



Analisis Batuan Gunungapi di Daerah Banyuwangi dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Aspek Geokimia *Volcanic Rocks Analysis in Banyuwangi and Surrounding Areas, East Java Province Based on Geochemistry Aspects*

Arif Prabowo, Sam Permanadewi dan Hanang Samodra

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro No. 57 Bandung
email: ariefprabowo91@gmail.com

Naskah diterima: 08 November 2021, Revisi terakhir: 22 November 2021, Disetujui: 22 November 2021, Online: 23 November 2021
DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v22.4.197-207>

Abstrak-Batuan gunungapi (lava) di daerah Banyuwangi dan sekitarnya merupakan litologi penyusun Formasi Batuampar dan Merubetiri yang berumur Oligo-Miosen, serta terdapat pada batuan gunungapi Kuartar. Sebaran batuan gunungapi tua mendominasi daerah pantai selatan, sedangkan yang lebih muda (Kuartar) terdapat di bagian utara daerah penelitian. Hasil analisis geokimia 8 (delapan) sampel batuan gunungapi umumnya berjenis basal yang berasal dari seri magma toleit, bersifat metaluminous dan berasal dari kedalaman antara 52,26-169,41 km. Data dan informasi ilmiah analisis geokimia dapat digunakan untuk penelitian, pendidikan dan kegiatan geowisata berdasarkan pemahaman geologi yang lengkap.

Katakunci: Banyuwangi, batuan gunungapi, geokimia, lava.

Abstract-Volcanic rocks (lava) in Banyuwangi and surrounding areas is lithology composes the Oligo-Miocene of Batuampar and Merubetiri Formations, as well as found in Quaternary volcanic rocks. The distribution of old volcanic rocks dominates in the south coast area, while the younger one (Quaternary) is found in the northern part of the study area. Geochemical analysis of the 8 (eight) volcanic rock samples yielded rock types which were generally basalt from the toleitic magma series, metaluminous, and originated from a depth of 52.26-169.41 km. The scientific data and information from the geochemical analysis can be used for research, education, and geotourism activities based on a complete understanding of geology.

Keywords: Banyuwangi, volcanic rock, geochemistry, lava.

PENDAHULUAN

Daerah Banyuwangi termasuk ke dalam Jalur Pegunungan Selatan Jawa. Sebelah utaranya dibatasi oleh Kabupaten Situbondo, timur oleh Selat Bali, selatan oleh Samudera Indonesia, di barat oleh Kabupaten Jember dan Bondowoso (Gambar 1). Panjang garis pantainya sekitar 175,8 km, dengan 10 pulau-pulau kecil di sekitarnya. Jalur ini ditempati oleh batuan Neogen Awal yang dikuasai oleh klastika gunungapi, batuan gunungapi, batugamping, dan setempat batuan Formasi Batuampar dan Formasi Merubetiri.

Kajian batuan gunungapi di daerah ini dilakukan untuk melengkapi data yang bermakna sebagai bukti atas peristiwa geologi penting dan menaikkan nilai keragaman geologi yang ada, khususnya yang berpotensi sebagai warisan geologi.

Tinjauan analisis geokimia batuan gunungapi didekati dari aspek petrografi dan *X-Ray Fluorescence* sehingga diketahui jenis batuannya berdasarkan kandungan silika alkali total, seri magma, dan kedalaman magma asal di jalur Benioff (Samodra dkk., 2019).

SINOPSIS GEOLOGI

Daerah Banyuwangi, secara fisiografi termasuk ke dalam Jalur Pegunungan Selatan Jawa. Bagian selatan jalur ini berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, membentuk pantai sepanjang lebih dari 100

km. Jalur fisiografi ini ditempati oleh batuan Neogen Awal yang dikuasai oleh klastika gunungapi, batuan gunungapi, batugamping, dan setempat batuan terobosan.

Geologi daerah Banyuwangi dan sekitarnya telah dipetakan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (sekarang Pusat Survei Geologi) pada 1990-1993. Daerah Banyuwangi dicakup oleh peta-peta geologi terbit skala 1:100.000 seperti Lembar Jember (Sapei dkk., 1992), Lembar Blambangan (Achdan & Bachri, 1993), Lembar Banyuwangi (Sidarto dkk., 1993), dan Lembar Situbondo (Agustyanto & Santoso, 1993).

Secara stratigrafi, daerah Banyuwangi dan sekitarnya disusun oleh beragam jenis batuan yang berumur Oligosen Akhir - Miosen Awal, batuan Miosen Tengah, dan batuan Kuartar. Batuan Oligo-Miosen jenisnya dikuasai oleh batuan gunungapi dan lava merupakan batuan tertua yang tersingkap. Setempat terbentuk batuan sedimen laut dangkal dan klastika gunungapi. Juga termasuk dalam satuan ini adalah batuan terobosan (granodiorit, andesit porfir). Batuan Miosen Tengah dikuasai oleh batugamping berfasies klastik dan terumbu. Batuan ini menampakkan gejala karstifikasi yang disebabkan oleh pelarutan oleh air (hujan). Batuan Kuartar umumnya berupa batuan gunungapi yang pembentukannya dimulai sejak Plistosen. Setempat berkembang batuan sedimen klastik asal-gunungapi yang berumur permulaan Kuartar. Keganungapian yang masih aktif hingga sekarang, seperti G. Ijen dan G. Raung, juga menghasilkan batuan gunungapi. Satuan termuda adalah aluvium, yang merupakan endapan sungai dan pantai.



Gambar 1. Lokasi daerah kajian Banyuwangi, Jawa Timur.

Batuan Gunungapi dan Sedimen Klastik Oligo-Miosen

Sebagai batuan-dasar dan merupakan batuan tertua yang tersingkap, himpunannya dibentuk oleh batuan gunungapi dan batuan klastik asal-gunungapi. Setempat, pada himpunan batuan paling atas dijumpai batugamping. Batuan yang terbentuk pada Oligosen Akhir hingga akhir Miosen Awal atau permulaan Miosen Tengah (antara 28,4-13,8 juta tahun lalu) itu mencakup Formasi Merubetiri, Formasi Batuampar, Formasi Sukamade, dan Anggota Batugamping Formasi Merubetiri. Himpunan batuan fasies gunungapi diwakili oleh Formasi Merubetiri, sedangkan Formasi Sukamade merupakan fasies sedimen klastik. Formasi Batuampar bagian bawah lebih banyak bersifat sebagai sedimen klastik, sementara bagian atasnya merupakan runtunan batuan gunungapi. Satuan termuda pada himpunan batuan Oligo-Miosen adalah batugamping, yang berumur akhir Miosen Awal hingga permulaan Miosen Tengah. Batuan Oligo-Miosen ini terbentuk di lingkungan lereng laut dalam hingga daratan di pinggir pantai, atau setidaknya laut dangkal yang terbuka di tepi daratan. Pelongsoran bawahlaut memicu terjadinya batuan sedimen berciri endapan turbidit. Lava yang dilelerkan dari pusat letusannya dan masuk ke dalam lingkungan berair (laut) menjadikan batuan itu berstruktur bantal. Pembekuan lava yang terjadi sepusat-sepusat menghasilkan struktur kolom.

