



## Produk Interaksi Lava-Sedimen Basah-Air pada Kompleks Gunung api Sangkur, Kota Banjar, Provinsi Jawa Barat

### *Lava - Wet Sediment-Water Interactions Product at the Sangkur Volcano Complex, Banjar City, West Jawa*

Agustina Djafar, Wilda Aini Nurlathifah, Johan Budi Winarto, M. Galuh Sagara, Denny Supryandi

Geological Museum, Geological Agency, Ministry of Energi and Mineral Resources

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

Naskah diterima: 03 Januari 2024, Revisi terakhir: 21 Agustus 2024, Disetujui: 26 Agustus 2024 Online: 26 Agustus 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v25i3.869>

**Abstrak-** Di sebelah timur Kota Banjar terdapat Komplek Gunung api Sangkur yang terdiri dari beberapa bukit terisolir, dan pada Peta Geologi Lembar Majenang dikelompokkan dalam himpunan “Batuan Beku Tak Teruraikan (Tma)” bersusunan andesit hingga basal berumur Miosen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan lingkungan pembentukan batuan berdasarkan hasil identifikasi dan karakterisasi produk yang dihasilkan oleh interaksi antara lava – air – sedimen, berdasarkan kenampakan tekstur dan struktur batumannya. Metode yang dilakukan berupa metode eksploratif dan deskriptif. Dari hasil penyelidikan yang dilakukan oleh tim Museum Geologi, di daerah ini ditemukan singkapan batuan vulkaniklastik berupa peperit yang memperlihatkan struktur fluidisasi, dan hialoklastit yang memperlihatkan struktur pepadaman. Peperit tersingkap di tambang batuan G.Batukarut, dan terbentuk dari hasil percampuran lava andesitik dengan batupasir tufan - batulempung tak terkonsolidasi menghasilkan fluidal peperit. Hialoklastit dijumpai di G. Sangkur, G. Babakan, dan Bukit Kujangsari. Fasies hialoklastit yang dijumpai di daerah ini berupa *in situ* hialoklastit dan resedimentasi hialoklastit, dengan beberapa fragmen memperlihatkan fragmentasi pendinginan (*quench fragmented*) berupa struktur bantal dan *jigsaw-fit* (*jigsaw puzzle*). Kehadiran peperit - hialoklastit yang dijumpai di daerah ini, merupakan bukti terjadinya interaksi antara lava – sedimen basah – air pada saat terjadi erupsi, sehingga dapat disimpulkan bahwa kompleks Gunung api Sangkur merupakan kompleks gunung api awah laut (*submarine volcano*) yang sebagian besar produknya terbentuk di tataan bawah air (*subaqueus*).

**Kata Kunci:** Kompleks Gunung api Sangkur, peperit, hialoklastit, gunung api bawah laut, tataan bawah air.

**Abstract-** In the eastern part of Banjar City, there is the Sangkur Volcano Complex which consists of several isolated hills, that are grouped into the lithology unit “Undifferentiated Igneous Rocks (Tma)” on the Geological Map of The Majenang Quadrangle. The Tma, consists of andesitic to basaltic composition of Miocene. This research aims to determine the paleoenvironment of rocks based on the identification and characterization of products produced by the interaction between lava - water - sediment, from the appearance of the texture and structure of the rock. The method used was explorative and descriptive. From the results of investigations conducted by the Geological Museum team, in this area, there are outcrops of volcaniclastic rocks in the form of peperite which shows a fluidization structure, and hyaloclastite which shows a blackout structure. Peperite was exposed in the Mt. Batukarut quarry. The peperite was formed from the mingling of andesitic lava with unconsolidated tuffaceous sandstones to produce fluidal peperite. Hyaloclastite was founded in Mt. Sangkur, Mt. Babakan, and Kujangsari Hill. The hyaloclastite facies consist of *in situ* hyaloclastite and resedimented hyaloclastite, with some fragments showing quench fragmentation in the form of pillow lava structures and jigsaw puzzles (*jigsaw-fit textures*). The presence of these peperite - hyaloclastite are evidence of the interaction between lava - wet sediment - water at the time of the eruption, so it can be concluded that the Sangkur Volcano complex is a submarine volcano complex where most of its products are formed in the subaqueous setting.

**Keywords:** Sangkur Volcano Complex, peperite, hialoclastite, submarine volcano, subaqueous setting.

**PENDAHULUAN**

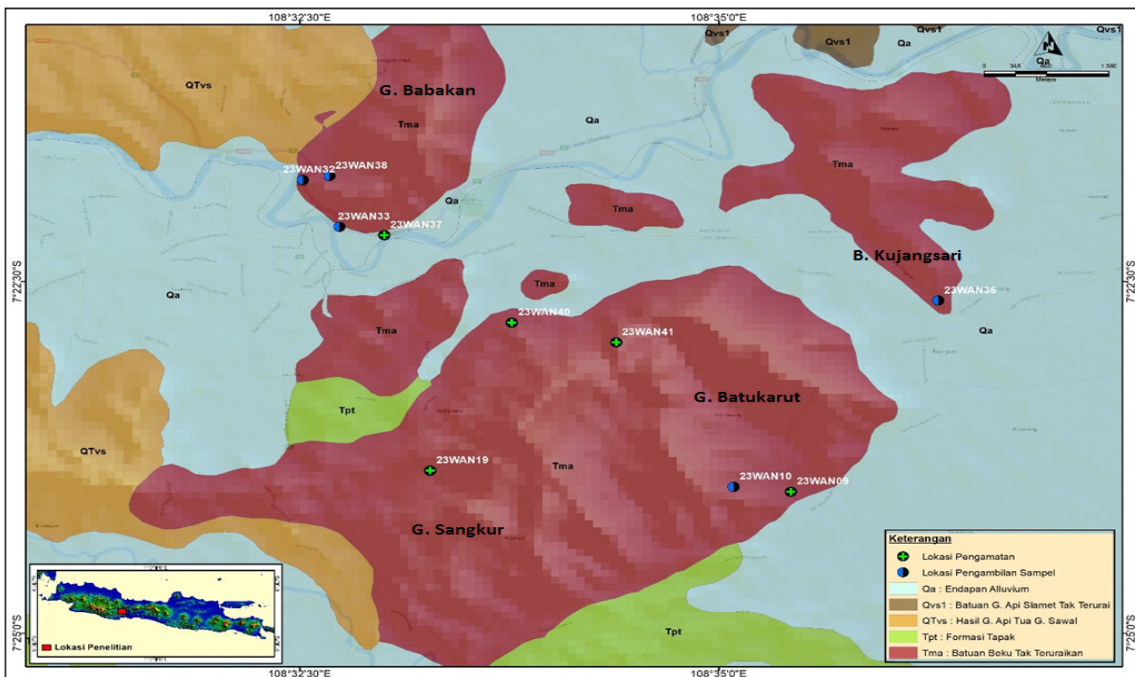
Di sebelah timur Kota Banjar, terdapat kompleks Gunung api Sangkur berumur Neogen, yang oleh Kastowo dan Suwarna (1996) dikelompokkan dalam himpunan “Batuan Beku Tak Teruraikan (Tma) berumur Miosen Tengah. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Majenang (Kastowo and Suwarna, 1996), Tma berkomposisi andesitik hingga basaltik, yang terdiri dari, breksi aliran, dan sumbat gunung api. Komplek Gunung api Sangkur terdiri dari beberapa bukit terisolir yang terletak di sebelah timur Kota Banjar, diantaranya : G. Sangkur, G. Batukarut, G. Babakan, Bukit Kujangsari, dan beberapa bukit tak bernama di daerah Pataruman yang ditambang oleh masyarakat sekitar (Gambar 1).

