

Kompilasi Penentuan Sesar berdasarkan Data Struktur Geologi Permukaan dan Implikasinya terhadap Keberadaan Sesar Mataram di Daerah Bokoharjo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta

Al Hussein Flowers Rizqi^{1*}, Sandi Kurniawan¹, Muhammad Erlandi¹, Mohammad Nadhip¹, Apriko Yudhan Alansyah¹, Dharmawan Catur Wibisono¹, Winarti¹, Muhammad Fatih Qodri¹

¹ Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Korespondensi: alhussein@sttnas.ac.id

ABSTRAK

Kejadian gempa dahsyat di Yogyakarta pernah terjadi pada tahun 2006 dengan pusat gempa yang berpusat di Sesar Opak. Beberapa kejadian gempa juga sempat terjadi di tahun 2016 dan berpusat gempa di tengah perkotaan Yogyakarta. Penyebab terjadi gempa masih diinterpretasikan sebagai pergerakan sesar yang diduga memiliki arah yang berbeda dari Sesar Opak. Penelitian mengenai Sesar dengan arah berbeda dari Sesar Opak tersebut masih minim dan perlu dikaji. Daerah penelitian meliputi area di sekitar Perbukitan Boko, tepatnya di Bokoharjo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini bermaksud untuk mengkaji data struktur geologi permukaan yang disinyalir memiliki arah pergerakan sesar yang berarah barat – timur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi sesar berarah barat – timur dan hubungannya terhadap keberadaan Sesar Mataram. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan pemetaan semi detail dan tracing terhadap data struktur geologi berupa kekar (*shear fracture* dan *gash fracture*). Data geologi permukaan yang menunjukkan keberadaan sesar ditunjukkan adanya *step fault*. Hasil kajian mendapatkan pergerakan sesar utama berarah barat – timur dengan proyeksi stereonet melalui *software Dips* memiliki arah N 270° E/ 54°. Arah gaya tegasan memiliki arah utara – selatan berkisar 11°, N 14° E Sesar berarah barat – timur ini terkait dengan keberadaan Sesar Mataram yang memiliki arah barat – timur dan memotong Sesar Opak di daerah Bokoharjo. Perpotongan Sesar Mataram dan Sesar Opak menghasilkan adanya pembelokkan sungai Opak dan munculnya mata air (Umbul Sidomulyo) yang berada di sekitar kelokan Sungai Opak.

Kata kunci : Struktur geologi, Sesar Mataram, gempa, Bokoharjo, Yogyakarta

ABSTRACT

The devastating Yogyakarta earthquake of 2006 had its epicenter on the Opak Fault. Several earthquake incidents also occurred in 2016 and were centered in the middle of urban Yogyakarta. The cause of the earthquake is still interpreted as a fault movement, which is suspected to have a different direction from the Opak Fault. Research on the Fault in a different direction from the Opak Fault is still minimal and needs to be studied. The research area covers the area around the Boko Hills, to be precise, in Bokoharjo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta. This study intends to examine surface geological structure data, which allegedly shows a west-east direction of fault movement. The purpose of this study is to identify a west-east trending fault and its relationship to the existence of the Mataram Fault. The research method used is semi-detailed mapping and tracing of geological structure data in the form of joints (shear fracture and gash fracture). Surface data indicating the presence of faults is indicated by a step fault. The results of the study show that the main fault moves in a west-east direction with a stereonet projection through software Dips have directions N 270°E/ 54°. The direction of the stress force has a north-south direction around N 313 E/ 78°. This west-east trending fault is related to the existence of the Mataram Fault which has a west-east direction and cuts the Opak Fault in the Bokoharjo area. The intersection of the Mataram Fault and the Opak Fault results in a deflection of the Opak River and the appearance of a spring (Umbul Sidomulyo) around the Opak River bend.

Keywords : Structural geology, Mataram fault, earthquake, Bokoharjo, Yogyakarta

PENDAHULUAN

Wilayah kota Yogyakarta dibatasi oleh dua tinggian di sebelah barat dan timurnya. Tinggian tersebut berbatasan dengan dua sungai besar dengan dua sesar yakni Sesar Progo yang memanjang di Sungai Progo dan Sesar Opak yang melintasi Sungai Opak [1]. Sesar Opak lebih dikenal oleh masyarakat karena kejadian Gempa bumi 2006 yang pernah membuat sebagian besar wilayah di daerah ini porak – poranda. Gempa tersebut diduga

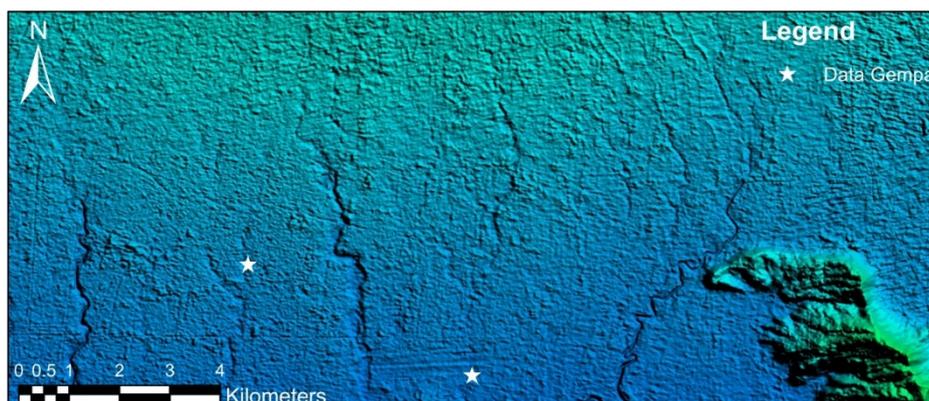
berasal dari pergerakan Sesar Opak yang menimbulkan adanya patahan – patahan sekunder. Studi mengenai Sesar Opak sudah banyak dikaji oleh para peneliti.

Kejadian gempa bumi menjadi salah satu bencana yang sering terjadi tanpa bisa diprediksi. Beberapa kejadian gempa terjadi di Indonesia terjadi pada zona tumbukan antar lempeng [2]. Pulau Jawa merupakan pulau yang memiliki banyak gunung api sekaligus memiliki potensi yang besar terhadap terjadinya gempa bumi. Wilayah Yogyakarta sendiri merupakan daerah *ring of fire* dengan adanya wilayah-wilayah subduksi lempeng tektonik [3]. Gempa bumi disebabkan karena adanya guncangan yang terjadi pada permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara mendadak yang menghasilkan gelombang seismik [4].

