



Karakteristik Geokimia Basalt Busur Gunungapi Tholeitik Formasi Manamas di Sungai Metan, Baun, Timor

Geochemistry Characteristic of Tholeitic Arc Basalt Manamas Formation in Metan River, Baun, Timor

Angga Jati Widiatma¹, Lauti Dwita Santy², Joko Wahyudiono², Sari Widyastuti³,
Lia Fitria Rahmatillah³

¹Teknik Geologi Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Way Huwi, Lampung

²Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Jalan Diponegoro No.57 Bandung

³Mahasiswa Magister Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha No.10 Bandung

email: angga.widiatama@gl.itera.ac.id; lauti.santy@esdm.go.id

Naskah diterima : 06 Maret 2019, Revisi terakhir : 24 September 2020 Disetujui : 24 September 2020, Online : 24 September 2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.21.3.149-156p>

Abstrak - Lava basalt berstruktur bantal tersingkap di Sungai Metan, Baun, Timor, yang termasuk dalam anggota batuan gunung api Formasi Manamas. Penelitian geokimia batuan dilakukan menggunakan metode analisis XRF dan ICP-MS menunjukkan basalt memiliki karakteristik basalt subalkalin, bersifat tholeitik yang terbentuk pada busur gunungapi tholeitik akibat penunjaman Lempeng Samudera Hindia di bawah Busur Banda yang berumur Miosen-Pliosen. Basalt subalkali di Sungai Metan menunjukkan pengayaan unsur logam dan unsur *large ion lithophile* (LILE) yang dipengaruhi fluida, ditunjukkan oleh adanya hubungan positif antar unsur logam jejak mudah bergerak. Pengayaan yang dipengaruhi oleh fluida ditafsirkan sebagai produk akibat meleburnya lempeng samudera yang menjam di bawah busur gunung api.

Katakunci: Basalt, busur tholeitik, Sungai Metan, Formasi Manamas, Timor.

Abstract - Basalt lava with a pillow structure cropped out in Metan River, Baun, Timor, which is included into a volcanic member of the Manamas Formation. Whole rock geochemical research conducted by XRF and ICP-MS methods shown as subalkaline basalt, formed in tholeitic volcanic arc due to subduction of Hindia Oceanic Plate with Banda Arc in Miocene-Pliocene. The subalkaline basalt in the Metan River shown enrichment of metal elements and large ion lithophile (LILE) due to fluid related enrichment, and shown a positive relationship between mobile metal trace elements. Fluid related enrichment interpreted as a partial melting product of the subducted oceanic crust under the volcanic arc.

Keywords: Basalt, arc tholeitic, Metan River, Manamas Formation, Timor.

PENDAHULUAN

Pulau Timor berada di ujung selatan Laut Banda, merupakan lokasi yang unik untuk mempelajari tumbukan busur gunung api dengan benua modern (Audley-Charles, 1968; Charlton dkk., 1991; Harris, 2006). Sabuk orogenesis ini terbentuk akibat interaksi antara *passive margin* Australia dan Busur Gunung Api Banda yang berlangsung selama Neogen (Harris, 1991; Audley-Charles, 2004; Keep dan Haig (2010). Tektonostratigrafi Timor ditandai oleh paraautokton, sukseksi Australia yang secara struktural ditindih oleh Alokton Banda (Audley-Charles, 1968; Charlton dkk., 1991; Harris dkk., 1998; Harris, 2006).

Belum banyak penelitian terhadap produk magmatisme di Timor, khususnya di Sungai Metan, Baun sehingga diharapkan penelitian ini bisa memberikan informasi nyata terhadap proses tektonik yang terjadi di Pulau Timor, khususnya berdasarkan batuan beku yang tersingkap di daerah Baun.

