

SESAR PURWOREJO SEBAGAI BATAS TIMUR PEGUNUNGAN SERAYU SELATAN

PURWOREJO FAULT AS THE EASTERN BOUNDARY OF SOUTH SERAYU MOUNTAINS

Asmoro Widagdo^{1*}, Subagyo Pramumijoyo², Agung Harijoko², Rachmad Setijadi¹, Eko Bayu Purwasatriya¹, Huzaeli Latief Sunan¹, Maulana Rizki Aditama¹ dan Anjar Tri Laksono¹

*Email: asmoro.widagdo@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak— Struktur ekstensional Purworejo berada di bagian timur Pegunungan Serayu Selatan. Struktur ini adalah batas Pegunungan Serayu Selatan di bagian timur. Bagaimana pengaruh struktur ini dalam hubungan geologis Pegunungan Serayu Selatan dan Pegunungan Kulon Progo merupakan permasalahan penting, untuk itu menjelaskan kondisi geologis daerah ini perlu dilakukan. Penelitian dilakukan dengan meninjau data lapangan tentang struktur dan litologi yang berkembang di daerah sekitar patahan Purworejo. Distribusi batuan Gunung Gajah Barat merupakan indikasi keberadaan struktur patahan ekstensional Purworejo. Distribusi facies-medial Gunung Gajah Barat terpotong dan menjadi sempit di barat, sedangkan ke utara sangat luas. Fasies medial Gunung Gajah Barat terdiri dari lava andesit, breksi andesit dan batupasir tufaana. Di sebelah barat, patahan normal Purworejo ditemukan batuan yang berbeda dalam bentuk breksi polimik dengan fragmen batuan andesit, blok breksi andesit, blok batu pasir karbonatan, dan blok napal. Hasil analisis gores-garis pada garis patahan ini menunjukkan gaya kompresional minimum (T3) berarah barat ke barat laut yang telah bekerja untuk membuat patahan normal Utara-Selatan (N-S). Kehadiran gaya ini dengan kompresi utama/area kompresi (T1) secara vertikal telah bekerja untuk membuat sesar normal dengan kemiringan ke barat.

Kata kunci — patahan, ekstensional, fasies, stres, pegunungan.

Abstract— The extensional structure of Purworejo is in the eastern part of the South Serayu Mountains. This structure is the boundary of the South Serayu Mountains at the eastern part. How the influence of this structure on the geological relationship of the South Serayu Mountains and the Kulon Progo Mountains is important to explain the geological conditions of this area. The study was conducted by reviewing field data on the structure and lithology that developed in the area around the Purworejo fault. The distribution of the Gunung Gajah Barat rock is an indication of the presence of Purworejo extensional fault structure. The facies-medial distribution of West Gajah Mountain is cut and becomes narrow in the west, while the northward is very wide. The medial-facies of West Gajah Mountain is composed of andesite lava, andesite breccia and tuffaceous sandstones. In the west, the normal faults of Purworejo are found in different rocks in the form of polymic breccias with andesite igneous fragments, andesite breccia blocks, carbonate sandstone blocks and marl block. The results of the striations analysis on this fault line show the least stress/T3) trending west to northwest that has worked to create normal North-South faults (N-S). The presence of this stress with the main compression/compression area (T1) vertically has worked to create normal faults with dipping to the west.

Keywords — fault, extensional, facies, stress, mountain.

I. PENDAHULUAN

Konfigurasi penunjaman lempeng baru terjadi di Samudera Hindia pada Oligosen Akhir dan busur vulkanik baru terbentuk di bagian selatan Jawa [1].

Pada saat penyesuaian tektonik baru menurut [2], empat sesar utama terbentuk, yakni Sesar Citanduy, Sesar Kroya, *Southern Hinge Line* dan Sesar Purworejo (di barat Pegunungan Kulon Progo). Sesar Purworejo yang menjadi batas sisi barat

Pegunungan Kulon Progo belum dikaji lebih lanjut hingga kini.

Sesar Purworejo terletak diantara Pegunungan Serayu Selatan dan Pegunungan Kulon Progo. Sesar Purworejo dan Pegunungan Kulon Progo merupakan bagian dari wilayah Provinsi Jawa Tengah bagian selatan. Sesar ini terletak di bagian selatan Pulau Jawa dan merupakan bagian dari rangkaian Pegunungan Serayu Selatan [3] di ujung paling timur. Antara Pegunungan Serayu Selatan dan Tinggian Kulon Progo dibatasi oleh Sungai Bogowonto. Pada jalur inilah Sesar Purworejo berkembang. Lokasi Sesar Purworejo dalam konstelasi Pulau Jawa ditunjukkan pada Gambar-1.

