

JEJAK VULKANISME BAWAH LAUT BERDASARKAN KARAKTERISTIK LITOLOGI SATUAN BASALT DI SUNGAI CIKASO DAN SUNGAI CISEUREUH, KECAMATAN CIBITUNG, KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARATFalah Husurur¹, Ahmad Helman Hamdani², Kurnia Arfiansyah², Rinaldi Ikham²¹Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Soekarno KM 21, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

*Email Korespondensi: falahhusurur@gmail.com

ABSTRAK

Karakteristik litologi satuan basalt merupakan rekaman penting dalam menafsirkan proses dan lingkungan pembentukan batuan beku. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jejak vulkanisme bawah laut berdasarkan karakteristik litologi satuan basalt yang tersingkap di Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh, Sukabumi Selatan, Jawa Barat. Metode penelitian meliputi pengamatan megaskopis dan analisis petrografi sayatan tipis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa satuan basalt di Sungai Cikaso dicirikan oleh lava bantal basaltik yang berasosiasi dengan peperit serta tekstur mikroskopis porfiritik dengan massa dasar mikrolit-gelas dan derajat kristalisasi hipokristalin yang mencerminkan pendinginan sangat cepat akibat interaksi lava dengan air laut dan sedimen. Satuan basalt di Sungai Cisereuh menunjukkan karakter litologi yang lebih koheren berupa lava dengan struktur kekar kolom, tekstur vesikular, autobreksi, dan amigdaloidal, serta alterasi propilitik; secara mikroskopis ditunjukkan oleh dominasi mikrolit plagioklas-piroksen dan alterasi klorit yang mengindikasikan pembekuan lava yang relatif lebih lambat dan pengaruh fluida pascavulkanik. Keberadaan tekstur vesikular pada lava bawah laut ditafsirkan sebagai akibat pelepasan gas magma pada kondisi laut dangkal yang terawetkan oleh pembekuan cepat, sedangkan perbedaan karakteristik litologi antara Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh mencerminkan variasi fasies dalam satu sistem gunungapi bawah laut di wilayah Sukabumi Selatan.

Kata kunci: Basalt, Karakteristik Litologi, Vulkanisme Bawah Laut, Sungai Cikaso, Sungai Cisereuh.**ABSTRACT**

Lithological characteristics of basaltic units represent an important record for interpreting the processes and environments of igneous rock formation. This study aims to identify submarine volcanism signatures based on the lithological characteristics of basalt units exposed along the Cikaso and Cisereuh Rivers, southern Sukabumi, West Java. The methodology includes megascopic field observations and petrographic analysis of thin sections. The results show that the basalt unit in the Cikaso River is characterized by basaltic pillow lava associated with peperite, supported microscopically by a porphyritic texture, microlitic-glassy groundmass, and a hypohyaline to hypocrySTALLINE nature, indicating rapid cooling due to direct interaction between lava, seawater, and water-saturated sediments. In contrast, the basalt unit in the Cisereuh River exhibits more coherent lithological characteristics, including lava with columnar jointing, vesicular, autobrecciated, and amygdaloidal textures, as well as propylitic alteration. Petrographically, these features are indicated by the dominance of plagioclase-pyroxene microlites and chloritization, reflecting relatively slower cooling and the influence post-volcanic seawater or hydrothermal fluids. The presence of vesicular textures in submarine lava is interpreted as resulting from magma degassing under shallow-marine conditions followed by rapid quenching. Overall, the contrasting lithological characteristics between the Cikaso and Cisereuh Rivers reflect facies variations within a single submarine volcanic system in southern Sukabumi, West Java.

Keywords: Basalt, Lithological Characteristics, Submarine Volcanism, Cikaso River, Cisereuh River