Kelompok batuan Tma yang ditemukan di daerah ini erat kaitannya dengan kegiatan vulkanisme di Pulau Jawa yang telah dimulai sejak Kala Eosen Akhir, dan mengalami puncaknya pada kala Intra Miosen (Soeria-atmadja drr., 1994; Hall, 2009; Hall; 2013). Hasil rekonstruksi Pulau Jawa yang dilakukan oleh Hall (2013), memperlihatkan bahwa aktivitas vulkanisme di Pulau Jawa dari Kala Eosen Akhir -Miosen Akhir sebagian besar terbentuk di tataan *subaqueus* (*submarine volcano*), dan beberapa diantaranya terus tumbuh hingga membentuk beberapa pulau terisolir gunung api (*volcanic arc*).

Meskipun demikian, studi tentang gunung api bawah laut berumur Paleogen - Neogen di Indonesia masih

jarang dilakukan, hal ini disebabkan karena bentuk bentangalam dari gunung api tersebut sudah tidak utuh lagi sehingga susah dikenali. Selain itu terdapat kendala lain terkait penamaan batuan gunung api primer yang umum digunakan di Indonesia berupa penamaan deskriptif yang didasarkan pada jenis partikel, dan ukuran butir (misal penamaan batuan piroklastik menurut Fisher, 1966), bukan berdasarkan sumber endapan, tipe dan lokasi letusan (Cas dan Wright, 1987; White dan Houghton, 2006).

Pada umumnya erupsi magma di tataan air dikontrol oleh kendala fisik yang sangat berbeda dengan letusan *subaerial*, diantaranya tekanan hidrostatik, kapasitas panas, konduktivitas termal, *modulus bulk*, dan densitas massa air, yang umumnya orde magnitudenya lebih besar dari pada udara (Cas & Simmons, 2018). Interaksi antara magma atau lava dengan air atau sedimen basah disebut sebagai “*molten fuel coolant interactions*” (MFCI; Dullforce, 1974), di mana proses interaksi tersebut akan menyebabkan terjadinya fragmentasi magma, yang disebut sebagai “*quench fragmentation*” (Cas dan Wright, 1987; Otterloo, dkk., 2015; Cas & Simmons, 2018). Pada saat lava di erupsikan ke dalam sedimen basah dan tubuh air, *mingling* dan *mixing* akan terjadi dan menghasilkan beberapa produk sebagai hasil interaksi tersebut, diantaranya lava bantal, peperit, dan hialoklastit (Silvestri 1963; Kokelaar 1982; White et al. 2000; Skilling et al. 2002).



Sumber: Kastowo dan Suwarna (1996).

Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian. Penelitian berfokus pada Kompleks Gunung api Sangkur.

Peperit didefinisikan sebagai istilah genetik 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 (Busby-Spera and White, 1987; White, et al., 2000; El Desoky and Shahin, 2020). 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. Namun, sebagian besar peperit digambarkan sebagai ekstrusi basaltik yang bercampur dengan batuan sedimen berbutir halus (Busby-Spera and White, 1987; Skilling, et al., 2002; Famelli, et al., 2021; Bann et al., 2022). Berdasarkan morfologi *juvenile clast*, peperit dibagi dua, yaitu *blocky* dan *fluidal* (Busby-Spera and White, 1987).

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, dan ketika magma dan air berinteraksi secara eksplosif selama freatomagmatisme (Cas, 1992; Otterloo, dkk., 2015). Secara umum, fasies hialoklastit dibagi menjadi dua kategori, yaitu *in situ* hialoklastit (tidak mengalami perpindahan posisi), dan resedimentasi hialoklastit (Cas, 1992; Scutter dkk., 1998; Watton dkk., 2013). *In situ* hialoklastit, tersusun dari fragmen yang terbentuk secara *in situ*, dengan bentuk menyerupai “*jigsaw puzzle*” yang hanya dipisahkan oleh rekahan diantara 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.

Tujuan dari penyusunan makalah ini adalah untuk menentukan lingkungan pembentukan (*paleoenvironment*) batuan berdasarkan hasil identifikasi dan karakterisasi produk yang dihasilkan oleh interaksi antara lava – air – sedimen, berdasarkan kenampakan tekstur dan struktur batuan. Pengamatan tekstur dan struktur batuan dilakukan baik secara makroskopis maupun mikroskopis.

---

## METODOLOGI

Kegiatan penelitian ini didasarkan pada analisis

data lapangan, berupa identifikasi batuan secara makroskopis berdasarkan kenampakan tekstur dan strukturnya, sebagai hasil interaksi lava – sedimen basah – air. Selain itu, dilakukan analisis petrografi pada beberapa sampel batuan terpilih, sebagai perbandingan untuk melihat hubungan antara skala makroskopis dan mikroskopis batuan.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksploratif dan deskriptif. Metode eksploratif dilakukan dengan mencari, mengenali, mengamati, dan melakukan pengukuran data-data geologi yang dijumpai di Komplek Gunung api Sangkur. Metode deskriptif dilakukan dengan mendeskripsi batuan secara makroskopis dengan memperhatikan tekstur, struktur, dan komponen (fragmen) batuan penyusun, untuk selanjutnya dilakukan penamaan batuan vulkaniklastik menurut Cas dan Wright (1987), serta White dan Houghton (2006).

Pengambilan data dan contoh batuan berukuran *hand specimen* dilakukan pada 10 (sepuluh) lokasi di beberapa bukit yang berbeda. Selanjutnya beberapa contoh batuan yang terpilih dipreparasi dan dipoles dalam bentuk sayatan tipis untuk pengamatan petrografis. Pengamatan petrografis dilakukan sebagai bahan perbandingan untuk melihat hubungan tekstur dan struktur batuan, antara skala makroskopis dan mikroskopis. Selanjutnya, analisis penentuan lingkungan pembentukan dilakukan berdasarkan tekstur dan struktur batuan yang diamati baik secara makroskopis maupun petrografis.

---

## HASIL DAN DISKUSI

Pengambilan data dilakukan di beberapa lokasi, namun hubungan stratigrafi (urutan pembentukan dan jenis kontak batuan) antara perbukitan yang dijumpai di kompleks Gunung api Sangkur tidak jelas karena tidak dijumpai kontak langsung antara litologi tersebut dikarenakan posisi perbukitan yang relatif memisah satu sama lain. Bukit-bukit tersebut dipisahkan oleh pedataran yang umumnya tertutup oleh endapan aluvium, soil yang tebal, vegetasi lebat, dan sebagian besar dimanfaatkan sebagai areal persawahan dan perkebunan.

