KONTROL STRUKTUR GEOLOGI TERHADAP KEMUNCULAN FORMASI NANGGULAN DI DAERAH KECAMATAN NAGGULAN KABUPATEN KULON PROGO, YOGYAKARTA

Asmoro Widagdo[1*], Subagyo Pramumijoyo[1], Agung Harijoko[1]
[1]Geological Department, Universitas Gadjah Mada
*Email : asmoro_widagdo@yahoo.com

ABSTRAK

Batuan tua berumur Eosen tidak banyak tersingkap di Pulau Jawa. Salah satu lokasi singkapan batuan Paleogen ini berada di daerah Pegunungan Kulon Progo. Batuan ini adalah Formasi Nanggulan yang sangat dikenal keberadaanya di sisi timur Pegunungan Kulon Progo. Bagaimana batuan tua ini tersingkap diantara batuan yang lebih muda berumur Oligosen dan Miosen merupakan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini.

Penelititan terhadap upaya menjelaskan kemunculan Formasi naggulan telah diakukan dengan serangkaian metode penelitia geologi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui kajian referensi dari penelitian terdahulu mengenai Pegunungan Kulon Progo, pengamatan citra daerah Kulon Progo, pengamatan langsung tubuh batuan Eosen di lapangan serta pengukuran struktur sesar maupun kekar yang ada di lapangan. Pengukuran unsur-unsur struktur geologi digunakan dalam mengetahui struktur utama dan gaya pembentuk struktur pada batuan Formasi Nanggulan yang berumur Paleogen dan batuan di sekitarnya yang berumur Neogen.

Kemunculan batuan Formasi Nanggulan yang sangat tua di daerah Naggulan dikontrol oleh struktur geologi sesar naik yang berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW) akibat gaya utama berarah baratlaut-tenggara. Sesar ini membentuk struktur sekunder berupa sesar dextral, sesar sinistral dan lipatan. Sesar sinistral berkembang di selatan menciptakan kontak batuan Nanggulan dengan batugamping Formasi Sentolo yang berumur Miosen Akhir. Sesar dextral berkembang di utara menciptakan kontak batuan Formasi Nanggulan dengan batuan vulkanik Oligosen dan batugamping Formasi Sentolo. Lipatan antiklin terbentuk pada Formasi Nanggulan. Sesar naik terbentuk pada batuan vulkanik Formasi Kebo Butak.

Kata-kata kunci: Struktur geologi, sesar naik, sinistral, dekstral, lipatan

PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di daerah Kecamatan Nanggulan, Girimulyo dan Kalibawang, Kabupaten Kulon Progo (Gambar-1). Di daerah ini dijumpai batuan sedimen tertua sebagai batuan alas Pegunungan Klonprogo. Batuan ini adalah Formasi Nanggulan yang merupakan batuan berumur Eosen menurut Premonowati (1994), Harley and Morley, (1995). Batuan ini menjadi alas batuan vulkanik dan sedimen berumur Oligosen dan Miosen diatasnya.

Batuan tua berumur Eosen merupakan batuan yang sangat jarang dijumpai di Pulau Jawa. Di Jawa, batuan ini dapat dijumpai di Ciletuh-Jawa Barat, Karangsambung, Naggulan dan Bayat-Jawa Tengah. Di Nanggulan-Kulon Progo batuan ini muncul di sisi timur pegunungan vulkanik Tersier Kulon Progo. Bolliger and De Ruiter (1975), menyebutkan sedikit dijumpai kemunculan batuan Paleogen di bagian selatan Jawa Tengah, namun salah satu lokasinya ada di Nanggulan-Kulon Progo dimana dijumpai batuan sedimen Paleogen tertua berumur Eosen Tengah.

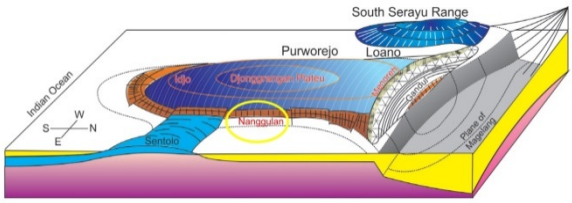
Gambar-1. Lokasi daerah penelitian.

