



Ciri Petrologi dan Geokimia Batuan Terobosan Gunung Sepikul, Trenggalek, Jawa Timur

Petrological And Gheochemical Characteristic Of Gunung Sepikul Intrusive Rocks, Trenggalek, East Java

Yuniarni, R

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57, Bandung

email: ryuniarni@gmail.com

Naskah diterima: 01 November 2022, Revisi terakhir: 20 Mei 2024, Disetujui: 21 Mei 2024 Online: 22 Mei 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v25i2.742>

Abstrak Gunung Sepikul di bagian selatan Jawa Timur berkaitan dengan proses magmatisme yang berumur Miosen. Maksud penelitian ini untuk mengetahui karakteristik petrologi dan geokimia batuan beku Gunung Sepikul. Tujuannya mengungkapkan gambaran tektonik dan melengkapi data petrologi lajur magmatisme Jawa bagian selatan. Singkapannya berupa *stock* terdiri atas diorit dan granodiorit. Percontoh batuan dianalisis menggunakan metode petrografi, XRF dan ICP-MS. Data lapangan dan hasil analisa laboratorium berupa komposisi mineral serta geokimia batuan dapat menunjukkan proses magmatisme batuan Gunung Sepikul. Batuan diorit berwarna kelabu, tekstur *inequigranular* terdiri atas mineral plagioklas, kuarsa, piroksen, hornblenda dan mineral opak. Batuan granodiorit berwarna kelabu cerah, tekstur porfiritik dengan fenokris plagioklas, hornblenda, kuarsa dan mineral opak pada masadasar *feldspar* dan kuarsa. Berdasarkan analisa geokimia, batuan terobosan ini berafinitas magma Medium-low K series yang berhubungan dengan magmatisme di lingkungan tektonik *orogenic*.

Kata Kunci: terobosan, stock, diorit, granodiorit, magmatisme

Abstract Mount Sepikul in the southern part of East Java is related to magmatism process in Miocene. This research to recognized petrology and geochemistry from the Sepikul Mount. The aim is to be revealed features of tectonic and provide the data petrology from South of Java magmatism line. The outcrop is in form of stock, consisting of diorite and granodiorite. Rock samples analyses were used petrography, XRF and ICP-MS methods. Field data record and laboratory analyses results of mineral composition and geochemistry can show the process of magmatism. The diorite is grey in colour, inequigranular texture consisted of feldspar, quartz, pyroxene and opaque minerals. The Granodiorite is light grey in colour, porphyritic texture with phenocryst of plagioclase, quartz, hornblende and opaque mineral set in feldspar and quartz groundmass. Based on geochemical analyses the stock are included into Medium-Low K series affinities related to magmatism in orogenic tectonics.

Keyword: intrusion, stock, diorite, granodiorite, magmatism

PENDAHULUAN

Lokasi penelitian secara administratif berada di desa Nglampir Kecamatan Watulimo Kabupaten Trenggalek, Propinsi Jawa Timur $111,43^{\circ}$ - $112,07^{\circ}$ BT dan $7,51^{\circ}$ - $8,08^{\circ}$ LS (Gambar 1). Penelitian ini telah dilakukan pada tahun 2012.

Secara geologi terobosan Gunung Sepikul termasuk lajur magmatisme Pulau Jawa Selatan yang berkaitan dengan lajur tektonik Jawa bagian Selatan. Proses magmatisme di selatan Pulau Jawa memiliki banyak variasi sehingga perlu dilakukan penelaahan secara lebih detail.

Tataan geologi daerah penelitian, secara fisiografi (van Bemmelem 1949), termasuk dalam lajur Pegunungan Selatan Jawa Timur, yang bagian utaranya berbatasan dengan lajur depresi yang ditempati Gunung Wilis (Nahrowi dkk, 1978). Kondisi geomorfologi daerah penelitian sebagian besar merupakan satuan perbukitan. Satuan perbukitan secara geologi disusun oleh terobosan granodiorit, diorit dan dasit, antara lain Gunung Sepikul dan Gunung Tanggul dengan ketinggian rata-rata perbukitan 300-600 dpl. Perbukitan *karst* sebagian besar menempati daerah timur dan selatan dari daerah penelitian, disusun oleh batuan karbonat dari Formasi Campur darat. Daerah pedataran umumnya disusun oleh endapan aluvial.