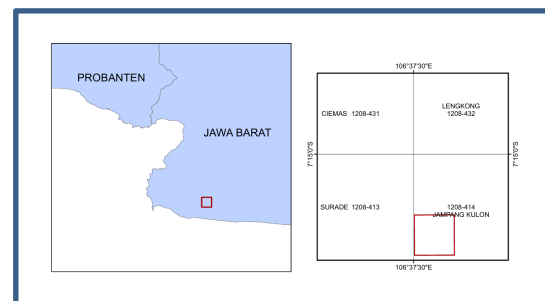
PENDAHULUAN

Karakteristik litologi merupakan deskripsi mendasar mengenai sifat fisik dan komposisi suatu unit batuan yang terekam di permukaan bumi. Kajian litologi mencakup pengamatan terhadap warna, tekstur (ukuran, bentuk, dan hubungan antar butir atau kristal), struktur fisik, serta komposisi mineralogi penyusun batuan. Sifat-sifat tersebut merupakan rekaman langsung dari interaksi berbagai proses geologi, seperti magmatisme, tektonik, sedimentasi, dan proses eksogen yang berlangsung dalam skala waktu geologi yang panjang. Oleh karena itu, pemahaman karakteristik litologi memegang peranan penting dalam menafsirkan genesa batuan, mekanisme pembekuan atau pengendapan, serta evolusi geologi suatu daerah (Press & Siever, 2001; Tucker, 2003).

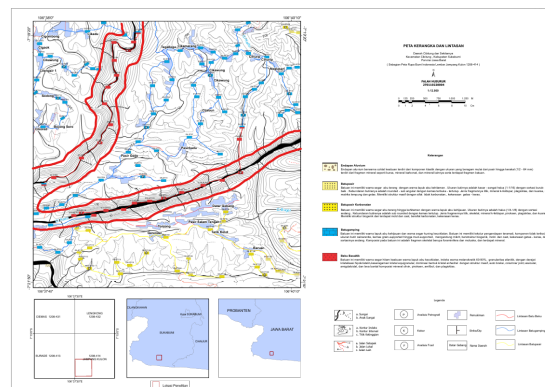
Wilayah Jawa Barat, khususnya Zona Pegunungan Selatan, memperlihatkan tatanan geologi yang kompleks akibat aktivitas tektonik dan vulkanisme sejak Kala Tersier. Menurut van Bemmelen (1949) dalam Martodjojo (2003), zona ini merupakan daerah terangkat yang tersusun atas batuan sedimen, karbonat, dan batuan beku yang mengalami deformasi intens. Salah satu produk magmatisme penting di wilayah ini adalah satuan basalt yang ditafsirkan terbentuk pada lingkungan vulkanisme bawah laut (Sukanto, 1975), berkaitan dengan perkembangan busur kepulauan di selatan Jawa. Pada sistem vulkanisme bawah laut, interaksi magma dengan air laut dan sedimen jenuh air menghasilkan karakteristik litologi khas, seperti lava bantal, struktur masif *berjointing*, tekstur vesikular–amigdaloidal, autobreksi, serta kehadiran peperit, yang

dapat digunakan sebagai indikator lingkungan pembentukannya (McPhie et al., 1993; White et al., 2000; White & Houghton, 2006).

Daerah penelitian terletak di sekitar Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh, Kecamatan Cibitung, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat, yang secara geografis dibatasi oleh koordinat $106^{\circ}37'32,4''$ hingga $106^{\circ}40'15,6''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}19'09,9''$ hingga $7^{\circ}21'53,3''$ Lintang Selatan. Lokasi daerah penelitian secara administratif dan geografis ditunjukkan pada Gambar 1 (Lokasi Penelitian) dan Gambar 2 (Peta Lokasi Penelitian). Daerah ini dipilih karena tersingkapnya satuan batuan beku basalt yang relatif baik, terutama di sepanjang alur Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh, sehingga memungkinkan dilakukan pengamatan lapangan secara langsung dan pengambilan contoh batuan yang representatif.



Gambar 1. Lokasi Penelitian



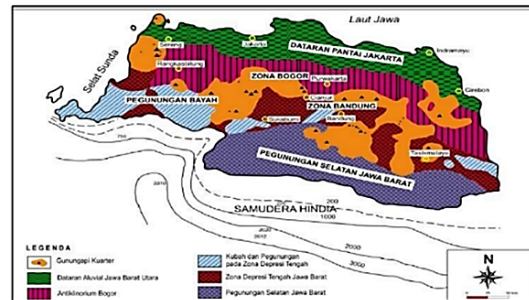
Gambar 2. Area fokus penelitian ditandai dengan area dengan batas warna merah, yakni daerah lembahan Sungai Cikaso dan Ciseureuh.