Batuan Terobosan Miosen Tengah

Kegiatan magmatisme di akhir jenjang kegunungapian Oligo-Miosen menghasilkan batuan terobosan granodiorit, andesit porfir, dasit, dan diorit. Penerobosan ini mempengaruhi batuan Formasi Merubetiri, Formasi Batuampar, dan Formasi Sukamade, sehingga sebagian batuan mengalami pengubahan (terkloritkan, terserisitkan, terpropilitkan). Fenomena ubahan pada Anggota Batugamping Formasi Merubetiri yang belum pernah dilaporkan mendasari pendugaan bahwa penerobosan terjadi sebelum batugamping itu diendapkan, yaitu pada akhir Miosen Awal. Sapei dkk. (1992) menafsirkan batuan terobosan berumur pertengahan Miosen Tengah.

Batugamping Miosen Tengah

Runtunan batugamping fasies terumbu dan fasies klastik bersisipan napal dan batupasir tufan yang berumur Miosen Tengah dan terbentuk di lingkungan laut dangkal terbuka yang berhimpunan dengan

terumbu tersingkap luas di Semenanjung Blambangan, di wilayah Banyuwangi Selatan bagian timur. Batugamping yang mengalami pelarutan oleh air (hujan) ini membentuk bentangalam kars. Fenomena kars bawah-permukaan, yang diwakili oleh sistem perguaan, lebih signifikan dibanding fenomena yang terjadi di permukaan. Setempat, di bagian selatan semenanjung teramati adanya seri atau deretan undak-pantai yang menggambarkan terjadinya proses pengangkatan pada Zaman Kuartar.

Batuan Gunungapi Tua (Plistosen)

Himpunan batuan gunungapi seperti breksi gunungapi, lava, dan tuf yang berumur Plistosen ini dihasilkan oleh kegiatan kegunungapian Ijen Tua. Peletusan besar yang pernah terjadi di permulaan Zaman Kuartar ini menghasilkan kaldera yang cukup besar. Setempat, endapan lahar yang dihasilkan oleh Ijen Tua dipetakan sebagai Formasi Kalibaru.

Batuan Gunungapi Muda (Holosen)

Himpunan batuan gunungapi berupa breksi gunungapi, tuf, dan lava ini dihasilkan oleh peletusan G. Ijen Muda, G. Rante, G. Merapi, G. Raung, serta G. Suket dan G. Pendil selama Holosen, atau dimulai sejak 11.000 tahun lalu. Di daerah Watudodol, di pantai timur di utara Banyuwangi, batuan gunungapi (lava) yang dihasilkan oleh G. Merapi di timur Kawah Ijen melampar ke timur membentuk singkapan lava berstruktur bantal. Setempat, batuan gunungapi ini menjemari dengan batugamping.

Batugamping Terangkat (Holosen)

Runtunan tebal batugamping yang tersingkap di daerah Watudodol, yang bagian bawahnya mengandung keratan lava, ditafsirkan oleh Sidarto dkk. (1993) berumur Holosen. Fenomena batugamping yang tersingkap mulai ketinggian 0-544 m dml ini menunjukkan betapa besarnya kecepatan pengangkatan yang terjadi sejak 11.000 tahun lalu.

Aluvium

Endapan permukaan ini merupakan endapan sungai dan pantai. Endapan pantai yang luas di daerah Segara Anakan, di barat Semenanjung Blambangan, mengandung fosil *Schlumbergerella florensis*. Bangunnya yang membulat dan ukurannya yang sebesar butiran merica mendasari penamaannya sebagai "pasir merica."

Secara struktural, jalur Pegunungan Selatan Jawa Timur oleh Nahrowi dkk. (1978) dibagi menjadi daerah tinggian (*high*) dan daerah rendahan (*low*). Masing-

masing bagian dibatasi oleh sesar-sesar regional berarah timurlaut-baratdaya dan baratlaut-tenggara. Sesar-sesar itu merupakan sesar kedalaman (*deep-seated faults*), yang memotong lapisan kulit bumi hingga kedalaman puluhan km.

Daerah tinggian umumnya disusun oleh batuan gunungapi tua Oligo-Miosen, yang oleh Bemmelen (1949) dinamakan Formasi Andesit Tua. Daerah rendahan merupakan tempat pengendapan yang diisi oleh batugamping Neogen. Daerah Banyuwangi dan sekitarnya termasuk dalam Tinggian Sukamade (di sebelah barat) dan Rendahan Banyuwangi (di sebelah timur; Gambar 2). Batas antara Tinggian Sukamade dan Rendahan Banyuwangi adalah sesar regional yang berarah baratlaut-tenggara. Tetapi keberadaan sesar tua ini di lapangan sulit diikuti, karena tertutup oleh batuan gunungapi yang dihasilkan oleh peletusan kerucut-kerucut gunungapi Kuartar.

PETROGRAFI DAN GEOKIMIA BATUAN GUNUNGAPI

Di wilayah Kabupaten Banyuwangi, batuan gunungapi yang berupa lava dijumpai sebagai litologi penyusun Formasi Batuampar, Formasi Merubetiri, dan batuan gunungapi Kuartar. Formasi Batuampar dan Formasi Merubetiri berumur Oligo-Miosen. Setempat, retas-retas basal memotong Formasi Sukamade dan Formasi Merubetiri. Formasi Sukamade merupakan klastika asal gunungapi yang bersifat silikaan, yang juga berumur Oligo-Miosen. Ketiga satuan Oligo-Miosen ini menjadi himpunan batuan tertua yang tersingkap di daerah Banyuwangi.

Sebagian besar lava menampakkan struktur peleleran (aliran), terbongkahkan; setempat membentuk struktur bantal dan kolom.

