

## Studi Geokimia Batuan Vulkanik Daerah Kolaka Utara Provinsi Sulawesi Tenggara

Ayub Pratama Aris<sup>1</sup>, Musri Mawaleda<sup>2</sup>, Adi Tonggiroh<sup>3</sup>, Ninasafitri<sup>4</sup>

<sup>14</sup>Program Studi Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo

<sup>23</sup>Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

e-mail: [ayubpratamaaris@ung.ac.id](mailto:ayubpratamaaris@ung.ac.id)

### Abstrak

Batuan vulkanik adalah batuan yang terbentuk dari lava dan piroklastik, dan biasanya ditemukan di sekitar gunung berapi atau lembah vulkanik, Geokimia batuan vulkanik penting karena memberikan informasi tentang sumber magma, kondisi lingkungan di bawah permukaan bumi, dan sejarah geologis suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari geokimia batuan vulkanik di daerah Kolaka Utara berdasarkan kajian di lapangan maupun analisis laboratorium. Untuk mendapatkan data yang berhubungan langsung dengan objek masalah yang akan dianalisis yaitu dengan pengamatan dan penentuan lokasi pengambilan sampel Batuan Vulkanik, baik batuan vulkanik yang segar, maupun teralterasi pada daerah penelitian, dengan analisis petrografi dimaksudkan untuk melihat komposisi mineral penyusun batuan dan untuk mengetahui jenis batuan vulkanik, Analisis geokimia ICP-MS diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat larutan magma dan lingkungan tektoniknya. Berdasarkan afinitas magma, klasifikasi batuan, dan lingkungan pembentukan magma, serta kenampakan di lapangan, maka dapat dihubungkan untuk mengetahui tatanan tektonik, menunjukkan bahwa nama batuan yang didapatkan adalah Dasit. Hasil plotting menunjukkan afinitas magma di daerah penelitian berasal dari jenis magma seri High-K calc-alkaline, sehingga dapat diketahui bahwa batuan dasit di daerah Kolaka Utara terbentuk di zona MORB array (*Shallow Melting*). Batuan metamorf menjadi batuan alas daerah penelitian, kemudian terjadi banyak intrusi batuan beku, usia batuan dasit kolaka utara sekitar 4-7 juta tahun lalu, berdasarkan umur tersebut nampaknya di daerah kolaka utara terjadi beberapakali magmatisme dan magmatisme ini berasal dari dapur magma yang berbeda berdasarkan hasil co-magmatik tersebut bukan evolusi secara normal yang berasal dari dapur magma yang sama melainkan berbeda-beda.

**Kata kunci:** *Geokimia, Batuan Vulkanik, ICP-MS, Kolaka Utara*

### Abstract

Volcanic rock is rock that is formed from lava and pyroclastic, and is usually found in the vicinity of volcanoes or volcanic valleys. The geochemistry of volcanic rocks is

important because it provides information about the source of magma, environmental conditions beneath the Earth's surface, and the geological history of a region. This study aims to study the geochemistry of volcanic rocks in the North Kolaka area based on field studies and laboratory analysis. To obtain data that is directly related to the object of the problem to be analyzed, namely by observing and determining the location of sampling of volcanic rocks, both fresh and altered volcanic rocks in the study area, with petrographic analysis intended to see the mineral composition of the rock and to determine the type of rock volcanic, ICP-MS geochemical analysis is needed to determine the properties of the magma solution and its tectonic environment. Based on magma affinity, rock classification, and magma formation environment, as well as appearance in the field, it can be connected to determine the tectonic order, indicating that the name of the rock obtained is Dacite. The plotting results show that the magma affinity in the study area is from the High-K calc-alkaline magma type series, so it can be seen that the dacitic rocks in the North Kolaka area are formed in the MORB array (Shallow Melting) zone. The metamorphic rock became the bedrock of the study area, then there were many igneous intrusions, the age of the North Kolaka dacitic rocks was around 4-7 million years ago, based on this age it seems that in the North Kolaka area there have been several magmatisms and this magmatism comes from different magma chambers based on the results the co-magmatic is not a normal evolution that comes from the same magma chamber but different.