Formasi Nanggulan merupakan bagian penyusun Pegunungan Kulon Progo (Gambar-2), dimana pegunungan ini terbentuk dipengaruhi oleh proses tektonisme semenjak Kala Eosen (Budiadi, 2009). Mekanisme kemunculan batuan Eosen yang sangat jarang dijumpai di Jawa ini perlu dijelaskan. Untuk itu serangkaian penelitian geologi lapangan, kajian penginderaan jauh serta kajian penelitian terdahulu telah dilakukan guna mengungkap dan menjelaskan kontrol geologi terhadap kemunculan batuan Paleogen ini.

Stratigrafi Regional

Secara stratigrafis, urutan batuan berumur Tersier yang dijumpai di Pegunungan Kulon Progo dari yang tertua hingga yang termuda adalah Formasi Naggulan, batuan volkanik Formasi Kebo Butak, Formasi Jonggrangan dan Formasi Sentolo (Gambar-3). Formasi Nanggulan dan Kebo Butak tersebut diintrusi oleh batuan intrusi dangkal yang berupa andesit dan dasit (Rahardjo *et al.,* 1995, 2012).

Van Bemmelen (1949) menjelaskan bahwa Formasi Nanggulan merupakan batuan tertua di Pegunungan Kulon Progo dengan lingkungan pengendapan litoral. Litologi penyusunnya terdiri dari batupasir dengan sisipan lignit, napal pasiran, batulempung dengan konkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir, tuf kaya akan foraminifera dan moluska, diperkirakan ketebalannya 350 m. Berdasarkan atas studi foraminifera planktonik, maka Formasi Nanggulan ini mempunyai kisaran umur antara Eosen Tengah sampai Oligosen.



Gambar-2. Blok diagram pegunungan Kulon Progo dan posisi Formasi Nanggulan (van Bemmelen, 1949, dengan modifikasi)

Premonowati (1994) menyebutkan bahwa litologi penyusun Formasi Nanggulan berupa batupasir, napal dan batulempung yang berumur Eosen. Harley and Morley (1995) berdasarkan data palinologi menyebutkan umur Formasi Nanggulan adalah Eosen Tengah. Winardi, et al. (2010) menyebutkan adanya serpih berumur Eosen di Formasi Naggulan. Saputra and Akmaludin (2015) melalukan penelitian kandungan nannofossil Formasi Nanggulan yang menghasilkan umur Eosen Tengah. Lelono (2016) berdasarkan studi palinologi menyebutkan umur Formasi Nanggulan adalah Eosen Tengah-Akhir.

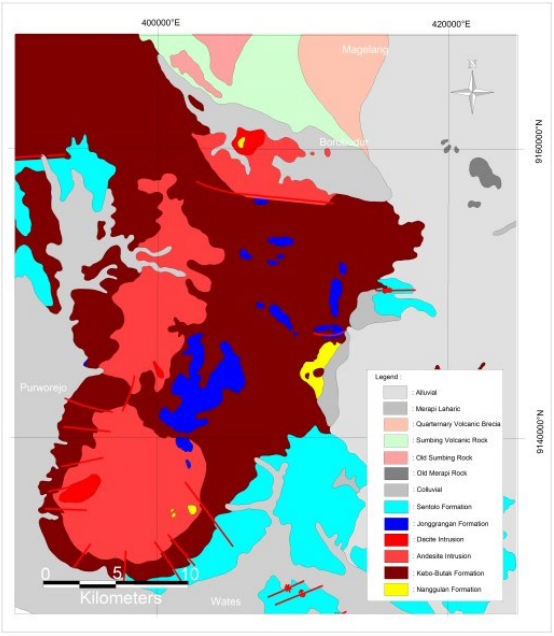
Prasetyadi (2008) menyebutkan Formasi Nanggulan sebagai endapan laut dangkal sampai transisi dengan provenan batupasirnya mencirikan daerah *craton interior*, sehingga Formasi Nanggulan terletak di daerah berbatuan dasar kontinental. Rahmad, et al. (2008) menyebutkan litologi penyusun Formasi Naggulan mulai dari bawah adalah batupasir konglomeratan dengan fragmen batuan beku dan kuarsa, batupasir, batulempung sisipan batubara, batugamping dan batupasir kuarsa. Pada lapisan batupasir konglomeratan bagian bawah dijumpai fosil moluska, sedangkan pada lapisan bagian atas terdapat kandungan fosil foraminifera besar yang cukup banyak.