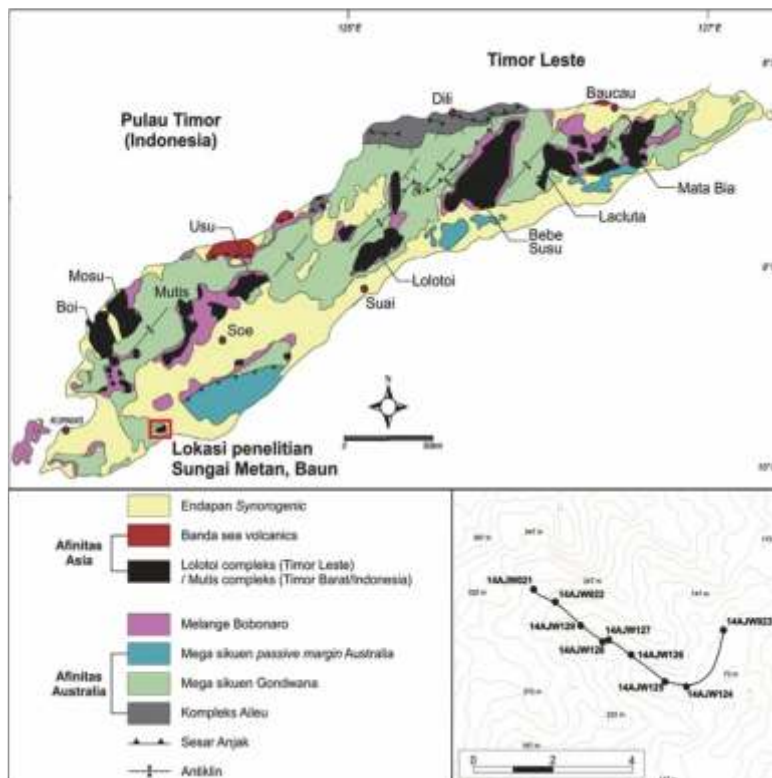
METODOLOGI

Sebanyak delapan sampel batuan beku dikumpulkan dalam pengamatan lapangan pada kegiatan Survei Cekungan Sawu yang dilaksanakan pada Tahun 2014.

Sampel yang diambil berupa batuan basalt-andesit bertekstur afanitik hingga porfiro afanitik. Lokasi stasiun pengamatan berada di sebelah baratdaya Pulau Timor (Gambar 1).

Sampel batuan dianalisis *X-ray Fluorescence (XRF)* untuk memperoleh data unsur utama dan unsur jejak. Selain itu, analisis *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)* dilakukan untuk memperoleh unsur tanah jarang. Analisis geokimia anorganik dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM. Ambang batas nilai total unsur dalam preparasi sampel geokimia batuan adalah 0,2% dari total unsur yang hilang dalam analisis geokimia, sedangkan ambang batas kehilangan akibat pemanasan (LOI) adalah 4%.

Unsur utama batuan tidak digunakan dalam analisis grafik karena nilai LOI yang rata-rata lebih dari 4% sehingga rawan terjadi pengayaan sekunder pada unsur penyusun batuan. Analisis menggunakan perbandingan unsur jejak logam *immobile* dan logam *mobile* digunakan untuk mengetahui karakteristik afinitas magma. Karakteristik magma pembentuk batuan dengan normalisasi terhadap *chondrite* dan *primitive mantle*, sedangkan kombinasi unsur jejak dan unsur tanah jarang digunakan untuk mengetahui tatanan tektonik.



Gambar 1. Peta stratigrafi regional yang disederhanakan (Harris, 2006) dan lokasi penelitian (kotak merah).

HASIL PENELITIAN

Lava basalt memperlihatkan struktur bantal mengindikasikan pembentukan di bawah kolom air. Tekstur trakitik menunjukkan penjajaran mineral akibat aliran saat proses pembekuan terjadi (Gambar 2A dan 2B). Pada bagian permukaan basalt dijumpai gelas vulkanik yang secara mikroskopis adalah *caledonite* (Gambar 2C dan 2D).