Geologi daerah penelitian telah dipetakan oleh Samodra dr. (1992) (Gambar 2). Urutan Stratigrafi

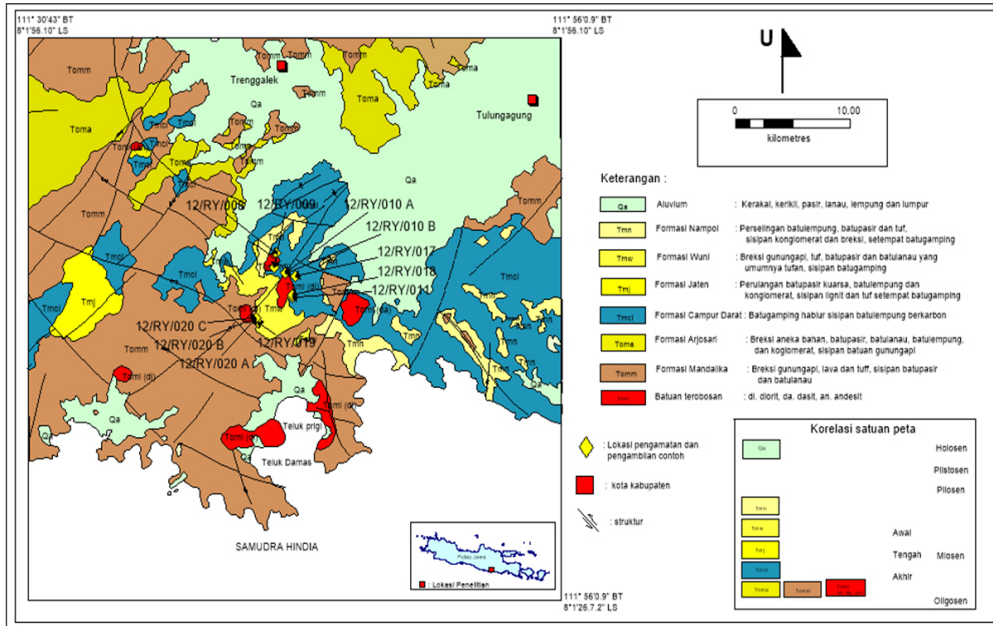
dari tua ke muda yaitu Formasi Mandalika dan Formasi Arjosari berupa kelompok batuan vulkanik, volkanoklastik dan batuan sedimen berumur Oligo-Miosen. Diatasnya Formasi Jaten berupa perselingan batupasir kuarsa, lempung dan konglomerat, seumur dengan Formasi Wuni berupa batuan vulkanik dan volkaniklastik dan Formasi Wonosari yang umumnya batugamping serta batuan terobosan (diorit, basalt, andesit, dasit) berumur Miosen-Pliosen. Unit-unit batuan di atas ditutupi batuan vulkanik, vulkaniklastik dan sedimen yang belum terkompakkan berumur Kuartar (Pleistosen-Holosen). Terobosan di daerah ini berupa granodiorit berwarna kelabu, lapuk agak kecoklatan, berkomposisi plagioklas, hornblenda, kuarsa, biotit dan mineral opak.

Berdasarkan data seismik, sumur bor dan pentarikan K-Ar Pulau Jawa bagian timur merupakan *mikroplate* (Granath, 2010). Menurut Granath, 2010 Pola struktur pada Pulau Jawa bagian timur terlihat memiliki kemiripan dengan pola pada kontinen margin Australia. Struktur utama di selatan Jawa Timur penelitian dipengaruhi oleh tektonik pengangkatan (Satyana, 2002).

Struktur geologi berupa perlipatan dan sesar yang sebagian besar berkembang pada batuan vulkanik dan vulkaniklastik. Arah umum sesar yang berkembang adalah Timurlaut-Barat daya hingga Barat laut-Tenggara dan sebagian Utara-Selatan dan Timur-Barat.



Gambar 1. Peta geografi Pulau Jawa bagian timur lokasi daerah penelitian ditunjukkan dengan kotak hitam.



Sumber: Peta geologi lembar Tulungagung Samodra, drr (1992)

Gambar 2. Peta geologi menunjukkan lokasi pengamatan dan pengambilan contoh daerah penelitian

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik petrologi dan geokimia batuan beku Gunung Sepikul. Penelitian ini bertujuan mengungkapkan gambaran tektonik dan melengkapi data petrologi lajur magmatisme Jawa bagian selatan.

Metodologi

Penelitian dilakukan dengan metode survei lapangan dan analisa laboratorium. Sebanyak 11 percontoh terpilih dianalisa berdasarkan petrografi dan geokimia unsur utama sedangkan unsur jejak dan unsur *Rare Earth Element* (REE) sebanyak 7 percontoh. Analisa petrografi menggunakan mikroskop polarisasi dan analisa geokimia dengan metode *X-Ray Fluoresence* (XRF) dan *Induced Couple Polarized – Measure Section* (ICP-MS) yang dilakukan di laboratorium Pusat Survei Geologi Bandung.

HASIL PEMBAHASAN

Gunung Sepikul merupakan dua terobosan, di lapangan tersingkap dengan morfologi berupa stock yang berdekatan di sebelah barat laut dan tenggara dengan jarak kurang lebih satu km (Gambar 3, 4, 5, 6 dan 7). *Stock* merupakan struktur batuan beku yang berukuran sedang (diskordan) memotong perlapisan batuan yang lebih tua yaitu Formasi Wonosari (Samodra drr. 1992). Terobosan terdiri atas diorit dan granodiorit (Gambar 8 dan 9).

