



## Karakteristik Lava Bantal-Peperit-Hialoklastit Sukabumi Selatan: Wawasan Baru Tentang Produk Gunungapi Bawah Laut di Selatan Pulau Jawa

### *Characteristics of Pillow Lava-Peperite-Hyaloclastite of South Sukabumi: New Insights on Submarine Volcanic Products in Southern Java Island*

Agustina Djafar, Indyo Pratomo, dan Wilda Aini Nurlathifah

Museum Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral

email: [agustinadjafar@gmail.com](mailto:agustinadjafar@gmail.com)

Naskah diterima: 27 Maret 2023, Revisi terakhir: 09 Oktober 2023, Disetujui: 03 Januari 2024 Online: 03 Januari 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v25i1.780>

**Abstrak**-Di bagian selatan Pulau Jawa bagian barat dijumpai batuan gunungapi berumur Paleogen-Neogen, dengan pola sebaran relatif memanjang timur – barat. Batuan tersebut dimasukkan ke dalam kelompok batuan vulkanik dan *Magmatic Arc* berumur Eosen Akhir – Miosen Awal. Keberadaan batuan gunungapi tersebut merupakan fenomena menarik untuk dikaji, diantaranya kehadiran batuan gunungapi Formasi Jampang, Tuf Anggota Cikarang dan Lava Anggota Ciseureuh berumur Miosen awal di daerah Sukabumi Selatan. Makalah ini bertujuan untuk melakukan identifikasi batuan gunungapi bawah laut di daerah penelitian, berdasarkan kenampakan makroskopis, yang dihasilkan oleh interaksi antara lava-air-sedimen. Penelitian ini berbasis pada analisis data lapangan, terutama pengenalan produk batuan yang dihasilkan dari interaksi lava-air-sedimen yang ditemukan pada beberapa lokasi, serta dilakukan pengamatan petrografi pada beberapa sampel batuan untuk melihat hubungan antara skala makroskopis dan mikroskopisnya. Hasil interaksi lava dengan air-sedimen menghasilkan beberapa produk berupa lava bantal, peperit, dan hialoklastik, yang dijumpai di beberapa lokasi; seperti Sungai Cikaso - Surade, Lengkong dan Waluran – Jampang. Hasil identifikasi tersebut menunjukkan bahwa pada saat terjadi aktivitas vulkanisme, lava berinteraksi dengan air dan sedimen yang masih basah dan tidak terkonsolidasi.

**Katakunci:** Gunungapi bawah laut, hialoklastit, interaksi air-sedimen, lava bantal, peperit, Sukabumi selatan.

**Abstract**-In the southern of Western Java Island, tertiary volcanic rocks are found, with a relatively elongated east-west distribution pattern. These rocks are included in the group of volcanic rocks and the *Magmatic Arc* of Late Eocene – Early Miocene. The existence of these volcanic rocks is an interesting phenomenon to study, including the presence of volcanic rocks of the Jampang Formation, Tuff of Cikarang Members, and Lava of Ciseureuh Members of early Miocene in the South Sukabumi area. This study aims to determine submarine volcanic rocks based on macroscopic characteristics, which are produced by interactions between lava-water-sediment in the study area. This research is based on field data analysis, especially the identification of rock products resulting from lava-water-sediment interaction found in several locations. Petrographical analysis was carried out on several rock samples, to provide association between the macroscopic and microscopic scales. The lithologies preserved at the lava-water-sediment interface include pillow lava, peperite, and hyaloclastite, which are found in several locations including Cikaso river - Surade, Lengkong, and Waluran - Jampang. The determined results indicate that the sediments were still wet and unconsolidated, at the time of volcanism.

**Keywords:** Submarine volcanic rocks, hyaloclastite, lava-water-sediment interaction, pillow lava; peperite, south Sukabumi.

## PENDAHULUAN

Aktivitas vulkanisme di Pulau Jawa telah dimulai sejak Kala Eosen Akhir (Hall, 2009; Hall; 2013) dan mengalami puncaknya pada kala Intra Miosen, dan kegiatan tersebut terus berlanjut hingga sekarang. Hasil rekonstruksi yang dilakukan oleh Hall (2009) terhadap perubahan paleogeografi Asia Tenggara, menunjukkan bahwa aktivitas unsur vulkanisme di bagian selatan Pulau Jawa sudah dimulai sejak Eosen Akhir atau sekitar 40 juta tahun lalu, dan pada masa itu Pulau Jawa masih merupakan laut dangkal. Bukti aktivitas vulkanisme di selatan Pulau Jawa tersebut berupa kehadiran batuan vulkanik dan batuan *Magmatic Arc* berumur Eosen Akhir – Miosen Awal (Soeria-atmadja dkk., 1994; Gambar 1), dan oleh van Bemmelen (1949) disebut *Old Andesite Formation*.