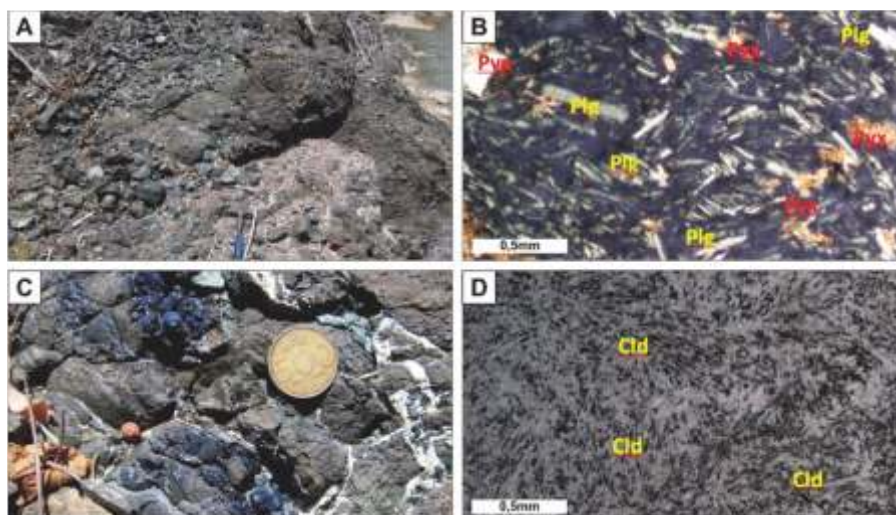
Klasifikasi batuan dilakukan dengan menggunakan diagram unsur jarang Zr/Ti vs Nb/Y (Winchester dan Floyd, 1977). Delapan sampel batuan tersebut termasuk ke dalam basalt subalkalin (gambar 3).

Diagram Harker unsur jejak menunjukkan bahwa pada unsur logam *immobile* (Co, Cr, Ti, dan Ni), unsur Ti memiliki hubungan negatif terhadap Ni dan Cr, namun memiliki hubungan positif terhadap Co. Unsur Ni memiliki hubungan positif terhadap Cr dan Co. Rendahnya unsur Ti dapat mengindikasikan lokasi pembentukan pada busur gunung api atau adanya kontaminasi sedimen. Unsur jejak logam *mobile* Cu dan Zn memiliki hubungan positif yang ditafsirkan pengayaan kedua unsur tersebut berkorelasi. Perbandingan antara unsur jejak logam *immobile* dengan *mobile* memiliki hubungan negatif. Hubungan unsur tanah jarang Th dengan La memiliki hubungan positif (Gambar 4).

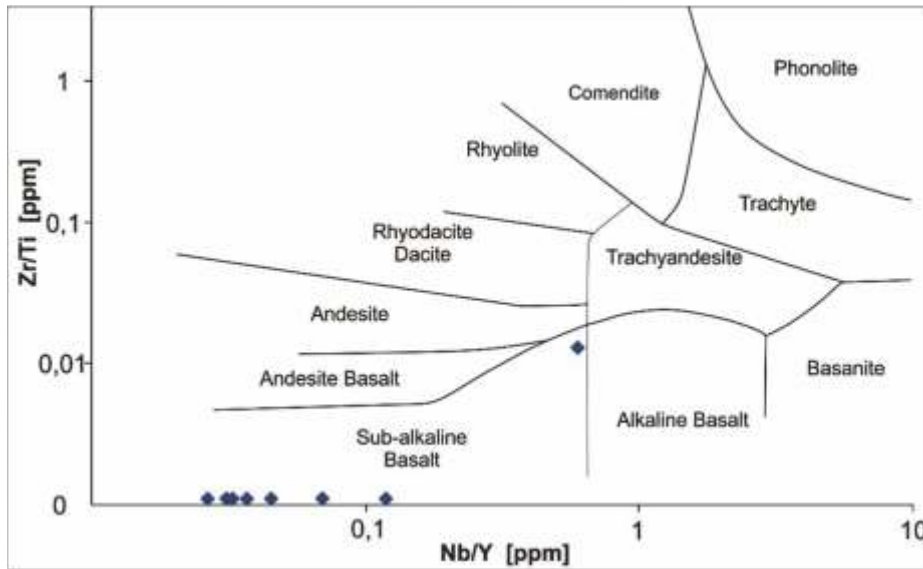
Pengayaan unsur *large ion lithophile* (LILE) seperti Cs, Rb, Ba, Sr, dan Nb, mengindikasikan kontaminasi

