.

Pramumijoyo, S. 2000. *Existing Active Faults at Semarang Central Java, Indonesia: Revealed by Remote Sensing and Field Observation. Proceeding of the HOKUDAN International Symposium and School on Active Faulting*. Hyogo, Japan. pp. 383-385.

Sapiie, B. dan Harsolumakso A.H. 2008. Prinsip Dasar Geologi Struktur. Lab. Geologi Dinamik. Program studi teknik geologi, FITB-ITB. Tidak dipublikasikan.

Simandjuntak, T.O. 2003. Atlas Geologi Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Thanden R.E, dkk. 1996. Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa. Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

PROCEEDINGS JCM MAKASSAR 2011
 The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition
 Makassar, 26 – 29 September 2011

No	Daerah/sungai	At (km ²)	Ar (km ²)	Faktor asimetri sungai
1	K. Tengke	1,4157	0,6803	48,0543
2	K. Tuk	3,8173	1,2312	32,2541
3	Deliksari	0,6848	0,1994	29,1167
4	Kebun binatang	0,8778	0,2228	25,3868
5	Tinjomoyo	0,5250	0,4069	77,4938
6	Gombel lama	0,7130	0,3288	46,1205
7	Karanggenteng	0,8423	0,3476	41,2632
8	Bangkong	0,9364	0,2532	27,0367
9	Patemon	0,5605	0,2128	37,9605
10	Pudakpayung	0,2456	0,1092	44,4716
11	K. Sumber	1,5804	1,1025	69,7601
12	Kaligarang	21,6624	8,5971	39,6868

Tabel 1. Hasil perhitungan faktor asimetri sungai.

No	Lmf (m)	Ls (m)	Smf
1	5001	3141	1,5922
2	2251	1663	1,3536
3	2492	2190	1,1379
4	2172	1877	1,1572
5	765	726	1,0537
6	454	308	1,4740

Tabel 2. Hasil perhitungan pegunungan muka (S_{mf}).

PROCEEDINGS JCM MAKASSAR 2011
 The 36th HAGI and 40th IAGI Annual Convention and Exhibition
 Makassar, 26 – 29 September 2011

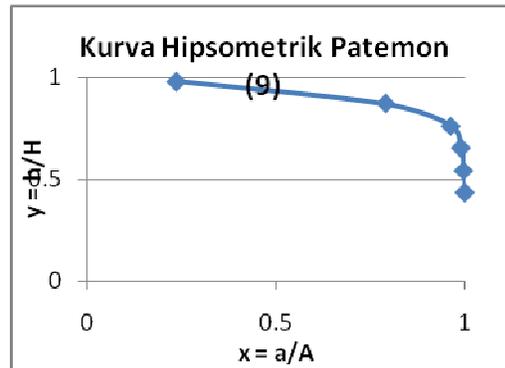
No	Vfw (m)	Eld (m)	Esc (m)	Erd (m)	V _f
1	21,8	65	7,5	47	0,4495
2	9,67	53	11	47	0,2479
3	18,62	80	9.5	53	0,3267
4	17,8	62.5	24	75	0,3978
5	18,4	77	16	65	0,3345
6	13,6	76	25	75	0,2693
7	18,7	79	37.5	115	0,3143
8	15,4	200	61	200	0,1108
9	16	212,5	90	225	0.1243
10	15,5	225	112,5	225	0,1378
11	12,2	262,5	143	225	0,1211
12	23,5	325	212,5	337,5	0,1979
13	8	325	250	350	0,0914
14	5	350	300	350	0,1000
15	5	325	278	350	0,0840

Tabel 3. Hasil perhitungan perbandingan lebar dan tinggi lembah (V_f).