Indikasi keberadaan tubuh gunungapi Paleogen-Neogen di selatan Pulau Jawa memang tidak mudah dikenali di permukaan seperti gunungapi Kuartar, karena bentuk bentang alamnya sebagian besar telah hilang akibat pelapukan dan erosi. Penampakan visual bentuk tubuh dan kerucut seperti gunungapi masa kini tidak tampak lagi. Produk aktivitas vulkanisme *subaqueus*, berupa interaksi antara lava-air-sedimen dapat dengan mudah dikenali karena memiliki ciri khas tersendiri, berbeda dengan produk gunungapi *subaerial*.

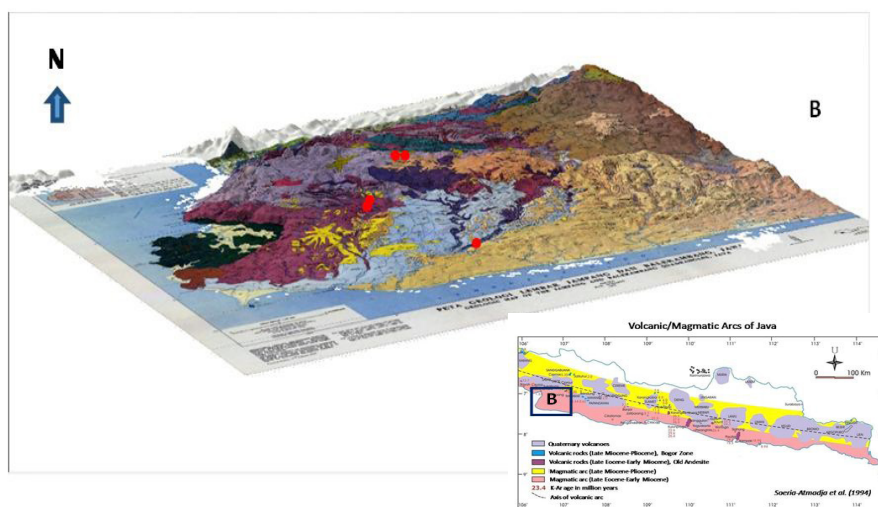
Cara lava berinteraksi dengan air dan sedimen sangat kompleks, dan akan menghasilkan beberapa produk sebagai hasil interaksi tersebut, diantaranya lava bantal, peperit, dan hialoklastit (Silvestri, 1963; Kokelaar, 1982; White dkk., 2000; Skilling dkk., 2002). Namun, tulisan atau artikel terkait proses dan produk dari interaksi lava-air-sedimen di Indonesia masih jarang dijumpai, dan penamaannya dalam peta

geologi pun umumnya disebut sebagai breksi saja.

Penamaan berbasis genetik tersebut memang berbeda dengan penamaan batuan secara deskriptif yang selama ini digunakan di Indonesia, misalnya “peperit”, jika penamaannya mengacu kepada istilah deskriptif maka akan disebut sebagai breksi yang terdiri dari campuran komponen batuan beku dan sedimen dengan bentuk menyudut, tetapi akan menyebabkan kesulitan dalam menginterpretasi asal-usul campuran tersebut. Jika menggunakan istilah genetik “peperit” akan mengacu kepada penjelasan serangkaian proses yang terjadi dimana lava dan sedimen basah terfragmentasi secara bersama-sama (Brooks dkk., 1982; White dkk., 2000).

Oleh karenanya, pengenalan terkait bentuk dan produk kegiatan gunungapi bawah laut dapat meningkatkan pemahaman terhadap mekanisme proses kejadian dan dinamika erupsinya. Salah satu daerah di selatan Pulau Jawa yang memiliki jejak erupsi gunungapi bawah laut yang dapat teramati dengan jelas adalah daerah Jampang dan Surade, Sukabumi Selatan, Provinsi Jawa Barat. Secara Fisiografi, daerah Sukabumi Selatan termasuk ke dalam zona pegunungan selatan bagian barat (van Bemmelen, 1949), yang umumnya tersusun atas batuan vulkanik hingga vulkaniklastik Formasi Jampang, Aggota Cikarang, dan Anggota Ciseureuh yang berumur Miosen Awal, dan diendapkan di lingkungan laut (Sukamto, 1975; Gambar 1).

Tujuan penyusunan makalah ini adalah melakukan identifikasi produk gunungapi bawah laut di daerah penelitian, berdasarkan kenampakan makroskopis, yang dihasilkan oleh interaksi antara lava-air-sedimen.



Sumber: Soeria-Atmadja dkk., (1994), dan Sukamto (1975).

Gambar 1. Lokasi penelitian (lingkaran merah) yang mencakup daerah Jampang dan Surade, Sukabumi Selatan, Jawa Barat.