sedimen (Gambar 5). Secara umum delapan sampel basalt subalkali tersebut menunjukkan pola yang identik dengan pola *normal-mid oceanic ridge basalt* (N-MORB). Empat sampel batuan (121B, 126C, 239D, dan 241F) memiliki pola N-MORB yang ditunjukkan nilai perbandingan $Le/Lu < 1$, tanpa pengayaan unsur lantanida. Tiga sampel batuan (237C, 237G dan 239D) memiliki karakteristik N-MORB dengan pengayaan La dan Eu. Batuan subalkali di daerah Baun mengalami fraksinasi kristal sehingga menghadirkan pola kelimpahan unsur lantanida yang mendekati rasio yang sama, namun memiliki kelimpahan konsentrasi yang berbeda. Hal ini terjadi akibat pembekuan yang berbeda namun masih dalam satu sumber magma yang sama. Peningkatan unsur Eu pada tiga sampel diinterpretasikan akibat kondisi reduksi saat pembekuan.

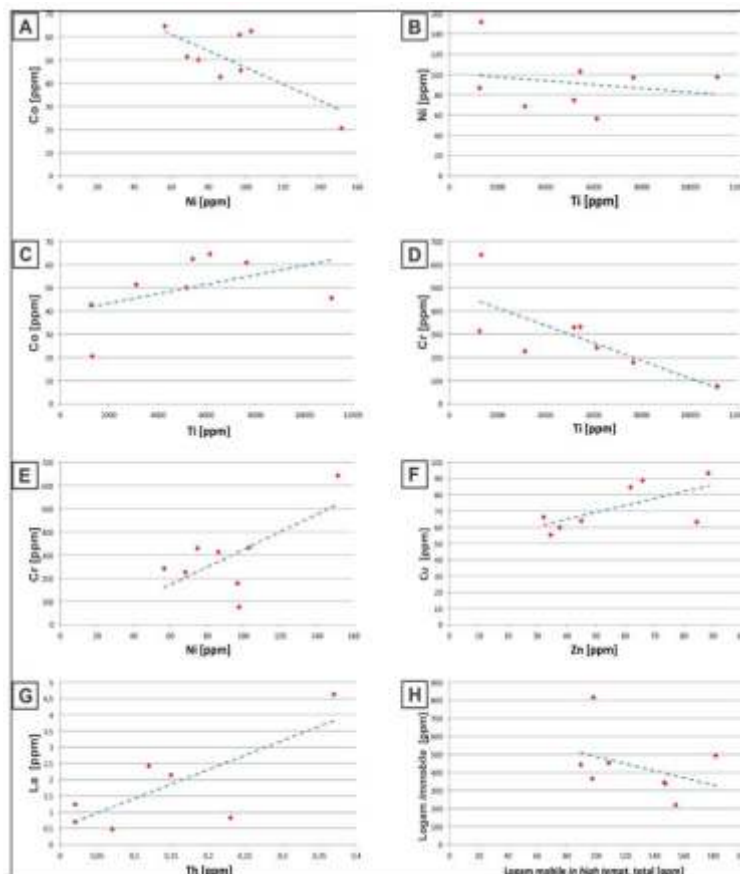
Berdasarkan diagram diskriminan unsur jejak V-Ti (Shervais, 1982) dan Th-Co (Hastie dkk., 2007), terlihat bahwa basalt terbentuk pada busur tholeitik (gambar 6A dan 6B). Perajahan pada diagram Nb/La-La/Yb dan Th/Nb-La/Yb (Hollocher dkk., 2012) menunjukkan basalt terbentuk pada busur kepulauan (*island arc*) hingga pematang tengah samudera (*mid oceanic ridge*; MOR; gambar 6C dan 6D). Diagram Rb/Y-Nb/Y dan Nb-Th (Zhao dan Zhou, 2006) digunakan untuk mengetahui kecenderungan pengayaan unsur yang terjadi pada basalt. Basalt menunjukkan *fluid related enrichment* (Gambar 6E dan 6F), pengayaan tipe ini terjadi pada tatanan tektonik tunjaman mengakibatkan *partial melting* lempeng samudera.