### Gunung Sangkur

Pengambilan data di G. Sangkur dilakukan di dua lokasi, yaitu 23WAN19 dan 23WAN40 (Gambar 1), di mana batuan yang dijumpai pada kedua lokasi tersebut berupa breksi. Pada lokasi 23WAN19 dijumpai singkapan bongkah breksi (*probably resedimented*

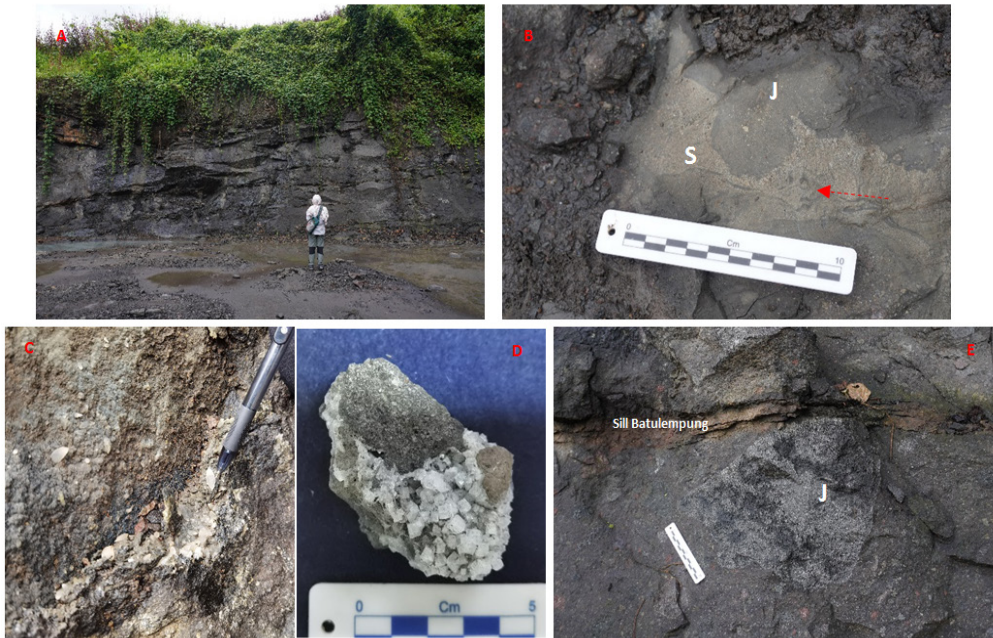
*hyaloclastite*), dengan dimensi singkapan, panjang 2 – 3 m, tinggi singkapan  $\pm 0.5 - 2$  m. Breksi hialoklastit memperlihatkan bentuk *clast* menyudut – membulat tanggung (*equant, irregular, polygonal, spheroidal*), dengan *juvenile clast* berupa andesit porfiri berukuran 0,5 cm - 80 cm, dan *clast* piroksin berukuran 0,3 – 0,8 cm, dan matriks berukuran pasir (1/4 – 1/2 mm). Sebagian *clast* memperlihatkan struktur pemadaman (*quench fragmented*) dengan batas margin berbentuk tidak teratur dan sebagian melengkung.

### Gunung Batukarut

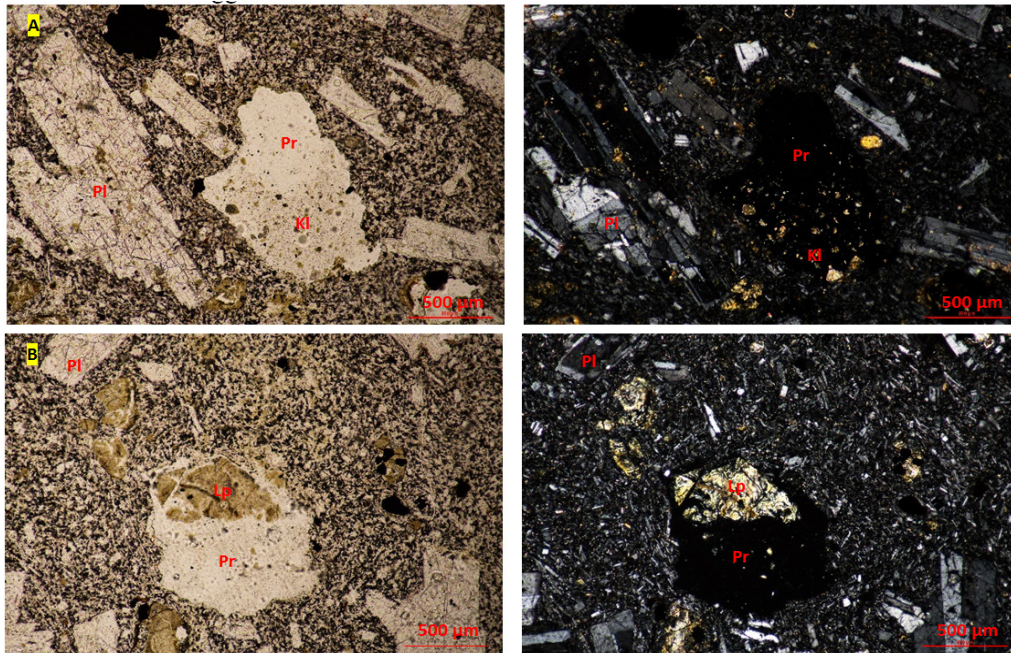
G. Batukarut terletak di sebelah timur G. Sangkur, yang secara morfologi masih merupakan satu kesatuan gunung api. Pengambilan data di G. Batukarut dilakukan di tiga lokasi, yaitu 23WAN09, 23WAN10 dan 23WAN41 (Gambar 2). Pada lokasi 23WAN09 dan 23WAN10 dijumpai singkapan peperit, sedangkan di 23WAN41 dijumpai singkapan breksi lapuk, sehingga sulit diidentifikasi.