Struktur geologi di jalur sesar Purworejo dipengaruhi oleh gaya atau arah tegasan yang berhubungan dengan interaksi tektonik terhadap daerah di sekelilingnya. Di selatan Pulau Jawa terdapat zona penunjaman Lempeng Samudra Hindia-Australia di bawah Lempeng Benua Eurasia, yang memberikan efek kompresif terhadap Pulau Jawa. Di sebelah barat Sesar Purworejo berkembang pegunungan lipatan antiklin dan sinklin Serayu

Selatan [4]. Di sebelah timur Sesar Purworejo terdapat Pegunungan Kulon Progo. Penelitian [5], [6], [7] dan [8] menyebutkan sesar Kulon Progo dengan pergerakan mendatar mengiri/sesar sinistral hadir di Pegunungan Kulon Progo. Interpretasi kelurusan menghasilkan indikasi sesar sinistral di tubuh gunung api Menoreh-bagian utara Pegunungan Kulon Progo [5]. Berdasar kajian [6], digambarkan jalur-jalur sesar sinistral di Gunung Ijo, bagian selatan Pegunungan Kulon Progo. Selanjutnya [7] mengungkapkan sesar sinistral ini memotong seluruh Pegunungan Kulon Progo dari selatan ke utara. Jalur sesar sinistral ini juga digambarkan dalam [8].

Kajian Sesar Purworejo menjadi penting sebagai daerah batas deformasi plastis (pembentukan lipatan menurut [2] dan [3] di sebelah barat dan deformasi rapuh pembentukan sesar mendatar menurut [6], [7] dan [8] di sebelah timurnya. Penelitian-penelitian tersebut belum membahas secara mendalam mengenai jenis dan karakter Sesar Purworejo. Melalui penelitian ini akan dihasilkan jenis dan karakter Sesar Purworejo.



Gambar-1. Lokasi daerah penelitian.

II. GEOLOGI REGIONAL

Secara stratigrafi daerah kajian termasuk dalam Mandala Gunung Api Tua yang disusun terutama oleh batuan vulkanik Formasi Andesit Tua [3] serta Formasi Sentolo/Jonggrangan. Formasi Nanggulan (sebagai batuan dasar daerah kajian) dan Formasi Andesit Tua tersebut diintrusi oleh batuan intrusi dangkal yang berupa mikrodiorit, andesit dan dasit [9]. Berdasarkan hubungan-hubungan dengan formasi yang diintrusi maka dapat disimpulkan bahwa batuan intrusi di daerah Kulon Progo terjadi dalam dua periode, yaitu intrusi yang terjadi pada Kala Oligosen Akhir-Miosen Awal dan Miosen

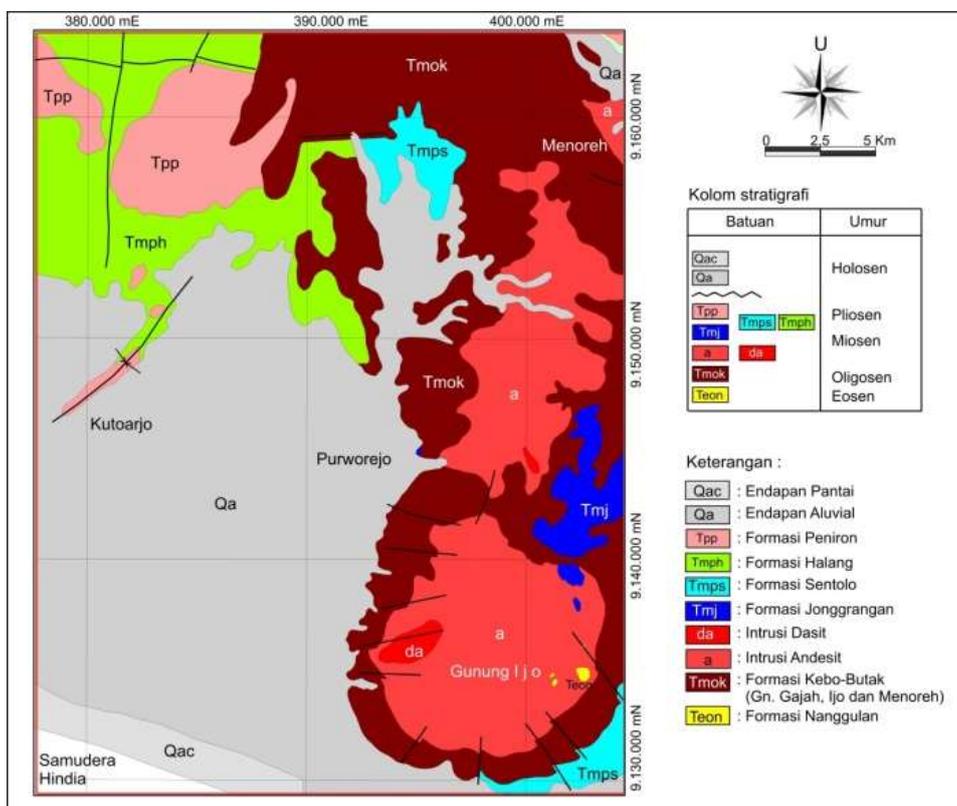
Akhir. Penelitian [10] menyatakan, kelompok gunungapi ini ditutupi secara tidak selaras oleh endapan laut dangkal Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo.

Di sebelah barat daerah penelitian, berkembang tatanan stratigrafi yang digambarkan oleh [4]. Batuan yang dijumpai terutama merupakan bagian dari Formasi Halang dan Formasi Peniron. Formasi Halang merupakan batuan vulkaniklastik berlapis baik yang berumur Miosen Akhir-Pliosen. Formasi Peniron merupakan batuan terutama tersusun atas breksi vulkanik yang berumur Pliosen.