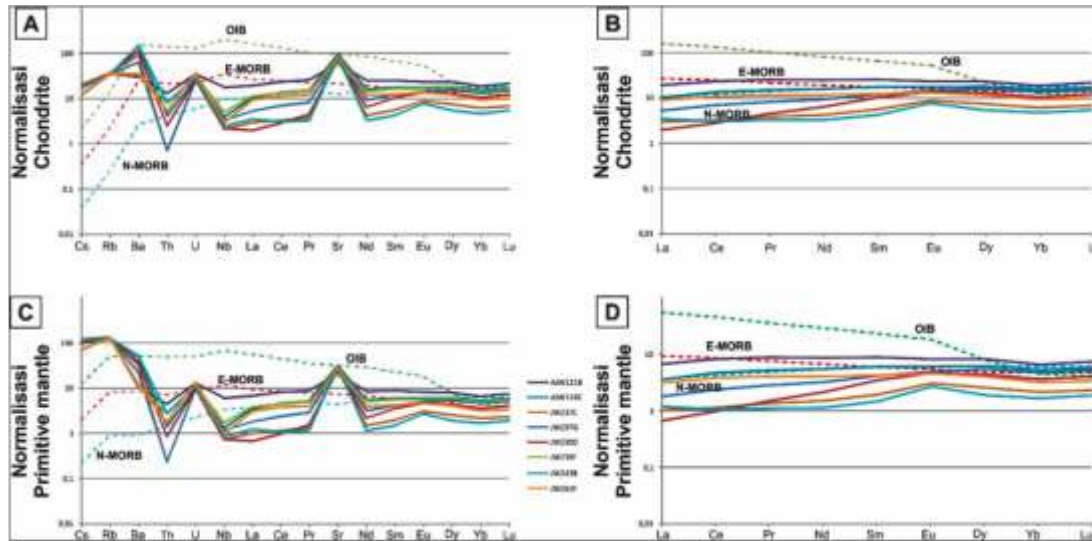
Gambar 2. Foto singkapan basalt di Sungai Metan, Baun; (A) lava basalt dengan struktur bantal, (B) tekstur trakitik pada basalt, Plg=Plagioklas, Pyx=Piroksen, (C) gelas pada basalt, dan (D) urat caledonite (Cld) pada basalt.



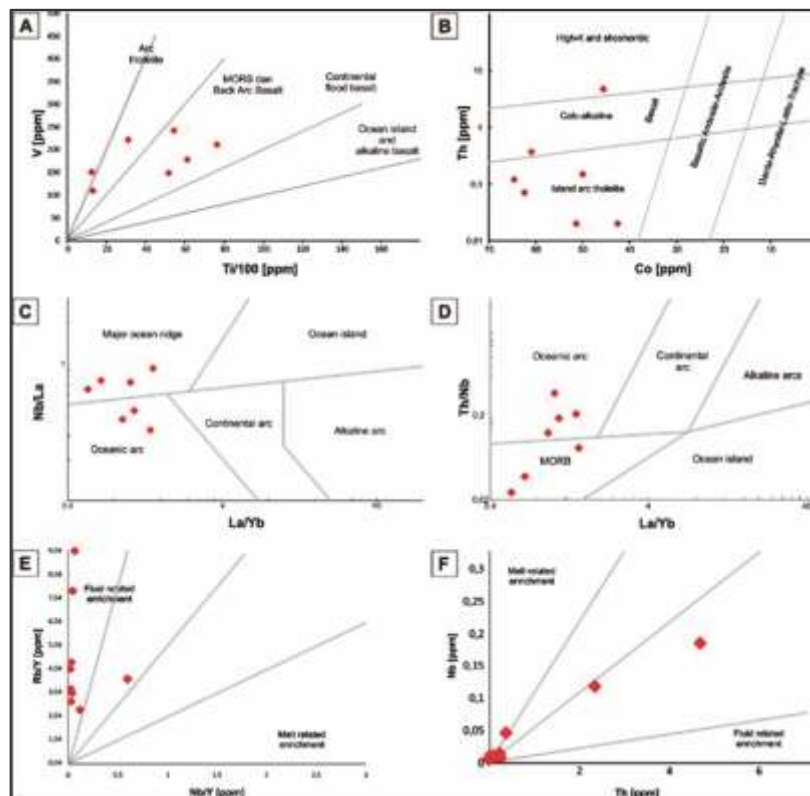
Gambar 3. Penamaan batuan menurut klasifikasi Winchester dan Floyd (1977).