**Keywords:** *Geochemistry, Volcanic Rocks, ICP-MS, North Kolaka*

## **PENDAHULUAN**

Geokimia batuan vulkanik adalah studi tentang komposisi kimia dan distribusi unsur-unsur dalam batuan vulkanik (Zulkarnain, I. 2008). Batuan vulkanik adalah batuan yang terbentuk dari lava dan piroklastik, dan biasanya ditemukan di sekitar gunung berapi atau lembah vulkanik (Setyawati, S., & Ashari, A., 2017). Geokimia batuan vulkanik penting karena memberikan informasi tentang sumber magma, kondisi lingkungan di bawah permukaan bumi, dan sejarah geologis suatu wilayah (Hartono, H. G., & Helmi, H., 2021). Salah satu teknik yang digunakan dalam geokimia batuan vulkanik adalah analisis unsur-unsur dengan spektrometri massa. Metode ini memungkinkan pengukuran kuantitatif unsur-unsur dalam sampel batuan vulkanik, yang dapat memberikan informasi tentang karakteristik sumber magma, seperti tekanan, suhu, dan komposisi (Ariani, A. S., Haryanto, A. D., & Johannes Hutabarat, Y., 2019). Geokimia batuan vulkanik juga dapat membantu dalam pemodelan aktivitas vulkanik. Dengan mempelajari komposisi kimia batuan vulkanik yang berasal dari erupsi masa lalu, para ahli vulkanologi dapat membuat prediksi tentang jenis erupsi dan bahaya yang mungkin terjadi di masa depan (Usman, E., Sudradjat, A., Suparka, E. R., & Syafri, I., 2010). Selain itu, geokimia batuan vulkanik juga dapat digunakan untuk mengevaluasi sumber daya mineral dan bahan tambang. Beberapa batuan vulkanik, seperti batu andesit, mengandung mineral berharga seperti emas dan perak,

sehingga pengetahuan tentang distribusi mineral ini dapat menjadi sangat berharga dalam industri pertambangan. Secara keseluruhan, geokimia batuan vulkanik adalah bidang yang sangat penting dalam ilmu bumi karena memberikan wawasan tentang sejarah geologis dan sumber daya alam di suatu wilayah (Isa, M.,2020).

Secara umum daerah penelitian ini termasuk Mandala Geologi Sulawesi Timur (*East Sulawesi Ophiolite Belt*), yang dicirikan oleh himpunan batuan metamorf, dan batuan sedimen penutupnya serta ofiolit yang terjadi dari hasil proses pengangkatan (*Obduction*) selama Miosen (Surono, 2013). Batuan-batuan yang tersingkap di daerah penelitian berumur mulai dari Paleozoikum sampai Kuartar, menurut E. Rusmana, dkk. (1993) pada Peta Geologi Lembar Lasusua – Kendari, Sulawesi, skala 1: 250.000. Daerah Kolaka Utara memiliki tipe alterasi batuan yaitu propilitik dan argilik (AP Aris, dkk.,2022). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari geokimia batuan vulkanik di daerah Kolaka Utara berdasarkan kajian di lapangan maupun analisis laboratorium. Menurut White dkk, (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa di Kompleks Mekongga terdapat Intrusi Dasit pada Sesar Kolaka, Berdasarkan analisis geokimia dengan menggunakan *major element* SiO<sub>2</sub> (68-70%), MgO (1.86-1.93%) and TiO<sub>2</sub> (0.49%) dan *trace element* dengan jumlah besar berupa Cs, Rb, Th, U, Pb dan Sr, dan jumlah kecil berupa Nb, Ta, La, Nd, Sm, Hf, Zr, Y and Yb. Menunjukkan batuan dasit tersebut hasil dari produk subdaksi (Elburg and Foden 1999 a;b; Elburg et al. 2003 dalam White, et al, 2014).