Secara regional di sebelah barat daerah kajian, menggambarkan sesar N-S dengan pergerakan mengiri di utara Kutoarjo (Gambar-2) [4]. Sesar ini memotong sesar naik E-W pada Formasi Halang dan Peniron. Sesar ini memotong batuan Formasi Halang dan Formasi Peniron. Formasi Peniron merupakan formasi batuan yang berumur Pliosen. Dengan demikian sumber gaya pembentuk sesar ini aktif pada pasca Pliosen. *Off-set* mengiri pada sesar ini di mungkinkan terjadi oleh intervensi gaya dari Pegunungan Kulon Progo yang mengalami reorientasi ke arah NW.

Kajian [4] menggambarkan lipatan antiklin dan sinklin terpotong oleh sesar-sesar N-S dengan *off-set* mengiri diantara Kutoarjo (Purworejo) dan

Karangsambung (Kebumen). Lipatan berarah E-W ini terbentuk oleh gaya utama kompresif horisontal dari penunjaman lempeng di selatan Jawa. Lipatan-lipatan ini kemudian terkena gaya akibat sesar mendatar kiri Kulon Progo yang menyebabkan reorientasi gaya ke arah N-W. Gaya ini menggerakkan sesar-sesar normal N-S yang telah terbentuk sebelumnya oleh gaya N-S. Kajian [11] menggambarkan kelurusan jalur vulkanik berarah barat-timur di selatan Jawa Tengah. Kehadiran sesar naik yang diinterpretasikan sebagai bagian kehadiran *positive flower structure* yang menyingkap batuan pra-Tersier di Karangsambung, sebelah barat daerah kajian [12].



Gambar-2. Tatanan stratigrafi regional daerah penelitian menurut peta geologi regional lembar Yogyakarta [9] dan peta geologi lembar Kebumen [4].

Penelitian [13] melakukan rekonstruksi jalur subduksi di Jawa pada umur Kapur Awal, dimana di sebelah barat daerah kajian yakni di Karangsambung dijumpai zona tumbukan antara mikro-kontinen Jawa Timur dengan Pulau Jawa. Kenyataan ini kemungkinan berdampak terhadap daerah kajian dan sekitarnya. Sesar Purworejo termasuk sesar bawah permukaan yang tidak dapat diidentifikasi dari peta geologi [14]. Hal ini disebabkan adanya penutup

berupa batuan sedimen, endapan alluvial, endapan pantai.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah melalui pengamatan citra/ peta geologi regional, pengamatan lapangan terhadap batuan, pengukuran unsur-unsur struktur sesar, analisis data struktur dan pembuatan penampang geologi. Melalui pengamatan dan

analisis citra, digambarkan jalur kelurusan yang mempermudah pekerjaan pengambilan data sesar di lapangan dan penggambaran kemenerusan sesar. Data lapangan yang digunakan dalam penelitian ini berupa striasi pada bidang sesar yang dijumpai dalam singkapan-singkapan batuan pada jalur sesar dan data kekar gerus beserta breksiasi.

Terhadap data sesar dilakukan pengukuran dan perekaman data langsung di lapangan. Pengukuran sesar dimana dijumpai gores-garis/*striation* meliputi *strike*, *dip*, sudut *pitch* dan arah pergerakan sesar. Data ini kemudian digambarkan pada *stereonet lower hemisphere* yang meliputi *strike* dan *dip* bidang sesar. Pada gambar ini kemudian dibuat bidang bantu dengan terlebih dahulu membuat titik 90 derajat dari bidang sesar melewati pusat lingkaran dan titik 90 derajat dari titik *pitch* sepanjang gambar lengkungan bidang sesar (*great circle*). Kedua titik ini kemudian dihubungkan dengan bantuan *Schmidt net*. Daerah kompresional merupakan area arah panah *pitch* atau pergerakan blok batuan (digambarkan dengan warna hijau) sementara daerah kompresional merupakan daerah di belakang gambar *pitch*. Terdapat 4 buah lokasi pengukuran bidang sesar dengan gores-garis/*striation*.

Pada zona sesar yang tidak dijumpai data gores-garis/*striation* maka dilakukan pengukuran kekar gerus. Terhadap data kekar gerus (50 buah data kekar gerus) yang berpasangan dianalisis dengan *Schmidt net* hingga diperoleh 2 bidang utama dari sejumlah 50 data. Kedua bidang utama ini dianalisis hingga menghasilkan daerah gaya utama dan jenis pergerakan sesar yang dihasilkan.

Penampang geologi dibuat memotong sesar Purworejo yang berarah *relative* utara-selatan. Sehingga penampang geologi dibuat berarah *relative* barat-timur. Ke dalam penampang ini digambarkan pergerakan sesar sesuai analisis struktur dan profil morfologi daerah yang terpotong penampang. Pada

penampang ini akan tergambarkan adanya *off-set* batuan akibat sesar.

