

## Karakteristik Unsur Jejak Dalam Diskriminasi Magmatisme Batuan Beku Tinggian Karangbolong Kebumen

Isyqi<sup>1,\*</sup>, Chusni Ansori<sup>1</sup>, Fitriany Amalia Wardhani<sup>1</sup>, Eko Puswanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Balai Informasi dan Konservasi Kebumian – LIPI

Jl. Karangasambung KM. 19 Kec. Karangasambung, Kab. Kebumen 54353

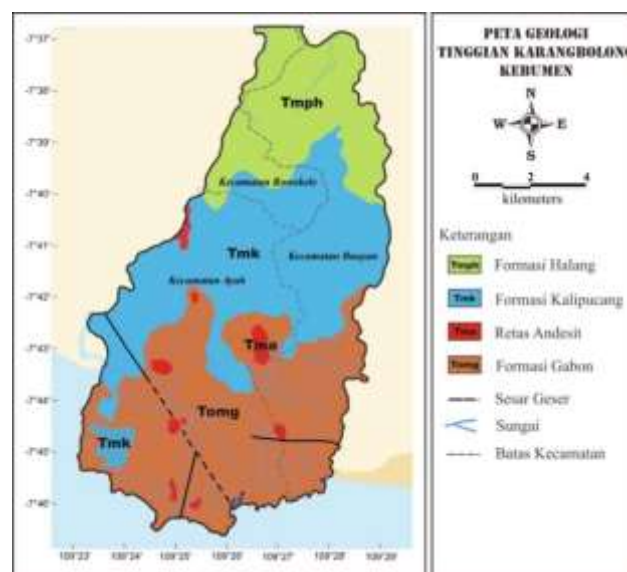
\* Isyqi@karangasambung.lipi.go.id

**Abstrak.** Batuan beku ditemukan di Tinggian Karangbolong Kebumen diantara dominasi batugamping dan breksi. Unsur jejak merupakan unsur yang hadir pada batuan dengan konsentrasi kurang dari 0,1% komposisi batuan. Oleh karena sifat unsur jejak yang stabil terhadap perubahan kondisi selama pembentukan batuan maupun terhadap proses alterasi dan pelapukan, maka unsur jejak sangat tepat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui pembentukan batuan beku. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik batuan beku yang tersebar di Tinggian Karangbolong berdasarkan data geokimia unsur jejak sehingga dapat menentukan jenis, afinitas magma, serta tatanan tektonik pembentukannya. Metode analisis geokimia yang diaplikasikan adalah metode inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) pada 6 conto batuan beku Tinggian Karangbolong. Berdasarkan diskriminasi kandungan unsur jejak Niobium (Nb), Itrium (Y), Zirkonium (Zr) serta Titanium (Ti), 4 conto batuan beku daerah penelitian termasuk ke dalam kelompok Andesite dan 2 conto batuan termasuk kelompok Basalt. Sedangkan diskriminasi unsur jejak Kobalt (Co) dan Torium (Th) menunjukkan batuan tersebut terbentuk dari magma dengan afinitas kapur alkali (Calc – Alkaline). Diskriminasi pada unsur jejak Zirkonium (Zr) – Niobium (Nb) – Itrium (Y) mengindikasikan batuan beku Karangbolong terbentuk pada tatanan tektonik busur gunungapi (volcanic arc). Berdasarkan karakteristik unsur jejak dapat diinterpretasikan bahwa batuan beku Yang terdapat pada Tinggian Karangbolong terbentuk akibat vulkanisme pada masa oligosen - miosen yang terjadi di sepanjang Jawa – Sumatera.

**Kata kunci:** unsur jejak, Batuan beku, Karangbolong

### PENDAHULUAN

Tinggian Karangbolong terletak di Kabupaten Kebumen bagian selatan yang meliputi Kecamatan Ayah, Kecamatan Buayan dan Kecamatan Rowokele. Tinggian Karangbolong secara fisiografi termasuk dalam rangkaian pegunungan Serayu Selatan (Bemmelen, 1949). Wilayah tersebut didominasi dengan bentang alam karst yang terbentuk dari batugamping formasi Kalipucang (Tmk). Morfologi kerucut karst, gua, serta sungai bawah tanah merupakan kekayaan bentangalam yang terdapat pada kawasan tersebut. Menurut Asikin, S., dkk (1992), selain tersusun atas bentang alam karst secara litologi Tinggian Karangbolong juga terdiri dari batuan vulkanik dan breksi formasi Gabon (Tmg), intrusi batuan beku (Tma), serta batuan sedimen formasi Halang (Tmph) seperti pada gambar 1. Litologi yang menjadi objek dalam penelitian ini adalah batuan beku yang terdapat di daerah Tinggian Karangbolong. Pembentukan batuan beku di daerah Tinggian Karangbolong penting untuk dikaji karena akan mengungkap sejarah vulkanisme di wilayah tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik batuan beku yang tersebar di Tinggian Karangbolong berdasarkan geokimia unsur jejak sehingga dapat menentukan jenis, afinitas magma, serta tatanan tektonik pembentukannya.