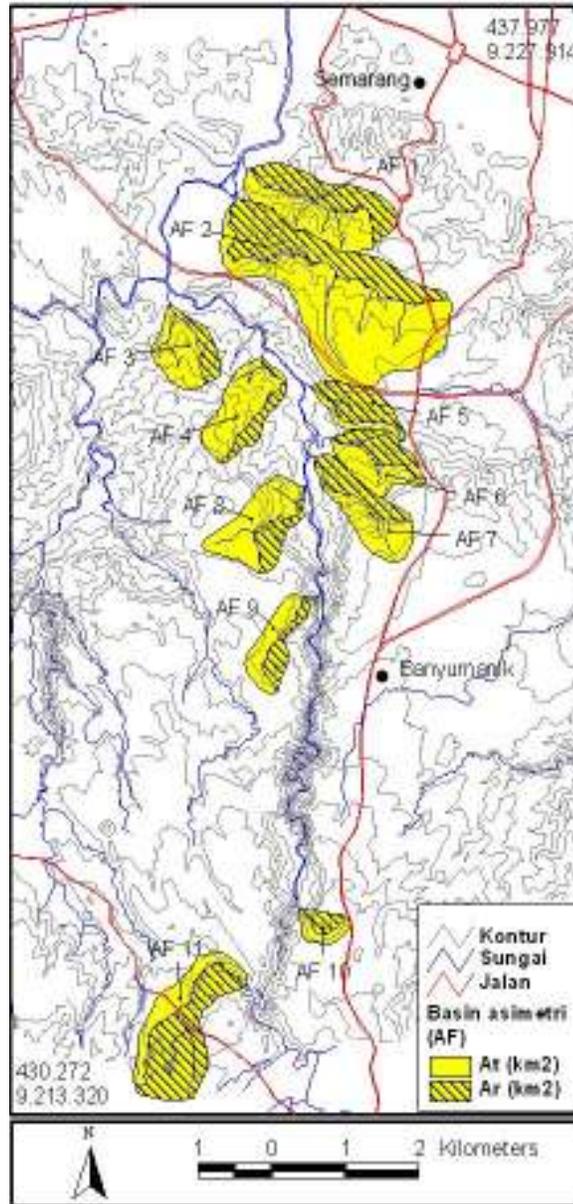
No	Nama (lokasi)	Slip	Kinematik	Keterangan
1	Sesar Selorejo	<i>Slip:</i> 73°, N321°E, <i>pitch:</i> 36°	Sesar naik mengiri	Berada di KGMFZ
2	Sesar Bangkok	<i>Slip:</i> 57°, N336°E, <i>pitch:</i> 36°	Sesar naik mengiri	Berada di KGMFZ
3	Sesar Pucung	<i>Slip:</i> 77°, N164°E, <i>pitch:</i> 8°	Sesar geser mengiri	Berada di KGMFZ
4	Sesar Patemon	<i>Slip:</i> 83°, N25°E, <i>pitch</i> : 6°	Sesar geser mengiri	Berada di KGMFZ
5	Sesar Pakintelan 1	<i>Slip:</i> 84°, N288°E, <i>pitch:</i> 5°	Sesar naik mengiri	Berada di KGMFZ
6	Sesar Pakintelan 2	<i>Slip:</i> 65°, N162°E, <i>pitch:</i> 14°	Sesar geser mengiri	Berada di KGMFZ
7	Sesar Sumurrejo	<i>Slip:</i> 75°, N167°E, <i>pitch:</i> 18°	Sesar naik mengiri	Berada di KGMFZ
8	Sesar Susukan	<i>Slip:</i> 86°, N70°E, <i>pitch:</i> 17°	Sesar naik mengiri	Berada di luar KGMFZ
9	Sesar Mojo	<i>Slip:</i> 49°, N250°E, <i>pitch:</i> 46°	Sesar turun manganan	Berada di luar KGMFZ
10	Sesar Kalianyar	<i>Slip:</i> 62°, N324°E, <i>pitch:</i> 22°	Sesar geser manganan	Berada di luar KGMFZ

Tabel 4. Kinematik sesar di daerah penelitian.