Peperit yang dijumpai di 23WAN10 berasosiasi dengan batupasir tufan berwarna abu-abu kehitaman, dengan arah sebaran relatif timur laut – barat daya, dan merupakan lokasi tambang batuan. Pada tebing sebelah selatan tersingkap peperit (Gambar 2a), sedangkan pada tebing sebelah utara tersingkap

batupasir tufan. Peperit berwarna abu-abu kehitaman, dicirikan dengan adanya fluidisasi sedimen, berupa celah sempit di antara *juvenile clast* (Gambar 2b). Dijumpai rekahan pada peperit, yang sebagian terisi oleh mineral heksagonal kuarsa (Gambar 2c) dan anhidrit (Gambar 2d). Berdasarkan proporsi atau perbandingan relatif dari sedimen induk dan *juvenile clast*, peperit dikategorikan sebagai *dispersed packed*. *Juvenile clast* umumnya vesikuler, dan pada beberapa rongga terisi oleh material sedimen (Gambar 2e), berupa mineral lempung dan kalsit yang dapat teramati dengan jelas pada sayatan tipis (Gambar 3). *Juvenile clast* memperlihatkan *quenched rims (chilled margin)*, dengan morfologi *clast* berupa *fluidal*, margin berbentuk *amoeboid (irregular fluidal)*, *globular* dan *platy* (Gambar 4). *Juvenile clast* berukuran 0,5 – 30 cm. Pada bagian tepi *juvenile clast* yang berukuran besar dijumpai percampuran antara fragmen batuan beku berukuran halus dengan batupasir tufan (Gambar 2e). *Juvenile clast* berupa basal porfiri, yang penamaannya didasarkan pada penentuan jenis plagioklas pada sayatan tipis, berupa *bytownite* dan *labradorite* ( $A_n 68 - A_n 80$ , Gambar 3, 4), dan umumnya memperlihatkan struktur aliran trakitik. Sedimen yang terlibat dalam pembentukan peperit didominasi oleh batupasir tufan berwarna abu-abu kehitaman berukuran 1/16-1/4 mm, dan lempung minor, yang bersifat non karbonatan.



Gambar 2. A. Kenampakan tebing peperit pada sisi selatan. B. Kenampakan struktur fluidisasi pada batas kontak antara juvenil clast (J), dan batupasir tufan unconsolidated (S). C. Mineral heksagonal kuarsa, D. Anhidrit yang mengisi rekahan pada peperit. E. *Juvenile clast* (J) berukuran bongkah dengan bentuk amoeboid (irregular fluidal), di mana pada bagian margin terdapat percampuran antara fragmen batuan beku berukuran halus dengan batupasir tufan, dan sebagian rongga terisi oleh material sedimen. Lokasi 23WAN10.



Gambar 3. Kenampakan mikrofotografi pori pada juvenile clast 23WAN10, yang terisi oleh mineral kalsit (A), dan mineral lempung (B), massa dasar tersusun oleh mikrolit plagioklas dan piroksin yang memperlihatkan struktur aliran trakitik. Pl : plagioklas, Pr : pori, Kl : kalsit, Lp : mineral lempung. Perbesaran 5x.

Di sebelah selatan lokasi pengamatan, yaitu pada tebing peperit, dijumpai *sill* batulempung dengan ketebalan bervariasi (berkisar 2 – 5 cm), dan retas batupasir tufan yang menerobos peperit hingga ke batas bawah *sill* batulempung. Pada bagian tengah retas batupasir dijumpai peperit berukuran halus, dan terlihat adanya kesan aliran pada batupasir tufan. Kehadiran *sill* batulempung dan retas batupasir tufan tersebut diinterpretasikan sebagai struktur fluidisasi dan merupakan bagian dari peperit (Gambar 5). Perlapisan (stratifikasi) material peperitik seperti yang ditemukan di lokasi ini, dijumpai dalam beberapa referensi terkait (Brooks et al. 1982; Branney dan Suthren 1988; Brooks 1995; Doyle 2000, Jutras et al. 2006). Selain itu struktur fluidisasi tersebut juga teramati pada sayatan tipis berupa celah sempit yang memperlihatkan pola aliran (berupa penjajaran mineral), pada batas antara *clast*, terutama pada bagian tepi *juvenile clast* (Gambar 4).

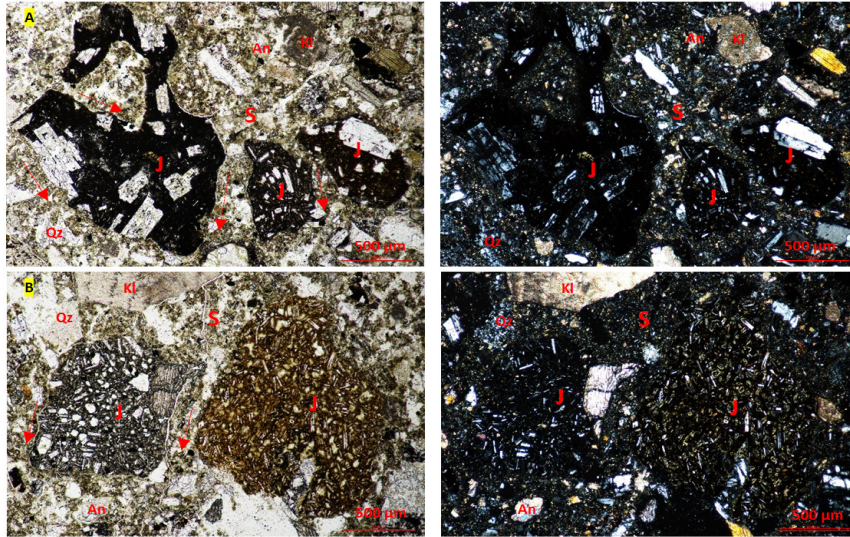
**Gunung Babakan**

G. Babakan terletak di sebelah utara G. Sangkur. Pengambilan data di G. Babakan dilakukan di empat lokasi, yaitu 23WAN32, 23WAN33, 23WAN37, dan 23WAN38 (Gambar 1). Batuan penyusun G. Babakan berupa breksi hialoklastit (*probably resedimented hyaloclastite*), yang tersingkap secara *in situ* di 23WAN33 dan 23WAN37, maupun berupa bongkah (23WAN32, 23WAN38).

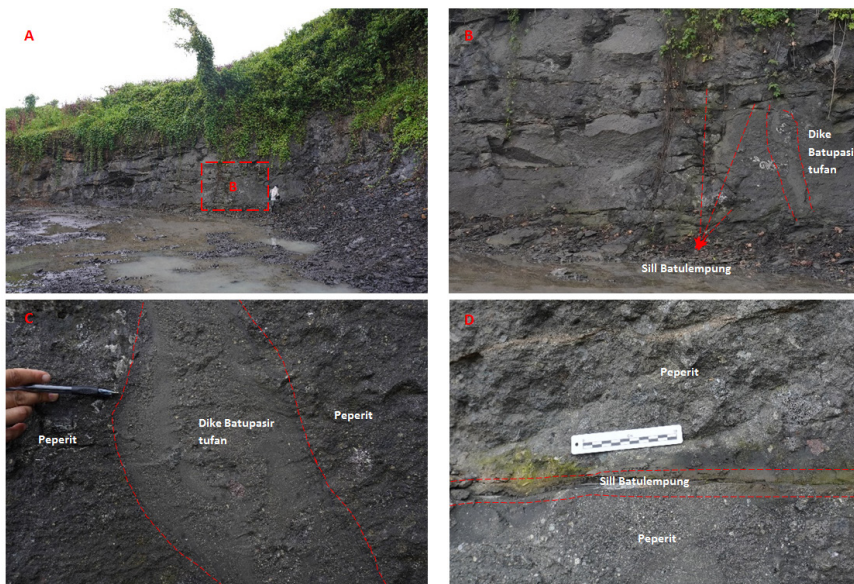
Bongkah breksi hialoklastit di 23WAN32 dan 23WAN38, memiliki dimensi panjang ± 5 - 6 m, lebar ± 3 - 4 m, tinggi ± 2 -3 m, memperlihatkan *clast*

berbentuk menyudut – membulat tanggung (*equant, irregular, polygonal, spheroidal, dan bladed*), dengan *juvenile clast* berupa andesit porfiri berukuran 0,3 cm - 100 cm, struktur pejal – vesikuler (sebagian rongga terisi mineral kalsit), beberapa *clast* memperlihatkan tekstur *jigsaw-fit* (23WAN32, Gambar 6a) dan struktur menyerupai bantal (23WAN38, Gambar 6b). Selain itu, beberapa *clast* memperlihatkan struktur pemadaman (*quench fragmented*) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung. Matriks berukuran ½ - 1 mm.