**METODOLOGI**

Kegiatan penelitian ini berbasis pada analisis data lapangan, terutama pengenalan produk batuan yang dihasilkan dari interaksi lava-air-sedimen yang ditemukan pada beberapa lokasi. Selain itu, dilakukan analisis petrografi pada beberapa sampel batuan sebagai perbandingan untuk melihat hubungan antara skala makroskopis dan mikroskopis batuanya.

Pengumpulan data lapangan pada beberapa lokasi minatan dilakukan dengan mengenali, mengamati dan mendeskripsi singkapan secara terperinci, termasuk pengambilan data koordinat dan dokumentasi foto. Pendeskripsian dilakukan dengan menggunakan metode determinasi batuan vulkaniklastik menurut Cas & Wright (1987), serta White & Houghton (2006), dimana batuan vulkaniklastik dibagi menjadi beberapa kelompok atau subkategori batuan yaitu piroklastik, autoklastik, hialoklastit, peperit dan epiklastik atau *rework* (Gambar 2).

Batuan vulkaniklastik yang terbentuk langsung dari letusan gunungapi menggunakan terminologi piroklastik klasik, misalnya tuf, tuf lapilli, dan breksi vulkanik (Fisher, 1961; McPhie dkk., 1993). Batuan yang terbentuk melalui pengerjaan ulang menggunakan terminologi sedimen klasik, misalnya batulempung, batupasir, dan konglomerat (Wentworth, 1922).

**HASIL DAN DISKUSI**

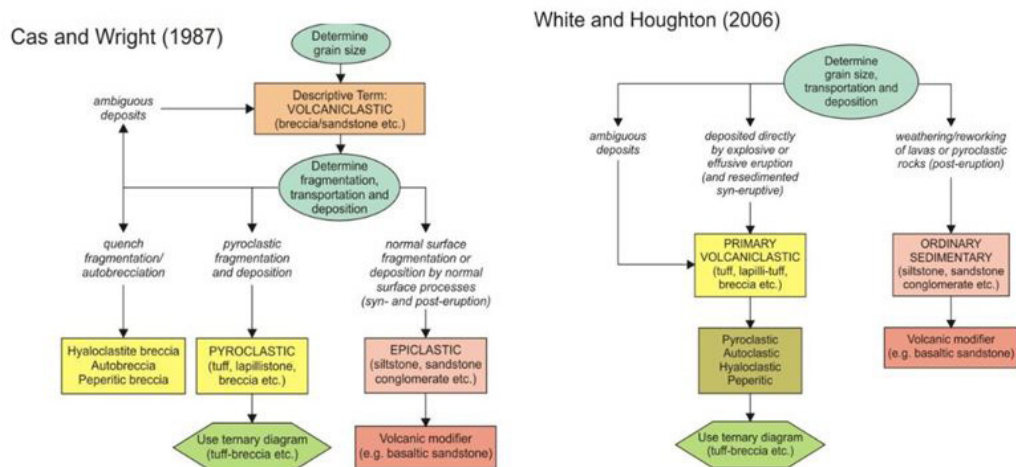
Interaksi antara magma-air-sedimen mencakup semua proses dan produk yang terjadi saat magma ditempatkan di atas, atau ke dalam sedimen basah, maupun ke dalam air. “Magma” yang dimaksud disini adalah material cair, apakah berupa intrusi, lelehan

lava, atau material piroklastik, yang jatuh ke dalam air maupun sedimen basah (tidak terkonsolidasi atau terkonsolidasi buruk), yang kemudian bercampur dan terfragmentasi secara bersama-sama (White dkk., 2000). Produk yang terbentuk akibat interaksi tersebut dapat berupa lava bantal, peperit, dan hialoklastit, yang umumnya berkaitan dengan aktivitas vulkanisme di bawah laut.

Pengumpulan data lapangan dilakukan pada beberapa lokasi di daerah Jampang dan Surade, Sukabumi Selatan. Hasil identifikasi kenampakan ciri fisik dan karakteristik batuanya, ditemukan kelompok batuan yang terbentuk sebagai hasil interaksi antara lava-air-sedimen.