Beberapa kejadian gempa yang akhir – akhir ini terjadi di Kota Yogyakarta memiliki titik episentrum yang tidak sejajar dengan arah kelurusan Sesar Opak. Sebagai contoh kejadian di tahun 2016, gempa berskala magnitudo 2.6 SR di Depok, Sleman, Yogyakarta. Pusat gempa ini terjadi di pusat kota Yogyakarta. Setidaknya ada 6 titik pusat gempa yang berada di tengah kota Yogyakarta selama kurun waktu 5-10 tahun terakhir yang terekam dan dilaporkan oleh BMKG. Keberadaan sesar Mataram dimungkinkan dipengaruhi oleh adanya pergerakan Sesar Opak yang terdapat di sekitar aliran Sungai Opak. Sesar Mataram bagian timur sebelumnya sudah dikenal sebagai sesar Dengkeng. Konon, keberadaan Sesar Mataram berpapasan dengan Sesar Opak, dimulai dari utara Candi Boko dan memanjang di sekitar selokan Mataram. Sesar Mataram adalah kelanjutan Sesar Dengkeng yang melintas dari timur ke barat [5]. Sesar baru yang disebut peneliti ada di Kota Yogyakarta adalah Sesar Mataram.

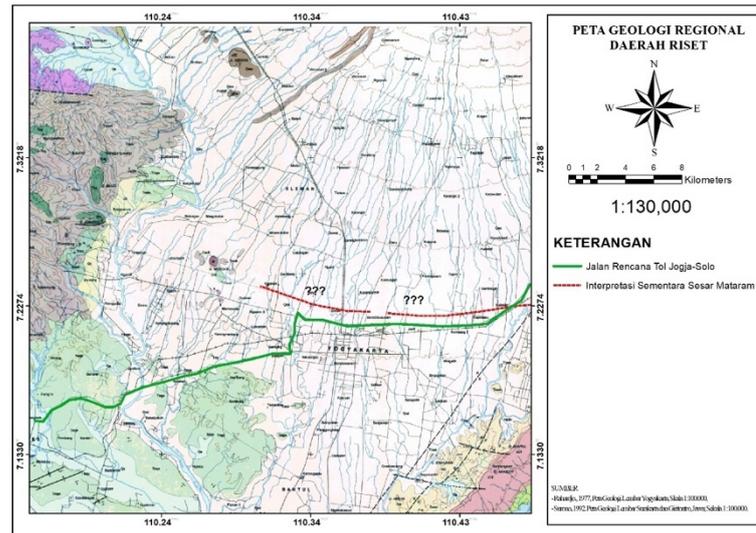
Peneliti Ahli Utama Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Danny Hilman Natawidjaja, menyebutkan selain terdapat Sesar Opak yang menyebabkan gempa pada 2006, di wilayah Yogyakarta ternyata terdapat sesar aktif yang sebelumnya belum terpetakan. Berdasarkan dari data pemutakhiran sesar aktif yang dilakukan BRIN, Danny berpendapat sesar yang membentang dari timur ke barat tersebut baru dipetakan pada 2021 dengan nama Sesar Mataram. Sesar Mataram bagian timur sebelumnya dikenal sebagai Sesar Dengkeng yang masih menerus ke arah barat melewati tengah-tengah Kota Yogyakarta (Selokan Mataram) [6].

Keberadaan Sesar Mataram belum dilakukan penelitian lebih lanjut, terutama mengenai terutama terkait potensi gempa yang dapat diakibatkan oleh sesar tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat pembahasan mengenai Sesar Mataram dengan cara mengidentifikasi serta memodelkan sesar tersebut menggunakan metode geolistrik. Keberadaan Sesar Opak yang diduga membatasi atau memotong Sesar Mataram ini telah diketahui pemodelan bawah permukaannya dengan metode geolistrik [7]. Sementara itu, pendugaan jenis dan kinematika Sesar Mataram baik dari data permukaan dan bawah permukaan belum diketahui jelas dan perlu dilakukan kajian lebih dalam. Setidaknya ada dua data gempa yang berpusat di wilayah kota Yogyakarta. Adanya data gempa tersebut terkait dengan kelurusan barat – timur dan keberadaan Sesar Mataram ini (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi pusat gempa yang pernah terjadi dan berpusat di wilayah kota Yogyakarta

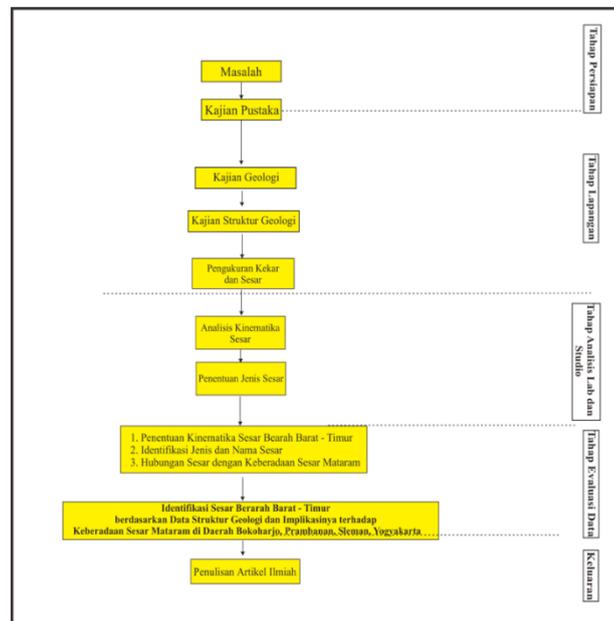
Penelitian ini penting untuk segera dilakukan dengan mengambil data permukaan. Mitigasi / penanggulangan terhadap potensi bencana gempa bumi yang mungkin dapat dipicu oleh Sesar Mataram tersebut dapat dilakukan sedini mungkin karena bersamaan dengan rencana pembangunan jalan tol Jogja – Solo yang sudah mulai dibangun melalui wilayah Yogyakarta (Gambar 2). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sesar di daerah Bokoharjo, Prambanan, Sleman yang diduga sebagai Sesar Mataram berdasarkan hasil analisis struktur geologi permukaan di Daerah Bokoharjo, Prambanan, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk memberikan kontribusi pemahaman kepada masyarakat umum mengenai karakteristik dan pergerakan Sesar Mataram.



Gambar 2. Peta Interpretasi sementara keberadaan Sesar Mataram dan rencana pembangunan Jalan Tol Jogja - Solo

METODE PENELITIAN

Penulisan dalam penelitian ini secara garis besar dilakukan dalam empat tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap pengambilan, tahap analisis data, dan tahap akhir yang secara terperinci dapat dilihat dalam (Gambar 3). Tahapan dalam penelitian ini antara lain:



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Tahap persiapan

Tahapan ini merupakan studi pustaka untuk digunakan sebagai pendukung yang terdiri dari pengumpulan data peneliti terdahulu dan beberapa literatur tinjauan regional Pegunungan Selatan dan terutama di daerah penelitian Desa Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tahap pengambilan data

Tahapan ini dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder, data primer merupakan data yang diambil langsung di lokasi penelitian berupa data struktur geologi dan litologi. Data primer yang diambil adalah data struktur geologi pada singkapan permukaan berupa kekar (*shear fracture* dan *gash fracture*), kelurusan, dan bidang kekar. Data sekunder merupakan data hasil dari kajian lokasi penelitian melalui peneliti terdahulu dan geologi regionalnya.