Singkapan *in situ* breksi hialoklastit (*probably resedimented hyaloclastite*) yang dijumpai di lokasi 23WAN33 dan 23WAN37 memiliki arah sebaran relatif timur – barat, dengan tinggi singkapan ± 5 - 8 m (Gambar 7a). Breksi hialoklastit, memperlihatkan bentuk *clast* menyudut – membulat tanggung (*equant, irregular, polygonal, spheroidal, dan bladed*), dengan *juvenile clast* berupa andesit porfiri berukuran 0,3 cm - 05 cm dengan struktur pejal – vesikuler (sebagian rongga terisi mineral kalsit), dan *clast* piroksin berukuran 0,2 – 1,5 cm. Matriks berukuran pasir (1/4 – 1 mm). Beberapa *clast* memperlihatkan struktur pemadaman (*quench fragmented*) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung (Gambar 7b). Singkapan breksi hialoklastit (*probably resedimented hyaloclastite*) di lokasi ini diinterpretasikan sebagai *resedimented hyaloclastite* yang terbentuk di bawah pengaruh gravitasi dan bercampur dengan aliran piroklastik yang mengandung banyak mineral piroksen.



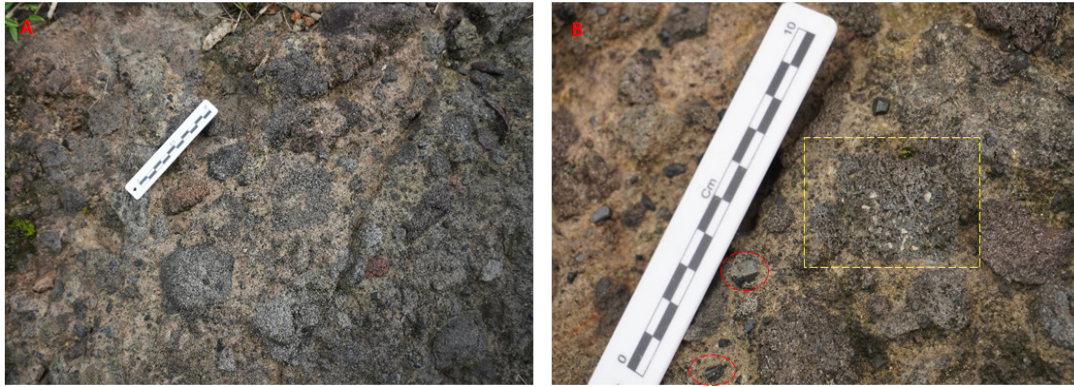
Gambar 4. Mikrofotografi peperit 23WAN10, dengan juvenile clast (J), sedimen induk (S) berupa batupasir tufan, kuarsa(Qz), kalsit (Kl), dan mineral anhidrit (An). Morfologi *clast* berupa fluidal, dengan margin berbentuk amoeboid (irregular fluidal), dan globular. Tanda panah memperlihatkan struktur fluidisasi. Perbesaran 5x.



Gambar 5. (A, B) Kenampakan stratifikasi peperitik di tebing selatan . (C) Retas batupasir tufan yang menerobos peperit, dan (D) sill batulempung, yang diinterpretasikan sebagai struktur fluidisasi. Lokasi 23WAN10.



Gambar 6. (A) Juvenile clast dengan tekstur jigsaw-fit di 23WAN32. (B) Clast yang memperlihatkan struktur bantal (pillow) di 23WAN38.



Gambar 7. (A) Kenampakan singkapan breksi (probably resedimented hyaloclastite) di Lokasi 23WAN33. (B) Clast piroksin (lingkaran merah) dan struktur vesikuler pada juvenile clast yang terisi oleh mineral kalsit (kotak kuning).

### Bukit Kujangsari

Bukit Kujangsari merupakan perbukitan terisolir yang terletak di sebelah timur G. Sangkur. Pengambilan data dilakukan di satu lokasi, yaitu 23WAN36 (Gambar 1). Batuan penyusun Bukit Kujangsari berupa hialoklastit *in situ* (*in situ hyaloclastite*).

Hialoklastit *in situ* di 23WAN36 memperlihatkan arah sebaran relatif tenggara – barat laut, dengan tinggi singkapan  $\pm 2 - 5$  m. Dari arah tenggara ke timur laut, hialoklastit memperlihatkan gradasi, dari inti lava yang koheren di bagian dalam lava menjadi breksi hialoklastit *in situ* dengan fragmen monomik berupa andesit porfiri di bagian luar lava, dengan fenokris piroksin (Gambar 8a). Andesit porfiri, berwarna abu-abu tua, tekstur porfiriafanitik, derajat kristalisasi : hipokristalin, granularitas : *inequigranular*, kemas : *hypidiomorfik granular*, bentuk kristal : *euhedral – anhedral*, pejal, komposisi mineral berupa feldspar, mineral mafik (piroksin sebagian terkloritisasi), dan massa dasar gelas.

*In situ hyaloclastite*, memperlihatkan bentuk *clast irregular, equant, polygonal* dan *spheroidal* (Gambar 8b), yang dibatasi oleh permukaan datar hingga melengkung, dengan *juvenile clast* berupa andesit porfiri berukuran 0,5 cm - 150 cm dengan struktur pejal – vesikuler. *Clast* yang berukuran lebih dari 1 m, memperlihatkan struktur menyerupai bantal (Gambar 8c), dengan fenokris piroksin. Beberapa fragmen memperlihatkan struktur pepadaman (*quench fragmented*) yakni pada bagian tepi fragmen memperlihatkan “*chilled margin*”, dan retakan konsentris (Gambar 8d). Hialoklastit berukuran halus memiliki matriks yang lebih banyak dibanding berukuran kasar. Matriks gelas berwarna coklat

kemerahan (kemungkinan gelas vulkanik yang terlaterasi menjadi palagonit), berukuran pasir kasar (1/2 - 1 mm), dengan kelimpahan matriks yang bervariasi.

Dari hasil pengamatan di bawah mikroskop, terlihat bahwa sebagian rongga *juvenile clast* terisi oleh mineral klorit dan palagonit (Gambar 9).