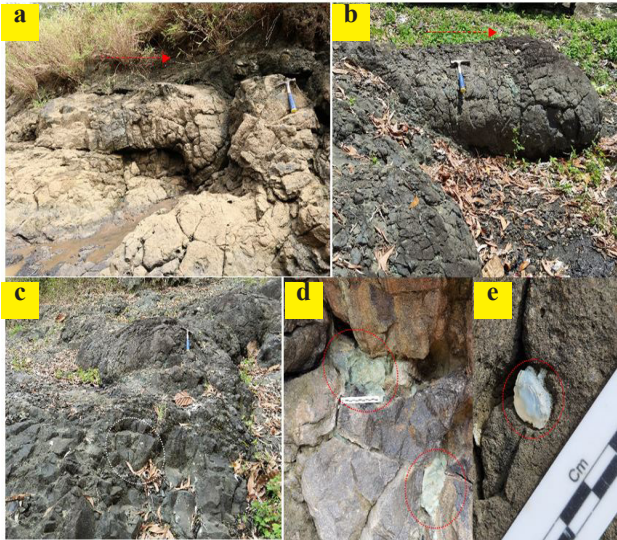
**Lava Bantal**

Lava bantal di daerah penelitian dijumpai pada dua lokasi, yaitu di Sungai Cikaso Kecamatan Surade, dan daerah Lengkon Kecamatan Jampang. Lava bantal yang dijumpai di kedua lokasi tersebut muncul sebagai tubuh lava berbentuk tubular, dengan rasio (tinggi/lebar) berkisar 0,4-0,8 m, serta sumbu panjang relatif horizontal (Gambar 3a,b). Permukaan lava bantal relatif halus dengan tekstur gelas (*glassy skin*), dan pada bagian tepi memperlihatkan adanya rekahan radial dan struktur konsentris (Gambar 3c), sebagai kontraksi akibat interaksi antara lava pijar dengan air (Goto & McPhie 2004). Bantal yang saling berdekatan memperlihatkan bentuk yang berbeda satu sama lain, karena pengisian ruang kosong oleh lava yang terus bergerak selama proses pertumbuhan. Celah antara bantal diisi oleh material sedimen berupa mineral lempung berwarna kehijauan (Gambar 3d), serta mineralisasi silika berupa kalsedon berwarna putih bening (Gambar 3e).



Gambar 2. Bagan klasifikasi batuan vulkaniklastik oleh Cas & Wright (1987); White & Houghton (2006); modifikasi oleh Rawcliffe (2016).





Gambar 3. Kenampakan lava bantal di Sungai Cikaso (a), dan Lengkong (b), dengan sumbu panjang relatif horizontal. (c) kenampakan lava bantal yang memperlihatkan adanya rekahan radial dan struktur konsentris. (d) mineral lempung berwarna kehijauan yang mengisi celah diantara bantal. (e) mineralisasi kalsedon yang mengisi rekahan pada lava bantal.

Kenampakan makroskopis lava memperlihatkan warna abu-abu kehitaman, derajat kristalisasi hipohialin, granularitas inequigranular, kemas allotriomorfik granular, bentuk kristal subhedral-anhedral, struktur masif, mengandung mineral mafik (piroksen) dan massa dasar gelas. Lava bantal tersebut merupakan basal porfiri, dimana penentuan nama batuan didasarkan pada hasil pengamatan mikroskopis pada sayatan tipis lava di daerah Jampang, yaitu berdasarkan jenis plagioklas yang diidentifikasi sebagai *bytownite*, dengan kembaran albit dan kembaran karslbad, serta sudut pepadaman  $40 - 42^\circ$  ( $An_{72} - An_{74}$ ; Gambar 4).

### Peperit

Istilah peperit pertama kali diperkenalkan oleh Scrope (1827), yaitu “peperino” yang digunakan untuk menggambarkan batuan klastik yang berasal dari wilayah Limagne d’Auvergne di Perancis Tengah, yang terdiri dari campuran batugamping lakustrin dan basal, yang bentuknya menyerupai lada (*pepper*), yang bercampur ketika batugamping masih dalam keadaan lunak. Pada abad ke 20, studi tentang peperit mulai berkembang, dan terjadi perdebatan di antara beberapa ahli terkait penggunaan istilah peperit, terutama asal pembentukan peperit di daerah Limagne (Jones, 1969; De Goer dkk., 1998; De Goer, 2000). Konflik tersebut menyoroti perlunya definisi ‘peperit’ yang dapat diterima secara luas, sehingga White dkk. (2000) membuat artikel tentang *Peperite: a*

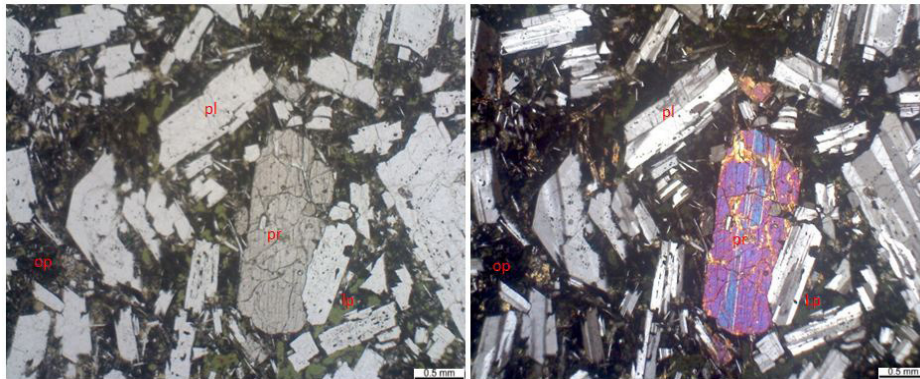
*useful genetic term*. Dalam artikel tersebut dijelaskan bahwa istilah peperit paling baik digunakan dalam pengertian genetika.

