

Pencirian *enclave* yang terdapat di Gunung Kinabalu sebagai warisan geologi

ELVAENE JAMES¹, HAMZAH MOHAMAD¹, SHARIFF A.K. OMANG² & MOHD ROZI UMOR¹

¹Program Geologi, Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

²Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah, 88999, Kota Kinabalu, Sabah

Abstrak— Gunung Kinabalu merupakan gunung yang tertinggi di Malaysia. Keunikan yang terdapat di dalam batuan-batuan Gunung Kinabalu ialah kewujudan pelbagai jenis *enclave* yang boleh dianggap sebagai tarikan saintifik dan estetik warisan geologi di Malaysia. *Enclave* merujuk kepada sebarang batuan atau mineral asing yang terkandung di dalam jasad batuan induk yang tidak berkaitan asalnya. Di Gunung Kinabalu, batuan granit hornblend mengandungi *enclave* batuan metasedimen Formasi Trusmadi manakala granit hornblend porfirit pula mengandungi *enclave* batuan metasedimen Formasi Trusmadi dan batuan serpentinit. Selain itu, zenolit granit hornblend turut terkandung di dalam korok keandesitan manakala zenolit granit hornblend porfirit dan zenolit batuan metasedimen Formasi Trusmadi terkandung di dalam korok aplit. Keunikan yang terdapat di dalam batuan granit hornblend ialah kehadiran kedua-dua jenis *enclave*, iaitu zenolit dan *schlieren*. Singkapan yang ditemui berdekatan puncak Gunung Kinabalu ini menunjukkan terdapatnya putaran *enclave* yang membentuk *schlieren* dan akhirnya zenolit. Fitur ini jelas menunjukkan bagaimana magma bergerak dan bagaimana batuan keliling diangkut menjadi zenolit. Untuk *enclave* jenis zenolit yang terdapat di dalam batuan granit hornblend porfirit pula terdapat penjajaran feldspar alkali yang jelas berhampiran sentuhan dengan zenolit tersebut, menunjukkan magma separa-beku dilencungkan. Selain itu, didapati juga zenolit yang berdekatan dengan sempadan penerobosan batuan bersaiz lebih kasar dan bersegi berbanding zenolit yang jauh, menandakan suhu magma lebih rendah dan zenolit yang melebur semula lebih terbatas. Dari segi usia relatif, perkaitan jenis batuan dan *enclave* mencadangkan batuan termuda ialah korok aplit dan korok keandesitan, diikuti granit hornblend porfirit, serpentinit, granit hornblend dan batuan metasedimen Formasi Trusmadi. Selain bernilai saintifik dan estetik, *enclave* di Gunung Kinabalu juga mempunyai nilai rekreasi, lantaran kewujudannya ialah pada ketinggian 5 – 8 km dari pintu masuk Timpohon, oleh itu berpotensi menjadi sebuah warisan geologi.

Kata kunci: *enclave*, zenolit, *schlieren*, nilai estetik, warisan geologi, Gunung Kinabalu

Characterisation of enclaves at Mount Kinabalu as a geological heritage

Abstract— Mount Kinabalu is the highest mountain in Malaysia. The uniqueness of the Mount Kinabalu's rocks is the existence of varieties of enclaves with scientific and esthetic features of geological heritage value for Malaysia. Enclave refers to any country rock or mineral that was engulfed by a genetically unrelated host rock. In Mount Kinabalu, hornblende granite contains enclaves of metasedimentary rocks from Trusmadi Formation, whereas porphyritic granite contains the same Trusmadi Formation's rock and serpentinite. In addition, andesitic dykes contain xenoliths of hornblende granite, while aplite dykes contain xenoliths of Trusmadi Formation and the porphyritic granite. The unique feature of the hornblende granite is the existence of both types of enclaves, viz. xenolith and schlieren. The outcrop, found near the top of the Mount Kinabalu shows that the rotation of the enclave has produced schlieren and finally the xenolith. This feature shows the movement of magma and how the country rock was carried by magma and became xenoliths. For enclave type xenolith in the porphyritic granite, obvious lineation of alkali feldspar also can be found adjacent to the contact with the xenolith, indicating semi-molten magma has been deflected by the xenolith. Xenoliths which occur close to intrusion contact are also larger in size and more angular, indicating cooler magma and limited melting of the xenoliths. In terms of relative age, the relationship between rock types and enclaves suggests that the youngest rocks are aplite dyke and andesitic dyke, followed by porphyritic granite, serpentinite, hornblende granite and the metasedimentary rocks of the Trusmadi Formation. Apart from scientific and esthetic values, the enclaves in Mount Kinabalu also possess recreational value and its existence at the height of 5 – 8 km from the Timpohon gate, facilitates its potential as a geological heritage.