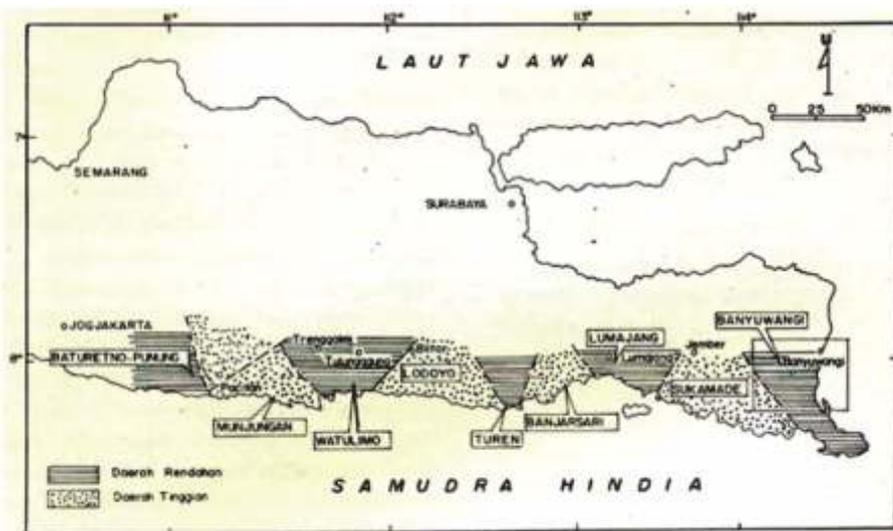
Delapan sampel batuan gunungapi dari Formasi Batuampar, Formasi Merubetiri, dan batuan gunungapi Kuartar (Tabel 1 dan Gambar 3) telah dianalisis petrografi dan kimia batuan dengan metoda XRF (*X-Ray Fluorescence*). Data kimia batuan ini selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi jenis magma, seri magma, sifat magma, asal magma, dan kedalaman jalur Benioff.

Analisis Petrografi

Analisis petrografi terhadap 8 sampel batuan gunungapi adalah sebagai berikut:

19-HS-01

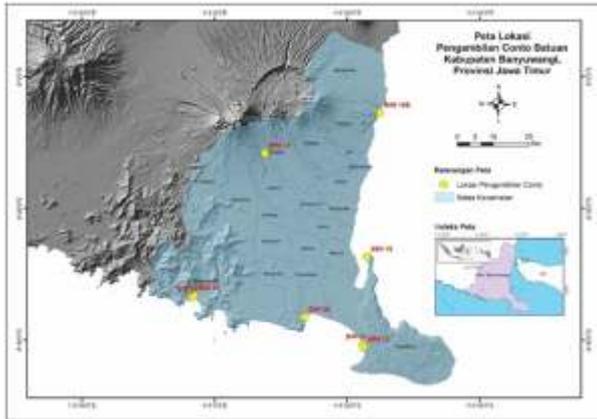
Batuan beku ini merupakan komponen di dalam breksi Formasi Batuampar. Secara petrografi batuan ini berjenis dasit. Pengamatan di bawah mikroskop melalui sayatan tipis batuan menunjukkan tekstur hipokristalin, yang disusun oleh kristal sulung kuarsa (25%), plagioklas (14%), K-feldspar (8%), mineral tidak tembus cahaya (9%), dan klorit (13%). Mineral-mineral itu berukuran fanerik halus (0,1-0,8 mm), berbangun anhedral-subhedral, tertanam di dalam masadasar mikrokristal silika dan gelas (31%). Kemasnya inequigranular vitrofirik. Secara petrogenesis batuan berjenis asam ini merupakan batuan terobosan dangkal, sebelum akhirnya tersingkap, terkikis dan terendapkan sebagai komponen di dalam batuan sedimen klastik (breksi).



Gambar 2. Sebaran daerah tinggian (*high*) dan daerah rendahan (*low*) di wilayah Pegunungan Selatan Jawa Timur menurut Nahrowi dkk. (1978).

Tabel 1. Daftar sampel batuan gunungapi untuk analisis petrografi dan kimia batuan

No. Urut	Kode Sampel	Koordinat	Lokasi	Keterangan
1.	19-HS-01	113°56'55.60" T/8°33'17.90" S	Sarangan	F. Batuampar
2.	19-HS-04	113°56'35.51" T/8°33'27.23" S	Pantai Rajegwesi	F. Merubetiri
3.	19-HS-06	114°13'32.14" T/8°36'32.77" S	Pantai Grajagan	F. Batuampar
4.	19-HS-11	114°22'23.62" T/8°40'39.77" S	Pantai Pancur	F. Batuampar
5.	19-HS-12	114°22'27.29" T/8°41'4.91" S	Pantai Parangireng	F. Batuampar
6.	19-HS-14	114° 7'36.51" T/8°11'37.94" S	Lider	Gunungapi Kuarter
7.	19-HS-16	114°23'23.53" T/8°26'56.70" S	Tanjung Sembulungan	F. Merubetiri
8.	19-HS-19B	114°24'47.11" T/8°5'39.29" S	Pantai Watudodol	F. Merubetiri



Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel batuan.



Gambar 4. Foto sayatan tipis dasit (19-HS-01), atas: X-nikol, bawah: //nikol.

19-HS-04

Lava yang terbreksikan ini berstruktur hipokristalin, fanerik halus hingga afanitik, terutama disusun oleh plagioklas di dalam masadasar gelas. Aspek perlapisan disebabkan oleh perbedaan waktu pembekuan. Sebagian batuan terfragmentan, terkekarkan, dan setempat mengandung butiran pirit berukuran halus (disseminated pyrites). Berdasarkan analisis petrografi, batuan ini berjenis riolit (Gambar 5). Di bawah mikroskop, sayatan tipisnya menunjukkan tekstur hipokristalin, dengan fenokrisnya yang berupa kuarsa (26%), K-feldspar (21%), plagioklas (9%), mineral tidak tembus cahaya (6%), dan mineral ubahan klorit (12%). Mineral-mineral sulung yang berukuran 0,1-1,1 mm (fanerik halus-sedang) dengan bangunnya yang anhedral hingga subhedral itu hadir di dalam masadasar mikrokristal silika (11%) dan gelas (15%).