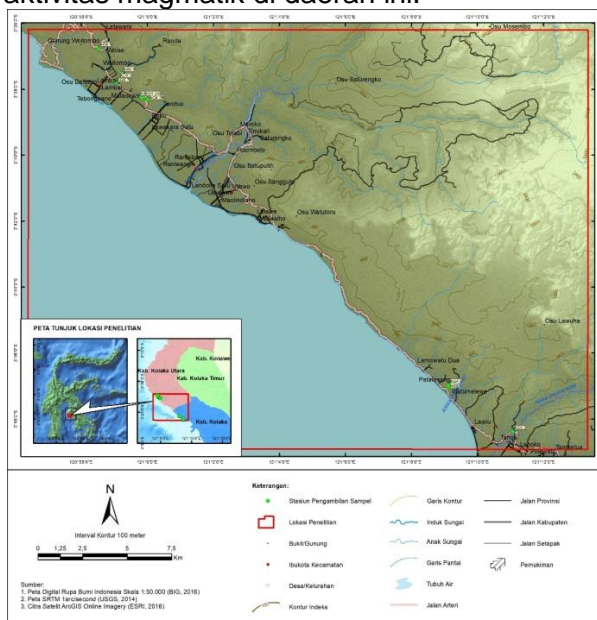
## METODE

Secara administratif, daerah penelitian terletak di Kabupaten Kolaka Utara yang berada di daratan tenggara Pulau Sulawesi dan secara geografis terletak pada bagian barat. Kabupaten Kolaka Utara memanjang dari utara ke selatan berada diantara 2°46'45"-3°50'50" Lintang Selatan (LS) dan membentang dari barat ke timur diantara 120°41'16"-121°26'31" Bujur Timur (BT) (Gambar 1). untuk mendapatkan data yang berhubungan langsung dengan objek masalah yang akan dianalisis yaitu pengamatan dan penentuan lokasi pengambilan sampel Batuan Vulkanik di daerah penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan geomorfologi berdasarkan data citra satelit, peta topografi berskala 1:25.000 yang merupakan hasil perbesaran dari Peta Rupa Bumi Lembar Lasusua skala 1:50.000 terbitan Badan Informasi Geospasial tahun 2013, peta geologi berskala 1:25.000 yang merupakan hasil perbesaran dari Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari skala 1:250.000 terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1993, Pengumpulan data lapangan dilakukan dengan pendekatan berupa pengambilan data singkapan batuan vulkanik dan conto batuan vulkanik baik yang masih segar, maupun batuan vulkanik yang sudah berubah (*altered*) pada setiap lokasi yang representatif pada daerah lokasi penelitian.

Analisa Petrografi menjadi dasar yang sangat utama dalam penentuan analisis selanjutnya, dengan analisis petrografi dimaksudkan untuk dapat melihat komposisi mineral penyusun batuan dan untuk mengetahui jenis batuan vulkanik pada daerah penelitian. Pada analisis petrografi sampel dibuat menjadi sayatan tipis dan di analisis di bawah mikroskop polarisasi. Preparasi sampel dilakukan di Laboratorium Preparasi

dan analisis petrografi dilakukan di Laboratorium Mineral Optik Departemen Geologi Universitas Hasanuddin.

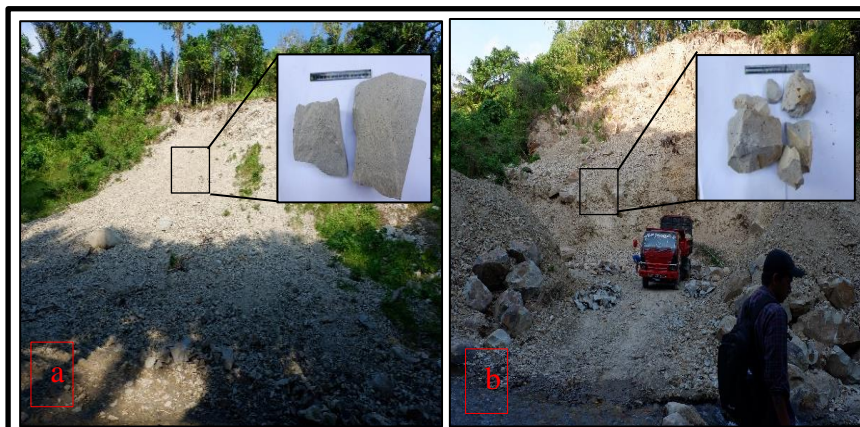
Analisa Geokimia ICP-MS digunakan untuk mengetahui unsur jarang atau *rare earth element* (REE) dan *trace element* pada daerah penelitian. Kegiatan analisis ini sepenuhnya dilakukan oleh PT. Intertek Utama Services. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui sifat-sifat larutan magma dan lingkungan tektoniknya. Selain itu, perlu juga dilakukan pemeriksaan deskripsi batuan yang telah ditentukan baik secara megaskopis maupun mikroskopis. Analisis ini dapat menentukan kemungkinan adanya beberapa mineral yang mungkin tidak dapat dideteksi secara mikroskopis. Dari hasil interpretasi data, kajian pustaka dan studi banding di daerah lain, diharapkan dapat diambil kesimpulan tentang aktivitas magmatik di daerah ini.