Tahap analisis data

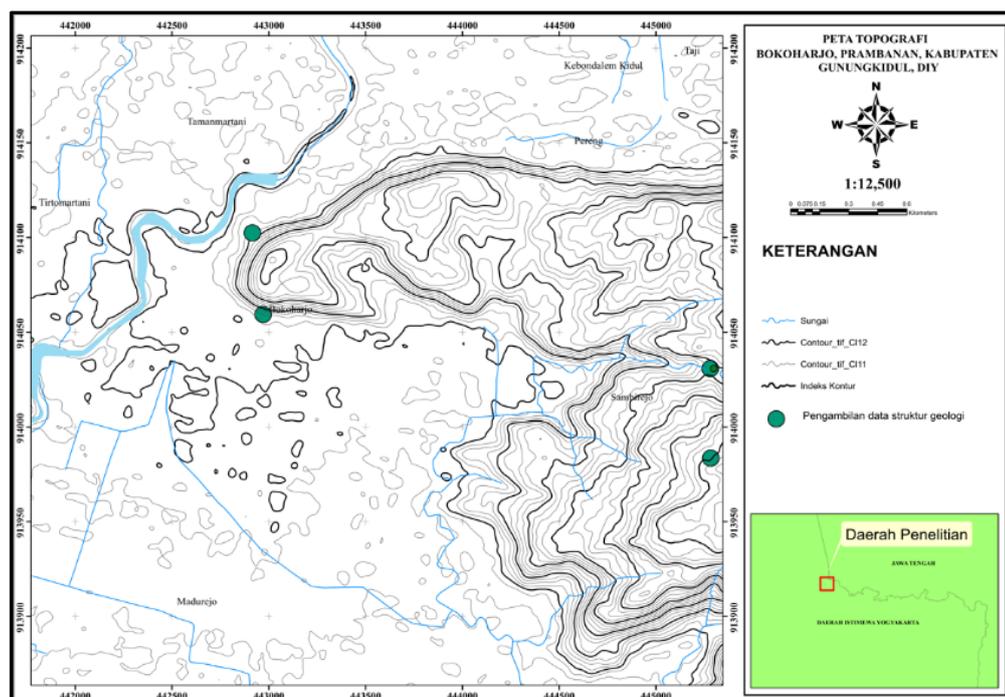
Tahap ini dilakukan dengan melakukan analisis stereografis pada data struktur geologi yang dijumpai di lapangan. Data yang dijumpai di lapangan diamati dan dicatat berdasarkan jejak struktur geologi yang memiliki arah kelurusan barat – timur. Beberapa data kekar terpilih baik *gash fracture* dan *shear fracture* dimasukkan dalam *software Dips*. Di dalam prosesing pembuatan proyeksi stereografis, penentuan bidang sesar hingga arah tegasan utama dapat ditentukan. Penamaan sesar utama didasarkan pada klasifikasi [8] berdasarkan data dip sesar dan *rake / pitch*.

Tahap penyusunan draft artikel ilmiah

Penyusunan draft artikel ilmiah akan menghasilkan luaran berupa hasil data berupa proyeksi stereografis bidang sesar utama dan kompilasi beberapa data sesar menjadi peta struktur geologi di daerah penelitian.

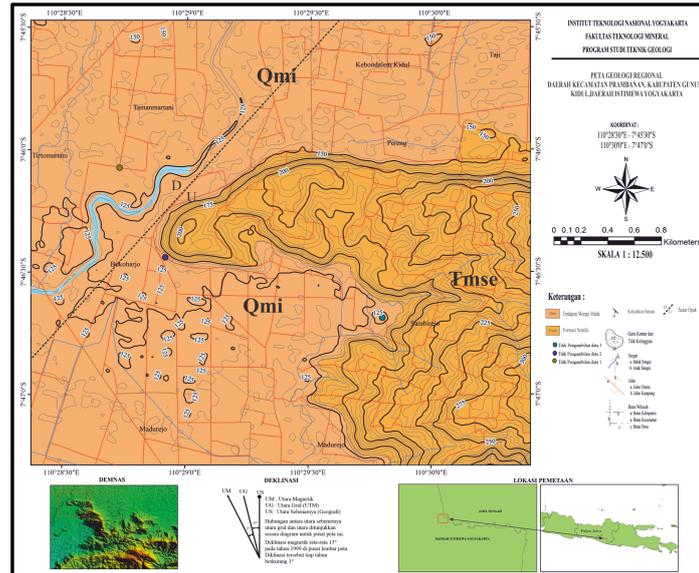
HASIL DAN ANALISIS

Lokasi penelitian terletak di Desa Bokoharjo, Kecamatan Prambanan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan masuk ke dalam peta geologi regional lembar Surakarta - Giritontro, pada koordinat geografis 442000 – 444500 dan 913950 – 914200 (Gambar 4).



Gambar 4. Peta topografi daerah penelitian

Berdasarkan Peta Lembar Geologi Surakarta-Giritontro daerah penelitian ini terletak pada Formasi Semilir (Tmse) dan Endapan Kuarter Merapi (Qmi) (Gambar 5) yang berskala 1:25000. Formasi Semilir merupakan Formasi yang terbentuk pada Kala Oligosen – Miosen Awal satuan batuanya terdiri dari perselingan antara perselingan tuf sedang halus-sangat halus, ke arah atas berubah menjadi breksi pumice-lapili yang berangsur berubah menghalus menjadi tuf [9]. Di bagian atas terendapkan Formasi Nglanggran berupa batupasir tufan yang ditutupi oleh breksi andesit. Di daerah Ngoro – oro Formasi Semilir berbatasan kontak dengan Formasi Kebo butak yang lebih tua umurnya [10].



Gambar 5. Sebagian Lembar Geologi Regional Surakarta-Girirentro [4] yang termasuk ke daerah penelitian

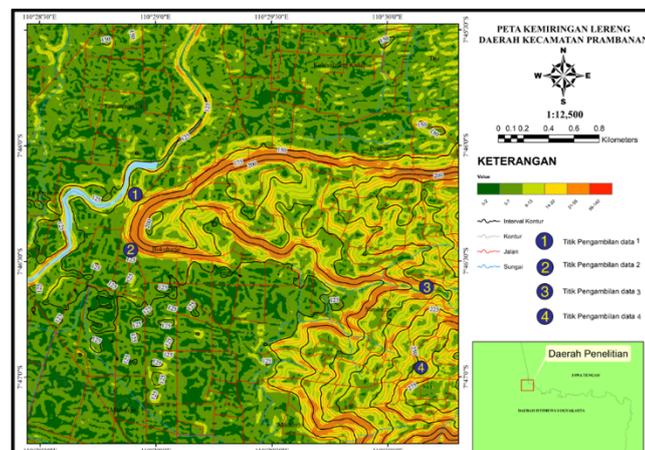
Geologi Daerah Penelitian

Geologi daerah penelitian meliputi kondisi geomorfologi, litologi, dan struktur geologi. Daerah penelitian tersusun atas beberapa Formasi di antaranya yaitu Formasi Semilir (Tmse) dan Endapan Kuartir Merapi (Qmi). Beberapa lokasi terpilih dijadikan lokasi pengamatan dikarenakan merupakan lokasi kunci dan terdapatnya data struktur geologi di permukaan.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian dapat dikategorikan sebagai dataran hingga perbukitan. Morfologi dataran berada di barat dari gawir perbukitan Boko dan dibatasi dengan Sungai Opak di sebelah timur. Dataran ini dikontrol oleh pengendapan fluvial – struktural, dengan kontrol pengendapan sedimen dari Sungai Opak. Perubahan morfologi menjadi perbukitan berada di Bukit Boko yang diinterpretasikan sebagai perbukitan structural yang dikontrol oleh Sesar Prambanan – Boko di sebelah utara [11]. Perubahan mencolok pada kelerengan di daerah penelitian diakibatkan adanya segmentasi dari Sesar Opak sehingga membentuk gawir dan perbukitan *in layer* [12]. Hipotesis lain, adanya perbukitan *in layer* ini juga dikontrol oleh adanya indikasi bekas adanya gunung api purba [13].