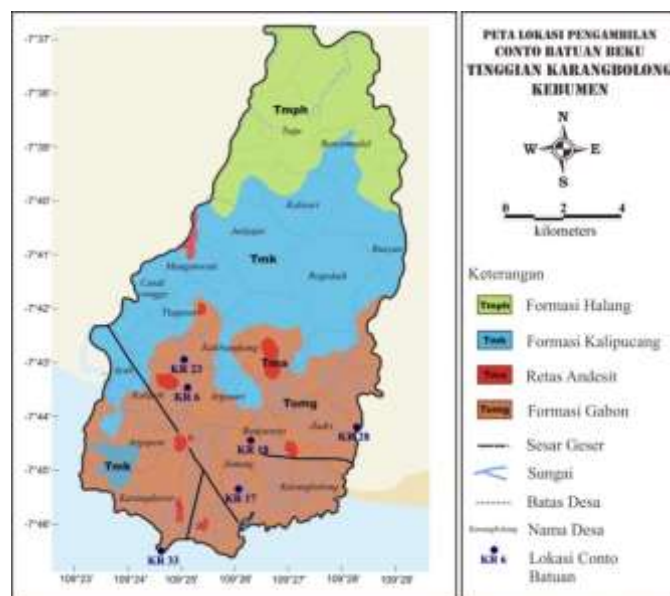
**Gambar 1.** Peta geologi Tinggian Karangbolong terdiri dari Formasi Gabon, Retas Andesit, Formasi Kalipucang serta Formasi Halang (Modifikasi Peta Geologi Lembar Banyumas, Asikin, S., dkk, 1992)

Menurut Rollison, H.R. (1993) terdapat empat jenis data geokimia yang biasa digunakan untuk merekonstruksi sejarah pembentukan batuan yaitu data unsur utama, unsur jejak, isotop radiogenik dan stable isotop. Data geokimia unsur jejak merupakan data yang digunakan dalam kajian ini. Unsur jejak didefinisikan sebagai unsur yang hadir pada batuan dengan konsentrasi kurang dari 0,1% komposisi batuan dan disajikan dengan satuan part per million (ppm). Keunggulan unsur jejak dibandingkan data geokimia lain adalah sifatnya yang stabil terhadap berbagai proses pembentukan batuan beku (fraksinasi, asimilasi, magma mixing) maupun terhadap proses alterasi dan pelapukan. Karakteristik unsur jejak batuan beku Tinggian Karangbolong akan dianalisa menggunakan diagram diskriminasi unsur jejak milik Pearce (1996), Hastie (2007) serta Meschede (1986) sehingga sejarah pembentukan batuan beku daerah penelitian akan terungkap.

### METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini terdiri atas dua kegiatan yaitu penelitian di lapangan dan penelitian laboratorium. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian lapangan antara lain adalah pengeplotan lokasi singkapan, deskripsi litologi yang ada di lokasi pengamatan, pengamatan dimensi, pengamatan kontak dengan batuan sekitarnya, pengukuran unsur struktur yang ada pada tubuh batuan, dokumentasi, serta pengambilan contoh batuan beku dan batuan disekitarnya. Pengambilan contoh batuan dilakukan secara acak (random sampling) pada enam lokasi pengamatan (Gambar 2).

Analisis yang dilakukan di laboratorium adalah analisis unsur jejak dalam batuan. Analisis unsur jejak menggunakan metode *inductively coupled plasma mass spectrometry* (ICP-MS) dengan satuan berupa ppm (part per million). Analisis unsur jejak dimulai dengan melakukan penggerusan contoh batuan hingga menjadi bubuk dengan ukuran 200 mesh. Bubuk batuan tersebut kemudian dilakukan preparasi lebih lanjut di *Activation Laboratories LTD* pada Juli - Agustus 2017. Data keluaran berupa kandungan unsur jejak dalam satuan *part per million* (ppm) selanjutnya dianalisa pada berbagai diagram diskriminasi dan diagram laba-laba menggunakan *software* GCD Kit 4.1 (*open source*).