Diatas formasi Nanggulan secara tidak selaras, diendapkan Formasi Kebo Butak. Litologi penyusun formasi ini berupa breksi andesit, tuf, tuf-lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit. Formasi Kebo Butak ini diintrusi oleh intrusi andesit dan dasit (Rahardjo *et al.,* 1995, 2012). Van Bemmelen (1949) menyebut seluruh batuan vulkanik di Kulon Progo ini sebagai Formasi Andesit Tua *(Old Andesite Formation/OAF)*. Penyebutan ini digunakannya untuk menyebut seluruh batuan gunung api yang berumur Oligo-Miosen.

Hartono dan Pambudi (2015) melakukan penelitian mengenai asal-usul Gunung Mujil di sisi timur Pegunungan Kulon Progo. Gunung Mujil ini berada pada daerah sebaran Formasi Nanggulan. Morfologi Gunung Mujil berbentuk menyerupai caping terisolir. Gunung Mujil tersusun oleh breksi gunung api yang dilingkupi oleh bentang alam melengkung membuka ke arah timur dan di dalamnya banyak dijumpai batuan intrusi dangkal.

Pada beberapa bagian Formasi Nanggulan, menunjukkan adanya pengaruh perlipatan dan pensesaran (Hartono and Sudradjat, 2017). Terdapat lipatan berupa sinklin dan antiklin serta sesar mendatar dextral. Dijumpai batuan intrusi sebagai pengisi zona lemah yang terbentuk karena sesar. Hal ini menunjukkan bahwa Formasi Nanggulan telah mengalami deformasi kuat.

Di atas Formasi Andesit Tua diendapkan Formasi Jonggrangan secara tidak selaras. Formasi ini di bagian bawah terdiri-dari konglomerat, napal tufan, dan batupasir gampingan dengan sisipan lignit. Di bagian atas, komposisi formasi ini berupa batugamping berlapis dan batugamping koral (Rahardjo *et al.,* 1995, 2012). Satyana dan Purwaningsih (2003) menyebutkan bahwa sedimentasi karbonat pertama terjadi di bagian atas Miosen Awal dan menempati daerah tinggian seperti Kulon Progo menghasilkan Formasi Sentolo dan Formasi Jonggrangan. Satyana (2005) menyebutkan bahwa terumbu di daerah Kulon Progo dibangun di atas bekas tinggian-tinggian vulkanik. Sulistyoningrum and Rahardjo (2010) melakukan penelitian fosil karang dari batugamping Formasi Jonggrangan dan menyimpulkan pembentukannya pada lingkungan terumbu karang dangkal dengan struktur reefal datar.



Gambar-3. Peta Geologi regional Pegunungan Kulon Progo (Rahardjo, et al, 1995; Rahardjo, et al, 2012)

Di atas Formasi Andesit Tua, selain Formasi Jonggrangan, diendapkan juga secara tidak selaras Formasi Sentolo. Hubungan Formasi Sentolo dengan Formasi Jonggrangan adalah menjari. Formasi Sentolo terdiri dari batugamping dan batupasir napalan (Rahardjo *et al.,* 1995, 2012). Riandari dan Wiyono (2013), melakukan penelitian yang menghasilkan bahwa umur Formasi Sentolo mulai dari Miosen Awal hingga Pliosen.

METODELOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah melalui pengamatan citra/peta daerah penelitian, pengamatan langsung di lapangan dan pengukuran unsur-unsur struktur sesar maupun kekar yang ada. Pengukuran kekar dilakukan dengan mengukur kedudukan bidang strike dan dip/kemiringan. Pengukuran, pencatatan data dan analisis kekar dibedakan dalam kekar gerus dan kekar ekstensi. Pengukuran sesar meliputi strike, dip, pitch dan arah pergerakan. Pengukuran breksiasi sebagai strike sesar dilakukan dengan mengukur kecenderungan arah penjajaran fragmen breksiasi.

Melalui pengamatan dan analisis citra dapat digambarkan jalur-jalur kelurusan struktur di lapangan dan sebaran batuan yang ada di daerah penelitian. Analisis diagram kipas terhadap kelurusan di dalam citra dilakukan guna memberikan interpretasi pola struktur dan tegasan yang dijumpai. Terhadap data kekar gerus dilakukan analisis diagram kipas, analisis stereografis diagram

kontur dan titik-titik kutub serta nilai maksimanya, hingga diperolleh dua nilai puncak kontur sebagai dua nilai kekar gerus rata-rata yang saling berpasangan. Pada kekar tarik dilakukan analisis diagram kipas, analisis stereografis diagram kontur dan titik-titik kutub serta nilai maksimanya, hingga diperolleh nilai puncak kontur sebagai nilai kekar tarik. Terhadap data breksiasi dilakukan analisis diagram kipas sehingga didapatkan arah strike sesar yang ada. Menggunakan hasil analisis kekar gerus yang berpasangan dan breksiasi, akan didapatkan arah gaya utama maksimum, menengah dan terlemah serta nilai pitch, bidang sesar, arah pergerakan dan akhirnya diketahui jenis sesar yang ada.

Pekerjaan lapangan yang dilakukan menghasilkan data sebaran batuan dan pola struktur geologi daerah penelitian yang dapat di gambarkan dalam peta geologi daerah kajian. Peta geologi ini memberikan gambaran tentang sebaran dan susunan batuan di daerah kajian serta gambaran struktur geologi yang ada (Gambar-5). Peta geologi juga memberikan gambaran tentang sejarah geologi daerah kajian, melalui hubungan saling potong antar batuan, antar struktur geologi maupun antar batuan dengan struktur geologi yang berkembang.

Terhadap hasil-hasil analisis citra, kekar gerus, kekar ekstensi, breksiasi, sesar serta peta geologi yang dihasilkan dapat diperoleh sintesa mengenai karakteristik struktur geologi yang telah bekerja dalam menciptakan kemunculan Formasi Nanggulan di daerah kajian.

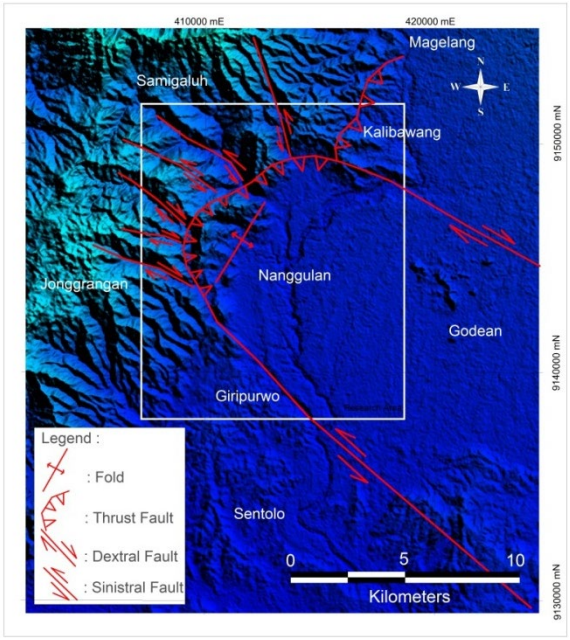
Bahan

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa data bidang perlapisan batuan, struktur kekar, sesar serta jenis batuan yang dijumpai dalam singkapan-singkapan batuan di lapangan. Terhadap data kekar, sesar serta batuan dilakukan pengukuran dan perekaman data langsung di lapangan. Pengukuran terhadap data-data kekar, sesar dan urat dilakukan terhadap data-data pada batuan yang masih belum mengalami perubahan posisi.