Gambar 4. Diagram Harker unsur jejak batuan basalt di lokasi penelitian.



Gambar 5. (A) Diagram laba-laba multielemen dan (B) Diagram laba-laba unsur tanah jarang normalisasi unsur jejak dan unsur tanah jarang terhadap chondrite dan terhadap primitive mantle (Sun dan McDonough, 1989) dengan parameter pembandingan oceanic island basalt (OIB), normal mid oceanic ridge (N-MOR), dan enrichment mid oceanic ridge (E-MOR) menurut Sun dan McDonough (1989).



Gambar 6. Diagram diskriminan (A) Ti/100 vs V (Shervais, 1982), (B) Th vs Co (Hastie dkk., 2007), (C) Nb/La-La/Yb (Hollocher dkk., 2012), (D) Th/Nb-La/Yb (Hollocher dkk., 2012), (E) Rb/Y-Nb/Y (Zhao dan Zhou, 2006), dan (F) Nb-Th (Zhao dan Zhou, 2006).

DISKUSI

Tidak adanya uji umur batuan beku menyebabkan penentuan umur mutlak tidak dapat diketahui, sehingga menjadi kendala saat harus menempatkan basalt yang diteliti ke dalam kerangka geologi regional. Sebagai alternatif penentuan formasi batuan basalt di Sungai Metan dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan tatanan tektonik yang berkembang dalam sejarah evolusi tektonik Pulau Timor.

Karakteristik geokimia basalt Sungai Metan, Baun, Timor terbentuk pada lokasi tektonik tunjaman bersifat tholeitik, hasil interaksi antara lempeng samudera dengan lempeng samudera atau dapat terjadi pada lempeng samudera dengan lempeng benua yang relatif tipis pada bagian depan busur. Hal ini ditandai adanya indikasi kontaminasi sedimen pada pengayaan unsurnya. Pengayaan *fluid related enrichment* yang terjadi pada basalt di daerah penelitian ditafsirkan sebagai produk terlepasnya hidroksil akibat tunjaman lempeng samudera di bawah busur gunung api. Hal ini didukung hubungan positif antar unsur jejak logam *mobile* yang relatif terkayakan pada temperatur tinggi.

Penelitian Kaneko dkk. (2006) serta Ishikawa dkk. (2006) menunjukkan bahwa penipisan kerak yang terjadi di depan Busur Gunung Api Banda memicu pembentukan *vulkanisme* depan busur yang membentuk batuan mafik dan ultramafik bersifat tholeitik. Spakman dan Hall (2010), juga Hall dan Spakman (2015) menjelaskan bahwa saat Lempeng Australia bergerak ke utara dengan kecepatan sekitar 7 cm per tahun, Lempeng Samudera Hindia mengalami *rollback* ke arah selatan-tenggara. Pergerakan ini disertai delaminasi aktif yang memisahkan kerak dari mantel yang lebih padat. Pergerakan ini menyebabkan penipisan kerak bagian atas yang memicu pembentukan *vulkanisme* depan busur gunung api. Lebih lanjut, Audley-Charles (2011) menjelaskan bahwa pada Pliosen merupakan awal terjadinya kolisi antara tepi Benua Australia dan Busur Gunung Api Banda sehingga batuan berafinitas Busur Gunung Api Banda yang terangkat tidak mungkin lebih muda daripada Pliosen, sedangkan waktu awal mula terjadinya *rollback* diperkirakan terjadi antara 6-5 juta tahun yang lalu.