**Gambar 2.** Peta Lokasi Pengambilan Contoh Batuan beku Tinggian Karangbolong (KR 6, KR 17, KR 18, KR 23 dan KR 28)

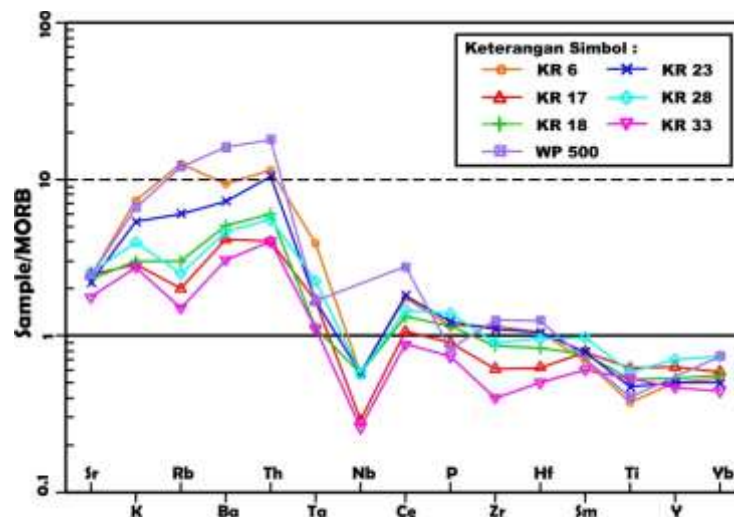
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis unsur jejak 6 contoh batuan beku Tinggian Karangbolong tersaji dalam tabel 1. Nilai tersebut kemudian dinormalisasi terhadap MORB (Pearce, 1983) dan diplot ke dalam diagram laba-laba (spider) untuk melihat pola, rasio, dan pengelompokan batuanannya seperti terlihat pada gambar 3. Berdasarkan diagram laba-laba tersebut, terlihat adanya pola tonjolan (spike) pada unsur Stronsium (Sr), Kalium (K), Rubidium (Rb), Barium (Ba) dan Torium (Th). Pola tonjolan mengindikasikan adanya pengkayaan unsur – unsur tersebut sebesar 2 – 10 kali dibandingkan MORB. Sedangkan unsur Niobium (Nb) terlihat mengalami penurunan (depletion) hingga mencapai 0,2 kali ditandai dengan pola cekungan. Unsur lain seperti Serium (Ce), Fosfor (P), Zirkonium (Zr), Hafnium (Hf), Samarium (Sm), Titanium (Ti), Itrium (Y), dan Iterbium (Yb) menunjukkan pola penurunan (depletion) yang landai. Unsur Sr, K, Rb dan Ba merupakan low ionic potential incompatible elements yang mudah terbawa fluida encer (Loughnan 1969, dalam Pearce 1982). Fluida pembawa low ionic potential incompatible elements ke dalam mantel menurut beberapa penulis (Best 1975, Saunders and Tarney 1979 dalam Pearce 1982) berasal dari lempeng samudera yang menunjam di bawah lempeng benua ketika terjadi peristiwa subduksi atau tumbukan lempeng. Terdapatnya pengkayaan unsur Sr, K, Rb

dan Ba pada batuan beku Tinggian Karangbolong mengindikasikan bahwa pembentukan batuan beku tersebut berhubungan dengan peristiwa subduksi.

**Tabel 1.** Hasil analisa unsur jejak batuan beku Tinggian Karangbolong

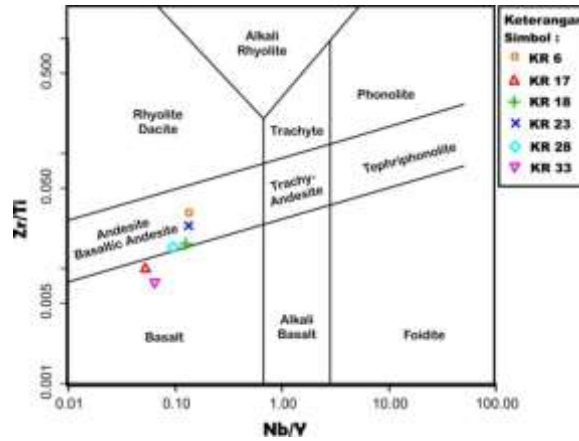
Unsur Jejak (ppm)	Sampel ID						WP 500 (Soeria, 1994)
	6K	17K	18K	23K	28K	33K	
Sr	291	296	278	262	305	211	290
K	9131,1	3569,43	3735,45	6640,8	4897,59	3403,41	8217
Rb	25	4	6	12	5	3	24
Ba	187	83	101	145	92	61	321
Th	2,3	0,8	1,2	2,1	1,1	0,8	3,6
Ta	0,7	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3
Nb	2	1	2	2	2	0,9	
Ce	17,4	10,6	13,3	18,1	14,6	8,8	27,5
P	611,1	480,15	611,1	654,75	742,05	392,85	436,5
Zr	103	55	77	99	81	36	113
Hf	2,5	1,5	2	2,5	2,3	1,2	3
Sm	2,3	2,6	2,5	2,6	3,2	2	
Ti	3298,1	5469,3	4631,5	4165,4	5203,8	4737,7	3658
Y	15	19	16	15	21	14	
Yb	1,8	2	1,9	1,7	2,5	1,5	2,51
Co	37	47	35	15	47	52	13