Dari hasil 11 percontoh sayatan tipis yang telah

dianalisa dapat dikelompokkan menjadi batuan diorit dan granodiorit. Diorit secara makroskopis berwarna kelabu gelap, tekstur inequigranular, komposisi mineral plagioklas, *feldspar*, piroksen dan hornblenda (Gambar 10). Granodiorit berwarna kelabu cerah, tekstur porfiritik, komposisi mineral, fenokris plagioklas, kuarsa, hornblenda dan mineral opak pada masadasar *feldspar* dan kuarsa (Gambar 11).

Dari hasil pengamatan petrografi, diorit berwarna kelabu gelap, tekstur inequigranular, komposisi mineral plagioklas, kuarsa, piroksen, mineral opak dan sedikit mineral hornblenda. Mineral piroksen melimpah dengan bentuk euhedral-anhedral, mineral hornblenda mulai tumbuh dalam ukuran <1mm dengan bentuk anhedral dan pinggirannya teroksidasi. Petrografi batuan granodiorit memiliki tekstur porfiritik kuat, fenokris plagioklas, hornblenda, kuarsa dan mineral opak yang mencapai ukuran hingga 1cm dengan masadasar berupa mineral kristal plagioklas dan kuarsa dengan ukuran kecil dan mikrokristalin.

Hasil analisis geokimia unsur utama dan unsur jejak dan REE masing-masing disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Hasil analisa geokimia *whole rock*, unsur utama dalam %berat sebanyak 11 percontoh dan unsur minor dan REE dalam ppm sebanyak 7 percontoh. Dari hasil analisa unsur utama batuan terobosan terdiri atas diorit dan granodiorit dengan kandungan SiO₂ berkisar antara 58,73%-64,09% berat. Dari hasil analisis unsur minor dan REE kandungan Rb berkisar dari 14,66-18,98ppm sedangkan nilai Sr berkisar dari 124,55-400,43ppm.



Gambar 3. Terobosan Gunung Sepikul.



Gambar 4. Gunung Sepikul baratlaut.



Gambar 5. Terobosan Gunung Sepikul tenggara.



Gambar 6. Singkapan batuan diorit Gunung Sepikul baratlaut



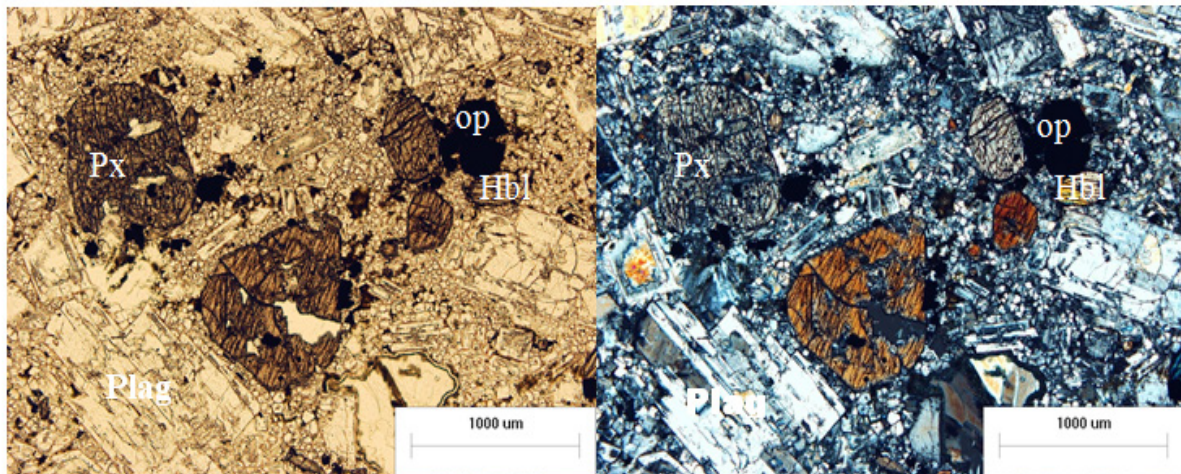
Gambar 7. Singkapan batuan granodiorit Gunung Sepikul tenggara