Meskipun satuan basalt di daerah penelitian telah dikenali dalam peta geologi regional dan hasil pemetaan sebelumnya, informasi mengenai karakteristik litologi satuan basalt masih bersifat umum dan belum dikaji secara rinci. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis karakteristik litologi satuan basalt yang mendominasi daerah penelitian melalui pengamatan megaskopis dan analisis petrografi sayatan tipis. Kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jejak vulkanisme bawah laut serta variasi fasies vulkanik yang berkembang di Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan deskripsi litologi yang komprehensif, mendukung interpretasi sejarah magmatisme, serta melengkapi data geologi lokal dan regional Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat.

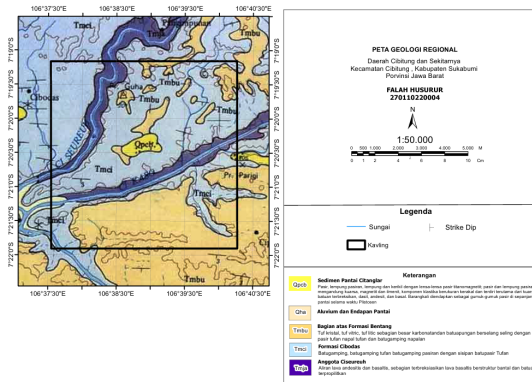
GEOLOGI REGIONAL

Menurut Van Bemmelen (1949), Fisiografi Jawa Barat (Gambar 3) terbagi menjadi lima zona, meliputi: (1) Zona Dataran Rendah Pantai Jakarta (*Coastal Plain of Jakarta*), (2) Zona Bogor, (3) Zona Bandung, (4) Zona Bayah, (5) Zona Pegunungan Selatan (Gambar 1). Daerah penelitian berada pada Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat. Zona ini merupakan dataran tinggi berbentuk segitiga dengan puncak di sekitar Bandung, memanjang dari Pelabuhan Ratu hingga Pulau Nusakambangan dengan lebar rata-rata sekitar 50 km, meskipun di bagian timur menyempit hanya beberapa kilometer. Pegunungan Selatan telah mengalami pelipatan, pengangkatan, dan transgresi sejak Kala Miosen, yang menghasilkan morfologi khas berupa perbukitan dan pegunungan terlipat serta tersesarkan dengan lereng relatif curam. Proses

peremajaan dan erosi lanjut juga membentuk lembah-lembah lebar maupun sempit



Gambar 3. Pembagian Fisiografi Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949 dalam Martodjojo, 2003)



Gambar 4. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan Sukamto, 1975, pada peta geologi regional lembar Jampang dan Balekambang (Gambar 4), daerah penelitian tersusun atas lima satuan batuan yang tersusun dari umur tertua hingga termuda, yaitu Anggota Ciseureuh (Tmja), Bagian Atas Formasi Bentang (Tmbu), Formasi Cibodas (Tmci), Sedimen Pantai Citanglar (Qpcb), serta Aluvium dan Endapan Pantai (Qha). Secara keseluruhan, rentang umur satuan batuan di daerah penelitian berkisar dari Miosen Awal hingga Kuarter.

METODE PENELITIAN

Rangkaian penelitian ini dilaksanakan melalui tiga tahapan utama yang terintegrasi: pekerjaan lapangan, analisis laboratorium, serta sintesis dan interpretasi data. Tahap awal berupa pekerjaan lapangan

difokuskan pada pemetaan geologi untuk mengidentifikasi sebaran singkapan, mendeskripsikan karakteristik litologi secara megaskopis, dan mengambil sampel batuan yang representatif. Penamaan batuan pada fase lapangan ini didasarkan pada klasifikasi *Streckeisen* (1976) melalui estimasi visual terhadap proporsi mineral penyusunnya.

Memasuki tahap laboratorium, dilakukan analisis petrografi menggunakan mikroskop polarisasi untuk mengkaji aspek mikroskopis batuan secara detail. Analisis ini mencakup identifikasi tekstur, bentuk kristal, serta perhitungan persentase kehadiran mineral dan massa dasar. Secara khusus, penentuan jenis plagioklas dilakukan dengan mengukur sudut pepadaman pada kembaran kristalnya, yang kemudian dihitung menggunakan Grafik *Michel-Lévy* untuk menentukan komposisi kimia spesifik dari plagioklas tersebut. Sebagai tahap akhir, penamaan batuan secara mendetail ditetapkan berdasarkan diagram QAPF *Streckeisen* (1976) yang mengacu pada data kuantitatif komposisi mineral hasil sayatan tipis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang terintegrasi dengan analisis petrografi sayatan tipis, daerah penelitian di sekitar Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh tersusun oleh satuan batuan basaltik yang relatif seragam. Secara regional, satuan ini merupakan bagian dari Anggota Cisereuh, Formasi Jampang (Tmja), yang didominasi oleh batuan beku basaltik berumur Miosen Awal–Tengah (Sujatmiko, 1972; Martodjojo, 2003).