Gambar 1. Peta kesampaian lokasi daerah penelitian

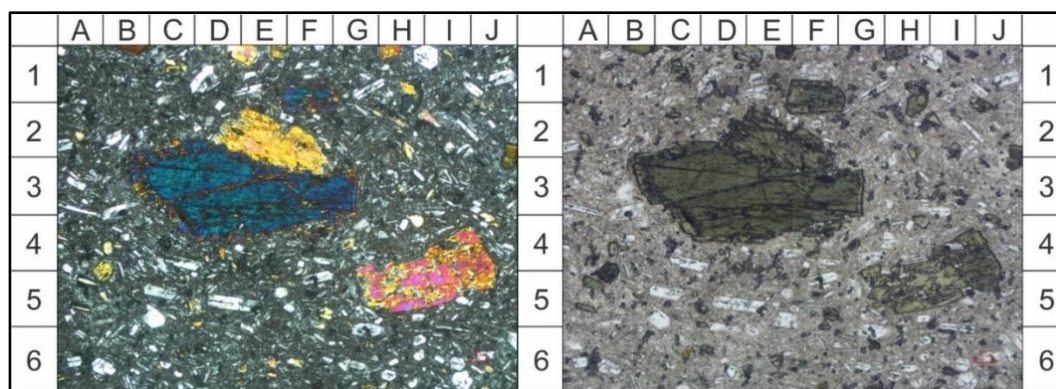
## HASIL DAN PEMBAHASAN Petrografi

Pada daerah penelitian dijumpai batuan dasit pada stasiun AGK 01, AGK 04, AGK 05, AGK 06, AGK 07 dan AGK 14, kenampakan lapangan (megaskopis) dari batuan dasit dalam keadaan segar berwarna abu-abu dan coklat kehitaman dalam keadaan lapuk (Gambar 2).



**Gambar 2. Kenampakan singkapan di daerah penelitian (a) batuan dasit di stasiun AGK 06, dan (b) batuan dasit di stasiun AGK 14.**

Dari hasil analisis petrografi yang telah dilakukan batuan beku ini memiliki warna putih kecoklatan pada kenampakan nikol sejajar dan abu-abu kehitaman pada kenampakan nikol silang, dengan tekstur kristalinitas hipokristalin, granularitas faneroporfiritik, bentuk mineral euhedral-anhedral, relasi inequigranular, tekstur khusus porfiritik, struktur masif, ukuran mineral <math><0.02-3.94\text{ mm}</math>, komposisi mineral terdiri dari plagioklas, hornblende, ortoklas, biotit, kuarsa, mineral opak dan massa dasar berupa kristalit plagioklas dan gelas (Gambar 3).



**Gambar 3. Fotomikrograf contoh sayatan batuan AGK 14 dengan perbesaran 50x**

### Geokimia Batuan

Berdasarkan hasil pengamatan petrografis diketahui ukuran kristal mineral pada batuan ini adalah berkisar antara <math><0,02 - 3,94\text{ mm}</math> yang artinya batuan ini bertekstur porfiritik. Tekstur porfiritik dapat diinterpretasikan secara umum terjadi karena

adanya dua fase dalam pembekuan dan pendinginan magma dimana pada awalnya beberapa kristal telah terbentuk dengan pendinginan magma yang lambat di bawah permukaan sehingga terbentuk kristal yang besar dan kasar, kemudian ketika terjadi erupsi magma yang bergerak naik dengan membawa kristal-kristal yang telah terbentuk terlebih dahulu (McPhie *et al.*, 1993).

Berdasarkan klasifikasi jenis magma yang mengacu pada komposisi kimia (tabel 1) maka jenis magma dari batuan ini adalah magma intermediate, berdasarkan derajat keasaman (*acidity*) atau kandungan SiO<sub>2</sub> (Alzwar dkk., 1988).

**Tabel 1. Klasifikasi magma berdasarkan kandungan SiO<sub>2</sub> (%) atau derajat keasaman (Alzwar dkk., 1988)**

Nama Batuan	Kandungan Silika
Batuan Asam	>66%
Batuan Intermediet	52-66%
Batuan Basa	45-52%
Batuan Ultrabasa	<15%