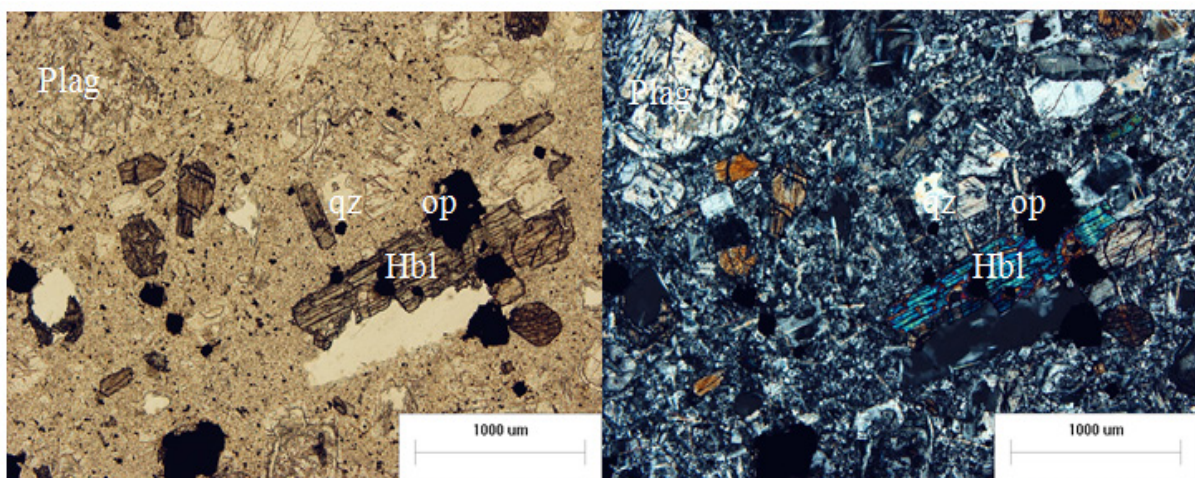
Gambar 8. *Close-up* Diorit dengan mineral, plagioklas kuarsa dan mafik mineral.



Gambar 9. *Close-up* granodiorit dengan fenokris plagioklas, kuarsa dan hornblenda pada masadasar plagioklas.



Gambar 10. Foto sayatan tipis kode percontoh 12 RY 10A diorit, dengan komposisi mineral plagioklas (plag), piroksen (px), mineral opak (op) dan hornblenda (hbl).



Gambar 11. Foto sayatan tipis kode percontoh 12 RY 08A granodiorit dengan, komposisi mineral plagioklas (plag), hornblenda (hbl), kuarsa (qz) dan mineral opak (op) tertanam pada masadasar feldspar dan kuarsa.

Tabel 1. Hasil analisa geokimia XRF unsur utama batuan Gunung Sepikul.

Kode per-contoh	12 RY 08	12 RY 09	12 RY 010 A	12 RY 010 B	12 RY 011	12 RY 017	12 RY 018	12 RY 019	12 RY 20 A	12 RY 020 B	12 RY 020 E
Unsur (%)											
SiO ₂	63,24	61,38	59,87	59,75	60,73	60,43	60,56	58,73	62,77	63,73	64,09
TiO ₂	0,43	0,44	0,47	0,45	0,37	0,46	0,47	0,68	0,30	0,34	0,32
Al ₂ O ₃	16,22	16,68	16,85	17,53	16,76	17,2	17,04	16,6	14,48	14,85	14,76
Fe ₂ O ₃ *	6,02	5,55	6,46	6,39	5,14	6,35	6,43	8,17	5,50	5,98	5,76
MnO	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,11	0,11	0,12	0,15	0,18	0,17
MgO	1,41	1,14	1,27	1,39	1,04	1,4	1,43	2,36	1,67	1,88	1,80
CaO	5,71	6,14	6,44	6,66	5,76	6,41	6,45	6,93	4,80	4,64	4,55
Na ₂ O	3,61	3,48	3,11	3,5	3,89	3,46	3,46	3,16	3,23	3,77	3,96
K ₂ O	1,51	1,03	1,08	0,99	0,71	1,01	1,16	0,77	0,94	1,05	0,95
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,15	0,15	0,33	0,16	0,15	0,19	0,29	0,32	0,32
LOI	1,56	3,42	3,88	2,51	4,38	2,52	2,23	2,08	3,56	2,86	2,90
Total	99,96	99,50	99,69	99,44	99,25	99,52	99,50	99,81	99,71	99,61	99,59

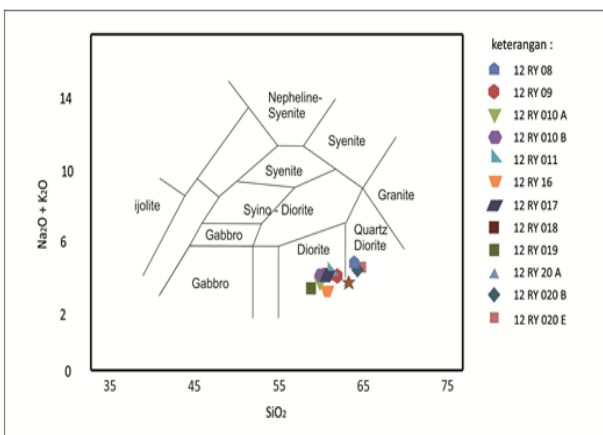
Tabel 2. Hasil analisa geokimia ICPMS unsur minor dan REE batuan Gunung Sepikul.