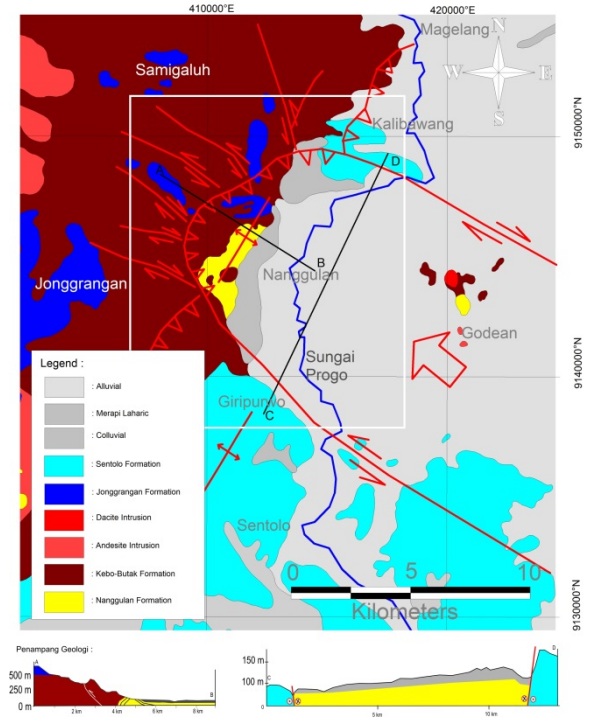
HASIL DAN DISKUSI

Interpretasi penginderaan jauh terhadap struktur geologi daerah penelitian telah dilakukan pada citra SRTM dengan resulusi 30 meter. Pada Gambar-4, terlihat struktur hasil interpretasi kelurusan di daerah penelitian dan sekitarnya. Daerah Nanggulan merupakan daerah yang relatif lebih rendah dibandingkan daerah di sekelilingnya terutama sebelah barat, utara dan selatan. Morfologi ini tercipta karena litologi penyusun yang tidak resisten sehingga mudah tererosi. Daerah penelitian tersusun atas Formasi Nanggulan yang telah terangkat hingga relatif sejajar dengan batuan Formasi Sentolo. Sehingga seluruh ketebalan Formasi Sentolo yang berada diatas Formasi Nanggulan telah tererosi sepenuhnya.

Batuan Formasi Nanggulan ini telah terdorong naik akibat sesar dextral di utara, sesar sinistral di selatan, sesar naik di barat laut serta lipatan di bagian tengah. Sesar naik yang ditimbulkan oleh gerakan dua sesar mendatar ini menghasilkan deformasi pada sebelah baratlaut daerah penelitian. Di bagian ini, sesar naik mengenai batuan vulkanik Formasi Kebo Butak (Gambar-5). Batuan ini terdeformasi hingga membentuk sesar-sesar mendatar dextral dan sinistral. Sesar-sesar ini berkembang pada tubuh gunung api Tersier Gajah di sebelah barat dan gunung api Tersier Menoreh di utara. Gunung Gajah merupakan produk vulkanik berumur Oligosen, sedangkan Gunung Menoreh merupakan gunung api Tersier berumur Miosen Akhir (Akmaluddin, et al, 2005). Dengan demikian umur dari deformasi yang terjadi di Nanggulan ini adalah lebih muda dari Miosen Akhir.