White dkk. (2000) mendefinisikan peperit sebagai istilah genetika yang diterapkan pada batuan yang terbentuk pada dasarnya in situ oleh disintegrasi magma yang masuk dan bercampur dengan sedimen yang tidak terkonsolidasi atau terkonsolidasi buruk, biasanya basah. Istilah ini juga mengacu pada campuran serupa yang dihasilkan oleh proses yang sama yang terjadi pada kontak lava dan endapan vulkaniklastik panas lainnya dengan sedimen tersebut. Peperit berkembang dalam berbagai suksesi, yang terbentuk pada kondisi di mana magmatisme dan sedimentasi terjadi bersamaan, dan sedimen induk tidak terkonsolidasi, dan kemungkinan basah. Hal tersebut umumnya dikaitkan dengan intrusi *syn-volcanic* dalam sekuen sedimen bawah laut (Macdonald, 1939; Brooks dkk., 1982; Kokelaar, 1982; Busby-Spera & White, 1987; Kano, 1998; Boulter, 1993; McPhie, 1993; Goto & McPhie, 1998; Moore, 1998; Hanson & Hargrove, 1999; Hunns & McPhie, 1999; Doyle, 2000).

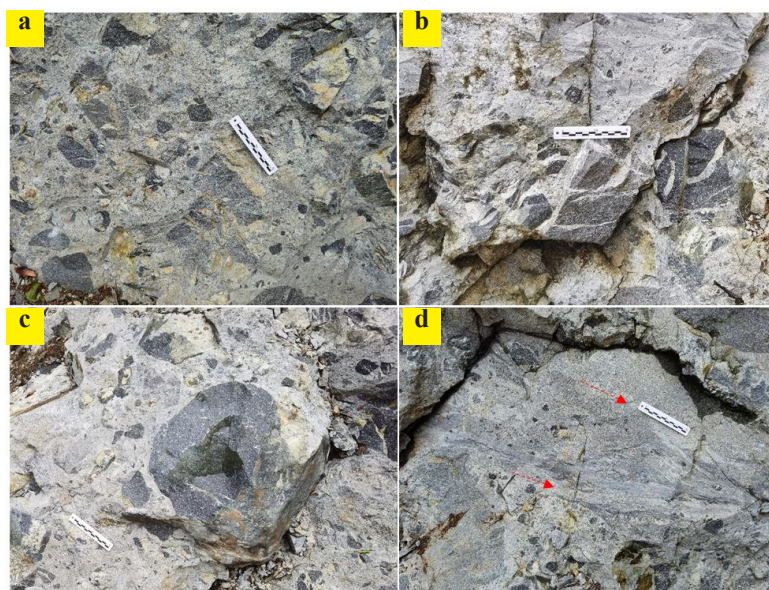
Peperit di Sukabumi Selatan, tersingkap dengan baik di pinggir jalan Lengkong – Jampang. Hasil identifikasi memperlihatkan karakteristik peperit berupa *dispersed peperite*, klast atau fragmen juvenil berupa andesit basaltik yang tertanam dalam matriks batupasir tufan (Gambar 5a), dan bersifat non karbonatan. Klast andesit basaltik memiliki bentuk *angular-subrounded*, dengan ukuran berkisar 0,5-70 cm, morfologi klast berupa campuran antara *blocky* dan *fluidal*. Klast *blocky* memperlihatkan tekstur *jigsaw-fit* (Gambar 5b) dan *irregular angular*, sedangkan klast *fluidal* umumnya memperlihatkan bentuk morfologi *amoeboid* dan *globular* (Gambar 5c). Matriks batupasir tufan berwarna abu-abu kecoklatan dengan ukuran butir  $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$  mm. Perlapisan dalam matriks batupasir tufan tidak dijumpai, namun di beberapa bagian singkapan dijumpai fluidisasi sedimen berupa laminasi tipis yang terdistorsi dan berubah bentuk di sekitar klast juvenil (Gambar 5d).

Hasil analisa petrografi, menunjukkan matrik batupasir tufan didominasi oleh mineral plagioklas dan gelas vulkanik, yang sebagian berubah menjadi mineral lempung, serta dengan sedikit mineral piroksin, opak, dan kuarsa. Klast andesit basaltik umumnya disusun oleh mineral plagioklas jenis labradorit ( $An_{54} - An_{56}$ ), klinto piroksen, mineral opak, dan massa dasar berupa mikrolit plagioklas dan mineral lempung (Gambar 6). Laminasi tipis yang terdistorsi dan berubah bentuk di sekitar fragmen juvenil, juga teramati di bawah mikroskop.