Kode per-contoh	12 RY 08	12 RY 09	12 RY 010 B	12 RY 011	12 RY 017	12 RY 018	12 RY 020 E
Unsur (ppm)							
Rb	18,96	17,78	15,66	14,66	14,38	16,38	18,98
Ba	107,65	106,93	101,88	101,57	95,95	97,24	117,15
Sr	124,55	400,43	213,10	291,53	223,10	233,80	271,52
La	6,22	3,60	4,14	6,85	4,59	4,68	6,86
Ce	11,87	8,89	8,86	14,22	9,70	9,74	14,78
Pr	2,66	2,10	1,98	2,88	2,29	2,35	2,79
Nd	9,96	7,38	6,19	11,20	8,39	8,73	10,57
Sm	3,38	2,71	2,55	3,49	2,92	3,09	3,20
Eu	1,38	1,34	1,33	1,54	1,38	1,38	1,48
Gd	3,04	2,27	2,13	2,90	2,46	2,58	2,50
Dy	3,84	2,97	2,17	2,94	3,11	3,34	3,02
Er	2,69	2,12	1,98	1,84	2,16	2,34	2,11
Yb	2,51	1,99	1,77	1,55	1,96	2,19	2,04
Y	19,01	13,55	12,1	11,98	14,16	15,70	13,54
Nb	5,34	5,41	5,29	5,79	5,19	4,51	6,40
Sc	18,26	13,20	13,73	7,35	12,73	13,20	6,63
V	153,87	122,71	125,35	41,12	120,29	120,41	33,59
Tb	0,94	0,82	0,79	0,85	0,85	0,87	0,85
Ho	1,10	0,92	0,88	0,88	0,95	1,00	0,93
Tm	0,58	0,51	0,49	0,47	0,52	0,54	0,52
Lu	0,65	0,58	0,55	0,52	0,57	0,61	0,59
Th	3,34	3,07	2,65	3,10	3,00	3,03	3,66
U	0,50	0,37	0,30	0,31	0,25	0,36	0,45

Analisa kandungan unsur utama, nilai total unsur kurang dari 100% berat dengan nilai deviasi ± 2,00% berat, sehingga hasil analisis geokimia dalam kategori baik. Nilai total unsur utama yaitu terendah 99,25% berat hingga mencapai 99,50% berat, dengan rata-rata 99,35% berat. Seluruh percontoh adalah segar, dengan nilai kandungan habis bakar (*Loss of Ignition/LOI*) <4% berat. Kandungan unsur-unsur oksida utama SiO₂ berkisar dari 58,87-64,43% berat dan kandungan MgO<2% berat, kandungan K₂O dari 0,71-1,51% berat, dengan kandungan TiO₂<1,25% berat.

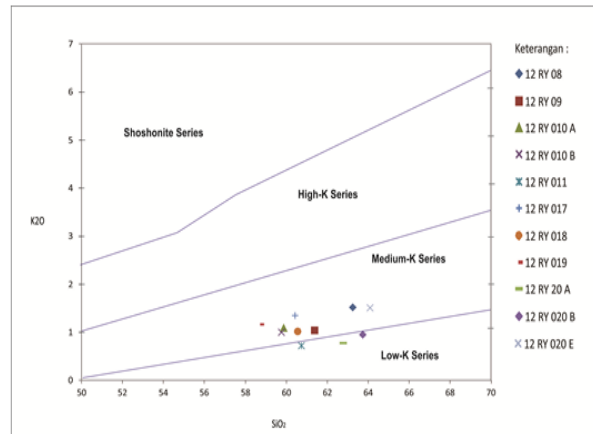
Klasifikasi batuan berdasarkan komposisi unsur utama K₂O+Na₂O terhadap SiO₂ (Cox, dr., 1979), batuan Gunung Sepikul adalah berkomposisi diorit-granodiorit (Gambar 12). Batuan Gunung Sepikul termasuk kedalam afinitas Medium *low-K* series (Chappel dan White (1974) dalam McCourt, (1996) (Gambar 13). Afinitas Medium *low-K* series pada percontoh batuan terlihat pada komposisi mineral mafik yaitu hornblenda dengan komposisi SiO₂ 53-74% berat dan rendahnya nilai Kalium (Chappel dan White 1974 dalam Winter 2001).

Setting tektonik dari hasil plot diagram diskriminan lingkungan tektonik Gunung Sepikul dari diagram laba-laba REE yang memperlihatkan pola *relative* sedikit naik termasuk subduksi (Rollison, 1993) (Gambar 14). Lingkungan subduksi tersebut didukung dari nilai unsur TiO₂<1,25% berat, MgO<3% berat dan nilai unsur Nb <10ppm. (Wilson, 1989). Kandungan unsur minor *Light Ion Lithophile Electrone* (LILE) relatif rendah nilainya. Hal ini disebabkan masih berkembangnya mineral piroksen dan mulai tumbuh mineral honblenda dalam jumlah kecil serta masih kaya silika.