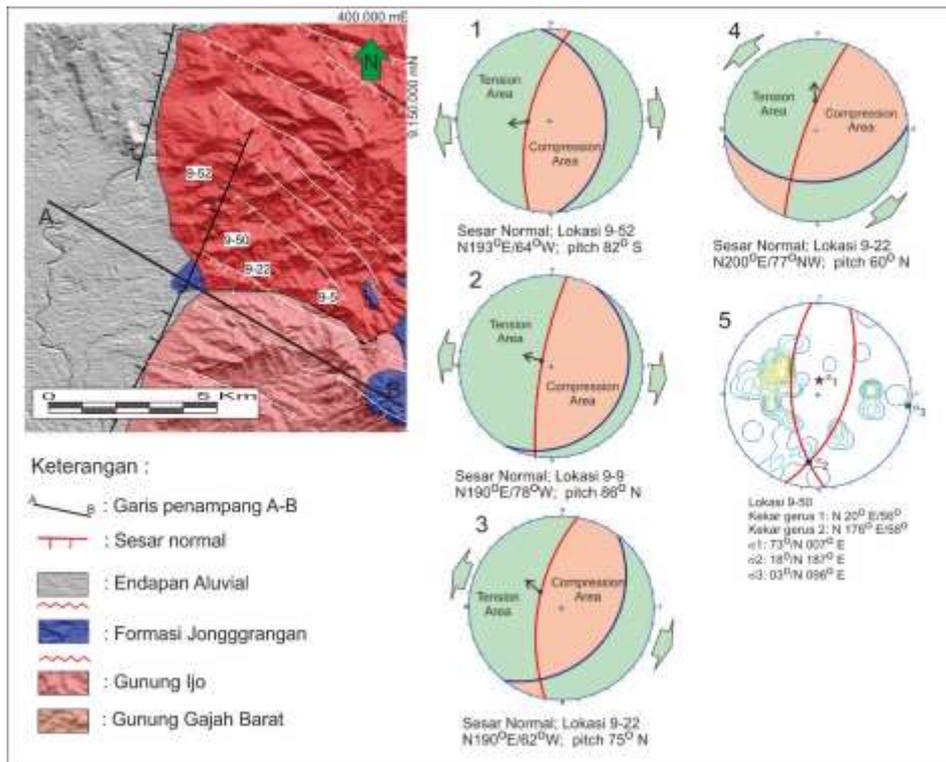
IV. DATA DAN ANALISIS

Data sesar diperoleh melalui survei lapangan di zona (area di sepanjang dan di sekitar jalur sesar) sesar Purworejo. Data sesar umumnya dijumpai pada alur-alur sungai yang terbentuk pada zona lemah akibat sesar. Data kehadiran sesar ini dijumpai di lapangan berupa bidang sesar dengan gores-garis (Gambar-3) dan kekar gerus di Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo. Bidang sesar dengan kedudukan $N190^{\circ}/78^{\circ}$ dijumpai dengan sudut *pitch* 86° membuka ke arah barat laut. Data gores-garis sesar ini dijumpai pada batu gamping di daerah Desa Brenggong, Kecamatan Purworejo. Gores garis dengan kedudukan $N193^{\circ}/64^{\circ}$ dengan sudut *pitch* 82° membuka ke arah selatan dijumpai di Desa Sidomulyo, Kecamatan Purworejo. Gores garis ini terbentuk pada batuan lava andesit sisi barat Gunung Gajah Barat. Di Desa Plipir, Kecamatan Purworejo dijumpai bidang sesar dengan kedudukan $N190^{\circ}/62^{\circ}$ dan $N200^{\circ}/77^{\circ}$. Sudut *pitch* yang dijumpai membentuk sudut masing-masing 75° dan 60° keduanya membuka ke arah utara (Gambar-4).

Gambar-4 menunjukkan hasil analisis terhadap data gores garis pada bidang sesar yang berkaitan dengan kehadiran sesar berarah relatif Utara Timur Laut-Selatan Barat Daya (NNE-SSW) seperti pada peta. Hasil analisis data gores-garis sesar di daerah Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo menunjukkan adanya minimum horisontal *stress direction* (gaya utama terlemah/T3) berarah barat hingga barat laut yang telah bekerja menciptakan sesar-sesar normal utara timur laut-selatan barat daya (NNE-SSW). Gaya kompresi utama/*compression area* (T1) vertikal dengan gaya utama terlemah/*tension area* (T3) horisontal ke arah barat hingga barat laut yang telah bekerja menciptakan sesar-sesar normal dengan kemiringan (*dipping*) ke arah barat (Gambar-4).



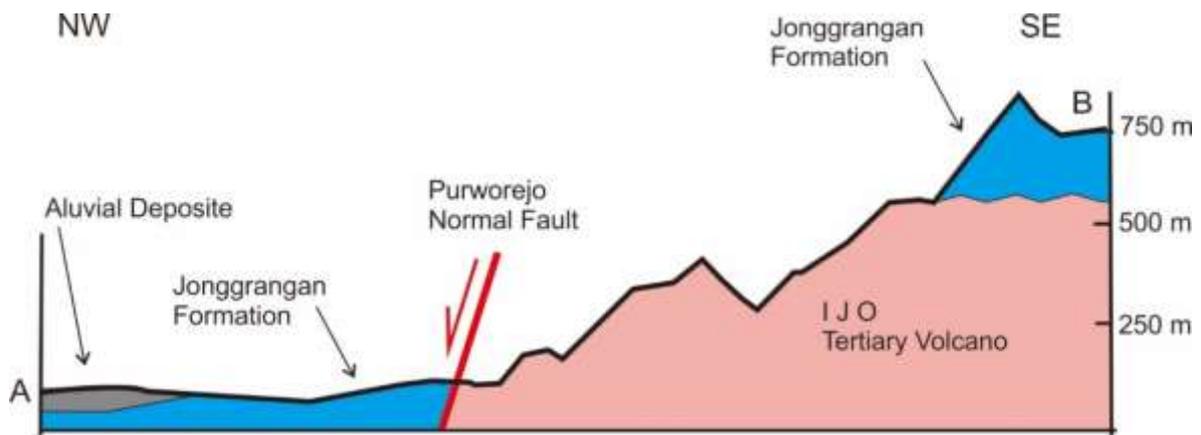
Gambar-3. Kenampakan lapangan sesar normal Purworejo di Desa Plipir Kecamatan Purworejo.