Singkapan basalt berkembang dengan baik di sepanjang alur Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh, dengan ketebalan individual

aliran lava berkisar antara ± 1 hingga 8 m. Meskipun secara umum batuan didominasi oleh komposisi basaltik, satuan ini memperlihatkan variasi tekstur, struktur, dan mineralogi, antara lain lava bantal, struktur masif, kekar kolom, serta basalt auto-breksi vesikular–amigdaloidal.

Table 1. Gambaran karakteristik litologi secara struktur dan mineralogi

Kode Sampel	D10–ST118	D10–ST126	D7–ST87	D7–ST94
Litologi & Struktur	Basalt lava bantal	Basalt masif	Basalt kekar kolom	Basalt auto-breksi, vesikular–amigdaloidal
Pl (%)	35	30	25	13
Px (%)	15	15	20	5
K-F (%)	3	3	–	2
Opq (%)	2	2	5	5
Fenokris (%)	53	48	45	20
Massa Dasar (%)	45	50	50	75
Mineral Alterasi	<5% minor	± 25 (klorit dari Px & mikrolit)	± 20 (klorit)	± 20 (klorit)
Jenis Pl (An%)	Labradorit (An50–70)	Labradorit (An50–70)	Labradorit–Bytownit (An60–80)	Labradorit (An50–70)

Keterangan: Pl= Plagioklas, Px= Piroksen, K-F= K. Feldspar, Opq= Opak

a. Basalt struktur lava bantal (*pillow lava*)

Basalt berwarna segar hitam keabuan hingga lapuk abu kecoklatan, dengan indeks warna melanokratik tinggi (60–90%). Tekstur afanitik, derajat kristalisasi hipokristalin, kemas *inequigranular*, dan dominasi bentuk kristal anhedral–subhedral (*Allotriomorph*). Struktur utama berupa lava bantal (Gambar 5), disertai keberadaan peperit pada sela-sela antar bantal lava (Gambar 6).

Deskripsi mikroskopis, sayatan tipis dengan kode D10-ST118 (Gambar 7) memiliki tekstur porfiritik, fenokris berupa plagioklas (35%), piroksen

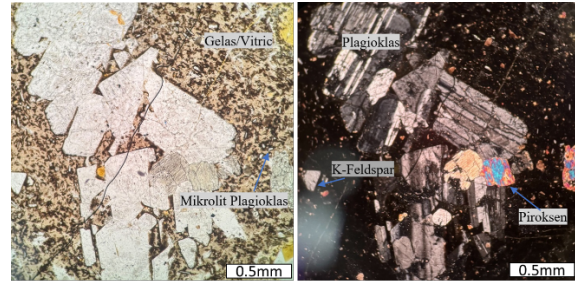
(15%), dimana sebagian kecil mineral piroksen telah berubah menjadi klorit dan k-feldspar (3%). Massa dasar berupa mikrolit plagioklas (10%) dan vitric/gelas (35%). Terdapat juga mineral lain berupa mineral opak (2%). Memiliki derajat kristalisasi hipokristalin dengan kemas inequigranular dengan bentuk mineral hipidiomorfik. Jenis Plagioklas Terdiri dari 53% fenokris, 45% massa dasar, dan 2% fragmen lain.



Gambar 5. Foto singkapan basaltik dengan struktur lava bantal di daerah Sungai Cikaso (D10 – ST118)"



Gambar 6. Foto dekat peperit basah, berwarna kehijauan, tersusun oleh alterasi klorit, serisit, dan palagonite (D10 – ST118)"



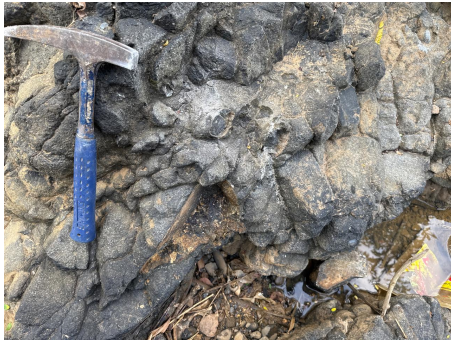
Gambar 7. Foto sayatan tipis basalt dengan struktur lava bantal daerah Sungai Cikaso (D10 – ST118)"