Keywords: *enclave*, xenolith, schlieren, aesthetic value, geological heritage, Gunung Kinabalu

PENGENALAN

Gunung Kinabalu terletak di bahagian Kundasang, Ranau, Sabah (Rajah 1). Batuan yang terdapat di dalam kawasan kajian ini ialah granit hornblend, granit hornblend

porfirit, monzodiorit kuarza-piroksen, korok keandesitan, korok pegmatit, korok aplit, batuan serpentinit dan batuan Formasi Trusmadi (Jacobson 1970 & Cottam *et al.*, 2009). Kadderi Md. Desa & Dana Anak Badang (1999) menyatakan bahawa kawasan Gunung Kinabalu merupakan



Rajah 1: Peta kawasan kajian di Sabah.

geotapak yang berpotensi sebagai kawasan geopelancongan.

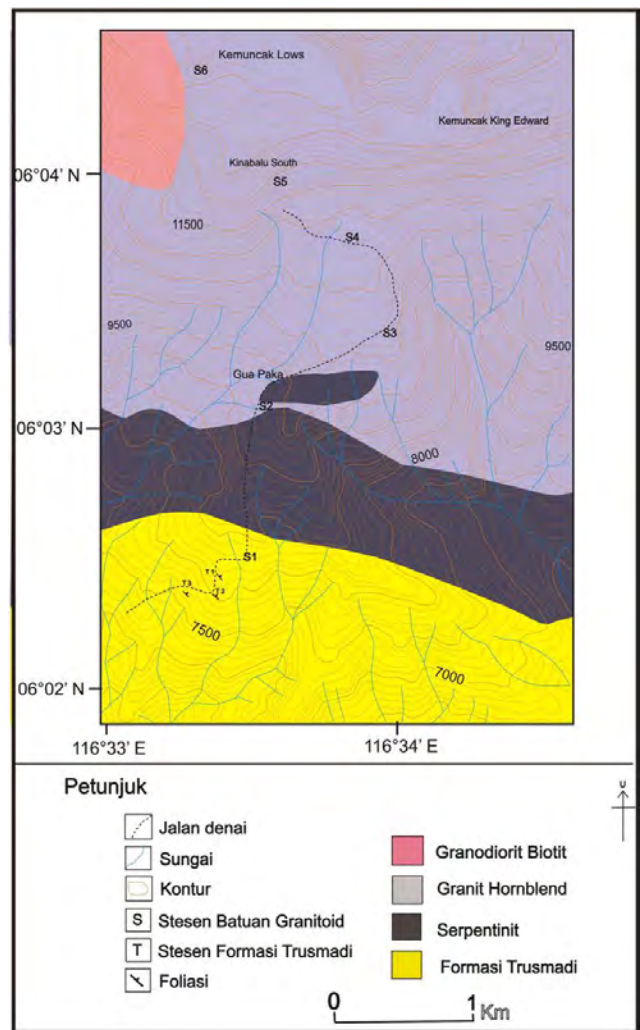
Kirk (1968) menyatakan bahawa tidak terdapat zenolit yang berasal daripada batuan sedimen di dalam batuan granit. Walau bagaimanapun Jacobson (1970) menemui beberapa zenolit metasedimen berdekatan dengan puncak Low's Peak yang terdiri daripada kuarzit, hornfels aktinolit, syis aktinolit dan syis mika.

Collenette (1958) menyatakan bahawa secara relatif usia batuan granit Gunung Kinabalu adalah lebih muda daripada batuan ultrabases. Rangin et al. (1990) menyatakan bahawa usia batuan granit ialah sekitar 6.4 ± 0.3 Ma hingga 6.8 ± 0.3 Ma. Namun menurut Cottam et al. (2009), usia batuan granit ialah sekitar 7.9 Ma dan 7.2 Ma.

Ramai pengkaji yang telah mengkaji struktur sesar Gunung Kinabalu, antaranya Kirk (1968), Jacobson (1970), Tokuyama & Yoshida (1974) dan Tongkul (1991). Selain itu, Jacobson (1970) mendapati bahawa pluton Gunung Kinabalu terletak secara diapir.