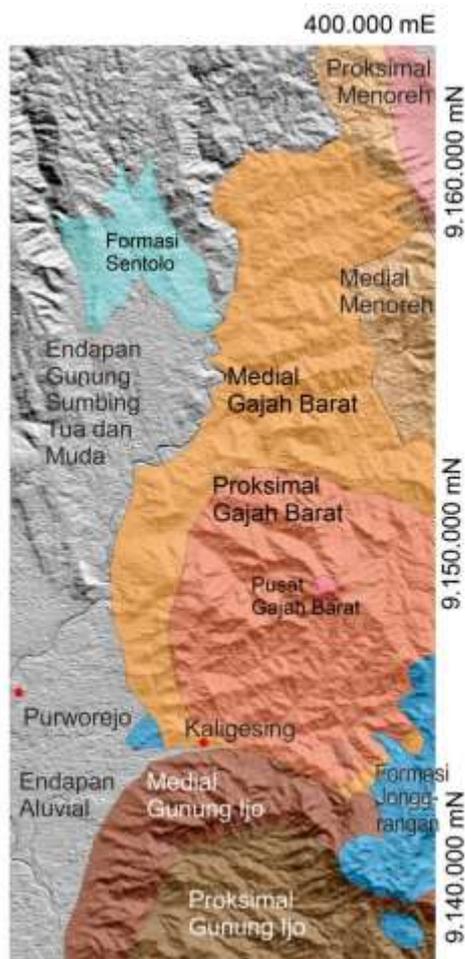
Gambar-4. Analisis data gores-garis dan kekar pada jalur sesar ekstensional Purworejo.

Analisis data kekar gerus menunjukkan gaya utama terkuat (T1) relatif vertikal dan gaya utama terlemah (T3) horisontal. Hasil analisis ini konsisten atau tidak berbeda dengan hasil analisis data gores-garis yang dijumpai. Pada hasil analisis di atas T3 berada pada bagian tepi lingkaran besar atau bersifat horisontal. Dengan gaya utama terkuat vertikal dan gaya utama terlemah horisontal maka terbentuk

sesar-sesar normal atau merupakan daerah tektonik regangan. Hal ini sesuai dengan gambaran penampang geologi (Gambar-5). Pada Gambar ini Formasi Jonggrangan terpotong sehingga di bagian timur ia berada pada daerah tinggian dan di sebelah barat ia berada pada daerah rendahan secara morfologi.



Gambar-5. Penampang geologi dari garis penampang A-B pada Gambar-4.



Gambar-6. Fasies medial Gunung Gajah Barat melampar luas ke arah utara namun terpotong dan hanya sempit di arah barat.

Terpotongnya sebaran batuan Gunung Gajah Barat menjadi indikasi kehadiran struktur sesar ekstensional Purworejo. Pelamparan fasies medial Gunung Gajah Barat terpotong dan menjadi sempit di barat (Gambar-6), sementara pelamparan ke arah

utara sangat luas. Bagian fasies medial Gunung Gajah Barat ini tersusun atas lava andesit, breksi andesit serta batupasir tufaan krakalan. Di sebelah barat sesar normal Purworejo dijumpai batuan yang berbeda yakni berupa breksi polimik dengan fragmen batuan beku andesit, bongkah breksi andesit, bongkah batupasir karbonatan dan bongkah napal. Batuan yang diinterpretasikan sebagai hasil percampuran karena sesar ini, dapat dijumpai di Sungai Bogowonto di daerah Desa Loano, Kecamatan Loano, Purworejo.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