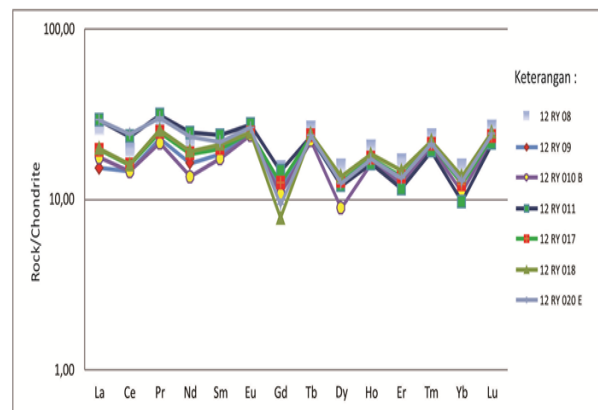


Sumber: Cox et al., (1979) dalam Wilson, (1989).

Gambar 12. Klasifikasi percontoh batuan Gunung Sepikul berdasarkan nilai (Na₂+K₂O) terhadap SiO₂



Gambar 13. Diagram K₂O terhadap SiO₂ (Rickwood 1989 dalam Winter 2001) percontoh batuan Gunung Sepikul termasuk Medium low-K series.



Gambar 14. Plot unsur minor dan unsur tanah jarang dari batuan Gunung Sepikul pada diagram laba-laba yang dinormalisasi kondrit Sun dan Mc Donough, 1989 (dalam Rollinson, 1993).

DISKUSI

Berdasarkan hasil pembahasan batuan Gunung Sepikul memiliki nilai kandungan unsur utama SiO₂ berkisar dari 58,87-64,43% berat, Al₂O₃ berkisar dari 14,48-17,53% berat, dan kandungan MgO berkisar dari 1,04-2,36% berat. Kandungan unsur jejak Sr berkisar dari 124,55-400,43 ppm, Y berkisar dari 11,98-19,01 ppm, Yb berkisar dari 1,77-2,51 ppm. Nilai unsur utama dan jejak mengindikasikan batuan tersebut termasuk ke dalam tipe adakit (Defand&Drumand, 1990., Castilo, 2012., Sano, dr., 2022).

Batuan adakit sebagaimana didefinisikan oleh Defant dan Drumand (1990) adalah batuan vulkanik dan batuan intrusi yang terbentuk dari peleburan sebagian magma basaltik lempeng samudra dibawah busur vulkanik, berumur muda <25Ma. Batuan adakit berkomposisi kaya silika SiO₂>56%, Al₂O₃ >15%, MgO<3% tinggi kandungan Sr/Y ≥40, dan La/

$Yb \geq 20$. Batuan tersebut juga memiliki nilai Sr tinggi >400 ppm dan unsur Y <18 ppm dan Yb $<1,9$ ppm rendah.

Hasil *ploting* percontoh batuan Gunung Sepikul pada diagram diskriminan Sr/Y vs Y terplot pada perbatasan area adakit dan andesit-dasit riolit *Arc* (Defand & Drumand, 1990; Gambar 15.). Satu percontoh dengan kode 12RY 09 merupakan batuan adakit dengan kandungan Sr 400,33 ppm.

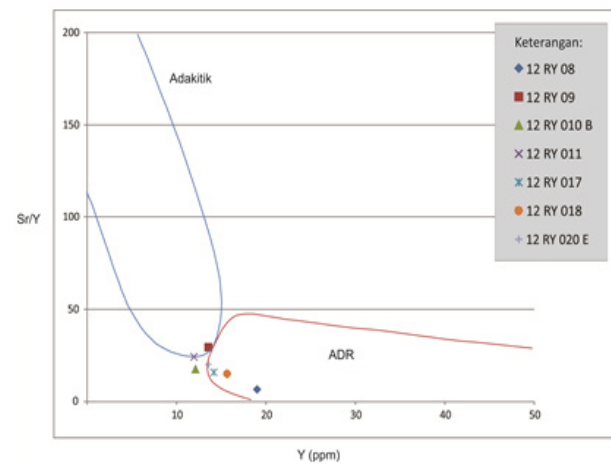
Batuan Gunung Sepikul di daerah Trenggalek ini memiliki kemiripan tipe batuan dengan daerah diselatan Jawa Timur yaitu batuan di daerah Pacitan yang bersifat adakitik (Baharudin dan Permadewi, 2012 dan Lintjewas, dr., 2021). Batuan kelompok adakit dari daerah Pacitan memiliki kandungan $SiO_2 > 55,79-61,35\%$, $Al_2O_3 > 18,29-19,46\%$, $MgO < 1,71-2,27\%$ tinggi kandungan Sr 150-845ppm, dan $La/Yb \geq 20$, unsur Y $< 11,15-20,58$ ppm dan Yb $< 1,05-1,65$ ppm (Baharuddin dan Permadewi., 2012). Batuan kelompok batuan adakit ditemukan juga pada intrusi Sintang, Kalimantan Barat dengan kandungan $SiO_2 > 56\%$, $Al_2O_3 > 15,22-18,78\%$, $MgO < 1,71-2,27\%$ kandungan Sr 416-1099ppm, dan $La/Yb \geq 20$, unsur Y $< 1-18$ ppm dan Yb $< 1-2,5$ ppm (Hartono dan Sulistyawan, 2006). Tipe batuan adakit dari daerah Pacitan berasosiasi dengan subduksi yang berumur Oligosen-Miosen (Baharuddin dan Permadewi., 2012) sedangkan batuan adakit dari intrusi Sintang, Kalimantan Barat berhubungan dengan subduksi yang berumur Oligosen akhir.