Keberadaan struktur lava bantal yang berkembang baik, disertai tekstur vitrik dan peperit, menunjukkan bahwa basalt ini terbentuk dari erupsi lava basaltik di lingkungan subakuatik, kemungkinan laut dangkal hingga laut dalam. Interaksi cepat antara lava panas dan air menyebabkan pendinginan cepat, menghasilkan tekstur hipokristalin–vitrik yang khas (McPhie et al., 1993; Fisher & Schmincke, 1984).

b. Basalt struktur masif

Deskripsi megaskopis, batuan ini berwarna hitam keabuan hingga abu kecoklatan, bertekstur afanitik dengan struktur masif (Gambar 8 dan 9). Derajat kristalisasi hipokristalin, kemas *inequigranular*, dan dominasi kristal anhedral.

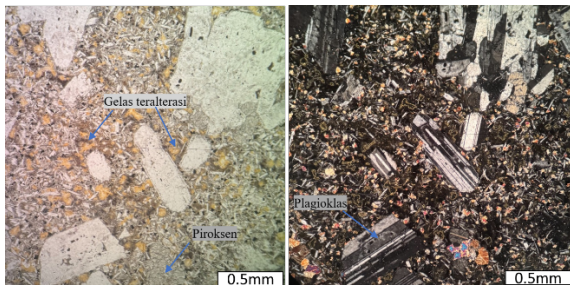
Deskripsi mikroskopis, sayatan tipis dengan kode D10 – ST126 (Gambar 10) menunjukan tekstur porfiroafanitik dengan fenokris plagioklas (30%) dan piroksen (15%), sebagian masa dasar gelas teralterasi menjadi klorit, serta minor K-feldspar (3%). Massa dasar tersusun oleh mikrolit plagioklas (25%) dan mikrolit piroksen (25%), yang sebagian besar telah terkloritisasi. Mineral opak hadir sekitar 2%.



Gambar 8. Foto singkapan basaltik dengan struktur masif di daerah Sungai Cikaso (D10 – ST126)"



Gambar 9. Foto singkapan basaltik dengan struktur masif di daerah Sungai Cikaso (D10 – ST126)"



Gambar 10. Foto sayatan tipis basaltik dengan struktur masif daerah Sungai Cikaso (D10 – ST126)"

Struktur masif dan meningkatnya proporsi massa dasar mikrolitik menunjukkan pendinginan yang relatif lebih lambat dibandingkan lava bantal. Hal ini mengindikasikan bahwa basalt masif kemungkinan terbentuk pada bagian interior aliran lava atau pada lingkungan subaerial hingga subakuatik dangkal dengan tingkat interaksi air yang lebih rendah (Winter, 2010).

c. Basalt struktur kolom/meniang

Batuan ini memiliki warna segar hitam keabuan warna lapuk abu kecoklatan, indeks warna melanokratik 60-90%, granularitas afanitik, dengan derajat kristalisasi hipokristalin, keseragaman kristal *inequigranular*, dominasi bentuk kristal anhedral (*Allotriomorph*) dengan struktur kolom (Gambar 11 dan 12).

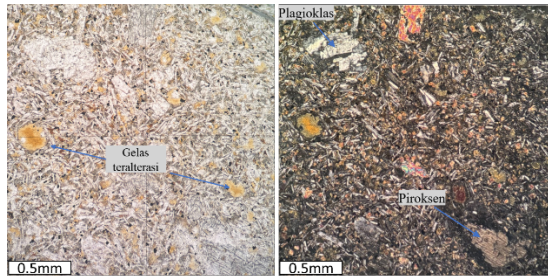
Secara mikroskopis, sampel D7 – ST87 (Gambar 13) menunjukkan tekstur porfirofanitik dengan fenokris plagioklas (25%) dan piroksen (20%). Massa dasar terdiri atas mikrolit plagioklas (30%) dan mikrolit piroksen (20%), yang sebagian besar telah teralterasi menjadi klorit. Mineral opak hadir sekitar 5%. Derajat kristalisasi hipokristalin dengan kemas *inequigranular*.