ACUAN

- Arndt, N.T., Leshner, C.M., and Barnes, S.J., 2008. *Komatiite*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Audley-Charles, M.G., 1968. The Geology of Portuguese Timor. *Memoir Geological Society of London*, 4:76-96.
- Audley-Charles, M.G., 2004. Ocean Trench Blocked and Obliterated by Banda Forearc Collision with Australian Proximal Continental Slope. *Tectonophysics*, 389: 65-79.

Menurut Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua (Rosidi dkk., 1996) formasi batuan yang memiliki lava basalt berstruktur bantal terbentuk pada kisaran umur Miosen Akhir hingga Pliosen yang berafiliasi dengan batuan Gunung Api Banda merupakan Formasi Manamas. Basalt di Sungai Metan pada penelitian ini berbeda dengan batuan gunung api yang diteliti oleh Wahyudiono dkk. (2016) di Sungai Metan yang menunjukkan komposisi kalk-alkali dan berada pada tatanan tektonik busur gunung api benua. Hal ini menunjukkan bahwa di Sungai Metan, Baun, Timor terdapat dua kelompok batuan busur gunung api yang berbeda tatanan tektoniknya. Hal ini diperkirakan terjadi akibat *forearc nappe* yang disebabkan oleh kolisi antara Busur Gunung api Banda dengan tepi Benua Australia yang terjadi pada Pliosen sehingga batuan alokton/Busur Gunung Api Banda dari berbagai umur dan tatanan tektonik yang berbeda tercampur aduk (Standley dan Harris, 2009).

Pengayaan unsur uranium mengimplikasikan telah terjadinya proses metasomatisme (Dostal dkk., 1984). Kehadiran uranium pada fasa mineral utama dan sebarannya yang homogen menunjukkan bahwa kejadian *metasomatisme* terjadi sebelum atau selama rekristalisasi. Di lain pihak, pemiskinan kandungan thorium dapat ditafsirkan karena basalt ini terbentuk di bawah laut (Arndt dkk., 2008).

KESIMPULAN

Basalt di Sungai Metan, Baun, Timor merupakan basalt subalkalin yang terbentuk pada busur gunung api tholeitik. Batuan ini merupakan bagian dari Formasi Manamas yang berumur Miosen Akhir hingga Pliosen. Genesa pembentukan batuan ini akibat tunjaman Lempeng Samudera Hindia pada penipisan kerak depan Busur Gunung Api Banda akibat tektonik *rollback*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Tim Cekungan Sawu 2014 yang telah membantu pengumpulan data di lapangan, Laboratorium Pusat Survei Geologi yang telah membantu analisis geokimia batuan dan semua pihak yang telah memberikan masukan dalam penulisan penelitian ini.