Hasil pemerian batuan dari masing-masing lokasi minatan, dapat dilihat di tabel 1.

### Interpretasi Lingkungan Pembentukan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengambilan data, diketahui bahwa produk batuan gunung api (batuan vulkaniklastik) yang dijumpai di lokasi penelitian, terdiri atas peperit dan breksi hialoklastit (*in situ hyaloclastite* dan *resedimented hyaloclastite*). Kehadiran peperit dan hialoklastit di lokasi ini, mengindikasikan bahwa kompleks Gunung api Sangkur merupakan kompleks gunung api bawah laut (*submarine volcano*) yang sebagian besar produknya terbentuk di tataan bawah air (*subaqueous*).

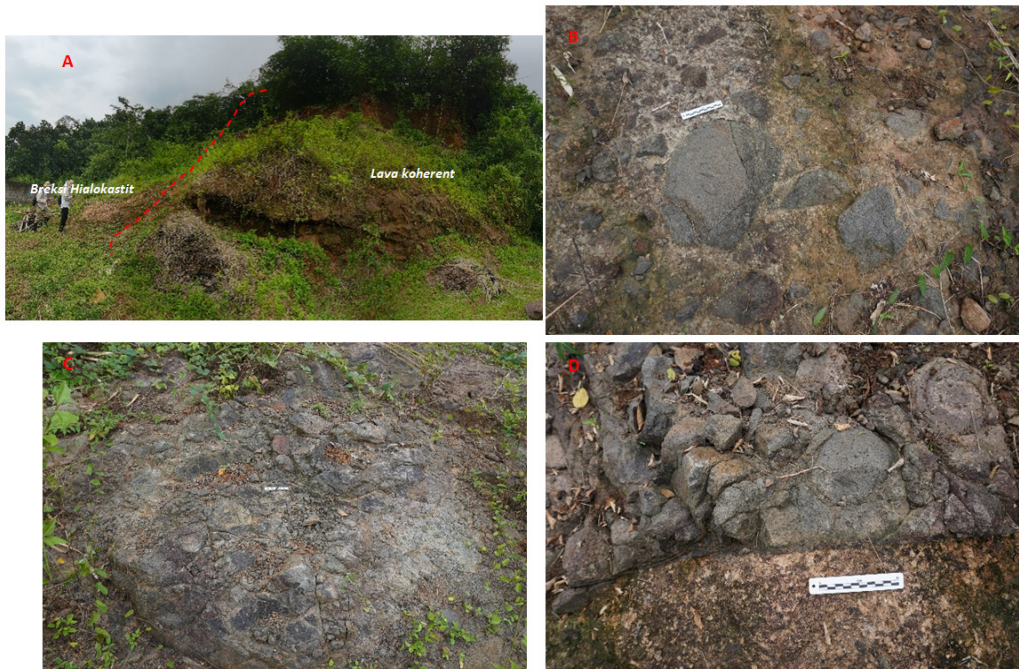
Secara genetik (sumber endapan, tipe dan lokasi letusan), peperit dan hialoklastit terbentuk sebagai hasil interaksi antara lava – sedimen basah – air. Interaksi tersebut mencakup semua proses dan produk yang terjadi saat magma ditempatkan di atas, atau ke dalam sedimen basah, maupun ke dalam air. “Magma” 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).

Tabel 1. Hasil pemerian batuan Kompleks Gunung api Sangkur

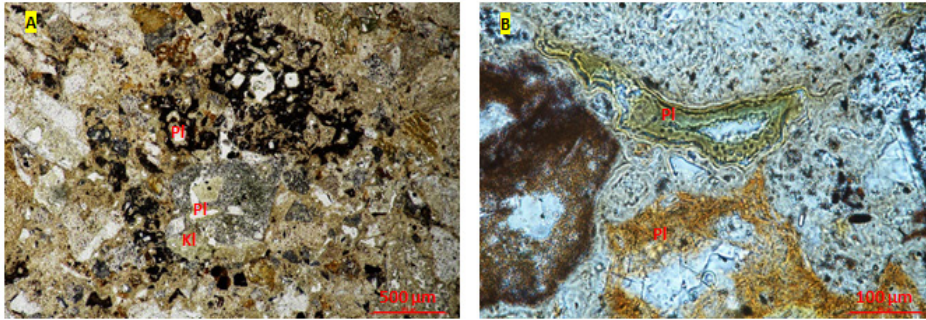
No	Lokasi	Nama Batuan	Pemerian
23WAN09	G. Batukarut	Peperit	Warna coklat kehitaman, juvenile clast berupa andesit porfiri dengan morfologi fluidal berbentuk amoeboid ( <i>irregular fluidal</i> ), dan <i>globular</i> . <i>Juvenile clast</i> berukuran 0,3 cm – 10 cm. Peperit dikategorikan sebagai <i>dispersed packed</i> .
			Sedimen tidak terkonsolidasi berupa batupasir tufan, ukuran butir 1/16 – 1/4 mm, bersifat non karbonatan.
23WAN10	G. Batukarut	Peperit	Warna abu-abu kehitaman, dicirikan dengan adanya fluidisasi sedimen, <i>juvenile clast</i> berupa andesit porfiri dengan morfologi fluidal berbentuk amoeboid ( <i>irregular fluidal</i> ), <i>globular</i> , dan <i>platy</i> . <i>Juvenile clast</i> berukuran 0,5 cm – 30 cm. Pada bagian tepi <i>juvenile clast</i> yang berukuran besar dijumpai percampuran antara fragmen batuan beku berukuran halus dengan batupasir tufan, dan pada beberapa rongga (vesikel) <i>juvenile clast</i> terisi oleh material sedimen, berupa mineral lempung dan kalsit yang dapat teramati dengan jelas pada sayatan tipis. Dijumpai rekahan pada peperit, yang sebagian terisi oleh mineral heksagonal kuarsa dan anhidrit.
			Peperit dikategorikan sebagai <i>dispersed packed</i> .
			Sedimen tidak terkonsolidasi berupa batupasir tufan, ukuran butir 1/16 – 1/4 mm, bersifat non karbonatan.
23WAN19	G. Sangkur	<i>Probably resedimented hyaloclastite</i>	Warna segar abu-abu, warna lapuk coklat kehitaman, memperlihatkan bentuk <i>clast</i> menyudut – membulat tanggung ( <i>equant, irregular, polygonal, spheroidal</i> ), dengan <i>juvenile clast</i> berupa andesit porfiri berukuran 0,5 cm - 80 cm, dan <i>clast</i> piroksin berukuran 0,3 – 0,8 cm, dan matriks berukuran 1/4 – 1/2 mm. Sebagian <i>clast</i> memperlihatkan struktur pepadaman ( <i>quench fragmented</i> ) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung.
23WAN32	G. Babakan	<i>Probably resedimented hyaloclastite</i>	Berupa bongkah dengan dimensi panjang ± 6 m, lebar ± 3 m, tinggi ± 3 m. Warna segar abu-abu, warna lapuk coklat tua, <i>juvenile clast</i> berupa andesit porfiri, bentuk menyudut – membulat tanggung ( <i>equant, irregular, polygonal, spheroidal</i> , dan <i>bladed</i> ), berukuran 0,3 cm - 40 cm, dengan struktur pejal – vesikuler (sebagian rongga terisi mineral kalsit), beberapa <i>clast</i> memperlihatkan tekstur <i>jigsaw-fit</i> . Selain itu, beberapa klast memperlihatkan struktur pepadaman ( <i>quench fragmented</i> ) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung. Matriks berukuran ½ - 1 mm.
			Pada beberapa bagian, dijumpai fragmen yang berukuran lebih kecil dengan matriks yang melimpah ( <i>matriks supported</i> ), yang kemudian bergradasi normal menjadi hialoklastit dengan fragmen yang lebih besar dan lebih dominan ( <i>clast supported</i> ).
23WAN33	G. Babakan	<i>Probably resedimented hyaloclastite</i>	Warna segar abu-abu, warna lapuk coklat tua, <i>juvenile clast</i> berupa andesit porfiri berukuran 0,3 cm - 5 cm, memperlihatkan bentuk <i>clast</i> menyudut – membulat tanggung ( <i>equant, irregular, polygonal, spheroidal</i> , dan <i>bladed</i> ), dengan struktur pejal – vesikuler (sebagian rongga terisi mineral kalsit), dan klast piroksin berukuran 0,3 – 1,5 cm. Matriks 1/4 – 1/2 mm. Beberapa <i>clast</i> memperlihatkan struktur pepadaman ( <i>quench fragmented</i> ) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung.
23WAN36	B. Kujangsari	<i>In situ hyaloclastite</i>	Hialoklastit memperlihatkan gradasi, dari inti lava yang koheren di bagian dalam lava menjadi breksi hialoklastit in situ dengan fragmen monomik berupa andesit porfiri. Berwarna abu-abu, dengan bentuk <i>clast irregular, equant, polygonal</i> dan <i>spheroidal</i> , yang dibatasi oleh permukaan datar hingga melengkung, ukuran <i>clast</i> 0,5 cm - 150 cm, struktur pejal – vesikuler, sebagian rongga terisi oleh mineral klorit dan palagonit yang teramati dengan jelas di bawah mikroskop. <i>Clast</i> yang berukuran lebih dari 1 m, memperlihatkan struktur menyerupai bantal. Matriks gelas berwarna coklat kemerahan, berukuran 1/2 - 1 mm, dengan kelimpahan matriks yang bervariasi.