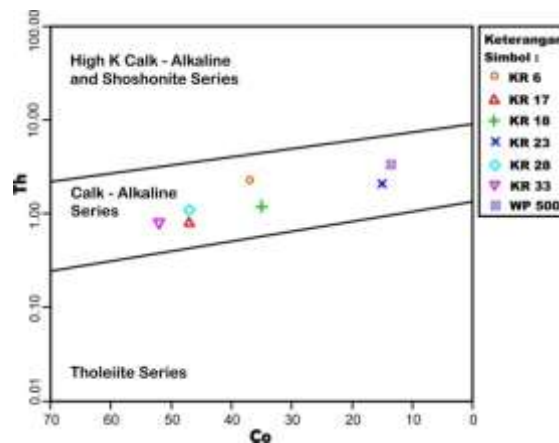
**Gambar 3.** Diagram laba-laba unsur jejak batuan beku Tinggian Karangbolong setelah dinormalisasi terhadap MORB (Perace, 1983)

Jenis batuan beku yang terdapat di Tinggian Karangbolong dapat di ketahui dengan diagram diskriminasi Zr/Ti dan Nb/Y milik Pearce (1996) seperti gambar 4. Berdasarkan diagram tersebut, diketahui bahwa empat conto batuan yaitu KR 6, KR 18, KR, 23, serta KR 28 termasuk batuan beku dengan jenis Andesite atau Basaltik Andesite. Sedangkan dua conto lainnya yaitu KR 17 dan KR 33 termasuk batuan beku jenis basalt. Jika melihat peta penyebaran conto batuan (gambar 2), dapat disimpulkan bahwa batuan beku jenis Andesite/Basaltik Andesite terletak lebih utara sedangkan semakin ke arah selatan akan ditemukan batuan jenis Basalt.

Afinitas magma pembentuk batuan beku Tinggian Karangbolong dapat diketahui berdasarkan perbandingan unsur jejak Co dan Th seperti pada gambar 5. Berdasarkan diagram diskriminasi milik Hastie (2007) tersebut, terlihat bahwa semua conto batuan beku Karangbolong memiliki afinitas magma kapur alkali (Calk – Alkaline). Menurut Wilson (1989) batuan beku dengan afinitas magma kapur alkali terbentuk pada batas lempeng konvergen. Hal ini konsisten dengan pola unsur jejak pada diagram laba-laba yang juga mengindikasikan pembentukan batuan beku Tinggian Karangbolong berhubungan dengan proses konvergensi lempeng atau subduksi lempeng.

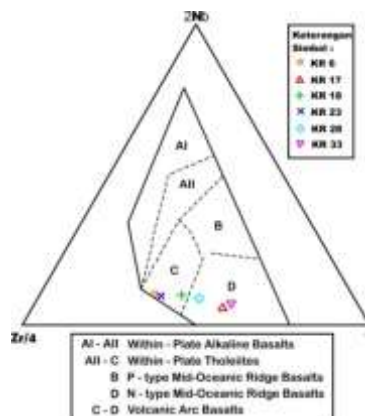


**Gambar 4.** Diagram diskriminasi unsur jejak Nb/Y – Zr/Ti (Perace, 1996) menunjukkan jenis batuan beku Tinggian Karangbolong



**Gambar 5.** Diagram diskriminasi unsur jejak Th – Co (Hastie, 2007) menunjukkan afinitas magma pembentuk batuan beku Tinggian Karangbolong

Tatanan tektonik pembentukan batuan beku Tinggian Karangbolong ditentukan menggunakan diagram diskriminasi unsur jejak Zr, Nb, dan Y (Meschede, 1986) seperti pada gambar 6. Diagram diskriminasi tersebut menunjukkan bahwa semua contoh batuan beku Tinggian Karangbolong terbentuk pada tatanan tektonik busur vulkanik. Hal ini menunjukkan bahwa di daerah penelitian pernah terjadi aktivitas magmatisme. Menurut Soeria-Atmadja (1994), sejarah magmatisme jawa bagian selatan telah dimulai pada masa esosen akhir dan berakhir pada miosen awal.