19-HS-06

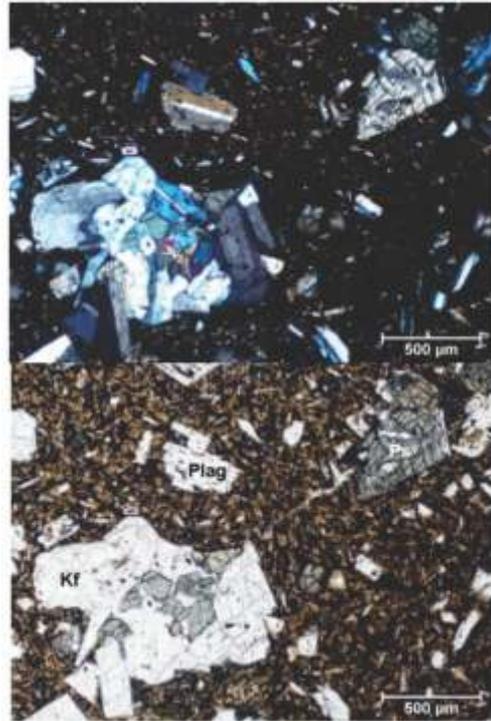
Di bawah mikroskop, sayatan tipis 19-HS-06 menunjukkan tekstur hipokristalin, inequigranular, vitroferik. Tekstur ini ditunjukkan oleh keberadaan kristal sulung plagioklas (24%), K-feldspar (12%), piroksen (7%), dan mineral opak (8%) sebagai mineral tambahan, yang terdapat pada masadasar mikrolit plagioklas (14%) dan gelas gunungapi (35%). Kristal-kristal sulung tersebut berukuran fanerik halus, atau antara 0,2-0,8 mm. Bangun kristal berkisar antara subhedral hingga anhedral. Secara petrografi, batuan ini adalah lava andesit (Gambar 6). Berdasarkan tekstur dan susunan mineraloginya maka batuan memiliki sifat magma dengan derajat keasaman menengah. Batuan mengalami pembekuan di permukaan, yaitu setelah ke luar dari sumbernya.

19-HS-11

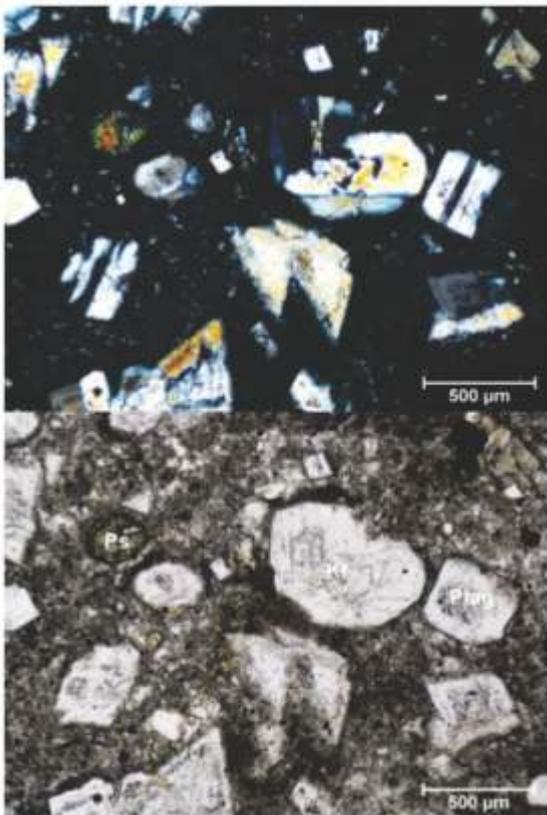
Secara petrografi, sampel 19-HS-11 adalah lava andesit. Di bawah mikroskop, sayatan tipisnya menampilkan tekstur hipokristalin yang terdiri dari kristal sulung plagioklas (31%), K-feldspar (14%), piroksen (5%), dan mineral hitam yang tidak tembus cahaya (7%), berukuran 0,2-0,6 mm atau fanerik halus, terbangun subhedral hingga anhedral; tertanam di dalam masadasar mikrolit plagioklas (17%) dan gelas gunungapi (26%); dan teramati adanya struktur aliran yang ditunjukkan oleh mikrolit dan mineral berukuran halus lainnya (Gambar 7). Mendasarkan pada tekstur, susunan mineralogi, dan struktur aliran maka batuan memiliki sifat magma dengan derajat keasaman menengah. Batuan mengalami pembekuan di permukaan, yaitu setelah ke luar dari sumbernya.



Gambar 5. Foto sayatan tipis riolit (19-HS-04B), atas: X-nikol, bawah: // -nikol.



Gambar 7. Foto sayatan tipis lava andesit (19-HS-11), atas: X-nikol, bawah: // -nikol.



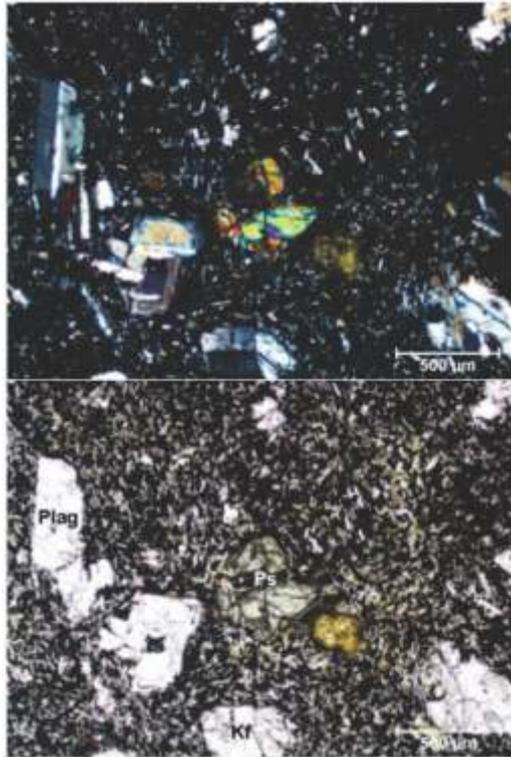
Gambar 6. Foto sayatan tipis lava andesit (19-HS-06), atas: X-nikol, bawah: // -nikol.