Percontoh batuan dari Gunung Sepikul diplot pada diagram kandungan MgO terhadap SiO_2 (Gambar 16) dan diagram kandungan Sr terhadap $CaO+Na_2O$ (Gambar 17), tipe batuan adakit dari daerah Gunung Sepikul berasosiasi dengan subduksi yaitu termasuk (*High Silica Adakite/ HAS*) (Martin.,2005, Wakabayashi and Shervais., 2012 dan Shervais, dr., 2019). Batuan tipe HAS dari subduksi *low pressure adakite* dengan setting tektonik pada *in front arc* dan mengalami awal dari proses fraksinasi (Ribeiro, dr., 2016 dan Tang, dr., 2017). Dari nilai unsur Eu/Eu^* yang dinormalisasi terhadap *Chondrite* berkisar dari 0,083 hingga 0,174 memiliki korelasi positif terhadap kandungan Sr menunjukkan fraksinasi mineral plagioklas. (Dash, 2015 dan Sheldrick, 2020).

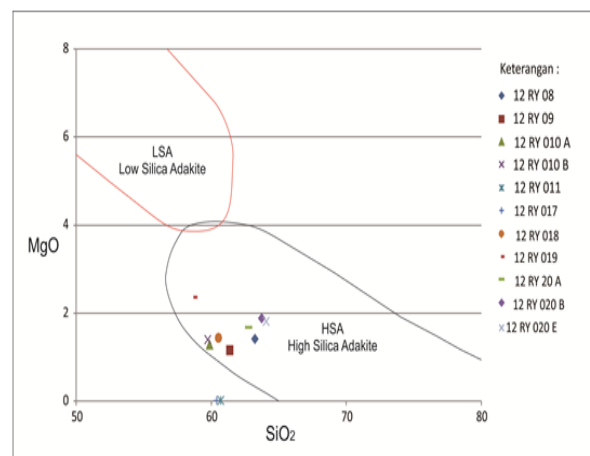
Tipe adakit dari kandungan Sr/Y vs Y, tingginya nilai Sr dan nilai $CaO+Na_2O$ dapat diinterpretasikan merupakan perkembangan fraksinasi dari sumber magma basaltik yang kaya akan mineral piroksen. Mineral ortopiroksen dan klinopiroksen tumbuh pada

batuan yang kaya kandungan MgO. Magma basaltik pada lajur selatan Pulau Jawa memiliki kemiripan tipe dari Gunung Sepikul dengan daerah selatan Pacitan. Batuan yang berumur dari Oligosen -Miosen pada lajur selatan Pulau Jawa dapat diasumsikan berasal dari sumber magma yang sama pada proses subduksi *low pressure* yang sudah mengalami fraksinasi.

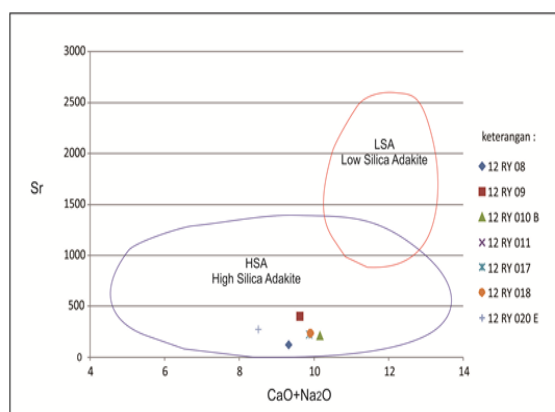
Penelitian detail dengan metode pengambilan percontoh yang lebih rapat serta lokasi pengambilan percontoh batuan dari bawah permukaan pada studi lanjut dari tipe batuan adakit Gunung Sepikul diharapkan dapat mengetahui hubungan magmatisme dengan proses mineralisasi yang berkaitan dengan mineral ekonomis didaerah ini.



Gambar 15. Plot percontoh batuan Gunung Sepikul pada diagram diskriminan tipe magma batuan berdasarkan unsur jejak Sr/Y vs Y dalam ppm (Defand&Drumand, 1990).



Gambar 16. Plot percontoh batuan Gunung Sepikul pada diagram diskriminan tipe adakit berdasarkan unsur MgO terhadap SiO_2 (Martin, 2005).



Gambar 17. *Plot* percontoh batuan Gunung Sepikul pada diagram diskriminasi tipe adakit berdasarkan unsur Sr terhadap CaO+Na₂O (Martin, 2005).