Milsom & Holt (2001) turut menunjukkan bahawa intrusi dan sejarah penyejukan kegranitan adalah di antara $< 60 \text{ }^\circ\text{C} - > 700 \text{ }^\circ\text{C}$ semasa Miosen Akhir. Imai (1994) menunjukkan cecair sulfida dan leburan silika adalah petunjuk kepada kepentingan proses dalam sumber kawasan igneus iaitu proses pemineralan logam. Selain daripada kajian-kajian di atas, Vogt & Flower (1989) menyatakan data unsur major menunjukkan bahawa monzonit kuarza mengandungi biotit jenis K-rendah manakala hornblend di dalam monzonit kuarza mengandungi hornblend jenis K-tinggi.

Enclave yang dilaporkan wujud pada batuan-batuan igneus Gunung Kinabalu memaparkan nilai saintifik sahaja. Kertas ini cuba menunjukkan bahawa terdapat juga nilai estetik dan rekreasi, yang boleh menjadikan beberapa lokasi yang dikaji sebagai warisan geologi. Kebanyakan *enclave*



Rajah 2: Lokaliti dan geologi kawasan kajian

dapat dicerap di bahagian pejalan kaki daripada Pagar Timponon sehingga ke puncak gunung, yang memudahkan para pelancong untuk menghayati warisan geologi Gunung Kinabalu yang dicadangkan.

KAEDAH KAJIAN

Kerja lapangan dilakukan untuk memastikan jenis-jenis batuan yang terdapat di Gunung Kinabalu (Rajah 2). Selain itu, ciri-ciri *enclave* yang terdapat di lapangan turut dicerap dan ditafsir. Ciri-ciri yang dicerap pada *enclave* termasuklah mineralogi dan hubungkait *enclave* dengan batuan yang mengandungnya.

PENCIRIAN ENCLAVE GUNUNG KINABALU

Sepanjang kerja lapangan dilakukan, hanya terdapat dua jenis yang dapat dicerap iaitu zenolit dan *schlieren*. Menurut pengelasan Didier & Barbarin (1991), *enclave* ialah fitur batuan atau mineral asing yang terkepung, yang terbahagi kepada dua jenis iaitu zenolit dan *schlieren*. Zenolit tertabur lebih meluas dalam pelbagai saiz dan bentuk, antaranya di dalam batuan granit hornblend, granit hornblend porfirifit,

korok aplit dan korok keandesitan. *Schlieren* pula cuma terdapat di dalam batuan granit hornblend yang dijumpai di puncak gunung.

Enclave granit hornblend

Zenolit di dalam granit hornblend ditemui di sekitar stesen 3, stesen 4, stesen 5 dan stesen 6 (Rajah 2). Kepekatan zenolit yang dicerap di lapangan tidak begitu tinggi namun cukup untuk menunjukkan bahawa zenolit tersebut berasal daripada batuan yang lebih tua daripada pengandungnya.

Ciri-ciri zenolit yang terdapat di dalam batuan granit hornblend ialah berbentuk bujur dan bersaiz kecil (lebih kurang 3 - 4 cm lebar dan 4 - 5 cm panjang). Selain itu zenolit tersebut berwarna kelabu gelap dan mineral-mineral yang terkandung tidak dapat dikenalpasti dengan mata kasar.

Zenolit yang hadir tertabur berjauhan antara satu dengan lain. Berdasarkan kehadiran kesan foliasi pada lokaliti S3 dan S4, zenolit yang hadir dipercayai berasal daripada batuan Formasi Trusmadi.

Enclave yang wujud sebagai *schlieren* merupakan jenis *enclave* yang jarang ditemui memandangkan bentuknya yang tidak sekata pada permukaan batuan pluton. Selain

itu, peredaran *enclave* ini juga tidak dikawal oleh sebarang litologi dan corak struktur (Fort, 1991).

Schlieren di dalam batuan granit hornblend Gunung Kinabalu (Rajah 3) mempunyai warna yang gelap dan mengandungi biotit yang tinggi kadarnya. Selain itu, *schlieren* ini mempunyai corak seperti aliran magma dan akhirnya membentuk zenolit seperti titisan air. Fort (1991) menerangkan *schlieren* biasanya terbentuk daripada foliasi magma, oleh itu dapat disimpulkan bahawa ianya terbentuk pada awal pembentukan granit.

Zenolit granit hornblend porfirit

Cerapan lapangan menunjukkan bahawa zenolit yang hadir di dalam batuan granit hornblend porfirit mempunyai saiz yang lebih besar daripada zenolit di dalam batuan granit hornblend. Selain itu, zenolit yang hadir dikenal pasti berasal daripada dua jenis batuan iaitu batuan Formasi Trusmadi (Rajah 4) dan batuan serpentinit (Rajah 5).