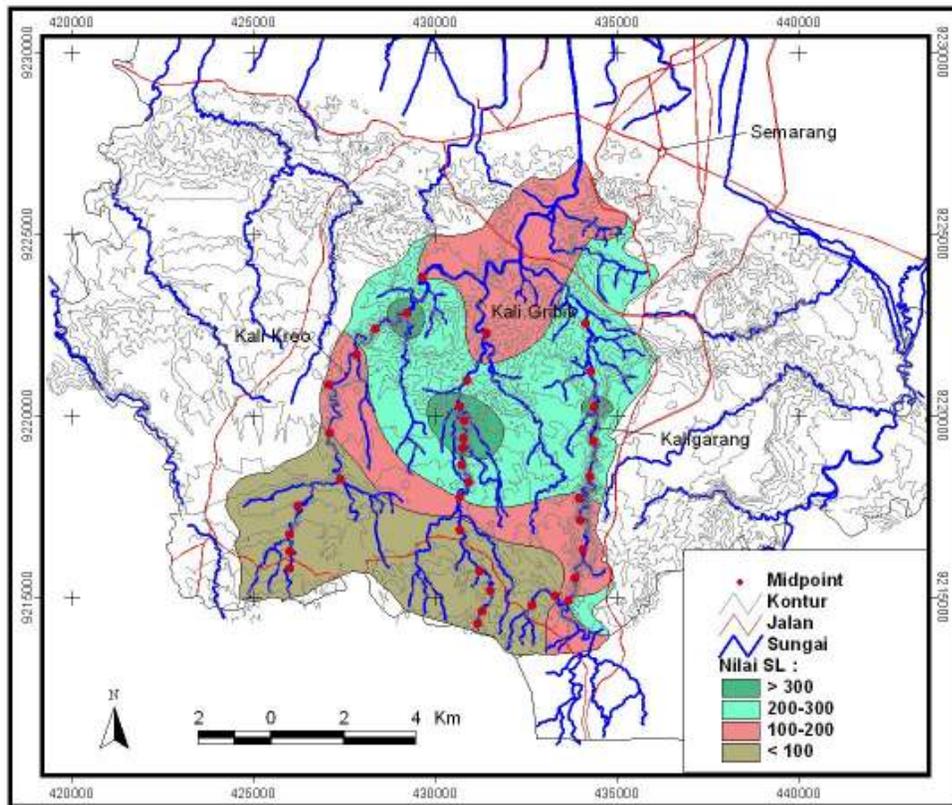
No	a (km ²)	A (km ²)	h (m)	H (m)	x : a/A	y : h/H
9	0,1328	0,56053	225	230	0,236919	0,978261
	0,44227	0,56053	200	230	0,789021	0,869565
	0,5392	0,56053	175	230	0,961947	0,76087
	0,55406	0,56053	150	230	0,988457	0,652174
	0,55815	0,56053	125	230	0,995754	0,543478
	0,56053	0,56053	100	230	1	0,434783



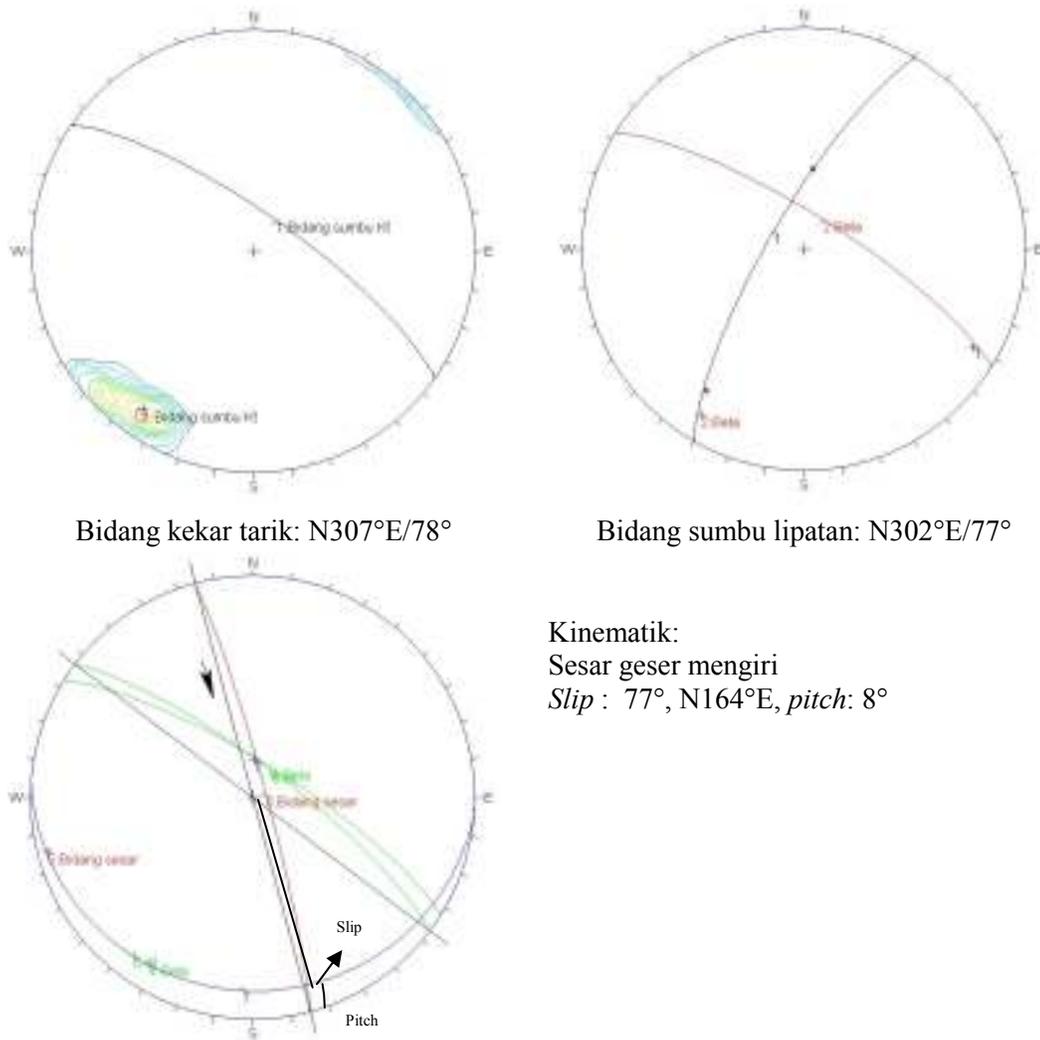
Gambar 2. Contoh tabel perhitungan, peta kontur, dan kurva hipsometrik di Patemon yang menunjukkan stadium muda.