Daerah penelitian dikontrol oleh kelerengan yang bervariasi mulai 0 - 2° (dataran) hingga 21-55° (perbukitan). Lokasi pertama berada pada satuan kelerengan bergelombang lemah dengan kelerengan 3 - 7°. Lokasi pengukuran data 2 berada pada satuan kelerengan bergelombang kuat – perbukitan dengan kelerengan berkisar antara 14 – 20°. Kelerengan pada lokasi pengukuran 3 berada lembah di antara perbukitan yaitu berkisar 8 – 13° (Gambar 6).



Gambar 6. Morfologi / kelerengan pada daerah penelitian

Litologi Penyusun

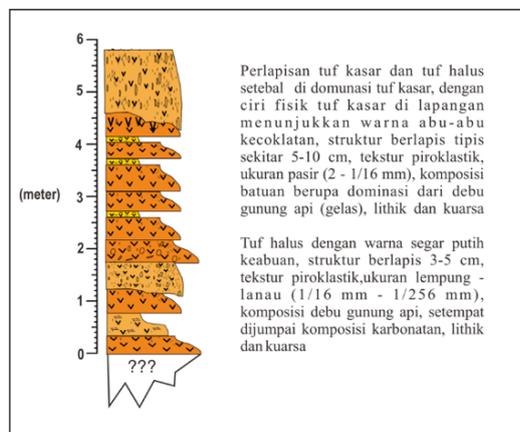
Lokasi 1 (Ringin Sari, Bokoharjo, Prambanan)

Pada lokasi penelitian ditemukan perlapisan batuan vulkaniklastik dengan kemiringan batuan ke arah tenggara. Batuan tersingkap dengan setebal kurang lebih 6 meter. Perlapisan batuan memiliki jurus N 30° E / 34°, tersusun atas perselingan tuf kasar dan tuf halus. Tuf kasar memiliki warna segar coklat kehitaman, warna lapuk abu-abu keputihan, tekstur piroklastik, struktur perlapisan, komposisi berupa debu gunung api, lithik, kuarsa (Gambar 7).



Gambar 7. Singkapan batuan vulkaniklastik berupa perselingan tuf kasar dan tuf halus

Tuf halus memiliki warna segar putih kecokelatan, warna lapuk abu-abu kehitaman, tekstur piroklastik, struktur perlapisan, komposisi berupa debu gunung api, lithik, kuarsa. Di lapisan tuf halus bagian bawah dijumpai komposisi karbonatan (Gambar 8).



Gambar 8. Profil vertikal dari Singkapan batuan vulkaniklastik di lokasi 1

Lokasi 2 (Dawung, Bokoharjo, Prambanan)

Pada lokasi penelitian ditemukan batuan vulkaniklastik dengan ciri lapilli tufan berlapis tebal 50-80 cm dan beberapa terdapat lapisan tuf halus. Perlapisan batuan vulkaniklastik dengan penciri dari Formasi Semilir ini memiliki kemiringan lapisan batuan yang mengarah ke arah timur laut atau berkisar N 320° E/ 28°. Perlapisan lapili tufan memiliki ciri warna coklat kehitaman, struktur berlapis, tekstur klastika gunung api, ukuran butir 2-64 mm, komposisi dominasi debu berukuran lapilli, lithik, tuf, kuarsa dan felspar. Singkapan tuf halus memiliki warna segar putih keabuan, tekstur klastika gunung api, ukuran butir 1-2 mm, komposisi didominasi debu gunung api, lithik dan sedikit kuarsa (Gambar 9).



Gambar 9. Perlapisan batuan piroklastik memperlihatkan batuan berlapis di lokasi 2

Lokasi 3 (Sambirejo, Sleman, Prambanan)

Lokasi penelitian 3, berada di Dusun Sambirejo, merupakan alur sungai bagian hulu dari Sungai kecil yang mengalir di Desa Sambirejo, Bokoharjo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta. Pada lokasi penelitian ditemukan batuan vulkaniklastik dengan ciri masif setebal 2-3 meter (Gambar 10). Ciri di lapangan menunjukkan batuan terlihat sangat kompak, dengan tekstur klastik, ukuran butir 2-64 mm, memiliki komposisi debu, lithik dan tuf.



Gambar 10. Kenampakan batuan piroklastik berupa lapilli tuf tersingkap setebal 1-2 meter di lokasi 3

Lokasi 4 (Tebing breksi, Sambirejo, Sleman, Prambanan)

Lokasi penelitian 4, berada di Tebing breksi, di Dusun Sambirejo, merupakan tempat wisata yang merupakan tinggian dengan susunan batuan dari bawah ke atas semakin kasar. Pada lokasi penelitian ditemukan batuan vulkaniklastik dengan perlapisan tipis tuf lapilli dan tuf kasar ciri masif setebal 7-8 meter (Gambar 11).



Gambar 11. Kenampakan batuan piroklastik berupa perselingan tuf kasar tersingkap setebal 7-8 meter dan tuf halus setebal 50 cm.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, Tebing breksi mempunyai susunan litologi utama yaitu batupasir tufan, batulanau tufan, tuf, batulempung tufan, dan mengandung sedikit karbonatan. Batupasir tufan ini memiliki warna segar coklat cerah, warna lapuk coklat kehitaman, ukuran butir pasir sangat halus (0,0625-

0,125 mm). Memiliki bentuk butir *rounded-well rounded*, kemas tertutup, sortasi baik. Tuf dengan ukuran butir kasar, dengan komposisi didominasi mineral berukuran lempung (<0,01mm).

Identifikasi Struktur Geologi daerah penelitian

Penentuan struktur geologi daerah penelitian dilakukan dengan pengukuran terhadap data kekar, bidang sesar, kelurusan. Identifikasi sesar dilakukan dengan penentuan bidang sesar melalui proyeksi stereografis dari kelurusan *step fault*, sungai / tebing, bidang kekar *gash fracture* dan *shear fracture*.