Zenolit yang berasal daripada batuan Formasi Trusmadi masih memperlihatkan ciri-ciri batuan asal iaitu berfoliasi dan berwarna kelabu gelap (Rajah 4). Zenolit ini mempunyai kelebaran lebih kurang 30cm dan 80cm panjang. Walau bagaimanapun, mineral-mineral dalam zenolit tersebut tidak dapat dikenal pasti dengan mata kasar.

Zenolit yang berasal daripada batuan serpentinit pula merupakan zenolit terbesar yang dicerap di lapangan. Zenolit ini tersingkap di kawasan pejalan kaki iaitu di stesen 2 dengan kelebaran lebih kurang 70 – 80 cm dan 110 – 120 cm panjang (Rajah 5). Zenolit ini mempunyai ciri-ciri batuan serpentinit berdasarkan kepada pemerhatian menerusi keratas nipis batuan.

Tepi sempadan zenolit batuan serpentinit di dapati telah termetamorf akibat daripada suhu peleburan magma granit hornblend porfirit. Selain itu, terdapat juga perbezaan warna yang ketara pada tepi dan tengah zenolit iaitu di tengah zenolit mempunyai warna yang lebih cerah daripada tepi zenolit.

Fitur yang juga menarik pada batuan ini ialah kehadiran feldspar berjajar pada bahagian sentuhan antara zenolit dan granit hornblend porfirit. Feldspar yang wujud sebagai



Rajah 3: *Enclave* jenis *Schlieren* (garisan hitam dan tompok hitam) yang terdapat di Stesen 6 iaitu puncak Gunung Kinabalu.



Rajah 4: Zenolit batuan Formasi Trusmadi (garisan putus-putus) yang terdapat di dalam granit hornblend porfirit di Stesen 2.



Rajah 5: Zenolit serpentinit di dalam batuan granit hornblend porfirit dan penjajaran feldspar alkali di Stesen 2.



Rajah 6: Xenolit di dalam penerobosan aplit di Stesen 1.

fenokris telah mengalami penjajaran akibat daripada pengaliran magma separa beku yang membawa hablur feldspar telah tertampar oleh xenolit yang tidak berjaya dileburkan lalu melencong selari dengannya (Rajah 5).

Zenolit korok aplit

Zenolit yang hadir di dalam korok aplit terbahagi kepada batuan granit hornblend porfirit dan batuan metasedimen Formasi Trusmadi (Rajah 6). Magma korok aplit ini telah menerobos ke dalam batuan-batuan granit hornblend porfirit dan batuan Formasi Trusmadi sedia ada menyebabkan terbentuknya xenolit kedua-dua batuan. Memandangkan penerobosan korok aplit adalah berdekatan dengan sempadan kedua-dua batuan, maka xenolit yang dicerap mempunyai saiz yang bersegi dan kasar.

Selain itu, xenolit yang berasal daripada kedua-dua batuan masih mempunyai ciri batuan yang asal dan mudah untuk dikenalpasti. Xenolit daripada batuan granit hornblend porfirit mempunyai saiz lebih kurang 2-3 cm lebar dan 8-12 cm panjang, manakala xenolit daripada batuan Formasi Trusmadi mempunyai saiz berjalat 1-5 cm lebar dan 2-9 cm panjang.

Zenolit-zenolit di dalam batuan mencadangkan secara relatif batuan korok aplit berusia lebih muda daripada batuan granit hornblend porfirit dan batuan Formasi Trusmadi.

Zenolit korok keandesitan

Zenolit turut hadir di dalam korok keandesitan dan xenolit tersebut berasal daripada batuan granit hornblend (Rajah 7). Batuan granit hornblend ini telah terjatuh ke dalam magma korok keandesitan semasa proses penerobosan. Penamaan korok keandesitan dibuat hasil daripada pencerapan sampel tangan yang menunjukkan batuan berbutir halus dan lebih gelap berbanding korok aplit.

Cerapan lapangan menunjukkan ciri-ciri batuan granit hornblend masih jelas kelihatan. Bentuk xenolit ini ialah bujur dengan saiz 2 cm lebar dan 3 cm panjang. Korok keandesitan ini berusia relatif lebih muda daripada granit hornblend.



Rajah 7: Korok keandesitan yang mengandungi xenolit granit hornblend di Stesen S5.

Usia Relatif Batuan

Berdasarkan konsep kepung-mengepung antara batuan dengan batuan (iaitu *enclave*, terutama xenolit), nyata bahawa unit batuan termuda ialah korok aplit dan korok keandesitan. Korok aplit lebih muda daripada granit hornblend porfirit dan batuan metasedimen Formasi Trusmadi yang dikandungnya, sementara korok keandesitan lebih muda daripada batuan granit hornblend yang menjadi xenolitnya. Walau begitu tidak terdapat cukup bukti untuk membezakan usia relatif kedua-dua korok ini. Dengan menggunakan konsep yang sama dicadangkan batuan berusia relatif lebih tua daripada kedua-dua korok ini, secara berturutan ialah granit hornblend porfirit, serpentinit, granit hornblend dan batuan metasedimen Formasi Trusmadi.