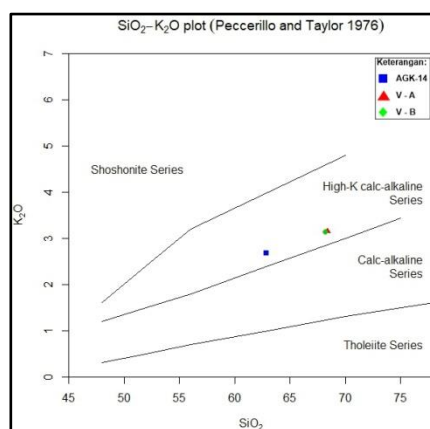
Fenokris pada conto sampel AGK 14, AGK 01 dan AGK 05 ini berupa mineral feldspar, yaitu plagioklas jenis labradorit dan andesin ((Na,Ca) AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) dengan persentasi sekitar 10 – 25%. Pada batuan ini juga terdapat mineral K-feldspar (KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) berupa sanidin dan ortoklas sekitar 5-25% serta mineral biotit K(Mg, Fe)<sub>3</sub>(Al, Fe)Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH,F)<sub>2</sub> sekitar 10 – 15%. Kandungan mineral tersebut memperlihatkan kesesuaian dengan komposisi unsur utama yakni SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O dan Na<sub>2</sub>O yang merupakan komposisi dari mineral plagioklas, K-feldspar dan biotit pada sampel batuan AGK 014, AGK 01 dan AGK 05 (tabel 02).

**Tabel 2. Hasil analisis petrografi dan geokimia pada sampel AGK 01, AGK 05 dan AGK 14 pada klasifikasi jenis magma (Alzwar dkk.,1988).**

AGK 14		AGK 01		AGK 05	
Komposisi Mineral (%)		Komposisi Mineral (%)		Komposisi Mineral (%)	
Plagioklas	25	Plagioklas	10	Plagioklas	10
Ortoklas	15	Epidote	5	Hornblende	25
Hornblende	20	Hornblende	20	Biotit	5
Biotit	10	Ortoklas	25	Sanidin	20
Kuarsa	5	Biotit	10	Kuarsa	10
Mineral Opak	2	Mineral Opak	3	Mineral Opak	5
Kristalit Plagioklas	13	Kristalit Plagioklas	12	Kristalit Plagioklas	20
Gelas	10	Gelas	15	Gelas	10
Tekstur khusus porfiritik		Tekstur khusus dasitik		Tekstur khusus dasitik	
<i>Major element (ppm)</i>		<i>Major element (ppm)</i>		<i>Major element (ppm)</i>	
SiO <sub>2</sub>	62,87	SiO <sub>2</sub>	68,36	SiO <sub>2</sub>	68,17

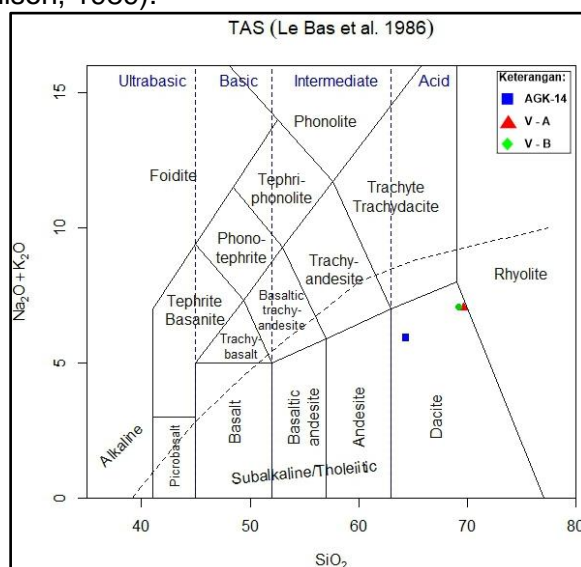
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,04	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,85	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,25	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,41	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,48
MgO	2,35	MgO	1,99	MgO	2,10
CaO	5,30	CaO	3,06	CaO	3,20
Na <sub>2</sub> O	3,11	Na <sub>2</sub> O	3,75	Na <sub>2</sub> O	3,83
K <sub>2</sub> O	2,68	K <sub>2</sub> O	3,15	K <sub>2</sub> O	3,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,46	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16
MnO	0,05	MnO	0,04	MnO	0,06
TiO <sub>2</sub>	0,65	TiO <sub>2</sub>	0,41	TiO <sub>2</sub>	0,44

Berdasarkan hasil *plotting* afinitas magma yang menunjukkan kesebandingan berat (%) K<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub> maka seri magma dari sampel AGK 14, AGK 01 dan AGK 05 adalah seri High-K *calc-alkaline* pada klasifikasi afinitas magma (Peccerillo dan Taylor, 1976 dalam Rollinson, 1993), Kandungan *major element* pada sampel AGK 14 memperlihatkan nilai K<sub>2</sub>O = 2,58% dan SiO<sub>2</sub> = 62,87%, sampel AGK 01 memperlihatkan K<sub>2</sub>O = 3,15% dan SiO<sub>2</sub> = 68,36%, serta sampel AGK 05 memperlihatkan K<sub>2</sub>O = 3,14% dan SiO<sub>2</sub> = 68,17%. Pada contoh sampel AGK 14, AGK 01, dan AGK 05 yang memiliki jenis magma seri High-K *calc-alkaline*, diinterpretasikan bahwa selama proses kristalisasi magma terjadi peningkatan *potasium* (K<sub>2</sub>O) akibat asimilasi terhadap batuan samping yang kaya akan *potasium*. Hal ini didukung oleh data lapangan berupa dijumpainya kontak batuan dasit dengan batuan metamorf (Pzm) pada stasiun AGK 14 di daerah penelitian (Gambar 4).