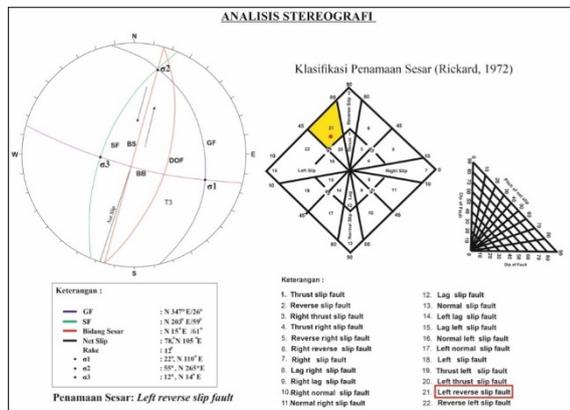
Lokasi 1 (Ringin Sari, Bokoharjo, Prambanan)

Lokasi 1 berada di timur Sungai Opak dan di sebelah barat di dekat Jalan Piyungan – Prambanan. Perlapisan batuan terlihat dipotong oleh beberapa kekar. Data kekar yang terukur didominasi kekar *shear fracture* dan *gash fracture* (Tabel 1).

Tabel 1. Pengukuran data kekar di lokasi 1

<i>Shear Fracture</i>	<i>Shear Fracture</i>	<i>Gash Fracture</i>
N 295° E/ 82°	N 115° E/ 75°	N 145° E/ 79°
N 295° E/ 88°	N 310° E/ 69°	N 105° E/ 86°
N 116° E/ 78°	N 275° E/ 77°	N 85° E/ 75°
N 135° E/ 65°	N 125° E/ 84°	N 75° E/ 77°

Hasil pengukuran kekar di atas kemudian dilakukan pengeplotan pada *software Dips* untuk menentukan arah umum kekar *shear fracture* dan *gash fracture*. Hasil stereografis memperlihatkan proyeksi bidang sesar dengan arah N 15° E/ 61°, *gash fracture* dengan arah N 347° E/ 26°, *shear fracture* N 203° E/ 59°. Rake memiliki besaran sekitar 77°. Arah gaya utama 69°, N 225° E (Gambar 12). Penentuan nama sesar berdasarkan klasifikasi *Left Reverse Slip Fault* [8].



Gambar 12. Hasil proyeksi stereografis sesar di lokasi 1 menghasilkan sesar mengkiri dengan arah timur laut – barat daya

Lokasi 2 (Dawung, Bokoharjo, Prambanan)

Interpretasi sesar di lokasi 2 di daerah Dawung didasarkan pada keberadaan *step fault* dengan arah relatif N 140° E (Gambar 13). Selain data *step fault* data pendukung lainnya adalah keberadaan kekar yang memotong batuan. Kekar *shear fracture* dan *gash fracture* terlihat mendominasi dan dipengaruhi oleh adanya suatu gaya tektonik. Data kekar tersebut tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran data kekar di lokasi 2 (Dawung)

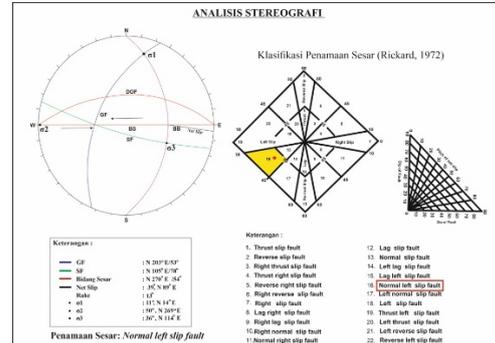
<i>Shear Fracture</i>	<i>Shear Fracture</i>	<i>Gash Fracture</i>
N 60° E/ 72°	N 93° E/ 82°	N 45° E/ 89°
N 70° E/ 78°	N 75° E/ 88°	N 185° E/ 86°
N 72° E/ 88°	N 85° E/ 78°	N 175° E/ 75°
N 90° E/ 75°	N 50° E/ 90°	N 200° E/ 87°
N 70° E/ 79°	N 40° E/ 88°	N 200° E/ 86°
N 95° E/ 88°	N 110° E/ 85°	N 215° E/ 88°

Kompilasi Penentuan Sesar berdasarkan Data Struktur Geologi dan Implikasinya terhadap Keberadaan Sesar Mataram di Daerah Bokoharjo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta (Al Hussein Flowers Rizqi)

Hasil pengukuran kekar di atas kemudian dilakukan pengeplotan pada *software Dips* untuk menentukan arah umum kekar *shear fracture* dan *gash fracture*. Hasil stereografis memperlihatkan proyeksi bidang sesar dengan arah N 320° E/ 50°, *gash fracture* dengan arah N 85° E/ 64°, *shear fracture* N 341° E/ 78°. Rake memiliki besaran sekitar 31°. Arah gaya utama 69°, N 280° E (Gambar 14). Penentuan nama sesar berdasarkan klasifikasi *Normal Left Slip Fault* [8].



Gambar 13. Keberadaan indikasi sesar mendatar berupa *step fault* di lokasi 2 menunjukkan pergerakan sesar sinistral dengan arah barat laut – tenggara



Gambar 14. Hasil proyeksi stereografis sesar di lokasi 2 menghasilkan sesar mengikiri

Lokasi 3 (Sambirejo, Bokoharjo, Prambanan)

Interpretasi sesar di lokasi 3 di daerah Sambirejo, tepatnya di Sungai kecil. Interpretasi sesar didasarkan pada keberadaan *step fault* dengan arah relatif N 265° E (Gambar 15). Selain data *step fault* data pendukung lainnya adalah keberadaan kekar yang memotong batuan. Kekar *shear fracture* dan *gash fracture* terlihat mendominasi dan dipengaruhi oleh adanya suatu gaya tektonik di daerah penelitian. Data kekar tersebut tersaji dalam Tabel 3.

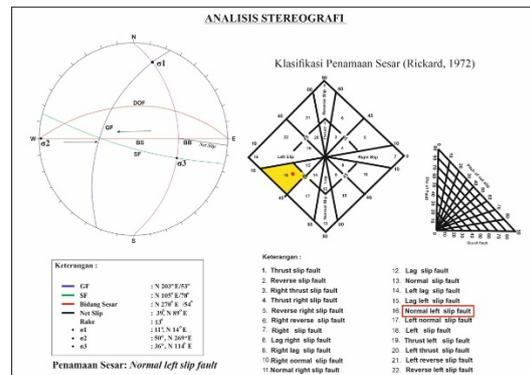
Tabel 3. Pengukuran data kekar di lokasi 3 (Sambirejo)

<i>Shear Fracture</i>	<i>Shear Fracture</i>	<i>Gash Fracture</i>
N 286° E/ 72°	N 275° E/ 82°	N 26° E/ 89°
N 298° E/ 78°	N 336° E/ 88°	N 336° E/ 86°
N 294° E/ 88°	N 255° E/ 78°	N 335° E/ 75°
N 225° E/ 75°	N 255° E/ 90°	N 352° E/ 87°
N 275° E/ 78°	N 195° E/ 76°	N 12° E/ 75°

Hasil pengukuran kekar di atas kemudian dilakukan pengeplotan pada *software Dips* untuk menentukan arah umum kekar *shear fracture* dan *gash fracture*. Hasil stereografis memperlihatkan proyeksi bidang sesar dengan arah N 295° E/ 51°, *gash fracture* dengan arah N 264° E/ 79°, *shear fracture* N 166° E/ 74°. Rake memiliki besaran sekitar 14°. Arah gaya utama 16°, N 80° E (Gambar 16). Penentuan nama sesar berdasarkan klasifikasi *Normal Left Slip Fault* [8].