Gambar 11. Foto singkapan basaltik dengan struktur kekar kolom di daerah Sungai Ciseureuh (D7 – ST87)"



Gambar 12. Foto singkapan basaltik dengan struktur kekar kolom di daerah Sungai Ciseureuh (D7 – ST87)"



Gambar 13. Foto sayatan tipis basalt basaltik dengan struktur kekar kolom di daerah Sungai Ciseureuh (D7 – ST87)"

Kehadiran kekar kolom mencerminkan proses pendinginan lava yang relatif seragam dan kontraksi termal selama solidifikasi. Struktur ini umum berkembang pada aliran lava basaltik yang cukup tebal dan menunjukkan kondisi pendinginan statis setelah ekstrusi (Grossenbacher & McDuffie, 1995).

d. Basalt Auto-breksi Vesikular–Amigdaloidal Teralterasi

Basalt berwarna hitam keabuan hingga abu kecoklatan, bertekstur afanitik dengan struktur auto-breksi, vesikular, dan amigdaloidal (Gambar 14 dan 15). Rongga vesikel terisi oleh kuarsa dan karbonat. Batuan mengalami alterasi tingkat sedang berupa alterasi propilitik, yang dicirikan oleh kehadiran klorit.

Deskripsi Mikroskopis, sampel D7 – ST94 (Gambar 16) menunjukan tekstur afanitik dengan fenokris plagioklas (13%), piroksen minor (5%), dan K-feldspar (2%). Massa dasar didominasi oleh mikrolit plagioklas (70%) yang sebagian besar telah terkloritisasi. Mineral opak sekitar 5%, serta hadir urat (*vein*) karbonat. Terdapat juga mineral lain berupa mineral opak (5%). Terdapat juga *vein* yang terisi oleh mineral karbonat.

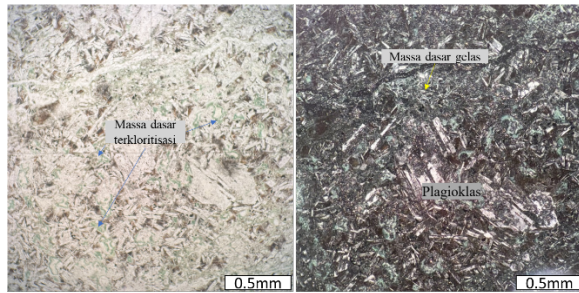
Struktur auto-breksi dan vesikular–amigdaloidal menunjukkan bahwa lava mengalami fragmentasi in-situ akibat pergerakan dan pendinginan cepat pada bagian atas aliran lava. Kehadiran alterasi propilitik dan urat karbonat mengindikasikan sirkulasi fluida hidrotermal suhu rendah pasca-pembekuan, yang umum berkembang pada sistem vulkanik basaltik yang berasosiasi dengan rekahan dan permeabilitas tinggi (Guilbert & Park, 1986).



Gambar 14. Foto singkapan basaltik dengan struktur auto breksia, vesikular dan amigdaloidal di daerah Sungai Ciseureuh (D7 – ST94)"



Gambar 15. Foto singkapan basaltik dengan struktur auto breksia, vesikular dan amgiloidal di daerah Sungai Ciseureuh (D7 – ST94)"



Gambar 16. Foto sayatan tipis basalt dengan struktur auto breksia, vesikular dan amgiloidal daerah Sungai Ciseureuh (D7 – ST94)"

KESIMPULAN

Karakteristik litologi satuan basalt di Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh menunjukkan rekaman yang jelas terhadap jejak aktivitas vulkanisme bawah laut. Secara megaskopis, satuan basalt dicirikan oleh warna hitam keabuan, indeks warna melanokratik tinggi, tekstur afanitik, serta derajat kristalisasi hipokristalin yang mencerminkan pembekuan lava basaltik secara cepat. Di Sungai Cikaso, kehadiran lava bantal basaltik yang berasosiasi dengan peperit mengindikasikan interaksi langsung antara lava panas dengan air laut dan sedimen jenuh air yang belum terkonsolidasi. Secara mikroskopis, tekstur porfiritik dengan massa dasar berupa mikrolit plagioklas dan fase gelas (*vitric*) serta derajat kristalisasi hipokristalin menunjukkan proses pendinginan sangat cepat (*quench cooling*) yang khas pada lava bawah laut dan menegaskan bahwa aktivitas magmatik berlangsung sezaman dengan sedimentasi pada lingkungan laut dangkal (McPhie et al., 1993; White et al., 2000; Djafar et al., 2024).