**Gambar 4. *Plotting* pada klasifikasi afinitas magma berdasarkan perbandingan K<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub> (Peccerillo dan Taylor, 1976 dalam Rollinson, 1993).**

Berdasarkan kandungan dari *major element* pada sampel AGK 14, V-A dan V-B maka hasil *plotting* klasifikasi batuan secara geokimia menunjukkan bahwa batuan intrusif yang tersingkap di daerah penelitian berada/menempati pada lingkungan Dasit, begitu pula oleh peneliti sebelumnya menyebutnya Dasit (White et al, 2014). Hal tersebut didukung oleh klasifikasi batuan beku yang berdasarkan kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  (Le Bas et al., 1986) (Gambar 5). Klasifikasi ini juga dapat mengidentifikasi seri magma yang terlihat dari garis melengkung putus-putus membagi antara seri *alkaline* dan seri *sub-alkaline*. Hasil analisis geokimia bahwa batuan Dasit termasuk dalam zona seri *sub-alkaline* dimana seri *calc-alkaline* dan *tholeiitic* termasuk dalam seri *sub-alkaline* (Wilson, 1989).

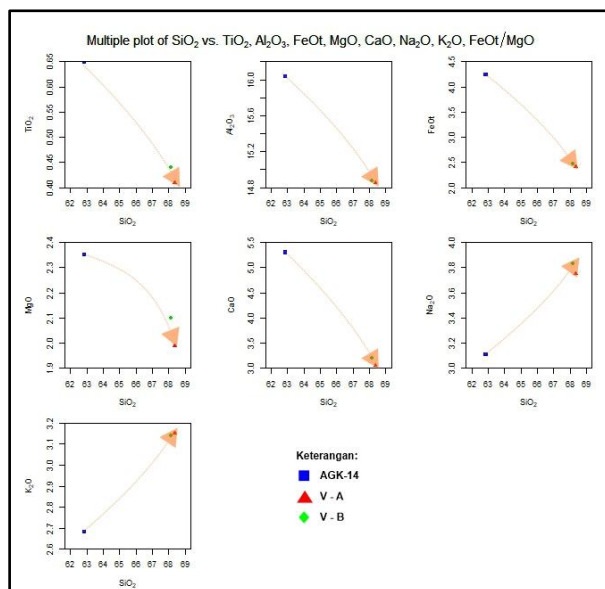


**Gambar 5** *Plotting* pada klasifikasi batuan beku vulkanik (Le Bas et al, 1986).

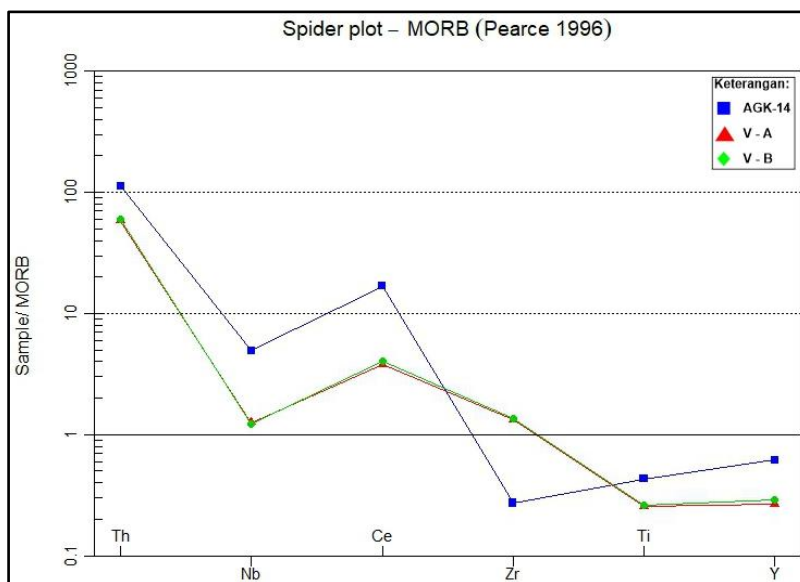
Untuk mengetahui gambaran evolusi magma pada batuan beku vulkanik di daerah penelitian yaitu dengan menggunakan diagram harker yang memperlihatkan bahwa magma pembentukan batuan tersebut adalah Co-Magmatik artinya terjadi penurunan  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}_t$  dan  $\text{TiO}_2$  diikuti juga penurunan silika ( $\text{SiO}_2$ ).