Gambar 15. Keberadaan indikasi sesar mendatar berupa *step fault* di lokasi 3 menunjukkan pergerakan sesar sinistral dengan arah barat - timur



Gambar 16. Hasil proyeksi stereografis sesar di lokasi 3 menghasilkan sesar mengikiri dengan arah barat - timur

Lokasi 4 (Tebing breksi, Sambirejo, Sleman, Prambanan)

Pada lokasi ini dijumpai indikasi sesar berupa dominan kekar *shear fracture* dan *gash fracture*. Tebing breksi merupakan blok yang relatif tegak (Gambar 17). Beberapa kekar juga dijumpai di dasar sungai dengan dilakukan pengukuran seperti dalam Tabel 4.

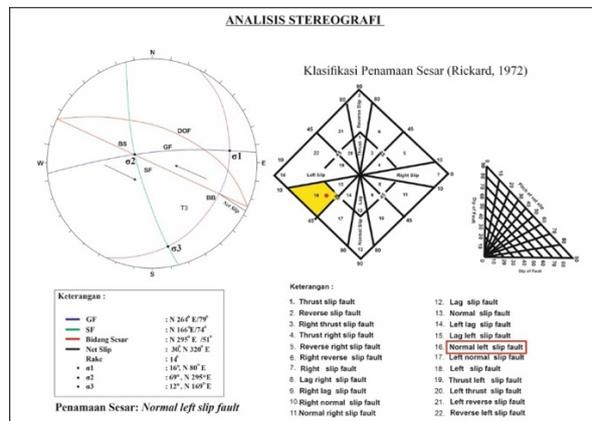
Tabel 4. Pengukuran data kekar di lokasi 4 (Tebing breksi, Sambirejo)

<i>Shear Fracture</i>	<i>Shear Fracture</i>	<i>Gash Fracture</i>	<i>Gash Fracture</i>
N 170° E/ 72°	N 120° E/ 82°	N 130° E/ 89°	N 264° E/ 88°
N 235° E/ 78°	N 215° E/ 88°	N 135° E/ 86°	N 355° E/ 78°
N 250° E/ 88°	N 274° E/ 78°	N 60° E/ 75°	N 304° E/ 67°
N 225° E/ 75°	N 284° E/ 90°	N 125° E/ 87°	N 215° E/ 89°
N 110° E/ 78°	N 218° E/ 76°	N 255° E/ 75°	

Hasil pengukuran kekar di atas kemudian dilakukan pengeplotan pada *software Dips* untuk menentukan arah umum kekar *shear fracture* dan *gash fracture*. Hasil stereografis memperlihatkan proyeksi bidang sesar dengan arah N 295° E/ 51°, *gash fracture* dengan arah N 264° E/ 79°, *shear fracture* N 166° E/ 74°. *Rake* memiliki besaran sekitar 14°. Arah gaya utama 16°, N 80° E (Gambar 18). Penentuan nama sesar berdasarkan klasifikasi *Normal Left Slip Fault* [8].



Gambar 17. Kekar intensif berupa *shear fracture* di lokasi 4



Gambar 18. Hasil proyeksi stereografis sesar di lokasi 4 menghasilkan sesar mengikiri dengan arah relatif barat laut – tenggara

Rekonstruksi dan Pembentukan Struktur Geologi Daerah Penelitian

Kompleks struktur geologi daerah penelitian terbentuk akibat adanya regim tektonik regangan yang berarah timurlaut – baratdaya. Struktur geologi dengan Pola Meratus dengan arah timurlaut – baratdaya yang berumur Kapur hingga Paleosen merupakan pola paling tua di Pulau Jawa. Sesar-sesar dengan pola Meratus di Pulau Jawa umumnya teraktifkan kembali pada umur-umur yang lebih muda. Kelurusan yang ada pada Zona Pegunungan Selatan dengan pola Meratus antara, yaitu kelurusan Sungai Opak dan Bengawan Solo yang mencapai panjang lebih dari 30 km [14] dan diinterpretasikan sebagai struktur geologi yang terbentuk akibat hasil reaktivasi struktur geologi pada batuan dasar.

Sesar yang di lokasi 1 merupakan sesar tertua di daerah penelitian. Sesar ini merupakan bagian dari segmen Sesar Sinistral pada Kala Eosen - Miosen dengan arah timur laut – barat daya dan dikenal sebagai Sesar Opak (Gambar 19). Setelah pembentukan Sesar Opak, terbentuk juga sesar dengan arah barat laut – tenggara. Pergerakan sesar berarah barat laut – tenggara adalah sesar sinistral yang terbentuk pada Miosen Akhir – Pliosen (lokasi 2 dan lokasi 4) [15]. Perpotongan beberapa sesar tersebut menunjukkan bahwa sesar tertua dengan Pola Meratus dipotong oleh sesar mendatar Pola Sumatra menandakan adanya 2 fase tektonik yang berbeda.

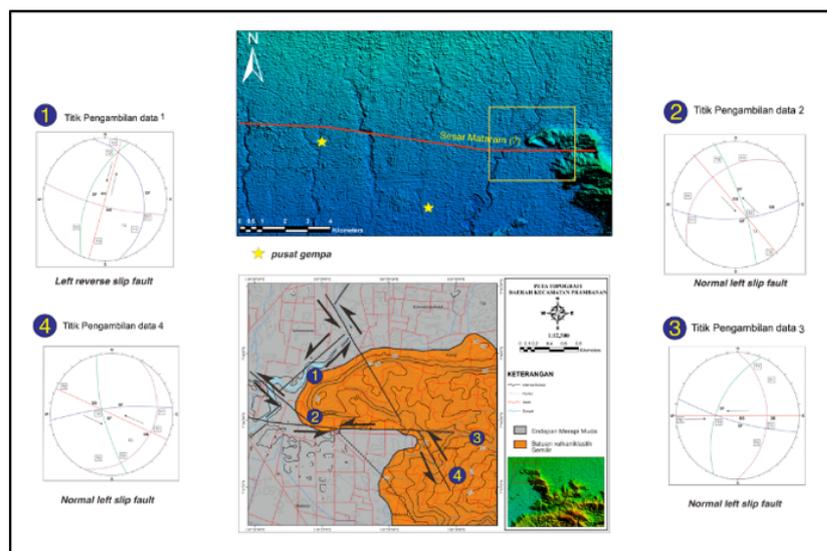
Terakhir, perpotongan sesar mendatar mengikiri Opak dan Sesar sinistral berarah barat laut - tenggara ini kemudian dipotong oleh Sesar berarah barat – timur (lokasi 3). Sesar berarah barat – timur ini merupakan sesar

sinistral. Hasil perpotongan sesar ini menghasilkan bukaan (*releasing band*). Adanya pembelokkan (liukan) sungai Opak merupakan bukti adanya perpotongan kedua sesar tersebut. Di lapangan, zona bukaan ini ditengarai oleh adanya kemunculan mata air. Susunan endapan Kuarter di selatan daerah penelitian menuniukkan antar alur sungai saling berpotongan, dan mengalami pergeseran. Pergeseran tersebut diakibatkan oleh adanya perulangan gerak mendatar turun dan naik yang identik dengan siklus tektonik [16]. Adanya teras sungai pada Sungai Opak memiliki 3 jenjang menandakan bahwa telah terjadi 3 kali siklus tektonik [17]. Hal ini juga senada dengan adanya tiga kelurusan struktur geologi (sesar) yang berada pada daerah penelitian. Tiga sesar memiliki arah kelurusan yang berbeda menandakan tektonik yang berbeda waktunya (fase tektonik berbeda).