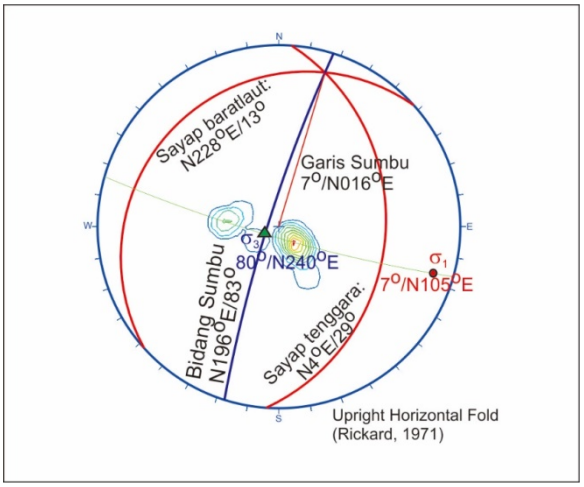
Gambar-4. Interpretasi citra daerah Nanggulan dan sekitarnya.



Gambar-5. Peta Geologi daerah penelitian dan sekitarnya.

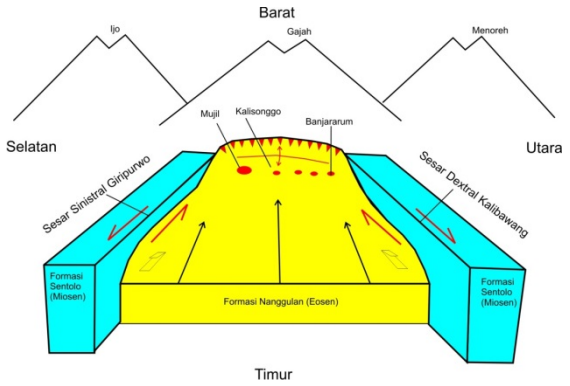
Hasil analisis stereografis terhadap data Lipatan Nanggulan (Gambar-6) menghasilkan kedudukan sayap sebelah baratlaut adalah N228ºE/13º. Sayap tenggara berkedudukan N4ºE/29º. Lipatan Nanggulan terbentuk oleh gaya utama (σ_1) 7º/N105ºE. Bidang sumbu yang terbentuk memiliki kedudukan N196ºE/83º dengan garis sumbu 07º/N015ºE. Berdasarkan hasil analisis tersebut maka Lipatan Naggulan merupakan lipatan berjenis

Upright Horizontal Fold menurut Klasifikasi Rickard, 1971. Lipatan ini terbentuk oleh gaya utama maksimum dari arah tenggara dengan *plunge* yang hampir horisontal.



Gambar-6. Analisis data lipatan di lapangan

Diskusi



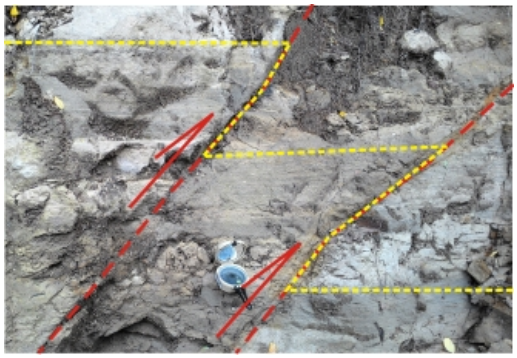
Gambar-7. Skema blok diagram yang menunjukkan proses uplift Formasi Nanggulan akibat sesar mendatar dan sesar naik Nanggulan.

Gambar-7 menggambarkan skema blok diagram yang menunjukkan sesar naik Nanggulan. Pada gambar ini digambarkan naiknya batuan Formasi Nanggulan yang berumur Eosen hingga memotong batuan muda Formasi Sentolo yang berumur Miosen Tengah-Pliosen. Di sebelah utara dan selatan Formasi Nanggulan ini dijumpai Formasi Sentolo. Sehingga dapat dikatakan bahwa secara lateral Formasi Naggulan diapit oleh Formasi Sentolo di utara dan selatan. Sementara di barat dijumpai kontak dengan Formasi Andesit Tua (Van Bemelen, 1949) atau Formasi Kebo Butak (Rahardjo, 2012) atau batuan Gunung Api Gajah (Barianto, 2010 dan Harjanto, 2011). Formasi Sentolo hilang dalam rentang yang cukup lebar (5 km) dan makin melebar ke arah tenggara (hingga 15 km).