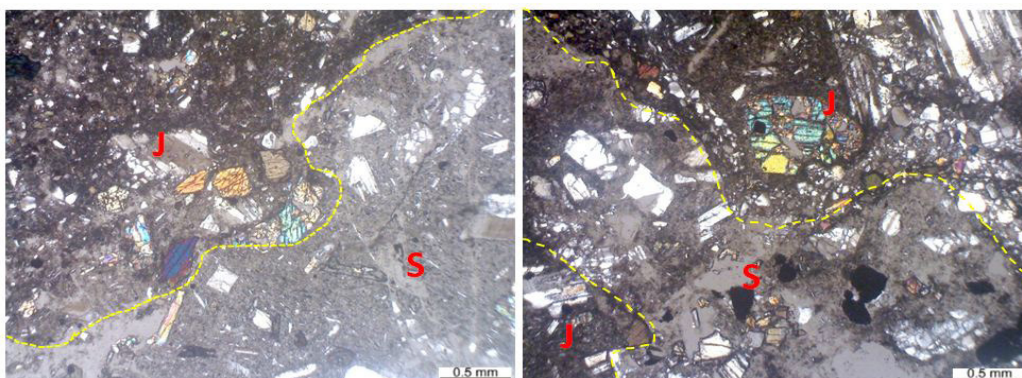




Gambar 4. Mikrofotografi basal Lengkong pada nikol sejajar (kiri), dan nikol silang (kanan) yang tersusun atas mineral plagioklas (pl), piroksin (pr), lempung (lp), dan mineral opak (op). Perbesaran 4x.



Gambar 5. (a) Kenampakan peperit dengan klast andesit basaltik dengan morfologi klast berbentuk blocky dan fluidal. (b) klast blocky dengan bentuk angular, yang memperlihatkan tekstur *jigsaw - fit*. (c) klast fluidal dengan morfologi berbentuk globular. (d) fluidisasi sedimen berupa laminasi tipis yang terdistorsi.



Gambar 6. (a) Mikrofotografi peperit, dengan klast juvenil (J) dan sedimen induk (S) berupa batupasir tufan. Perbesaran 4x.



Kehadiran tekstur *jigsaw-fit* pada peperit mengindikasikan bahwa fragmentasi terjadi secara in situ (Skilling dkk., 2002). Sedangkan campuran morfologi klast juvenil (*blocky* dan *fluidal*), mengindikasikan adanya campuran proses fragmentasi thermal dan mekanik, berupa fragmentasi *brittle* dan *ductile* yang berbeda terjadi dalam pembentukan peperit (Skilling dkk., 2002).

Laminasi tipis yang terdistorsi mengindikasikan bahwa fluidisasi pada sedimen induk terjadi selama proses penempatan dan fragmentasi lava, yang menyebabkan terjadinya percampuran klast juvenil dalam sedimen induk, dan membentuk klast fluidal. Sehingga dapat dikatakan bahwa kehadiran fluidisasi sedimen menunjukkan sedimen tidak terkonsolidasi dan kemungkinan basah pada saat pembentukan peperit (Kokelaar, 1982; Busby-Spera & White, 1987; Skilling dkk., 2002).

### Hialoklastit

Hialoklastit merupakan endapan monomik pecahan kaca vulkanik (*glassy*) berukuran pasir hingga bongkah, yang berbentuk *blocky* hingga *blade*, dengan permukaan datar hingga melengkung (Silvestri, 1963; Scutter dkk., 1998; Scutter, 1999) yang dibentuk oleh fragmentasi pendinginan (*quench fragmentation*) permukaan aliran lava selama ekstrusi bawah laut atau subglasial. Proses tersebut terjadi ketika lava koheren dirupsikan di bawah air, ketika lava mengalir ke dalam air, ketika magma dan air berinteraksi secara eksplosif selama freatomagmatisme, dan ketika magma masuk ke dalam sedimen jenuh air dan tidak terkonsolidasi membentuk peperit (Cas, 1992; Otterloo dkk.,

2015). *Quench fragmentation* merupakan proses fragmentasi in situ, dimana fragmen yang dihasilkan tidak tersebar jauh dari sumbernya seperti piroklastik selama letusan eksplosif, termasuk resedimentasi yang disebabkan oleh gravitasi di lereng bawah akibat aliran massa (*mass flow*).

Secara umum, fasies hialoklastit dibagi menjadi dua kategori, yaitu in situ hialoklastit dan resedimentasi hialoklastit (Cas, 1992; Scutter dkk., 1998; Watton dkk., 2013). In situ hialoklastit, tersusun dari fragmen yang terbentuk secara insitu (tidak mengalami perpindahan posisi), dengan bentuk menyerupai "*jigsaw puzzle*" yang hanya dipisahkan oleh rekahan di antara fragmen. Resedimentasi hialoklastit (*clast-rotated hyaloclastite*), terbentuk di bawah pengaruh gravitasi, dan vesikulasi aktif, serta pada aliran magma atau fragmen yang mengalami rotasi dan berpindah dari posisi aslinya ke tempat lain.