19-HS-12

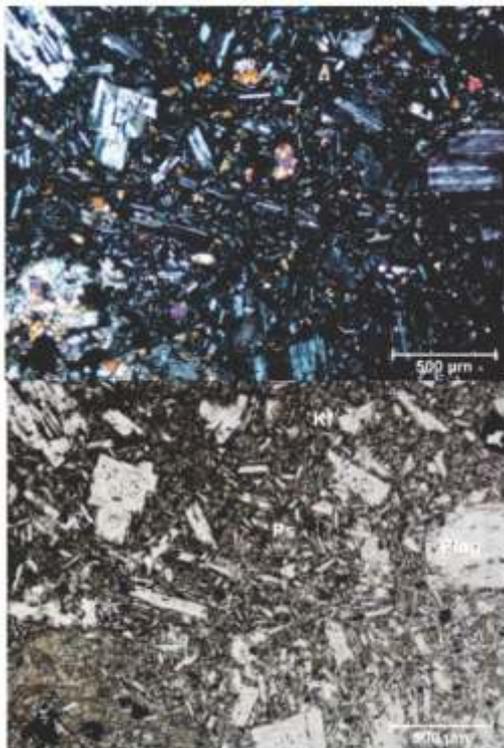
Secara petrografi, sampel 19-HS-12 adalah lava andesit piroksen (Gambar 8). Di bawah mikroskop, sayatan tipis batuan menampilkan tekstur hipokristalin, inequigranular, vitrofirik. Tekstur itu disusun oleh kristal sulung plagioklas (27%), K-feldspar (6%), piroksen (14%), dan mineral tambahan yang berupa mineral hitam yang tidak tembus cahaya (5%), berukuran 0,2-1,1 mm (fanerik halus hingga sedang), berbangun subhedral-anhedral, di dalam masadasar mikrolit plagioklas (18%) dan gelas gunungapi yang sebagian terdevitrifikasi (30%). Setempat, mikrolit plagioklasnya menunjukkan struktur aliran.

19-HS-14

Secara petrografi, sampel 19-HS-14 adalah lava basal (Gambar 9). Di bawah mikroskop, sayatan tipisnya memperlihatkan tekstur hipokristalin, inequigranular, dimana kristal sulung plagioklas (28%), K-feldspar (5%), piroksen (17%), dan mineral opak (6%) yang berukuran 0,2-1,3 mm (fanerik halus hingga sedang), berbangun subhedral-anhedral hadir di dalam masadasar mikrolit plagioklas (22%), mikrokristalin piroksen (sebagian terubah), mineral opak dan gelas gunungapi yang terdevitrifikasi (22%). Teramati juga tekstur khusus intersertal dan setempat memperlihatkan struktur aliran.



Gambar 8. Foto sayatan tipis andesit piroksen (19-HS-12), atas: X-nikol, bawah: //nikol.



Gambar 9. Foto sayatan tipis basal (19-HS-14), atas: X-nikol, bawah: //nikol.

19-HS-16

Analisis petrografi batuan beku 19-HS-16 dari daerah pantai, yang diambil ketika air laut surut, mengidentifikasi bahwasanya batuan beku itu adalah lava andesit (Gambar 10). Sayatan tipis batuan yang diamati di bawah mikroskop menunjukkan tekstur hipokristalin; disusun oleh fenokris plagioklas (36%), K-feldspar (15%), piroksen (6%), dan mineral tidak tembus cahaya (2%). Mineral-mineral sulung itu berukuran 0,2-1,3 mm (fanerik halus-sedang), berbangun anhedral-subhedral, serta hadir di dalam masadasar mikrokristal plagioklas (14%) dan gelas gunungapi (27%). Mikrokristal yang sangat halus itu menunjukkan struktur aliran. Batuan beku bersusunan menengah ini dibentuk oleh magma yang sempat ke luar ke permukaan dan mengalir membentuk lava andesit

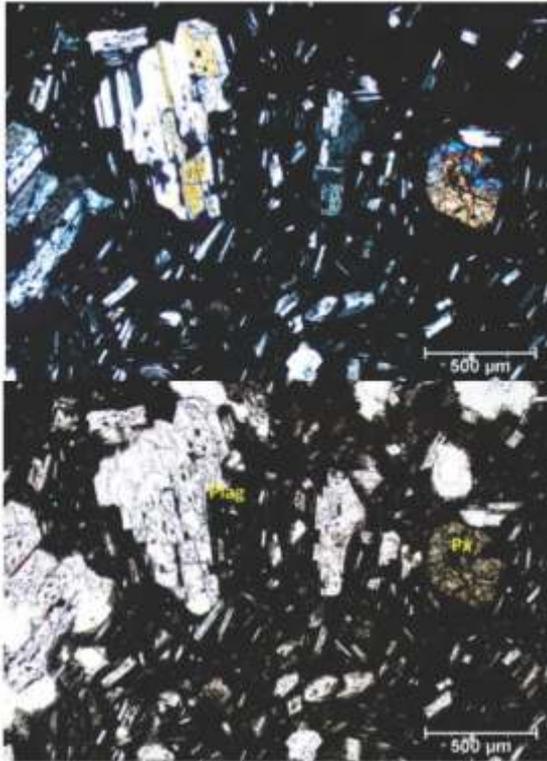
19-HS-19B

Sampel batuan 19-HS-19B adalah lava basal (Gambar 11). Lava yang bertekstur hipokristalin, inequigranular ini terdiri dari kristal sulung plagioklas (30%), K-feldspar (11%), piroksen (sebagian terubah) (8%), palagonit (6%), dan mineral opak (3%) sebagai mineral tambahan. Mineral-mineral itu mempunyai ukuran 0,2-1,6 mm atau fanerik halus, dengan bangun kristalnya yang subhedral hingga anhedral. Masa dasarnya berupa mikrolit plagioklas (20%), mikrokristalin piroksen (terubah), mineral opak dan gelas gunungapi terdevitrifikasi (22%). Teramati tekstur khususnya intersertal dan struktur aliran. Tekstur hipokristalin inequigranular dan komposisi mineral menunjukkan bahwa batuan memiliki sifat magma dengan keasaman rendah, yang membeku di permukaan dalam bentuk aliran lava. Munculnya palagonit menunjukkan pendinginan terjadi secara cepat karena bersentuhan dengan air (laut). Pengaruh lingkungan berair menyebabkan terjadinya struktur bantal.