Sesar Naik Nanggulan merupakan bagian akhir dari zona kompresional baratlaut-tenggara yang menghasilkan sesar mendatar dextral dan sinistral di sebelah timurnya. Kedua sesar mendatar ini masing-masing disebut sebagai Sesar Mendatar Dekstral Kalibawang dan Sesar Mendatar Sinistral Giripurwo. Kedua sesar saling berlawanan arah, membuka di lekukan timur Nanggulan yaitu ke daerah Godean dan Yogyakarta. Kedua sesar ini saling mendekat dan akhirnya berpotongan di Nanggulan membentuk sesaar naik.

Batuan Formasi Sentolo di daerah Giripurwo bergerak ke tenggara sementara Formasi Nanggulan di daerah Giripurwo begerak ke baratlaut. Batuan Formasi Sentolo di daerah Kalibawang bergerak ke timurlaut sementara Formasi Nanggulan di Kalibawang bergerak ke arah baratdaya. Diatara kedua sesar dextral dan sinistral di daerah ini dijumpai batuan tua Formasi Nanggulan berumur Eosen. Ke arah timur dari daerah ini dijumpai kemuncuan Formasi Naggulan di daerah Godean-Sleman dan Gunung Gamping Yogyakarta.

Keberadaan Sesar Mendatar Giripurwo dan Kalibawang yang memotong Nanggulan di bagian tengah (mengapit Nanggulan) dicirikan dengan keduanya berarah dan bersifat berlawanan dan keduanya saling mendekat serta akhirnya membentuk sesar naik Nanggulan. Sesar ini mempunyai implikasi penting terhadap kemunculan Formasi Nanggulan, dari di daerah dataran Gamping, Godean-Sleman hingga Nanggulan di Pegunungan Kulon Progo. Keunikan geologi oleh kemunculan batuan Eosen ini adalah implikasi keberadaan kedua sesar mendatar ini.



Gambar-8. Kenampakan sesar naik pada batugamping Formasi Sentolo di daerah Kalibawang.

Gerakan batuan Formasi Nanggulan ke arah baratlaut mempengaruhi tubuh batuan Gunung Gajah di bagian baratlaut Formasi Nanggulan. Kompresi baratlaut-tenggara ini menghasilkan sesar-sesar mendatar dekstral dan sinistral di sebelah baratlaut. Tiga buah sesar sinistral dan tiga buah sesar dekstral terbentuk pada batuan vulkanik Gunung Gajah di sebelah baratlaut Formasi Nanggulan.

KESIMPULAN

1. Kemunculan formasi Nanggulan dipengaruhi oleh gaya kompresi utama horisontal berarah tenggara.
2. Gaya berarah tenggara menghasilkan pasangan sesar dextral dan sinistral yang berarah baratlaut-tenggara.
3. Pada bagian ujung sesar mendatar sinistral dan dextral terbentuk lipatan dan sesar naik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Akmaluddin, Setijadji, D.L., Watanabe, K., and Itaya, T., 2005. New Interpretation on Magmatic Belts Evolution During the Neogene-Quarternary Periods as Revealed from Newly Collected K-Ar Ages from Central-East Java, Indonesia. Proceedings Joint Convention Surabaya-HAGI-IAGI-PERHAPI, Surabaya.

[2] Barianto, D.H., Kuncoro, P., Watanabe, K., 2010. The Use of Foraminifera Fossils for Reconstructing the Yogyakarta Graben, Yogyakarta, Indonesia. Journal of South East Asian Applied Geology, Vol 2(2), pp 138-143.

[3] Budiadi, E., 2009, The Role of Tectonism in Controlling Geomorphology in Kulon Progo Area, Yogyakarta, Proceedings PIT IAGI Semarang, The 38th IAGI Annual Conventional and Exhibition.

[4] Bolliger and De Ruiter, 1975. Geology of The South Central Java Offshore Area, Proceedings Indonesian Petroleum Association, Fourth Annual Convention.