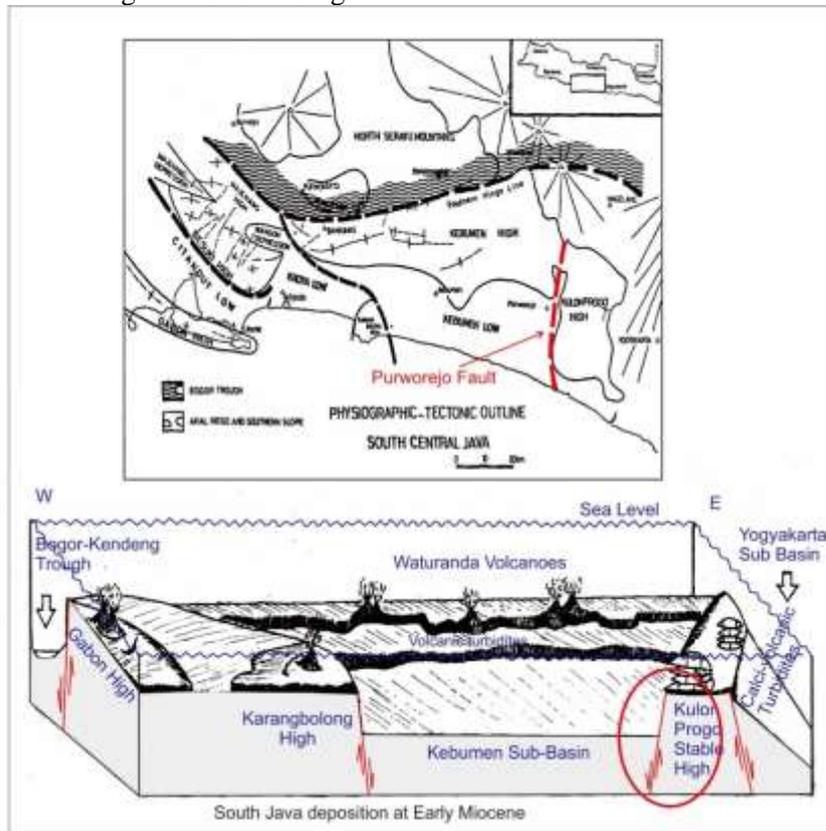
Struktur ekstensional Purworejo (Gambar-7) pertama kali dikemukakan oleh [2] yang berumur Oligosen. Sesar Purworejo terletak di bagian barat Gunung Gajah Barat menempati daerah Kecamatan Purworejo, Kaligesing dan Loano Kabupaten Purworejo. Sesar ini memotong batuan Gunung Gajah Barat dengan arah relatif Utara-Selatan (N-S). Sebaran sesar ini ditunjukkan pada Gambar-7, dengan kelurusan sesar tertimbun pada bagian utara dan selatan. Jalur sesar ini sebagian besar telah tertimbun oleh endapan gunung api muda Sumbing. Sesar ini menjadi batas tubuh gunung api Gajah Barat yang lebih tua dengan endapan muda di bagian barat. Sesar ini menyebabkan hilangnya sebagian fasies medial dan distal Gunung Gajah di sisi barat Gunung Ijo.

Struktur ekstensional Purworejo berada di bagian sebelah barat Gunung Gajah dan Gunung Ijo. Struktur ini memiliki arah relatif Utara-Selatan dan menjadi pembatas antara Pegunungan Serayu Selatan di sebelah barat dan Pegunungan Kulon Progo di sebelah timurnya. Jalur sesar Purworejo tertutup oleh endapan aluvial di sebelah selatan dan endapan gunung api Sumbing Tua di sebelah utara.

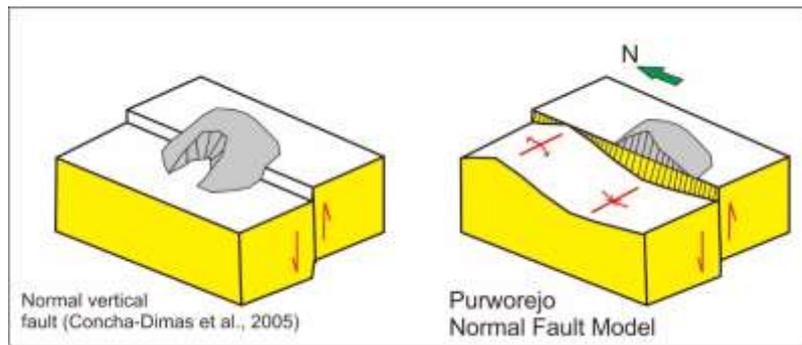
Hasil analisis data gores-garis pada jalur sesar ini menunjukkan adanya gaya tarikan (gaya utama terlemah/T3) berarah barat hingga barat laut yang telah bekerja menciptakan sesar-sesar normal Utara-Selatan (N-S). Kehadiran gaya ini dengan kompresi utama/*compression area* (T1) vertikal telah bekerja menciptakan sesar-sesar normal dengan kemiringan (*dipping*) ke arah barat (Gambar-5). Gaya terlemah yang bekerja berarah Barat-Timur dimungkinkan hadir saat pembentukan lipatan di sebelah barat sesar Purworejo ini Gambar-8 menggambarkan keadaan pada sesar turun yang mengontrol bentuk morfologi dan sebaran litologi di bagian barat Pegunungan Kulon Progo dikomparasikan dengan model menurut [15]. Hal ini terutama terjadi pada bagian barat Gunung Gajah Barat. Hilangnya fasies medial dan distal Gunung Gajah Barat di sebelah barat dipengaruhi oleh sesar ini. Bagian fasies ini bergerak

turun dan tertimbun oleh breksi polimik hasil percampuran material vulkanik Gunung Gajah Barat dan sedimen karbonat Formasi Sentolo/Jonggrangan (Gambar-9).