Kandungan *major element* terhadap senyawa  $\text{SiO}_2$  (Harker, 1909 dalam Rollinson, 1993). Berdasarkan *plotting* pada diagram harker *major element* terhadap  $\text{SiO}_2$  diketahui terjadi perubahan yang bernilai negatif, dimana pada senyawa  $\text{MgO}$  terhadap  $\text{SiO}_2$  menunjukkan gambar kurva negatif, begitupula senyawa  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{FeO}_t$  terhadap  $\text{SiO}_2$ . Hal ini menunjukkan bahwa magma pembentuk batuan beku pada daerah penelitian mengalami proses asimilasi yang awalnya basa menjadi asam (Gambar 6).





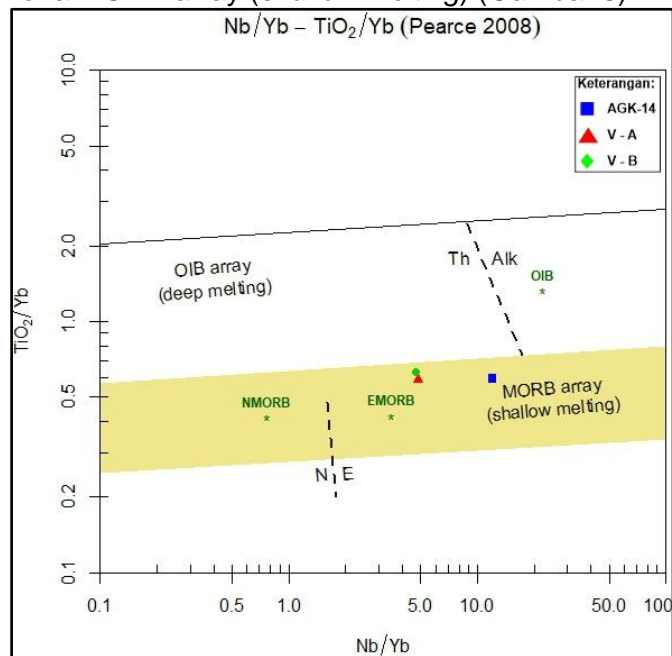
Gambar 6 *Plotting* kandungan *major element* terhadap  $SiO_2$  (Harker, 1909 dalam Rollinson, 1993).



Gambar 7 *Plotting* pada klasifikasi Spider plot - MORB (Pearce, 1996).

Berdasarkan hasil analisis geokimia terhadap sampel AGK 14, V-A, dan V-B maka lingkungan magma batuan dasit di daerah penelitian dapat diidentifikasi berdasarkan jenis dan afinitas magmanya dengan menggunakan klasifikasi lingkungan tektonik (Pearce, 2008) berupa perbandingan unsur Nb/Yb -  $TiO_2/Yb$ , maka dalam

klasifikasi ini lingkungan tektonik dari batuan beku di daerah Kolaka Utara (AGK 14, V-A, dan V-B) yaitu zona MORB array (*shallow melting*) (Gambar 8).



**Gambar 8** *Plotting* pada klasifikasi lingkungan tektonik Nb/Yb - TiO<sub>2</sub>/Yb (Pearce, 2008).

Berdasarkan afinitas magma, klasifikasi batuan, dan lingkungan pembentukan magma, serta kenampakan di lapangan, maka dapat dihubungkan untuk mengetahui tatanan tektonik, dengan menggunakan perbandingan persentase Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub> menunjukkan bahwa nama batuan yang didapatkan adalah Dasit. Hasil *plotting* menunjukkan afinitas magma di daerah penelitian berasal dari jenis magma seri *High-K calc-alkaline* yang dapat dihubungkan untuk mengetahui tatanan tektonik dengan menggunakan klasifikasi lingkungan tektonik Nb/Yb - TiO<sub>2</sub>/Yb, maka diketahui bahwa batuan dasit di daerah Kolaka Utara terbentuk di zona MORB array (*Shallow Melting*).