[5] Harjanto, A., 2011. Vulkanostratigrafi di Daerah Kulon Progo dan Sekitarnya, Daerah Istimewa Yogyakarta. Jurnal Ilmiah MTG, Vol. 4 No. 2, Yogyakarta.

[6] Harley and Morley, 1995. Ultrastructural studies of some fossil and extant palm pollen, and the reconstruction of the biogeographical history of subtribes Iguanurinae and Calaminae, Review of Palaeobotany and Palynology 85 (1995) 153-182.

[7] Hartono, H.G. dan Pambudi, S., 2015. Gunung Api Purba Mujil, Kulon Progo, Yogyakarta: Suatu Bukti dan Pemikiran. Seminar Nasional ReTII Ke-10 Tahun 2015, STTNAS, Yogyakarta.

[8] Hartono, H.G., dan Sudradjat, A., 2017. Nanggulan Formation and Its Problem As a Basement in Kulonprogo Basin, Yogyakarta, Indonesian Journal on Geoscience Vol. 4 No. 2 August 2017: 71-80.

[9] Lelono, E.B., 2016. Cooling Event in the Boundary of Middle/Late Eocene of Java, Modern Environmental Science and Engineering (ISSN 2333-2581), November 2016, Volume 2, No. 11, pp. 729-736, Doi: 10.15341/mese (2333-2581) / 11.02.2016 / 003, Academic Star Publishing Company.

[10] Prasetyadi, C., 2008. Provenan Batupasir Eosen Jawa Bagian Timur. Proseding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI ke 37, IAGI, Bandung.

[11] Premonowati, 1994. Informasi Paleobatimetri Asosiasi Fosil Moluska. Preceedings Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuarter, Yogyakarta.

[12] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, HMD., 1995. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

[13] Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, HMD., 2012. Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Pusat Survey Geologi-Badan Geologi-Kementrian ESDM.

[14] Rahmad, B., Maha, M. dan Rodhi, A., 2008. Reflektan Vitrinit dan Komposisi Maseral Seam Batubara Eosen Formasi Nanggulan Daerah Kalisonggo, Kecamatan Girimulyo, kabupaten Kulon Progo, DIY. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI Ke-37, Bandung.

[15] Riandari, B.L. dan Wijono, S., 2013. Biostratigrafi Foraminifera Plangtonik dan Lingkungan Sedimentasi Formasi Sentolo Jalur Sungai Niten, Sungai Serang dan Dusun Ngramang Kab. Kulon Progo Propinsi DIY. Proseiding Seminar Nasional Kebumian Ke-6, Teknik Geologi UGM, Yogyakarta.

[16] Saputra, R. dan Akmaluddin, 2015. Biostratigrafi Nannofosil Gampingan Formasi Nanggulan Bagian Bawah Berdasarkan Batuan Inti dari Kec. Girimulyo dan Kec. Nanggulan, Kab. Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. Proseding Seminar Nasional Kebumian Ke-8, FT-UGM.

[17] Satyana, A.H. dan Purwaningsih, M.E.M., 2003. Oligo-Miocene Carbonates of Java: Tectonic setting and effects of Vulcanism. Proceedings of Joint Convention Jakarta 2003, The 32nd IAGI and 28th HAGI Annual Convention and Exhibition.

[18] Satyana, A.H., 2005. Oligo-Miocene Carbonates of Java, Indonesia : Tectonic-Volcanic Setting and Petroleum Implications. Proceedings Indonesian Petroleum Association

[19] Sulistyoningrum, D. dan Rahardjo, W., 2010. Identification and Paleoecology of Coraline Fossil (Cnidaria: Anthozoa) from Jonggrangan Limestone, Western Slope of Kucir Hill, West Progo Area, Yogyakarta Special Province. Proceedings PIT IAGI Lombok.

[20] Van Bemmelen, R.W., 1949. The Geology of Indonesia. Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, Government Printing Office, The Hague.

[21] Winardi, S., Toha, B., Imron, M. dan Amijaya, D.H., 2010. The Potency Of Eocene Shale Of Nanggulan Formation As Hydrocarbon Source Rock, Proceedings PIT IAGI Lombok 2010.