23WAN37	G. Babakan	<i>Probably resedimented hyaloclastite</i>	Warna segar abu-abu, warna lapuk coklat tua, juvenile clast berupa andesit porfiri berukuran 0,5 cm - 50 cm, memperlihatkan bentuk klast menyudut – membulat tanggung ( <i>equant, irregular, polygonal, spheroidal, dan bladed</i> ), dengan struktur pejal – vesikuler (sebagian rongga terisi mineral kalsit), dan klast piroksin berukuran 0,2 – 1 cm. Matriks berukuran pasir (1/2 – 1 mm), berwarna kuning kecoklatan. Beberapa <i>clast</i> memperlihatkan struktur pemadaman ( <i>quench fragmented</i> ) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung.
23WAN38	G. Babakan	<i>Probably resedimented hyaloclastite</i>	Berupa bongkah dengan dimensi panjang ± 5 m, lebar ± 4 m, tinggi ± 2 m. Warna segar abu-abu kehitaman, warna lapuk coklat tua, <i>juvenile clast</i> berupa andesit porfiri, bentuk menyudut – membulat tanggung ( <i>equant, irregular, polygonal, spheroidal, dan bladed</i> ), berukuran 0,5 cm - 100 cm, dengan struktur pejal – vesikuler (sebagian rongga terisi mineral kalsit). Beberapa <i>clast</i> memperlihatkan struktur pemadaman ( <i>quench fragmented</i> ) dengan batas margin berbentuk tidak beraturan dan sebagian melengkung. Selain itu, dijumpai beberapa fragmen yang memperlihatkan struktur menyerupai bantal ( <i>pillow structure</i> ). Matriks berukuran ½ - 1 mm.
23WAN40	G. Sangkur	Breksi vulkanik	Warna segar abu-abu muda hingga putih kecoklatan, warna lapuk coklat tua, matriks berupa batupasir tufa berwarna abu-abu (ukuran butir 1/4 - 1/2 mm), sortasi buruk, kemas terbuka, bentuk fragmen menyudut - membulat tanggung, ukuran fragmen 0,3 cm - 25 cm, fragmen berupa andesit porfiri, tuf dasitik. Semen bersifat non karbonatan.
23WAN41	G. Batukarut	Breksi	Batuan lapuk kuat, sehingga sulit diidentifikasi. Dijumpai <i>clast</i> andesit porfiri dengan fenokris piroksin.



Gambar 8. A. Kenampakan singkapan lava koheren yang bergradasi menjadi breksi hialokastit di lokasi 23WAN36. B. Berbagai macam bentuk *clast* pada hialokastit dari spheroidal – irregular, dengan kelimpahan matriks bervariasi. C. *Juvenile clast* yang memperlihatkan struktur menyerupai bantal. D. Struktur pemadaman berupa *chilled* margin pada fragmen andesit.



Gambar 9. Kenampakan mikrofotografi nikol sejajar pori pada clast in situ hyaloclastite 23WAN36, yang terisi oleh mineral klorit (Kl), dan palagonit (Pl). (A) perbesaran 5x, (B) perbesaran 10x.

Bukti proses interaksi tersebut diantaranya :