Hialoklastit di daerah Sukabumi Selatan tersingkap di dua lokasi di daerah Waluran – Jampang Kulon. Hialoklastit memperlihatkan gradasi, dari inti lava yang koheren di bagian dalam menjadi breksi *jigsaw-fit* in situ dengan fragmen monomik berupa andesit basaltik di bagian luar (Gambar 7a,b). Ukuran fragmen berkisar kerikil hingga bongkah, dengan matriks gelas berukuran lanau hingga pasir, dengan kelimpahan matriks yang bervariasi. Fragmen berbentuk *angular*, *blocky*, dan *blade-like*, yang dibatasi oleh permukaan datar hingga melengkung (Gambar 7c). Beberapa fragmen memperlihatkan struktur pemadaman (*quench fragmented*) dimana pada bagian tepi fragmen memperlihatkan "*chilled margin*", dan retakan konsentris.



Gambar 7. Hialoklastit di daerah Waluran – Jampang Kulon yang memperlihatkan gradasi, dari inti lava yang koheren di bagian dalam (a) menjadi breksi *jigsaw-fit* in situ dengan fragmen monomik (b). (c) fragmen berbentuk menyudut, *blocky*, dan *blade-like*, yang dibatasi oleh permukaan planar hingga melengkung pada hialoklastit berfragmen kasar. (d) hialoklastit berbutir lebih halus yang dijumpai di dekat margin lava.

Hialoklastit berbutir lebih halus dijumpai di dekat margin lava dan menjadi lebih kasar di bagian dalam mendekati lava koheren. Hialoklastit berukuran halus memiliki matriks yang lebih banyak dibanding berukuran kasar (Gambar 7c,d). Hal ini disebabkan karena gradien suhu lebih tinggi pada bagian tepi lava yang kontak dengan air, sehingga derajat “*thermal shock*” lebih besar, dan menyebabkan kontraksi pendinginan lebih cepat terjadi (Scutter dkk., 1998; DeRita dkk., 2001; Goto & Tsuchiya, 2004).

## KESIMPULAN

Aktivitas vulkanisme di bagian selatan Pulau Jawa telah berlangsung sejak Kala Eosen Akhir, dimana kondisi Pulau Jawa pada kala itu masih merupakan laut

dangkal. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya jejak-jejak aktivitas gunungapi bawah laut di daerah Sukabumi Selatan, berupa batuan yang dihasilkan dari hasil interaksi lava-air-sedimen, yaitu lava bantal, peperit, dan hialoklastit.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Museum Geologi, Sekretariat Badan Geologi yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terimakasih secara khusus kami ucapkan kepada rekan-rekan geologist di Museum geologi yang telah membantu dalam proses pelaksanaan lapangan, serta Bapak Endro Nanang W. yang telah membantu dalam pengambilan sampel selama pengerjaan lapangan.