**Gambar 6.** Diagram diskriminasi unsur jejak Zr, Y, Nb (Meschede, 1986) menunjukkan tatanan tektonik pembentukan batuan beku tinggian Karangbolong



Pada tabel 1 disajikan pula data unsur jejak batuan beku dari daerah Kulonprogo (WP 500, data dari Soeria-Atmadja 1994) sebagai data pembanding. Dalam diagram laba-laba pada gambar 3, terlihat bahwa batuan beku Kulonprogo memiliki pola yang sama dengan contoh batuan daerah penelitian. Batuan beku Kulonprogo juga nampak memiliki pengkayaan unsur Stronsium (Sr), Kalium (K), Rubidium (Rb), Barium (Ba) dan Torium (Th). Afinitas magma batuan beku Kulonprogo juga menunjukkan jenis kapur alkali seperti pada gambar 5. Kesamaan karakteristik unsur jejak antara batuan beku Tinggian Karangbolong dengan Kulonprogo mengindikasikan periode serta proses pembentukan batuan yang sama. Berdasarkan pengukuran umur absolut batuan beku Kulonprogo terbentuk pada 22 – 29 juta tahun yang lalu atau pada masa oligosen – miosen (Soeria-Atmadja 1994), sehingga diindikasikan batuan beku Tinggian Karangbolong juga terbentuk pada masa yang sama.

### KESIMPULAN

Karakteristik unsur jejak batuan beku Tinggian Karangbolong dapat menggambarkan proses pembentukannya. Batuan beku Karangbolong memiliki pengkayaan unsur Stronsium (Sr), Kalium (K), Rubidium (Rb), Barium (Ba) dan Torium (Th) sebesar 2 – 10 kali dibandingkan MORB, mengindikasikan pembentukannya berhubungan dengan peristiwa subduksi. Afinitas magma pembentuk batuan beku Tinggian Karangbolong yang menunjukkan jenis kapur alkali berdasarkan perbandingan unsur Co dan Th memperkuat indikasi tersebut. Kandungan unsur jejak Zr, Nb, dan Y menegaskan bahwa batuan beku Tinggian Karangbolong terbentuk pada tatanan tektonik busur vulkanik. Pembentukan batuan beku Tinggian Karangbolong diindikasikan berhubungan dengan magmatisme oligosen – miosen yang terjadi disepanjang Jawa bagian Selatan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Kepala Balai Informasi dan Konservasi Kebumian, LIPI yang telah memberikan kami kesempatan untuk menjalankan penelitian ini. Terimakasih yang setulusnya pula kepada pemerintah setempat serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Penelitian ini didanai dengan dana DIPA LIPI tahun anggaran 2017 nomor 079.01.2.450180/2017.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., Handoyo, A., Hendrobusono, dan Gafoer, S. (1992) Geologic map of Kebumen quadrangle, Java, scale 1: 100.000, Geological Research and Development Center, Bandung.
- Bemmelen, R.W. Van. (1949), The Geology of Indonesia, Vol. 1 A, Government Printing Office, The Hague.
- Hastie, A. R., Kerr A. C., Pearce J. A., 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*, Vol 48, 12, 2341-2357.
- Meschede, M. (1986) A Method of Discriminating Between Different Types Of Mid-Ocean Ridge Basalts and Continental Tholeiites With The Nb – Zr – Y Diagram, *Chemical Geology*, 56, 207—218.
- Rollinson, H.R. (1993), *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, Pearson Education Asia (Pte) Ltd, Singapore.
- Pearce, J. A. (1996) A users guide to basalt discrimination diagrams. In: Wyman, D. A. (eds) *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration*. Geological Association of Canada.
- Pearce, J. A. (1983) The role of sub-continental lithosphere in magma genesis at destructive plate margins. In *Continental basalts and mantle xenoliths*. C. J. Hawkesworth & M. J. Norry (eds), Nantwich: Shiva.
- Pearce, J. A. (1982) Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries, In *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*, R. S. Thorpe (ed.), Wiley, Chichester.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., Priadi, B. (1994) Tertiary magmatic belts in Java, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 9, 13-17.