1. Pada peperit yang tersingkap di lokasi 23WAN10, dijumpai *juvenile clast* dengan rongga yang terisi oleh material sedimen, dan percampuran antara *juvenile clast* berukuran halus dengan batupasir tufan pada margin *juvenile clast* yang berukuran bongkah. Selain itu, pada matriks batupasir tufan terdapat struktur fluidisasi yang terlihat jelas, baik pada skala makroskopis maupun petrografis. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya percampuran (*mingling*) antara lava dengan batupasir tufan yang tak terkonsolidasi (dalam keadaan basah), atau terkonsolidasi buruk. Fluidisasi sedimen terjadi akibat perlapisan yang sejajar dengan batas rekahan pada tubuh intrusi atau *juvenile clast* (Kokelaar, 1982; Branney dan Suthren, 1988; Doyle, 2000), dan merupakan proses penting yang menyebabkan intrusi magma ke dalam sedimen basah, dan percampuran komponen sedimen dan juvenil. Fluidisasi tersebut dapat disebabkan oleh pemanasan pada air pori, dan pelepasan tekanan selama pembukaan rekahan (Kokelaar, 1982).
2. Dari hasil pendeskripsian secara makroskopis dan petrografis, peperit di lokasi 23WAN10 memperlihatkan morfologi *clast fluidal*, yang mencerminkan proses fragmentasi *ductile* (Skilling et al. 2002). Hal tersebut disebabkan karena lapisan uap (*vapour film*) yang terbentuk di sepanjang kontak sedimen basah - magma tetap stabil selama *mingling* terjadi, sehingga mencegah terjadinya kontak langsung dengan fluida pori. Peperit *fluidal* umumnya melibatkan magma berkandungan basa hingga menengah, dan sedimen berbutir halus, sortasi baik dan kemas tertutup (Busby-Spera dan White, 1987; McPhie, dkk., 1993; Famelli, et al., 2021; Bann et al., 2022).
3. Kehadiran tekstur *jigsaw-fit* pada hialoklastit 23WAN32 merupakan refleksi dari fragmentasi pendinginan *in situ* (Brooks et al., 1982; Kokelaar, 1982; Hanson dan Wilson, 1993; Brooks, 1995; Moore, 1998; Doyle, 2000).
4. Kehadiran fragmen berstruktur bantal pada bongkah hialoklastit 23WAN38 dan hialoklastit *in situ* 23WAN36, mengindikasikan terjadinya interaksi (*quench fragmented*) antara lava pijar dengan air (Cas, 1992; Otterloo, dkk., 2015).
5. Hialoklastit berbutir lebih halus yang dijumpai di dekat margin lava dan menjadi lebih kasar di bagian dalam mendekati lava koheren pada hialoklastit *in situ* 23WAN36, 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 dan Tsuchiya, 2004).

## KESIMPULAN

Hasil analisis dan interpretasi data pada 10 titik lokasi pengamatan di Kompleks Gunung api Sangkur, diperoleh bahwa batuan penyusun daerah ini, terdiri dari lava, peperit dan hialoklastit (*resedimented hyaloclastite* dan *in situ hyaloclastite*), yang terbentuk pada tataan bawah air. Batuan tersebut, terbentuk dari hasil percampuran, dan fragmentasi pendinginan antara lava – sedimen basah – air.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Museum Geologi – Sekretariat Badan Geologi yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus kami ucapkan kepada rekan-rekan geologist di Museum geologi yang telah membantu dalam proses pelaksanaan lapangan, serta Bapak Indyo Pratomo atas saran dan masukannya selama penyusunan makalah ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bann, G.R., Jones, B.G., and Graham, I.T., 2022,, A mid-Permian mafic intrusion into wet marine sediments of the lower Shoalhaven Group and its significance in the volcanic history of the Southern Sydney Basin, Australian Journal of Earth Sciences, 69, pp.1-17.
- Branney, M., Suthren, R., 1988, High-level peperitic sills in the English Lake District: distinction from block lavas, and implications for Borrowdale Volcanic Group stratigraphy, Geol. J. 23, 171-187.
- Brooks, E.R., Wood, M.M., 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.
- Brooks, E.R., 1995. Palaeozoic fluidization, folding and peperite formation, northern Sierra Nevada, California. Can. J. Earth. Sci. 32, 314-324.
- Busby-Spera, C. J., and White, J. D., 1987, Variation in peperite textures associated with diagenetic host-sediment properties, Bull. Volcanol, 49, 765–776.
- Cas, R.A.F., dan Wright, J.V., 1987, *Volcanic Succession: Modern and Ancient*, London: Allen & Unwin.
- 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, Simmons, J.M., 2018, Why Deep-Water Eruptions Are So Different From Subaerial Eruptions. Frontiers in Earth Science.
- DeRita, D., Giordano, G., 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 basaltic andesite examples from Kiama, Australia. Aust. J. Earth Sci. 47, 167-177.
- Dullforce J Buchanan, 1974, A model for fuel-coolant interactions, J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 7, 1441 – 1458.
- El Desoky, H.M., and Shahin, T.M., 2020, Characteristics of lava-sediments interactions during emplacement of mid-tertiary volcanism, Northeastern Desert, Egypt: Field geology and geochemistry approach, Arabian Journal of Geosciences, 13, p.328.
- Famelli, N., Millett, J.M., Hole, M.J., Lima, E.F., de O.Carmo, I., Jerram, D.A., Jolley, D.W., Pugsley, J.H., and Howell, J.A., 2021,, Characterizing the nature and importance of lava-sediment interactions with the aid of field outcrop analogues, Journal of South American Earth Sciences, 108, p.103108.
- Fisher, R.V., 1966, Rocks composed of volcanic fragments and their classification: Earth Science Reviews, v. 1, p. 287–298, doi: 10.1016/0012-8252(66)90010-9.
- Goto, Y., and McPhie, J., 2004, Morphology and propagation styles of Miocene submarine basaltic lavas at Stanley, northwestern Tasmania, Australia: Journal of Volcanology and Geothermal Research, 130, 307-328.
- Hanson, R.E., Wilson, T.J., 1993. Large-scale rhyolitic peperites (Jurassic, southern Chile). J. Volcanol. Geotherm. Res. 54, 247-264.
- Hall, R., 2009, Southeast Asia's changing palaeogeography, *Blumea*, 54, 148 –161.
- Hall, R., 2013, The Palaeogeography of Sundaland and Wallacea Since The Late Jurassic, *J. Limnol.*, 72, 1-17.
- Jutras P., Macrae A., Owen J.V., Dostal J., Preda M., Prichonnet G., 2006, Carbonate melting and peperite formation at the intrusive contact between large mafic dykes and clastic sediments of the upper Palaeozoic Saint-Jules Formation, New-Carlisle, Quebec, Geological Journal, 41, 23 – 48.
- Kastowo, N. Suwarna, 1996, Geological Map of The Majenang Quadrangle Scale 1 : 100.000, Geological Research and Development Centre, Bandung.
- 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.
- McPhie, J., Doyle, M., and Allen, R., 1993, Volcanic textures: A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks: Hobart, CODES Key Centre, University of Tasmania, 196 p.
- Moore, C.L., 1998, Peperite formation within deep-marine mass volcanic successions: Hokkaido, Japan. IAVCEI Int. Volcanol, Congress, Cape Town, Abstracts, p. 42.
- Otterloo van Jozua, Cas A.F. Ray, Scutter R. Ceinwen, 2015, The fracture behaviour of volcanic glass and relevance to quench fragmentation during formation of hyaloclastite and phreatomagmatism, Earth Sci. 151, 79-116.
- 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., 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., dan 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., dan Priadi, B., 1994, The Tertiary Magmatic Belts in Jawa, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 9, No.1/2, 13-27.
- Watton, T.J., Jerram, D.A., Thordarson, T., Davies, R.J., 2013, Three-dimensional lithofacies variations in hyaloclastite deposits. *J. Volcanol, Geotherm. Res.* 250, 19–33
- White, J.D.L., McPhie, J., dan Skilling, I., 2000, Peperite: Useful Genetic Term. *Bulletin of Volcanology*, 62, 65-66.
- White, J., dan Houghton, B., 2006, Primary Volcaniclastic Rocks, *Geology*, 34, 8, 677-680.