

MOBILITAS UNSUR KIMIA BATUAN ALTERASI HIDROTERMAL DI DAERAH PANASBUMI PARANGTRITIS YOGYAKARTA

by Dwi Fitri Yudiantoro

Submission date: 12-Aug-2019 02:17PM (UTC+0700)

Submission ID: 1159540075

File name: 9._Dwi_Fitri_Y-2017-Parangtritis-24-8-2017.docx (678.61K)

Word count: 2765

Character count: 17795

MOBILITAS UNSUR KIMIA BATUAN ALTERASI HIDROTERMAL DI DAERAH PANASBUMI PARANGTRITIS YOGYAKARTA

DF. YUDIANTORO^(*), I. PERMATA HATY^(*), SITI UMIYATUN CH.^(*),
DS. SAYUDI^(**), M.I. NUKI ADRIAN^(*)

^(*) Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

^(**) Badan Geologi

email: d_fitri4012@yahoo.com

Sari

Deretan gunungapi di Parangtritis merupakan bagian dari busur magmatik Tersier yang terletak di bagian selatan Pulau Jawa. Batuan penyusun daerah ini terdiri dari batuan gunungapi Formasi Nglanggran yang meliputi: breksi piroklastik dan lava andesit, yang ditutupi secara tidak selaras oleh batugamping Formasi Wonosari. Keberadaan sistem panasbumi di daerah ini ditandai dengan hadirnya manifestasi panasbumi seperti mata air panas dan batuan alterasi. Adanya batuan gunungapi, batuan alterasi dan air panas mencerminkan terdapat hubungan interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya. Hasil interaksi tersebut membentuk mineral ubahan seperti kuarsa, kalsit, montmorillonit dan hematit yang mengganti mineral primer piroksen. Identifikasi mobilitas unsur dari mineral primer menjadi mineral ubahan dilakukan dengan menggunakan metoda analisis petrografi dan *scanning electron microscope* (SEM). Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui mineral primer dan mineral sekunder, sedangkan analisis *scanning electron microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dan jenis mineral. Hasil dari analisis kedua metoda tersebut, maka dapat teramati proses mobilitas unsur dari mineral primer menjadi mineral sekunder dan proses penggantian mineral primer oleh mineral ubahan dapat diamati dari bagian tepi hingga tengah kristal piroksen.

Kata kunci: batuan, fluida hidrotermal, mineral sekunder, mobilisasi unsur

Abstract

The range volcanoes in Parangtritis are part of the Tertiary Magmatic arc that located in the southern part of Java Island. The area is composed of Nglanggran Formation volcano rocks which include: pyroclastic breccias and andresite lavas, which are covered unconformity by the limestone of the Wonosari Formation. The existence of the geothermal system in this area is characterized by the presence of geothermal manifestations such as hot spring and alteration rocks. The availability of volcanic rocks, alteration rocks and hot water reflects the interaction between the hydrothermal fluids with the rocks it passes. The results of these interactions form mineral alterations such as quartz, calcite, montmorillonite and hematite that replace primary pyroxene minerals. Identification of mobility element from primary mineral to mineral alteration was done by using petrography and scanning electron microscope (SEM) analysis method. Petrographic analysis was conducted to find out primary and secondary minerals, while analysis of scanning electron microscope (SEM) was done to get chemical composition and mineral type. The results of the analysis of both methods, it can be observed the process of element mobility of

primary minerals into secondary minerals and the process of replacing primary minerals by mineral alteration can be observed from the edge to the middle of the pyroxene crystal.

Keywords: rocks, hydrothermal fluids, secondary minerals, element mobilization

1. Pendahuluan

Kawasan Parangtritis merupakan salah satu kawasan edukasi yang sangat penting di wilayah Yogyakarta. Kawasan ini mempunyai nilai wisata, sejarah, budaya dan laboratorium alam geologi. Daerah penelitian ini terletak di Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu sekitar 20 km ke arah selatan kota Yogyakarta.