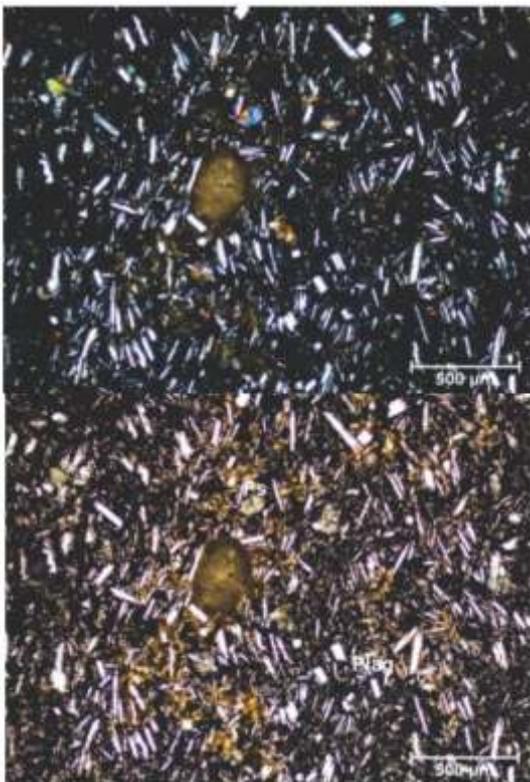
Geokimia

Analisis kimia batuan yang menggunakan metoda XRF menghasilkan persen berat unsur-unsur oksida utama seperti SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , $\text{FeO}_{\text{total}}$, MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , dan P_2O_5 (lihat tabel 2 di bawah). 10 unsur oksida utama masing masing dengan jumlah persen berat (yang sudah dinormalkan menjadi 100%).

Data kimia batuan ini selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi jenis, seri, sifat, dan asal magma, serta kedalaman jalur Benioff. Hal ini dilaksanakan dengan pengeplotannya pada: diagram AFM (Irvine & Baragar, 1971) dan diagram $\text{SiO}_2\text{-FeO}_{\text{total}}/\text{MgO}$ (Miyashiro, 1974); diagram A/CNK-A/NK (Shand, 1943); dan diagram Total Alkali Silica/TAS (Le Bas et al., 1986).



Gambar 10. Foto sayatan tipis andesit (19-HS-16), atas: X-nikol, bawah: //nikol.



Gambar 11. Foto sayatan tipis basal (19HS-19B), atas: X-nikol, bawah: //nikol.

Tabel 2. Hasil analisa kimia batuan dengan metoda XRF

No. Sampel (lokasi)	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
19-HS-01B (Sarogan)	67,71	0,51	15,16	6,79	0,13	3,83	2,18	0,92	2,66	0,12
19-HS-04B (Rajegwesi)	75,24	0,61	12,19	4,75	0,05	1,53	0,66	4,59	0,27	0,11
19-HS-06 (Grajagan)	68,51	0,61	14,94	4,96	0,05	0,59	6,84	2,19	1,24	0,08
19-HS-11B (Pancur)	57,14	0,96	18,47	9,57	0,08	1,29	8,54	3,15	0,58	0,22
19-HS-12 (Parangireng)	55,71	0,75	17,97	10,89	0,18	1,91	8,99	2,70	0,75	0,15
19-HS-14B (Lider)	55,63	0,85	19,65	9,21	0,16	1,41	7,33	3,51	1,99	0,27
19-HS-16B2 (Tanjung Sembulungan)	59,30	0,45	21,14	5,59	0,19	0,93	6,83	3,93	1,36	0,28
19-HS-19B (Watudodol)	55,38	1,09	16,53	12,60	0,25	1,54	6,71	3,57	2,02	0,31

Magma yang berasal dari Jalur Benioff dapat diketahui kedalamannya berdasarkan rumus yang disusun oleh Hutchison (1973). Dalam hal ini jalur penunjaman dianggap mempunyai bentuk yang ideal. Rumus tersebut adalah:

$$d = [320 - (3,65 \times \% \text{SiO}_2)] + (25,52 \times \% \text{K}_2\text{O})$$

Diagram Total Alkali Silica/TAS

Nama batuan (termasuk seri dan komposisi magma) yang diidentifikasi dengan menggunakan kandungan total alkali silica diketahui melalui Diagram TAS, yaitu diagram biner yang diajukan oleh Le Bas et al. (1986). Delapan sampel yang diplot pada Diagram TAS hasilnya tertabulasi dan tergambar sebagai berikut (Tabel 3, Gambar 12).

Diagram AFM dan Diagram SiO₂-FeO_{total}/MgO

Plotting 8 sampel batuan pada Diagram AFM (Irvine & Baragar, 1971) dan Diagram SiO₂-FeO_{total}/MgO (Miyashiro, 1974) menunjukkan sebagian besar sampel batuan berasal dari seri magma toleit, sementara 2 sampel lainnya termasuk dalam seri magma kapur-alkali (Tabel 4 dan Gambar 13).

Diagram A/CNK-A/NK

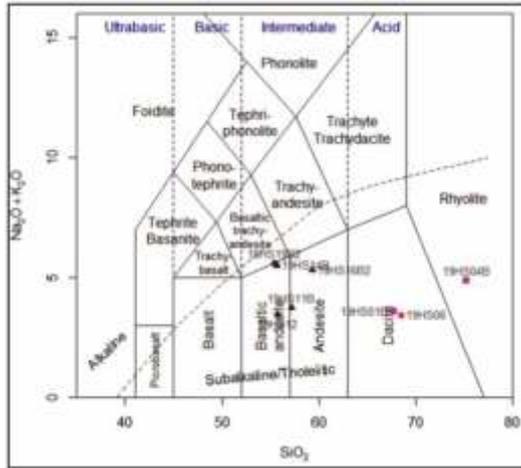
Melalui plotting pada Diagram A/CNK-A/NK (Shand, 1943) 5 sampel termasuk dalam magma yang mempunyai sifat metaluminous, dan 3 sampel lainnya bersifat peraluminous (Tabel 5 dan Gambar 14).