KESIMPULAN

Gunung Sepikul termasuk batuan terobosan yang berumur Miosen. Proses magmatisme berlangsung pada Miosen awal-akhir, berupa terobosan diorit dan granodiorit. Batuan terobosan Gunung Sepikul merupakan batuan terobosan dengan kelimpahan mineral plagioklas, piroksen dan hornblenda. Terobosan ini termasuk Batuan dengan afinitas *Medium-low-K* series dengan lingkungan tektonik orogenic. Terobosan Gunung Sepikul *bertipe low*

pressure adakit HAS dengan *setting* tektonik pada in front arc berhubungan dengan subduksi lempeng Hindia-Australia kearah utara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim metalogeni Jawa Timur Tahun 2012, dan Pusat Survei Geologi, Badan Geologi Bandung yang telah memberikan pendanaan dan fasilitas pada penelitian ini.

ACUAN

- Baharudin dan Permadewi, S., 2012. Indikasi batuan adakitik di Pacitan, Jawa Timur. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Vol. 22 No.4
- Castillo, P.R., 2012. Adakite Petrogenesis. *Lithos* 134-135, 304-316. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2011.09.01>
- Dash, B., Yin, A., Jiang, N., Tseveendorj, B., Han, B., 2015. *Petrology, structural setting timing, and geochemistry of cretaceous volcanic rocks in eastern Mongolia: constraints on their tectonic origin*. *Gondwana Research* 27 (1), 281–299.
- Defant, M, J. and Drummond, M.S. Derivation., 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, 347, 662-665.
- Granath, J.W., Christ, J.M., Emmet, P.A. dan Dinkelman, M.G., 2010. Pre-Tertiary of the East Java Sea revisited: a stronger link to Australia. *Proc. 34th Ann. IPA*.
- Hartono, U dan Sulistyawan, R.I.H., 2006. Identification of adakite from Sintang intrusive in west Kalimantan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Vol. 26 No.3
- Lintjewas, L., Al Kausar, A.A., Setiawan, I., Sun-Lin, C., Yu-Ming, L., Hao-Yang, L., 2021. Zircon geochronology and geochemistry of normal-ADR and adakite-like magmas from Cenozoic volcanism in Pacitan, East Java, Indonesia". AGU-Annual Meeting. <https://doi>
- Martin, H., Smithies, R.H., R., Moyen, J.F. dan Champion, D., 2005. An Overview of adakite, tonalite-trondhemitic-granodiorite (TTG) and Sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos* 79, 1-24.
- Nahrowi, T., Suratman, Y dan Hidayat, S., 1978. *Geologi Pegunungan Selatan, Jawa Timur*. Lemigas Cepu.
- Riberio, J., Grégoire, M., Maury, R.C., 2016. Are Adakite Sled Melts or High-pressure Fractionated Mantle Melts?. *Journal of Petrology*. <https://doi:10.1093/petrology/egw023>
- Rollinson, H. R., 1993. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. Taylor and Francis Ltd, Essex: 150p.
- Satyana, A.H. and Purwaningsih, M.E.M., 2002. Geochemistry and Habitat of Oil and Gas in the East Java Basin: Regional Evaluation and New Observations. *Proc. 31st Ann. IPA Surabaya*, pp. 68-102.

- Sano, T., Tani, K., Yoneda, S., Min, H., Htike, T., Thein, T.M.M., Ishizuka, O., Kusuhashi, N., Kono, R.T., Takai, M., dan Conway, C.E., 2022. Petrogenesis of isotopically enriched Quarternary magma with adakititic affinity associated with subduction of old lithosphere beneath central Myanmar. *Scientific reports*. 12:31-37.
- Samodra,Suharsono,S Gafoer.,dkk. 1992. *Geologi Lembar Tulungagung, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sheldrick, T.C., Barry, T.I., Millar, I., Barford, N. D., 2020. *Evidence for Southward subduction of the Mongol-Okhotsk oceanic plate: Implications from Mesozoic adakititic lavas from Mongolia*. *Godwana Res.* 79, 140-156.
- Shervais, J. W., Reagan, M., Haugen, E., Almeev, R. R., Pearce, J. A., Prytulak, J., Vetter, S. K. 2019. Magmatic response to subduction initiation: Part 1. Fore-arc basalts of the Izu-Bonin Arc from IODP Expedition 352. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 1–26. <https://doi.org/10.1029/2018GC007731>
- Tang, G. J., Q. Wang, D.A. Wyman, Sun, L. C., Chen, H. Y., dan Z.H. Zhao., 2017. Genesis of Pristine adakititic magmas by lower crustal melting: A perspective from amphibole composition. *Journal of Geophysical research: Solid Earth*, pp. 1934-1948.
- Wakabayashi, J., & Shervais, J. W. 2012. Introduction: Initiation and termination of subduction—Rock record, geodynamic models, and modern plate boundaries. *Lithosphere*, 4(6), 467–468. <https://doi.org/10.1130/LINT1.1>
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis: Global Tectonic Approach*, University of Leeds. Springer, Netherlands: 300p.
- Winter., 2001. *An Introduction to igneous an Metamorphic Petrology*. Prentice Hall.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*, 1A, Government Printing Office The Hague, 732p.