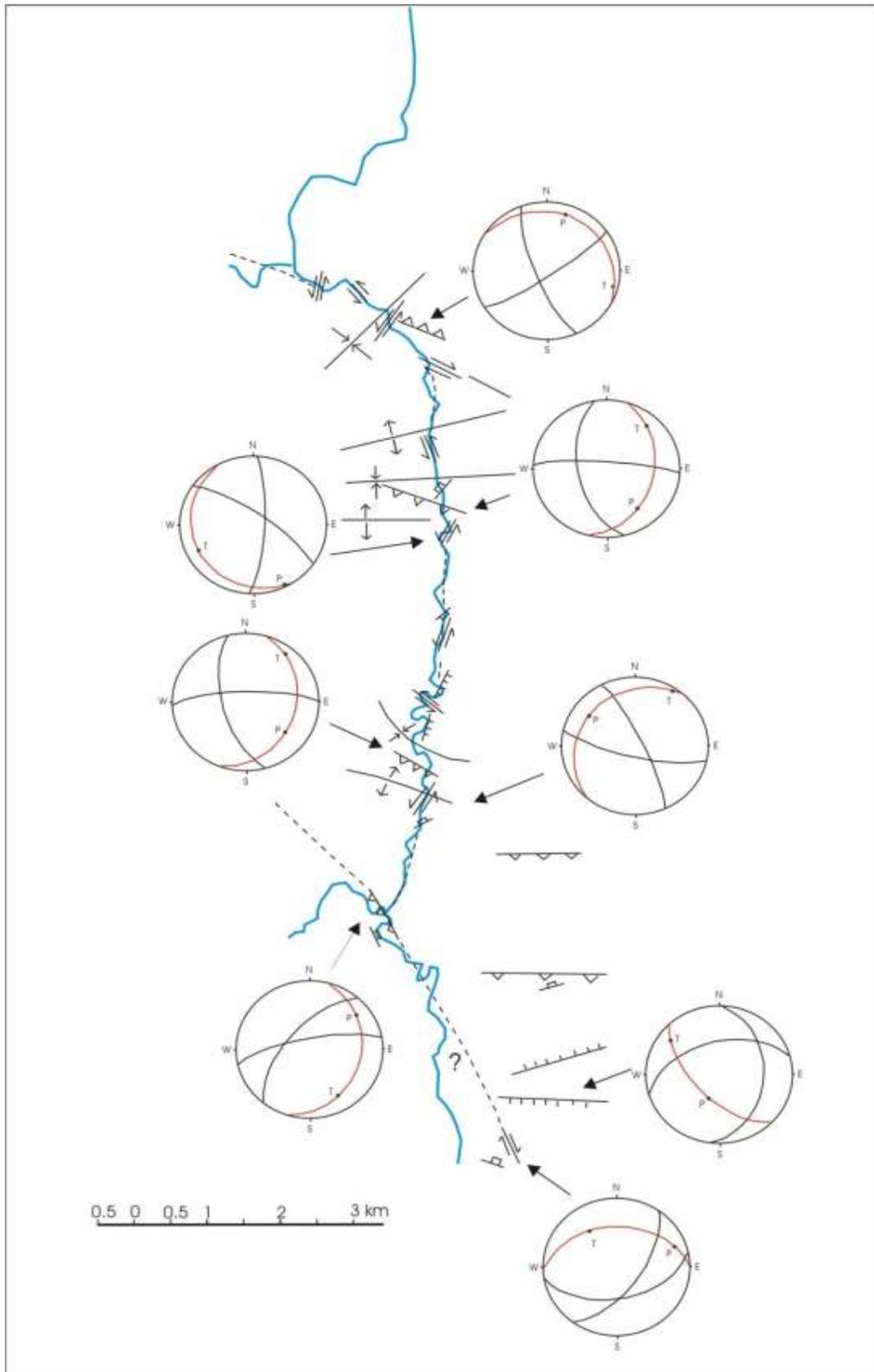
Gambar 3. Peta lokasi pengukuran faktor asimetri sungai.