KESIMPULAN

Singkapan batuan granit hornblend, granit porfirit, korok aplit dan korok keandesitan di Gunung Kinabalu memperlihatkan fitur *enclave* pelbagai jenis batuan. *Enclave* ini memberi petunjuk kepada usia relatif empat jenis batuan di atas dan dua batuan lain yang turut ditemui. Selain menyerlahkan usia relatif batuan, *enclave* juga menunjukkan bagaimana proses terbentuknya xenolit dan schlieren semasa magma membeku. *Enclave* Gunung Kinabalu mempunyai nilai saintifik dan estetik tersendiri dan dengan adanya nilai rekreasi, berpotensi menjadi sebuah warisan geologi untuk gunung kelima tertinggi di Asia Tenggara ini.

PENGHARGAAN

Pengarang pertama ingin merakamkan penghargaan kepada para pensyarah Universiti Kebangsaan Malaysia dan Universiti Malaysia Sabah di atas bimbingan yang diberikan sepanjang pengajian beliau. Pengarang-pengarang mengucapkan terima kasih kepada En. Johnny Lapidin dari Taman Sabah atas bantuan beliau semasa kerjalapangan dijalankan.

REFERENCES / RUJUKAN

- Cottam, M., Hall, R. & Sperber, C., 2009. Age, origin and exhumation of the Mount Kinabalu Granite, Sabah. *GEOSEA 2009: Eleventh Regional Congress on Geology, Mineral and Energy Resources of Southeast Asia*. p. 44.
- Didier, J. & Barbarin, B., 1991. The Different Types of Enclaves in Granit – Nomenclature. In: Didier, J. & Barbarin, B. (Eds.) *Enclaves and Granite Petrology*. Netherland: Elsevier Science Publishers B. V.
- Collenette, P., 1958. The Geology and Mineral Resources of The Jesselton-Kinabalu Area, North Borneo. Kuching: Geological Survey Malaysia.
- Fort, P. L., 1991. Enclaves of the Miocene Himalayan Leuogranites. In: Didier, J. & Barbarin, B. (Eds.) *Enclaves and Granite Petrology*. Netherland: Elsevier Science Publishers B. V.
- Imai, A., 1994. Sulfide Globules Associated with a Felsite Intrusion in the Mount Kinabalu Quartz Monzonite, Sabah, East Malaysia: Sulfide Melt Immiscibility in a highly Felicitic Melt. *Economic Geology*, 89, 181-185.
- Jacobson, G., 1970. Gunung Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. Kuching: Geological Survey Malaysia.
- Kadderi Md. Desa & Dana Anak Badang, 1999. Geopelancongan Taman Kinabalu. In: Ibrahim Komoo & Mohd Shafeea Leman (Eds.) *Warisan Geologi Malaysia “Geologi Pemuliharaan untuk Pembangunan Geotop”*. LESTARI UKM: 77-98.
- Kirk, H.J.C., 1968. The Igneous Rocks of Sarawak and Sabah. Kuching: Geological Survey Malaysia.
- Milson, J. & Holt, R., 2001. Discussion of a Miocene Collisional Belt in North Borneo: Uplift Mechanism and Isostatic Adjustment Quantified by Thermochronology. *Journal of the Geological Society*. London, 158, 396-400.
- Rangin, C., Bellon, H., Benard, F., Letouzey, J., Muller, C. & Sanudin, T., 1990. Neogene Arc-Continent collision in Sabah, Northern Borneo (Malaysia). *Tectonophysics*, 183, 305-319.
- Tokuyama, A. & Yoshida, S., 1974. Kinabalu Fault, Strike-Slip Fault in Sabah, East Malaysia. Dlm. Kobayashi, T. & Toriyama, R. (pnyt.) *Geology and Palaeontology of Southeast Asia*. Japan, University Tokyo Press.
- Tongkul, F., 1991. Tectonic Evolution of Sabah, Malaysia. *Journal of Southeast Asian Earth Science* 6(3), 395-406.
- Vogt, E.T. & Flower, M.F.J., 1989. Genesis of the Kinabalu (Sabah) Granitoid at a Subduction – Collision Junction. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, 103, 493-509.

Revised manuscript received 10 December 2010