Satuan basalt di Sungai Cisereuh menunjukkan karakter litologi yang lebih koheren, ditandai oleh struktur lava dengan *columnar joint*, tekstur vesikular, autobreksi, dan amigdaloidal, serta alterasi propilitik. Secara mikroskopis, keberadaan tekstur porfiritik dengan dominasi mikrolit

plagioklas–piroksen, fase gelas yang terbatas, serta alterasi piroksen menjadi klorit mencerminkan pembekuan lava yang relatif lebih lambat dan diikuti oleh sirkulasi fluida laut maupun hidrotermal pascavulkanik. Vesikularitas pada lava bawah laut ditafsirkan sebagai akibat pelepasan gas magma selama penurunan tekanan pada kondisi laut dangkal, yang kemudian terawetkan oleh pembekuan cepat, sedangkan pengisian vesikel oleh mineral sekunder menghasilkan tekstur amigdaloidal (Fisher & Schmincke, 1984; McPhie et al., 1993; White & Houghton, 2006). Perbedaan karakter megaskopis dan mikroskopis antara Sungai Cikaso dan Sungai Cisereuh mencerminkan variasi fasies dalam satu sistem gunungapi bawah laut, yang secara keseluruhan mendukung interpretasi jejak vulkanisme bawah laut di wilayah Sukabumi Selatan, Jawa Barat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pemerintah setempat, khususnya aparat pemerintahan di Kecamatan Cibitung dan sekitarnya, Kabupaten Sukabumi, atas dukungan serta izin yang diberikan selama proses pengambilan data. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh anggota tim lapangan yang membantu dan semua pihak yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam kelancaran kegiatan pemetaan geologi dan pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- Alt, J. C., Honnorez, J., Laverne, C., & Emmermann, R. (1986). Hydrothermal alteration of a 1 km section through the upper oceanic crust, DSDP Hole 504B: Mineralogy, chemistry, and evolution of seawater–basalt interactions. *Journal of Geophysical Research*, 91(B10), 10309–

- 10335.
- Cas, R. A. F. (1992). Submarine volcanism: Eruption styles, products, and relevance to economic geology. *Economic Geology*, 87, 511–541.
- Cas, R. A. F., & Wright, J. V. (1987). *Volcanic Successions: Modern and Ancient*. London: Allen & Unwin.
- Djafar, A., Pratomo, I., & Nurlathifah, W. A. (2024). Karakteristik lava bantal peperit–hialoklastit Sukabumi Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 25(1), 1–8.
- DeGraff, J. M., & Aydin, A. (1987). Surface morphology of columnar joints and its significance to mechanics and direction of joint growth. *Geological Society of America Bulletin*, 99, 605–617.
- Fisher, R. V. (1961). Proposed classification of volcanoclastic sediments and rocks. *Geological Society of America Bulletin*, 72, 1409–1414.
- Grossenbacher, K. A., & McDuffie, S. M. (1995). Conductive cooling of lava: columnar joint diameter and stria width as functions of cooling rate and thermal gradient. *Journal of volcanology and geothermal research*, 69(1-2), 95-103.
- Guilbert, J. M., & Park Jr, C. F. (2007). *The geology of ore deposits*. Waveland Press.
- Martodjojo, S. (2003). *Evolusi Cekungan Jawa Barat*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- McPhie, J., Doyle, M., & Allen, R. (1993). *Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. Hobart: University of Tasmania.
- Sukamto. 1975. Peta geologi lembar Jampang dan Balekambang, Jawa: Geological map of the Jampang and Balekambang quadrangles, Jawa. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- White, J. D. L., & Houghton, B. F. (2006). *Primary volcanoclastic rocks*. *Geology*, 34, 677–680.
- White, J. D. L., McPhie, J., & Skilling, I. P. (2000). Peperite: A useful genetic term. *Bulletin of Volcanology*, 62, 65–66.
- Winter, JD. 2010. *Principles of Igneous and Metamorphic Petrology*, Prentice Hall, 702 p.
- Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia, Vol I. A. Netherland: The Hague Martinus Ni*.