Breksi polimik (Gambar-9) tersusun atas fragmen batuan beku, bongkah breksi andesit yang lebih tua, fragmen batugamping, fragmen napal, fragmen batupasir karbonatan. Komposisi matrik breksi ini berupa material berukuran pasir kasar, pasir sedang dan lanau. Breksi polimik ini melampar luas di daerah utara dataran Purworejo dengan ukuran fragmen mencapai bongkah di sisi timur (dekat dengan bidang sesar) dan berangsur mengecil ke arah barat menjauhi bidang sesar normal Purworejo.



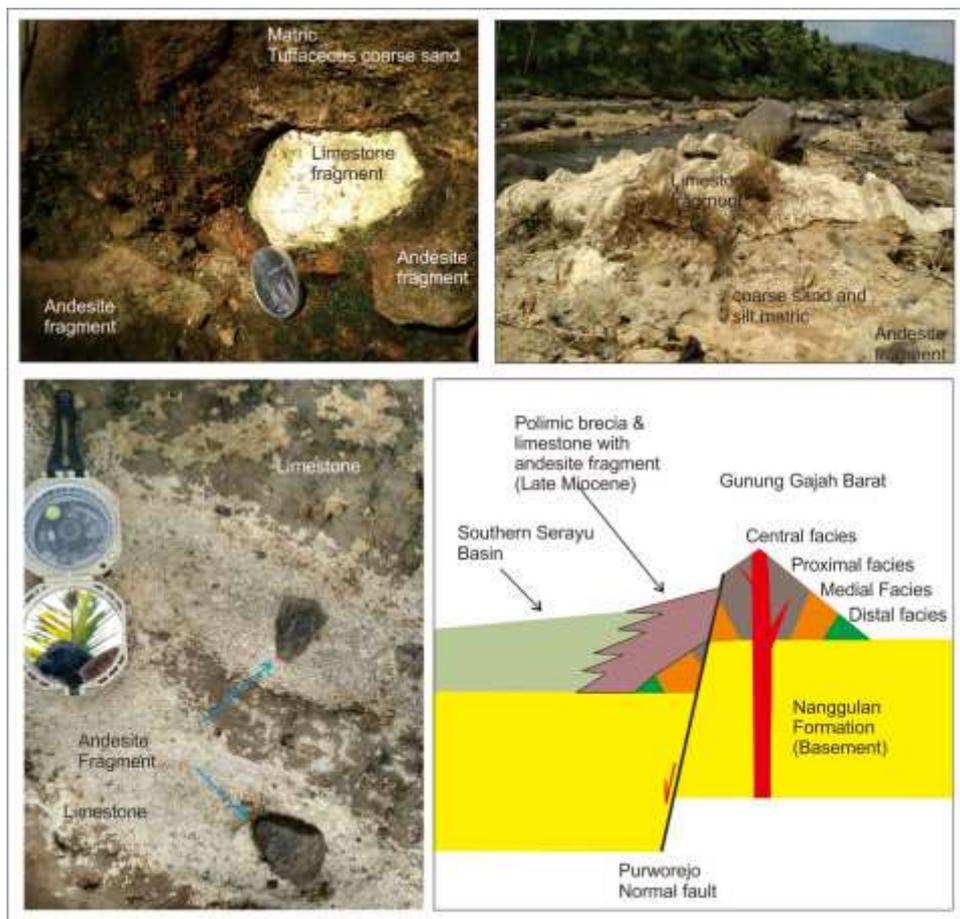
Gambar-7. Sesar Normal Purworejo menurut [2].



Gambar-8. Diagram pengaruh sesar normal terhadap bentuk gunung api [15] serta kondisi di jalur sesar Purworejo.

Sejalan pada hasil penelitian Haryanto [16] yang mempelajari sistem sesar dan lipatan di Jawa Barat, dengan mengacu kepada system tegasan di Pulau Jawa, maka struktur lipatan Serayu Selatan di sebelah barat daerah penelitian terbentuk oleh sistem tegasan kompresi dengan arah tegasan utamanya Utara-Selatan. Atas dasar ini dapat diketahui untuk sesar dengan arah Utara-Selatan seperti Sesar

Purworejo dapat sebagai sesar normal. Dikaitkan dengan aspek stratigrafinya, seluruh struktur geologi tersebut terbentuk pada periode tektonik Akhir Tersier. Kajian Sunardi [17] juga melaporkan struktur berarah utara-selatan yang memotong batuan-batuan gunung api di Jawa bagian barat yang berumur Tersier Akhir.



Gambar-9. Breksi polimik di Purworejo-barat Pegunungan Kulon Progo yang tidak dijumpai di Pegunungan Kulon Progo. Semua batuan tersebut menumpang diatas Formasi nanggulan sebagai batuan dasar daerah penelitian.

Kajian Haryanto [18] pada batuan Paleogen hingga Neogen di Jawa menghasilkan arah jalur subduksi di Jawa relatif sama, yaitu relatif berarah barat-timur. Posisi tumbukan ini menghasilkan sistem tegasan (gaya) berarah Utara-Selatan. Akibat dari sistem tegasan ini, batuan sedimen Tersier di Jawa mengalami proses perlipatan dengan sumbu lipatannya berarah barat-timur (arah lipatan Serayu Selatan) atau dikelompokkan sebagai Pola Jawa.