## SIMPULAN

Berdasarkan diagram variasi K<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub> (Peccerillo & Taylor, 1976) tatanama batuan daerah penelitian tergolong batuan beku Dasit dengan afinitas batuan termasuk ke dalam himpunan batuan seri *High-K calc-alkaline*. Dari contoh yang dianalisis menunjukkan kandungan SiO<sub>2</sub> berkisar antara 62,87-68,36%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan TiO<sub>2</sub> berturut-turut menengah sampai tinggi (14,85-16,04%) dan rendah (<0,65%). Sedangkan K<sub>2</sub>O berkisar antara 2,68-3,15%. Gambaran evolusi magma pada batuan beku vulkanik di daerah penelitian memperlihatkan bahwa magma pembentukan batuan adalah Co-Magmatik, berdasarkan kandungan unsur utama terhadap SiO<sub>2</sub> diketahui terjadi perubahan yang bernilai negative, hal ini menunjukkan bahwa magma

pembentuk batuan beku pada daerah penelitian mengalami proses asimilasi yang awalnya basa menjadi asam.

Dari hasil analisis geokimia terhadap sampel batuan daerah penelitian diketahui lingkungan magma batuan dasit di daerah penelitian berupa zona MORB array (*shallow melting*), dari daerah penelitian terlihat bahwa batuan metamorf menjadi batuan alas daerah penelitian, kemudian terjadi banyak intrusi-intrusi batuan beku tetapi intrusi tersebut karena *co-magmatik* dan memiliki umur yang berbeda-beda, hasil usia yang diperoleh pada batuan dasit kolaka utara sekitar 4-7 juta tahun yang lalu (white et al.,2014) berdasarkan umur tersebut nampaknya di daerah kolaka utara terjadi beberapakali magmatisme dan magmatisme ini berasal dari dapur magma yang berbeda berdasarkan hasil co-magmatik tersebut bukan evolusi secara normal yang berasal dari dapur magma yang sama melainkan berbeda-beda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alzwar, M., Samodra, H., dan Tarigan, J.J. 1988. Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi, Nova, Bandung.
- Ariani, A. S., Haryanto, A. D., & Johannes Hutabarat, Y. 2019. Karakteristik geokimia abu vulkanik gunung Krakatau. *Geoscience Journal*, 3(1), 38-43.
- Aris, A. P., Mawaleda, M., Tonggiroh, A., Ninasafitri, N., & Sukamto, K. 2022. Alterasi dan Mineralisasi Daerah Kolaka Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOMining*, 3(2), 57-66.
- Hartono, H. G., & Helmi, H. 2021. Geologi dan geokimia lava basal pada gunung puser dan gunung tidar daerah ngadirejo dan sekitarnya, kecamatan secang, kabupaten magelang, provinsi Jawa Tengah. *GEODA*, 2(01), 23-42.
- Isa, M. 2020. *Vulkanologi*. Syiah Kuala University Press.
- McPhie, J., Doyle, M., and Allen, R., 1993, *Volcanic Texture*, Centre for Ore Deposit and Exploration Studies, University of Tasmania, Australia.
- Rollinson, H.R., 1993, *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*, J. Wiley & Sons Inc., New York, USA.
- Rusmana, E. Sukido, D. Sukarna, E. Haryono dan T.O. Simandjuntak, 1984. memetakan geologi lembar Lasusua – Kendari.
- Setyawati, S., & Ashari, A. 2017. Geomorfologi lereng baratdaya gunungapi merapi kaitannya dengan upaya pengelolaan lingkungan dan kebencanaan. *Geo Media: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, 15(1).
- Surono. 2013, *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi*, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dan LIPI Press, Menteng, Jakarta.
- Usman, E., Sudradjat, A., Suparka, E. R., & Syafri, I. 2010. Pembentukan Jalur Vulkanik Busur Belakang Muria-Bawean dan Pengaruhnya Terhadap Pembentukan Cekungan Pati. In *The 39th IAGI Annual Convention and Exhibition*.
- White, L.T., Hall, R., Armstrong, R.A., 2014. *The age of undeformed dacite intrusions within the Kolaka fault zone, SE Sulawesi, Indonesia. Journal of Asian Earth Sciences*.
- Wilson, M., 1989, *Igneous Petrogenesis, A Global Tectonic Approach*, Department of Earth Sciences, University of Leeds, Netherland.
- Zulkarnain, I. 2008. Petrogenesis batuan vulkanik daerah tambang emas Lebong Tandai, Provinsi Bengkulu, berdasarkan karakter geokimianya. *Indonesian Journal on Geoscience*, 3(2), 57-73.