Kedalaman Jalur Benioff

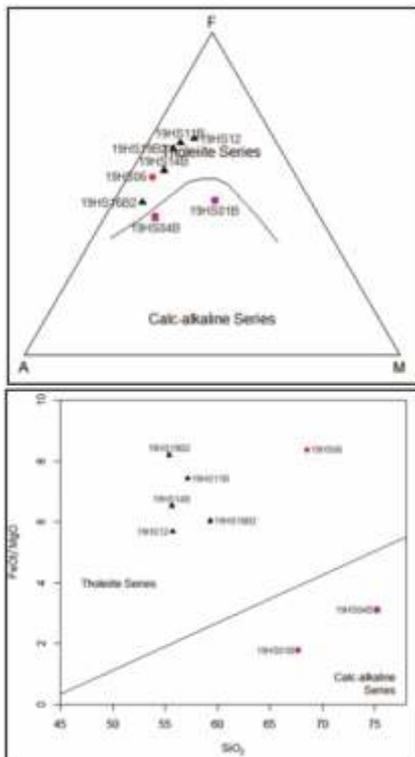
Magma yang berasal dari Jalur Benioff dapat diketahui kedalamannya berdasarkan rumus yang disusun oleh Hutchison (1973). Dalam hal ini jalur penunjaman dianggap mempunyai bentuk yang ideal. Tabulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3. Tabulasi hasil plotting diagram TAS

No. Sampel	Nama Batuan	Seri Magma	Komposisi Magma
19-HS-01	Dasit	Subalkali-Toleitik	Asam
19-HS-04	Riolit	Subalkali-Toleitik	Asam
19-HS-06	Dasit	Subalkali-Toleitik	Asam
19-HS-11	Andesit	Subalkali-Toleitik	Menengah
19-HS-12	Andesit Basaltik	Subalkali-Toleitik	Menengah
19-HS-14	Andesit Basaltik	Subalkali-Toleitik	Menengah
19-HS-16	Andesit	Subalkali-Toleitik	Menengah
19-HS-19B	Andesit Basaltik	Subalkali-Toleitik	Menengah



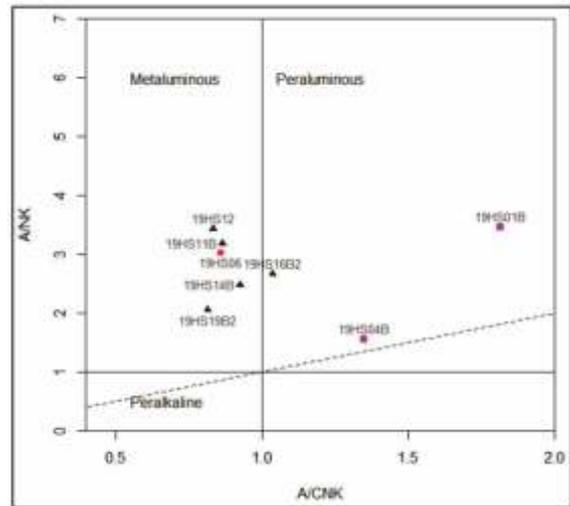
Gambar 12. Pengeplotan delapan sampel batuan pada diagram Total Alkali Silica/TAS (Le Bas et al., 1986) yang menunjukkan nama batuan, termasuk seri dan komposisi magma. Sampel 19-HS-01B adalah komponen batuan beku di dalam breksi.



Gambar 13. Delapan sampel batuan yang diplot pada Diagram AFM (Irvine & Baragar, 1971; atas) dan pada Diagram SiO₂-FeO_{total}/MgO (Miyashiro, 1974; bawah) menunjukkan bahwa 6 sampel termasuk dalam seri toleit dan 2 sampel lainnya berasal dari magma seri kapur-alkali. Sampel 19-HS-01B adalah komponen batuan beku di dalam breksi.

Tabel 4. Tabulasi hasil plotting diagram AFM dan diagram SiO₂-FeO_{total}/MgO

No. Sampel	Lokasi	Seri Magma
19-HS-01	Sarongan	Kapur-alkali
19-HS-04	Pantai Rajegwesi	Kapur-alkali
19-HS-06	Pantai Garjagan	Toleit
19-HS-11	Pantai Pancur	Toleit
19-HS-12	Pantai Parangireng	Toleit
19-HS-14	Air Terjun Lider	Toleit
19-HS-16	Tanjung Sembulungan	Toleit
19-HS-19B	Pantai Watudodol	Toleit



Gambar 14. Delapan sampel yang diplot pada Diagram A/CNK-A/NK (Shand, 1943) yang menunjukkan 5 sampel berasal dari magma yang bersifat metaluminous dan 3 sampel lainnya bersifat peraluminous. Sampel 19-HS-01B adalah komponen batuan beku di dalam breksi.

Tabel 5. Tabulasi hasil plotting Diagram A/CNK-A/NK

No. Sampel	Lokasi	Sifat Magma
19-HS-01	Sarongan	Peraluminus
19-HS-04	Pantai Rajegwesi	Peraluminus
19-HS-06	Pantai Garjagan	Metaluminus
19-HS-11	Pantai Pancur	Metaluminus
19-HS-12	Pantai Parangireng	Metaluminus
19-HS-14	Air Terjun Lider	Metaluminus
19-HS-16	Tanjung Sembulungan	Peraluminus
19HS-19B	Pantai Watudodol	Metaluminus

Tabel 6. Tabulasi hasil perhitungan kedalaman jalur Benioff

NO SAMPEL	LOKASI	KEDALAMAN JALUR BENIOFF (ASAL MAGMA)
19-HS-01	Sarongan	140,74 km
19-HS-04	Pantai Rajegwesi	52,26 km
19-HS-06	Pantai Garjagan	101,05 km
19-HS-11	Pantai Pancur	137,08 km
19-HS-12	Pantai Parangireng	135,80 km
19-HS-14	Air Terjun Lider	167,73 km
19-HS-16	Tanjung Sembulungan	138,26 km
19-HS-19B	Pantai Watudodol	169,41 km

PEMBAHASAN

Tabel 7 di bawah meringkas dan menabulasi 8 sampel batuan yang dikumpulkan dari daerah Banyuwangi, yang umumnya berupa lava. Sebagai catatan, 1 sampel yaitu 19-HS-01B adalah komponen batuan beku di dalam breksi. Breksi yang bersifat gunungapi ini menjadi litologi penyusun runtunan Formasi Batuampar bagian bawah.

Batuan Oligo-Miosen yang merupakan batuan tertua yang tersingkap di Kabupaten Banyuwangi adalah runtunan batuan gunungapi yang berhimpunan dengan klastika asal gunungapi. Batuan gunungapi muda yang juga menghasilkan lava dan piroklastik berumur Kuartar, beberapa di antaranya masih aktif hingga sekarang (G. Ijen, G. Raung).

Batuan beku atau lava yang terkandung pada batuan gunungapi tua (Oligo-Miosen) umumnya berjenis andesit basaltik yang berasal dari seri magma toleit. Pembentukan batuan sub-alkali yang mengandung sedikit natrium dibanding basal lainnya ini dipengaruhi oleh kondisi reduksi. Ketika magma induk yang bersifat basa (basal) mengalami penghabluran, maka proses itu cenderung akan menghablurkan mineral-mineral silikat yang kaya magnesium tetapi miskin besi (olivin, piroksin). Sampel lava dari batuan gunungapi muda (19-HS-14B) juga berasal dari seri magma toleit.