Sesar Mataram dan Keterkaitan dengan Tektonik Regional (Sesar Opak)

Menurut [15] berdasarkan penyelidikan geologi lapangan menafsirkan bahwa adanya 4 (empat) trend struktur yang berkembang di Pegunungan Selatan Jawa Timur bagian barat, yaitu (dari yang tertua) TL-BD, U-S, BL-Tg, dan B-T. Trend pertama (TL-BD) berkembang sebagai sesar geser sinistral pada batuan dasar (*basement*) akibat gaya kompresi penunjaman Lempeng Indo-Australia pada Kala Eosen Akhir – Miosen Tengah. Untuk selanjutnya, berdasarkan kesesuaian dengan data regional Pulau Jawa, [18] menduga bila trend-trend selain TL-BD bukan merupakan hasil reaktivasi sesar pada *basement*. Trend kedua (U-S) hadir sebagai sesar geser sinistral di bagian barat Pegunungan Selatan pada akhir Pliosen. Trend ketiga (BL-Tg) berkembang sebagai sesar geser dekstral yang diduga muncul bersama-sama dengan trend kedua sebagai respon terhadap gaya kompresi penunjaman Lempeng Indo-Australia di akhir Neogen. Trend keempat (B-T) hadir sebagai sesar turun akibat gaya regangan yang disebabkan oleh pengangkatan Pegunungan Selatan di awal Pleistosen. Gaya regangan tersebut juga mengaktifkan beberapa sesar geser tua menjadi sesar turun, seperti yang dialami oleh Sesar Opak.

Mengacu pada model pembentukan adanya struktur geologi [18], sesar Opak adalah sesar geser orde pertama dari gaya berarah utara-selatan (N-S). Gaya ini merupakan gaya utama yang bekerja di Pulau Jawa yang terbentuk akibat adanya penunjaman lempeng samudera Hindia di bawah Pulau Jawa. Pergerakan sesar Opak menghasilkan gaya turunan yang berarah barat-laut-tenggara (NW-SE). Gaya ini menghasilkan sesar orde ke-2 yaitu sesar sinistral (mendatar mengkiri) Bantul (SB) dan sesar dekstral (mendatar mengkanan) Sleman (SS). Kehadiran sesar yang berpasangan ini menyebabkan blok batuan Yogyakarta-Godean-Nanggulan bergerak relatif ke barat dan relatif naik dibandingkan blok batuan di utara (blok batuan Sleman) dan selatannya (blok batuan Bantul-Wates [19]).

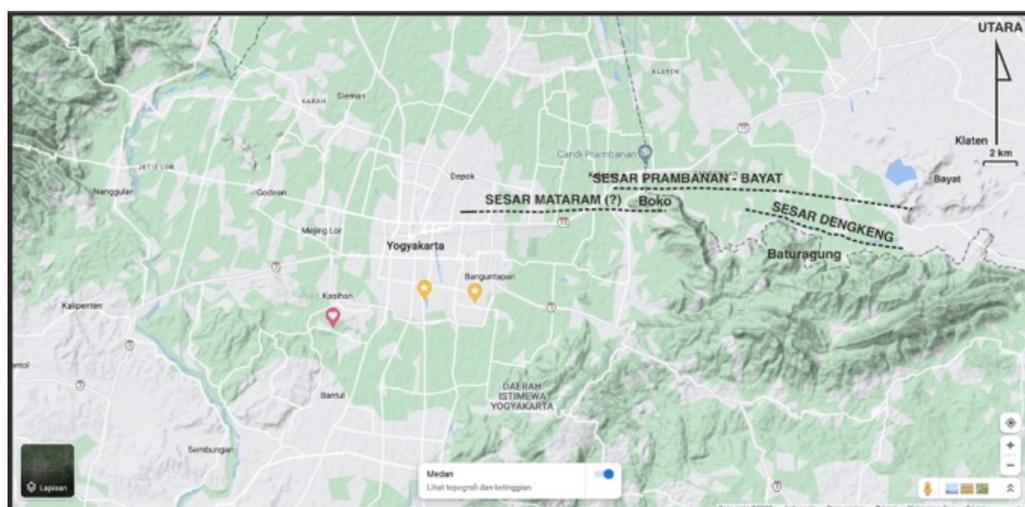


Gambar 19. Kompilasi DEM, pusat gempa tektonik, dan interpretasi sesar lokal yang terdapat di daerah penelitian

Interpretasi Sesar Mataram di daerah penelitian terdapat pada lokasi ke 3. Lokasi pendataan sesar tersebut berada pada kelurusan sungai kecil di daerah Sambirejo dengan arah relatif barat – timur. Sesar berarah barat – timur ini memiliki pergerakan sesar mendatar mengkiri (sinistral). Kelurusan sesar ini dapat diinterpretasi melalui kelurusan lembah sungai pada peta DEM dengan melihat adanya pembelokkan sungai di tengah kota yaitu pembelokkan Sungai Babarsari di daerah Depok, Sleman. Pembelokkan sungai ini memiliki dugaan

akibat adanya Sesar Mataram. Sesar yang diduga sesar Mataram di daerah penelitian melingkupi sesar yang terdapat di selatan dari gawir perbukitan Boko. Sesar ini memiliki pergerakan mendatar mengkiri dengan arah relatif barat – timur. Di sisi lain, Sesar lain di utara perbukitan Boko pernah dikaji oleh [20] yang juga berarah barat – timur dan memiliki pergerakan sesar turun dengan nama Sesar Bayat – Prambanan (Gambar 20).

Sesar berarah barat – timur juga ditemukan dan dijumpai di timur dari perbukitan Boko ini, Sesar tersebut adalah Sesar Dengkeng yang terletak persis di utara Gawir Baturagung sebelah barat. Keberadaan Sesar ini diinterpretasikan merupakan sesar aktif dengan direkamnya 10 titik pusat gempa yang pernah ada di sekitar sesar ini pada tahun 2015-2019 [21]. Hubungan dan terbentuknya antara Sesar Mataram dengan Sesar Dengkeng belum pernah dikaji apakah satu kelurusan sesar yang sama atau beda. Perlu adanya kajian detail dan mendalam mengenai hal ini terkhusus dengan metode geofisika (geolistrik dan atau gravitasi).