- Audley-Charles, M.G., 2011. Tectonic Post-Collision Processes in Timor., Dalam: Hall, R., Cottam, M.A., dan Wilson, M.E.J., (Eds.), *The SE Asian Gateway: History and Tectonics of the Australia–Asia Collision*. The Geological Society 355. London: 241-266.
- Charlton, T.R., Barber, A.J., and Barkham, S.T., 1991. The Structural Evolution of the Timor Collision Complex, Eastern Indonesia. *Journal of Structural Geology*, 13: 489-500.
- Dostal, J., Dupuy, C., Mruscott, M., Dautria, J.M., and Dautria, M., 1984. Uranium in Peridotite Inclusions in Basalts from Hoggar (Southern Algeria). *Bulletin of Volcanology*, DOI: 10.1007/BF01961231,
- Harris, R.A., 1991. Temporal Distribution of Strain in the Active Banda Orogen: A Reconciliation of Rival Hypotheses. *Journal SE Asian Earth Science*, 6: 373-386.
- Harris, R.A., Sawyer, R.K., and Audley-Charles, M.G., 1998. Collisional Mélange Development: Geologic Associations of Active Mélange-Forming Processes with Exhumed Mélange Facies in the Western Banda Orogen, Indonesia. *Tectonics*, 17: 458-480.
- Harris, R.A., 2006. Rise and Fall of the Eastern Great Indonesian Arc Recorded by the Assembly, Dispersion and Accretion of the Banda Terrane, Timor. *Gondwana Res.*, 10: 207-231.
- Hastie, A.R., Kerr, A.C., Pearce, J.A., and Mitchell, S.F., 2007. Classification of Altered Volcanic Island Arc Rocks using Immobile Trace Elements: Development of the Th–Co Discrimination Diagram. *Journal of Petrology*, 48: 2341-2357.
- Hollocher, K., Robinson, P., Walsh, E., and Roberts, D., 2012. Geochemistry of Amphibolite-Facies Volcanics and Gabbros of the Støren Nappe in Extensions West and Southwest of Trondheim, Western Gneiss Region, Norway: A Key to Correlations and Paleotectonic Settings. *Am. Jour. Sci.*, 312(4): 357-416.
- Ishikawa, A., Kaneko, K., Kadarusman, A., and Ota, T., 2007. Multiple Generations of Forearc Mafic–Ultramafic Rocks in the Timor–Tanimbar Ophiolite, Eastern Indonesia. *Gondwana Research*, 11: 200-217
- Kaneko, Y., Maruyama, S., Kadarusman, A., Ota, T., Ishikawa, M., Tsujimori, T., Ishikawa, A., and Okamoto, K., 2006. On-Going Orogeny in the Outer-Arc of Timor–Tanimbar Region, Eastern Indonesia. *Gondwana Research*, 11: 216–231.
- Keep, M. and Haig, D.W., 2010. Deformation and Exhumation in Timor: Distinct Stages of a Young Orogeny. *Tectonophysics*, 483: 93–111.
- Rosidi, H.M.D., Tjokrosapoetro, S., dan Gafoer, S. 1996. *Peta Geologi Lembar Kupang-Atambua Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- Shervais, J.W., 1982. Ti-V Plots and the Petrogenesis of Modern and Ophiolitic Lavas. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 59: 101-118.
- Spakman, W. and Hall, R. 2010. Surface Deformation and Slab-Mantle Interaction During Banda Arc Subduction Rollback. *Nature Geoscience*, 3: 562–566.
- Standley, C.E. and Harris, R.A. 2009. Tectonic Evolution of Forearc Nappes of the Active Banda Arc-Continent Collision: Origin, Age, Metamorphic History and Structure of the Lolotoi Complex, East Timor. *Tectonophysics*, 479: 66–94.
- Sun, S.S. and McDonough, W.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalt: Implications for Mantle Composition and Process. Dalam: Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*. Geological Society, London, Special Publications 42. GSL, London: 313–345.
- Wahyudiono, J., Safri, I., Sudrajat, A., dan Panggabean, H., 2016. Geokimia Batuan Gunungapi di Pulau Timor Bagian Barat dan Implikasi Tektoniknya. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 17(4): 241-252.
- Winchester, J.A. and Floyd, P.A., 1976. Geochemical Magma Type Discrimination: Application to Altered and Metamorphosed Basic Igneous Rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, 28 (3): 459-469.
- Zhao, J.J. and Zhou, M.F., 2006. Neoproterozoic Mafic Intrusions in the Panzhihua District, SW China: Implications for Interaction Between Subducted Slab and Mantle Wedge. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 70: A740–A1740.