Penelitian seismotektonik dan kegempaan yang dilakukan oleh Soehaimi [19] juga menggambarkan kehadiran Sesar Purworejo sebagai sesar normal. Kajian tersebut menggambarkan jalur sesar ini merupakan bagian dari sistem tektonik tunjaman Jawa yang merupakan bagian dari satuan seismotektonik busur sangat aktif.

VI. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Sesar Purworejo dihasilkan oleh *stress* tarikan (*least stress*/T3) berarah barat-timur hingga barat laut-tenggara yang telah bekerja menciptakan sesar normal utara-selatan (N-S) kemiringan (*dipping*) ke arah barat.
2. Hilangnya fasies medial dan distal Gunung Gajah Barat di sebelah barat di pengaruhi oleh Sesar Normal Purworejo.
3. Breksi polimik yang tersusun atas fragmen batuan beku, fragmen batuan karbonat, fragmen batupasir karbonatan dengan matrik pasir kasar, pasir sedang dan lanau terbentuk di sepanjang Sesar Purworejo.

B. Saran

Diperlukan penelitian geofisika guna studi lebih lanjut mengenai Sesar Purworejo sehingga dapat diketahui gambaran bawah permukaan sesar ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi, UNSOED yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bachri S. Pengaruh Tektonik Regional terhadap Pola Struktur dan Tektonik Pulau Jawa. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 2014; 15(4): 215-221.
- [2] Sujanto FX, Sumantri YR. *Preliminary Study on the Tertiary Depositional Pattern of Java*. Proceedings Indonesian Petroleum Association, 6th Annual Convention. 1977.
- [3] Bemmelen, RW. *The geology of Indonesia: general geology of Indonesia and adjacent archipelagoes*. Vol. IA. US: Government Printing Office. 1970.
- [4] Asikin S, Handoyo A, Busono H dan Gafoer S. *Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1992.
- [5] Widagdo A, Pramumijoyo SP, Harijoko A, Setiawan A. *Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi terhadap Sebaran Batuan-Batuan di Daerah Pegunungan Kulonprogo-Yogyakarta*. Proceeding Seminar Nasional Kebumihan ke-9. Teknik Geologi FT-UGM, Yogyakarta. 2016.
- [6] Widagdo A, Pramumijoyo SP, Harijoko A. *Rekonstruksi Struktur Geologi Daerah Gunung Ijo di Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta Berdasarkan Sebaran Kekar, Sesar dan Urat Kuarsa*. Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-10. Teknik Geologi FT-UGM, Yogyakarta. 2017.
- [7] Widagdo A, Pramumijoyo SP, Harijoko A. *Morphotectono-Volcanic of Tertiary Volcanic Rock in Kulon Progo Mountains Area, Yogyakarta-Indonesia*. International Conference on Earth Science, Mineral and Energy (ICEMINE). UPNV Yogyakarta. 2018.
- [8] Widagdo A, Pramumijoyo SP, Harijoko A. Pengaruh Tektonik Kompresional Barat-laut-Tenggara terhadap Struktur Bidang Perlapisan, Kekar, Sesar dan Lipatan di Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta. *Jurnal GEOSAPTA*. 2019; 5(2).
- [9] Rahardjo W, Sukandarrumidi, Rosidi HMD. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 2012.
- [10] Harjanto A. Vulkanostratigrafi di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah MTG*. 2011; 4(2).
- [11] Purwasatriya EB, Surjono SS, Amijaya DH. Sejarah Geologi Pembentukan Cekungan Banyumas serta Implikasinya terhadap Sistem Minyak dan Gas Bumi. *Jurnal Dinamika Rekayasa*. 2019; 15(1): 25-34.
- [12] Purwasatriya EB, Amijaya H, Widagdo A. *Karangambung: Sebuah Positive Flower*

- Structure? Studi Pendahuluan Tersingkapnya Batuan Tertua di Jawa. Seminar LIPI-Kebumen. 2019.*
- [13] Satyana AH. *New Consideration on the Cretaceous Subduction Zone of Ciletuh-Luk Ulo-Bayat-Meratus: Implications for Southeast Sundaland Petroleum Geology.* Proceeding IPA, 38th annual convention and exhibition, Jakarta. 2014.
- [14] Subagio. Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Kebumen Berdasarkan Analisa Pola Anomali Gaya Berat dan Geomagnet. *Jurnal Geo-Sciences JSDG.* 2008; 18(6).
- [15] Concha-Dimas A, Cerca M, Rodriguez SR, Watters RJ. Geomorphological evidence of the influence of pre-volcanic basement structure on emplacement and deformation of volcanic edifices at the Cofre de Perote-Pico de Orizaba chain and implications for avalanche generation. *Geomorphology.* 2005; 72: 19–39.
- [16] Haryanto I. Struktur Sesar di Pulau Jawa Bagian Barat Berdasarkan Hasil Interpretasi Geologi. *Bulletin of Scientific Contribution.* 2015; 11(1): 1-10.
- [17] Sunardi E. Kontrol Struktur terhadap Penyebaran Batuan Vulkanik Kuartar dan Gunungapi Aktif di Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution.* 2014; 12(3): 119-123.
- [18] Haryanto I. Struktur Geologi Paleogen dan Neogen di Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution.* 2006; 4(1): 88-95
- [19] Soehaimi A. Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa. *Jurnal Geologi Indonesia.* 2008; 3(4): 227-240.