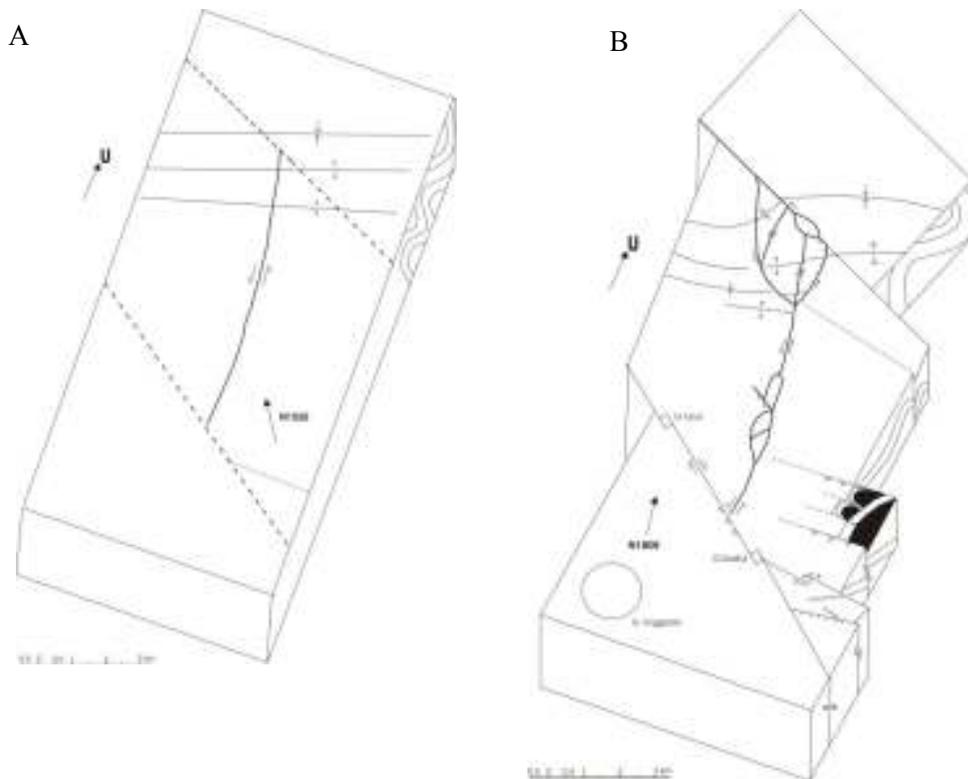
Gambar 4. Peta lokasi pengukuran gradien indeks panjang sungai (SL).



Gambar 5. Analisis stereonet penentuan kinematik sesar di Pucung.



Gambar 6. Analisis kinematik sesar di Kaligarang dan sekitarnya.



Gambar 7. Fase tektonik pembentuk zona sesar Kaligarang (KGFZ) dan sekitarnya
A. Fase deformasi pada Plio-Plistosen. B. Fase deformasi pada Holosen.