Magma toleit yang bersifat metaluminous (kecuali pada sampel 19-HS-16B yang berasal dari pantai di

lereng timur G. Sembulungan, Tanjung Sembulungan) itu berasal dari kedalaman antara 135,80-169,41 km. Batuan metaluminous adalah batuan beku yang memiliki jumlah molekul aluminium oksida lebih rendah dari gabungan kalsium oksida, natrium oksida, dan kalium oksida.

Seri magma kapur-alkali teridentifikasi menghasilkan riolit (19-HS-04B) dan dasit (19-HS-01B) yang membentuk komponen di dalam breksi. Seri magma ini umumnya banyak mengandung air sehingga bersifat hidrous, lebih teroksidasi, dan mempunyai kadar O_2 (oksigen) yang relatif tinggi. Komposisi magma ini dipengaruhi oleh proses yang berkaitan dengan kadar air dan tingkat oksidasi magma. Perubahan komposisi dimulai dengan peleburan sebagian (*partial melting*) dari material yang tertunjamkan dan atau dari selubung peridotit. Evolusi magma kapur-alkali mencakup berbagai proses seperti kristalisasi fraksional, asimilasi dengan batuan kerak benua, dan pencampuran dengan pelelehan sebagian (*partial melting*) lapisan kerak benua. Batuan kapur-alkali dijumpai di busur yang terletak di atas jalur tunjaman, yaitu busur gunungapi yang terdapat di kerak benua.

Magma kapur-alkali yang menghasilkan riolit di Pantai Rajegwesi dan komponen dasit di dalam breksi Formasi Batuampar di daerah Sarongan bersifat metaluminous dan peraluminous. Batuan peraluminous adalah batuan beku yang memiliki jumlah molekul aluminium oksida lebih tinggi dari gabungan natrium oksida, kalium oksida, dan kalsium oksida.

Tabel 7. Tabulasi hasil analisis geokimia 8 sampel batuan daerah Banyuwangi

No. Sampel	Lokasi	Formasi	Nama Batuan	Seri Magma	Sifat Magma	d (km)
19-HS-01	Sarongan	Batuampar	Dasit	Kapur-alkali	Peraluminus	140,74
19-HS-04	Pantai Rajegwesi	Merubetiri	Riolit	Kapur-alkali	Peraluminus	52,26
19-HS-06	Pantai Garjagan	Batuampar	Dasit	Toleit	Metaluminus	101,05
19-HS-11	Pantai Pancur	Batuampar	Andesit Basaltik	Toleit	Metaluminus	137,08
19-HS-12	Pantai Parangireng	Batuampar	Andesit Basaltik	Toleit	Metaluminus	135,80
19-HS-14	Air Terjun Lider	Batuan Gunungapi Kuartar	Andesit Basaltik	Toleit	Metaluminus	167,73
19-HS-16	Tanjung Sembulungan	Merubetiri	Andesit	Toleit	Peraluminus	138,26
19-HS-19B	Pantai Watudodol	Merubetiri	Andesit Basaltik	Toleit	Metaluminus	169,41

d=kedalaman Jalur Benioff yang menjadi asal magma.

KESIMPULAN

Beragam jenis batuan beku seperti dasit, riolit, andesit, dan andesit basaltik yang bersusunan asam hingga menengah, berumur Oligo-Miosen hingga Kuartar tersingkap di daerah Banyuwangi dan sekitarnya. Batuan tersebut merupakan bagian dari seri magma subalkali hingga toleitik berdasarkan diagram TAS dan diagram AFM. Berdasarkan diagram A/CNK-A/NK, 5 sampel berasal dari magma yang bersifat metaluminous, dan 3 lainnya bersifat

peraluminous. Pada sistem penunjaman (subduksi) magma tersebut berasal dari kedalaman yang beragam, yaitu mulai 52,26 - 169,41 km.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Bapak Kepala Pusat Survei Geologi dan Koordinator Kegiatan Geosains atas izin penerbitan karya tulis ini, serta rekan-rekan di Laboratorium Petrografi dan Kimia Pusat Survei Geologi yang telah membantu hingga dapat terselesainya tulisan ini.

ACUAN

- Achdan, A. dan Bachri, S., 1993. *Geologi Lembar Blambangan, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Agustyanto, D.A. dan Santoso, S., 1993. *Geologi Lembar Situbondo, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Bemmelen, R.W. Van, 1949. *The Geology of Indonesia*. Government Printing Office, The Hague.
- Hutchison, C.S., 1973. Tectonic Evaluation of Sundaland: A Phanerozoic Synthesis. *Geol Soc. Malaysia Bulletin*, 61-86.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971. A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, 8: 523-548.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., and Zanettin, B., 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27: 745-750.
- Miyashiro, A., 1974. Volcanic Rock Series in Island Arcs and Active Continental Margins. *American Journal of Science*, 274: 321-355.
- Nahrowi, T.Y., Suratman, Namida, S., dan Hidayat, S., 1978. Geologi Pegunungan Selatan, Jawa Timur. Laporan Bagian Eksplorasi, PPTMGM Lemigas, Cepu.
- Samodra, H., Permanadewi, S., Prabowo, A., dan Patriani, E.Y., 2019. *Analisis Paleontologi Batugamping Watudodol. Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur: Sebagai data baru untuk melengkapi Peta Geologi Lembar Banyuwangi, Skala 1:100.000*. Publikasi Laboratorium, Pusat Survei Geologi.
- Samodra, H., Prabowo, A., Permanadewi, S., Razak, J., dan Yalin, S., 2019. Inventarisasi Keragaman Geologi dan Identifikasi Warisan Geologi Daerah Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Laporan Kerjasama BAPPEDA Kabupaten Banyuwangi dan Pusat Survei Geologi, Badan Geologi (tidak diterbitkan).
- Sapei, T., Suganda, A.H., Astadiredja, K.A.S., dan Suharsono, 1992. *Geologi Lembar Jember, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Shand, S.J., 1943. *Eruptive Rocks: Their Genesis, Composition, Classification, and Their Relation to Ore Deposits with a Chapter on Meteorite*. John Wiley & Sons, New York.
- Sidarto, Suwarti, T., dan Sudana, 1993. *Geologi Lembar Banyuwangi, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.