## ACUAN

- Boulter, C.A., 1993. High-level Peperitic sills at Rio Tinto, Spain: Implications for Stratigraphy and Mineralization. *Trans. Inst. Min. Metall.* 102, B30-B38.
- Brooks, E.R., Wood, M.M., and Garbutt, P.L., 1982. Origin and Metamorphism of Peperite and Associated Rocks in the Devonian Elwell Formation, Northern Sierra Nevada, California. *Geol. Soc. Am. Bull.* 93, 1208-1231.
- Busby-Spera, C.J. and White, J.D.L., 1987. Variation in Peperite Textures Associated with Diagenetic Host-sediment Properties. *Bull. Volcanol.* 49, 765-775.
- Cas, R.A.F., 1992. Submarine Volcanism; Eruption Styles, Products, and Relevance to Understanding the Host-rock Successions to Volcanic-Hosted Massive Sulfide Deposits. *Econ. Geol.* 87, 511-541.
- Cas, R.A.F. and Wright, J.V., 1987. *Volcanic Succession: Modern and Ancient*. Allen & Unwin, London.
- DeRita, D., Giordano, G., and Cecili, A., 2001. A Model for Submarine Rhyolite Dome Growth: Ponza Island (Central Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 107, 221-239.
- Doyle, M.G., 2000. Clast Shape and Textural Associations in Peperite as a Guide to Hydromagmatic Interactions: Upper Permian Basaltic and Basalticandesite Examples from Kiama, Australia. *Aust. J. Earth Sci.* 47, 167-177.
- Fisher, R.V., 1961. Proposed Classification of Volcaniclastic Sediments and Rocks. *Geological Society of America Bulletin* 72, 1409-1414.
- Goto, Y. and McPhie, J., 1998. Endogenous Growth of a Miocene Submarine Dacite Cryptodome, Rebun Island, Hokkaido, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 84, 273-286.
- Goto, Y., and McPhie, J., 2004. Morphology and Propagation Styles of Miocene Submarine Basanite Lavas at Stanley, Northwestern Tasmania, Australia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 130, 307-328.
- Goto, Y. and Tsuchiya, N., 2004. Morphology and Growth Style of a Miocene Submarine Dacite Lava Dome at Atsumi, Northeast Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 134, 255-275.
- Hall, R., 2009. Southeast Asia's Changing Palaeogeography. *Blumea* 54, 148-61.
- Hall, R., 2013. The Palaeogeography of Sundaland and Wallacea Since The Late Jurassic. *J. Limnol.* 72, 1-17.
- Hanson, R.E. and Hargrove, U.S., 1999. Processes of Magma/Wet Sediment Interaction in a Large-Scale Jurassic Andesitic Peperite Complex, Northern Sierra Nevada, California. *Bull. Volcanol.* 60, 610-626.
- Hunns, S.R. and McPhie, J., 1999. Pumiceous Peperite in a Submarine Volcanic Succession at Mount Chalmers, Queensland, Australia. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 88, 239-254.
- Jones, J.G., 1969. A Lacustrine Volcano of Central France and the Nature of Peperites. *Proc. Geol. Assoc.* 80, 177-188.
- Kano, K., 1998. Explosion of Volcaniclastic Sediments by Andesite Dyke Intrusion. *IAVCEI Int. Volcanol. Congress, Cape Town, Abstracts*, p. 29.
- Kokelaar, B.P., 1982. Fluidization of Wet Sediments During the Emplacement and Cooling of Various Igneous Bodies. *Journal of the Geological Society* 139, 21-33.
- Macdonald, G.A., 1939. An Intrusive Peperite at San Pedro Hill, California. *Calif. Univ. Publ. Dept. Geol. Sci. Bull.* 24, 329-338.
- McPhie, J., 1993. The Tennant Creek Porphyry Revisited: A Synsedimentary Sill With Peperite Margins, Early Proterozoic, Northern Territory. *Aust. J. Earth Sci.* 40, 545-558.

- McPhie, J., Doyle, M.G., and Allen, R., 1993. *Volcanic Textures: A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. University of Tasmania, Hobart.
- Moore, C.L., 1998. Peperite Formation Within Deep-Marine MaçC Volcanic Successions: Hokkaido, Japan. *IAVCEI Int. Volcanol. Congress, Cape Town, Abstracts*, p. 42.
- Otterloo van Jozua, Ray, C.A.F., and Ceinwen, S.R., 2015. The Fracture Behaviour of Volcanic Glass and Relevance to Quench Fragmentation during Formation of Hyaloclastite and Phreatomagmatism. *Earth Sci.* 151, 79-116.
- Scrope, G.P., 1827. *Memoir on the Geology of Central France; Including the Volcanic Formations of Auvergne, the Velay and the Vivarais*. Longman, Rees, Orme, Brown and Green, London, pp. 79.
- Scutter, C.R., 1999. *Characteristics and Origins of Subaqueous Silicic Hyaloclastites, Ponza, Italy and Southwestern Hokkaido, Japan*. School of Geosciences PhD Thesis Monash University, Clayton, p. 636.
- Scutter, C.R., Cas, R.A.F., Moore, C.L., and de Rita, D., 1998. Facies Architecture and Origin of a Submarine Rhyolitic Lava Flow-Dome Complex, Ponza, Italy. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 103, 27551–27566.
- Silvestri, S., 1963. Proposal for a Genetic Classification of Hyaloclastites. *Bulletin of Volcanology* 25, 315-321.
- Skilling, I.P., White, J.D.L., and McPhie, J., 2002, Peperite: A Review of Magma–Sediment Mingling, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 114, 1-17.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., and Priadi, B., 1994. The Tertiary Magmatic Belts in Jawa. *Journal of Southeast Asian Earth Science* 9(1/2), 13-27.
- Sukamto, Rab., 1975. *Peta Geologi Lembar Jampang dan Balekambang, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Watton, T.J., Jerram, D.A., Thordarson, T., and Davies, R.J., 2013. Three-Dimensional Lithofacies Variations in Hyaloclastite Deposits. *J. Volcanol, Geotherm. Res.* 250, 19–33.
- Wentworth, C.K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 377-392.
- White, J.D.L., McPhie, J., and Skilling, I., 2000, Peperite: A Useful Genetic Term. *Bulletin of Volcanology* 62, 65-66.
- White, J. and Houghton, B., 2006. Primary Volcaniclastic Rocks. *Geology* 34, 8, 677-680.