Gambar 20. Keterkaitan dan posisi Sesar Mataram, Sesar Prambanan – Bayat, dan Sesar Dengkeng

KESIMPULAN

Interpretasi sesar di daerah Bokoharjo, Prambanan, Sleman meliputi empat sesar mendatar sinistral dengan penamaan sesar yang berbeda. Penamaan sesar *Left Reverse slip fault* berada pada di lokasi 1. Sesar *Normal left slip fault* terdapat pada lokasi 2, 3, dan 4. Mekanisme pembentukkan Sesar yang pertama kali terbentuk adalah sesar sinistral dengan arah timur laut – barat daya (Sesar Opak) pada Kala Eosen, dipotong dengan dengan sesar sinistral dengan arah barat laut – tenggara pada Miosen Akhir – Pliosen. Sesar terakhir yang terbentuk di daerah penelitian adalah sesar berarah barat – timur (Pola Jawa) yang memiliki pergerakan sinistral terbentuk pada Kala Pleistosen. Sesar dengan arah barat – timur ini diduga sebagai Sesar Mataram yang terletak memanjang di selatan gawir perbukitan Boko.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ITNY yang telah memberi bantuan dana dan dukungan berupa fasilitas laboratorium terhadap kajian dan analisis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wibowo, N. B., & Sembri, J. N. (2017). Analisis Seismisitas dan Energi Gempa Bumi di Kawasan Jalur Sesar Opak-Oyo Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*, 6(2), 109-115.
- [2] Murtianto, H. (2016). Potensi kerusakan gempa bumi akibat pergerakan patahan sumatera di sumatera barat dan sekitarnya. *Jurnal Geografi Gea*, 10(1), 80-86.
- [3] Sari, N. N. (2018). K-Affinity Propagation (K-AP) *Clustering Untuk Klasifikasi Gempa Bumi* (Studi Kasus: Gempa Bumi di Indonesia Tahun 2017).
- [4] Khansha, A. I., Novianty, A., & Prasasti, A. L. (2020). Noise Handling Pada Sinyal Seismik Menggunakan Discrete Wavelet Transform (dwt). *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- [5] Bpbd.jogjaprovo.go.id, Anonim (2023). Kesiapsiagaan kita <http://bpbjogjaprovo.go.id/berita/sesar-mataram-dan-kesiapsiagaan-kita>, diakses pada 6 September 2023
- [6] jogjapolitan.harianjogja.com, Anonim (2022). <https://www.brin.go.id/news/110999/peran-brin-dalam-pemutakhiran-peta-sesar-aktif-di-wilayah-indonesia> diakses pada 6 September 2023
- [7] Lutfinur, I., & Susanto, H. (2015). Identifikasi Sesar Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus Sungai Opak Yogyakarta). *Unnes Physics Journal*, 4(1).
- [8] Rickard, M. J. (1972). Fault classification: discussion. *Geological Society of America Bulletin*, 83(8), 2545-2546.

- [9] Wijayanti, H. D. K. (2022). STRATIGRAFI KONTAK FORMASI SEMILIR DAN NGLANGGRAN PADA JALUR PILANGREJO, NGLIPAR, GUNUNG KIDUL STRATIGRAPHY OF CONTACT SEMILIR AND NGLANGGRAN FORMATION ON THE PILANGREJO, NGLIPAR, GUNUNG. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 8(02), 137-151
- [10] Rizqi, Al Hussein Flowers. (2021). Characteristic and Provenance of Sandstone Beds in Ngoro Oro Area, Patuk Sub district, Gunung Kidul Regency, Yogyakarta. 10.4108/eai.30-8-2021.2311505.
- [11] Setiadi, L.D., D.H. Barianto, K. Watanabe, K. Fukuoka, S. Ehara, W. Rahardjo, Ign. Sudarno, S. Shimoyama, A. Susilo, and T. Itaya (2007) Searching for the Active Fault of the Yogyakarta Earthquake 2006 Using Data Integration on Aftershocks, Cenozoic Geo-History, and Tectonic Geomorphology. In: D. Karnawati, S. Pramumijoyo, R. Anderson, and S. Husein (eds.), *The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006*. Star Publisher, New York.
- [12] Moechtar, H. dan Mulyana, H., 2007. Tektonik dan implikasinya terhadap evolusi alur sungai purba (Studi kasus Geologi Kuartar pada alur kali Opak purba di Kec. Berbah, Kab. Sleman D.I. Yogyakarta), Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung. *Journal JTM*, 15 (1) : 33-50.
- [13] Santoso, S. (2009). Morfologi dan Umur Perpindahan Alur Sungai Opak di Daerah Berbah Sleman. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 19(4), 239-249.
- [14] Toha, B., Purtyasti, R.D., Sriyono, Soetoto, Rahardjo, W., Pramumijoyo, S., Geologi Daerah Pegunungan Selatan: Suatu Kontribusi. *Proceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*. Yogyakarta: NAFIRI, 1992
- [15] Sudarno, Ign. (1997) Kendali Tektonik Terhadap Pembentukan Struktur pada Batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta dan Sekitarnya. Tesis Magister pada Program Studi Geologi Program Pascasarjana Institut Teknologi Bandung, 167 p (tidak dipublikasikan).
- [16] ASTUTI, B.S., RAHARDJO, W., LISTYANI, R.A., DAN HUSEIN, S., "Morfogenesis bukit-bukit inlier antara Watuadeg hingga Pengklik, Daerah Berbah, Sleman Yogyakarta", *Prosiding Workshop Geologi Pegunungan Selatan 2007*, Badan Geologi, Pusat Survei Geologi, Bandung, 2009.
- [17] Winarti, W., & Hartono, H. G. (2015). Identifikasi Batuan Gunung Api Purba di Pegunungan Selatan Yogyakarta Bagian Barat Berdasarkan Pengukuran Geolistrik. *EKSPLORIUM*, 36(1), 57-70.
- [18] Moody, J. D., & Hill, M. J. (1956). Wrench-fault tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 67(9), 1207-1246.
- [19] Widagdo, A., Pramumijoyo, S., & Harijoko, A. (2019). Pengaruh Tektonik Kompresional Baratlaut-Tenggara Terhadap Struktur Bidang Perlapisan, Kekar, Sesar dan Lipatan di Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta. *Jurnal Geosapta*, 5(2), 81-91
- [20] Prasetyadi, C., Sudarno, I., Indranadi, V. B., & Surono, S. (2011). Pola dan Genesa Struktur Geologi Pegunungan Selatan, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 21(2), 91-107.
- [21] Darmawan, D., Hafsyah, M. I. N., Wibowo, N. B., Katriani, L., Aziz, K. N., Patimah, S., & Ruwanto, B. (2021, March). Microtremors Measurement Around Dengkeng Fault Line in Central Java. In *7th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Sciences (ICRIEMS 2020)* (pp. 410-414). Atlantis Press.