Keberadaan fosil gunungapi purba yang tersingkap di daerah ini merupakan bukti adanya kegiatan vulkanisme telah terjadi pada masa lampau. Fosil gunungapi purba ini berumur Tersier dan ditutupi oleh sedimen batugamping Wonosari. Batuan gunungapi purba meliputi batuan dari Formasi Nglanggran yang terdiri dari breksi vulkanik, intrusi diorit, andesit dan lava basalt dan andesit. Kelompok batuan tersebut di beberapa tempat mengalami alterasi hidrotermal, terlebih dengan dijumpai mata air panas di Parangwedang memberikan pengertian bahwa daerah ini mempunyai potensi panasbumi.

Dengan dijumpainya batuan gunungapi yang telah teralterasi, juga hadirnya mata air panas, maka fokus penelitian ini adalah mempelajari proses mobilitas unsur kimia pada batuan alterasi hidrotermal. Proses mobilisasi unsur kimia dipelajari dengan mengamati perubahan kimia mineral primer hingga menjadi mineral sekunder.

2. Geologi Parangtritis

Daerah penelitian merupakan bagian dari zona Pegunungan Selatan yang tersusun oleh batuan gunungapi yang berumur Tersier dengan membentuk daerah tinggian dengan morfologi kasar, sedangkan yang disusun oleh batugamping membentuk morfologi karst. Di sebelah utara zona ini berkembang morfologi produk Gunung Merapi yang berumur Kuartar. Sedang di bagian barat merupakan hamparan guduk pasir yang luas dan di bagian selatan merupakan lautan Samudra Hindia. Bemmelen (1949) menjelaskan bahwa zona Pegunungan Selatan Yogyakarta dan Jawa Tengah umumnya tersusun oleh batuan gunungapi berumur Tersier atau lebih dikenal sebagai Formasi Andesit Tua. Bentuk morfologi gunungapi ini tidak memberikan bentuk kerucut, karena telah tererosi dan terdenudasi.

Tatanan stratigrafi tertua zona Pegunungan Selatan adalah batuan metamorf yang berumur Pra-Tersier yang tersingkap di Pegunungan Jiwo, Bayat. Kemudian diendapkan secara tidak selaras batuan Tersier yang terdiri dari Formasi Kebo-Butak, Semilir, Nglanggran, Sambipitu, Oyo, Wonosari dan Kepek. Formasi yang mengandung bahan hasil kegiatan gunungapi meliputi: Formasi Kebo-Butak, Semilir, Nglanggran, Sambipitu dan Oyo. Penamaan satuan litostratigrafi Pegunungan Selatan telah dikemukakan oleh beberapa peneliti yang satu sama lainnya terdapat perbedaan. Perbedaan ini terutama antara wilayah bagian barat (Parangtritis-Wonosari) dan wilayah bagian timur (Wonosari-Pacitan). Usulan urutan stratigrafi Pegunungan Selatan bagian barat beberapa diantaranya dikemukakan oleh Bothe (1929) dan Surono (1989). Di bagian timur

diajukan oleh Sartono (1964), Nahrowi (1979) dan Pringgoprawiro (1985). Samodra dkk. (1989) mengusulkan tatanan stratigrafi di daerah peralihan antara bagian barat dan timur. Adapun peta geologi disusun oleh Raharjo dkk. (1977).

Batuan penyusun daerah penelitian terdiri dari Formasi Nglanggran, Formasi Wonosari dan Endapan Pantai. Mengikuti Surono dkk. (1992), maka daerah penelitian disusun oleh batuan Formasi Nglanggran yang terdiri dari batuan breksi vulkanik, intrusi diorit, andesit dan lava basalt dan andesit, sedangkan Formasi Wonosari tersusun oleh batugamping, serta endapan pantai yang berumur Kuartar terdiri dari endapan aluvial pasir pantai dan endapan aluvial sungai K. Opak. Formasi Nglanggran berumur Tersier dan merupakan hasil produk letusan gunungapi. Umur dari gunungapi ini menurut Soeria-atmadja dkk. (1990, 1991) berumur mulai dari Paleosen ($58,58 \pm 3,24$ jtl) hingga Oligo-Miosen ($33,15 \pm 1,00$ jtl – $24,25 \pm 0,15$ jtl). Afinitas gunungapi ini termasuk seri toleitik-kalk alkali dengan batuan penyusun terdiri dari basalt, andesit basaltik, andesit dan dasit (Soeria-atmadja dkk., 1990, 1991 dan Hartono, 2000). Formasi Wonosari terdiri dari batugamping yang berumur Miosen Tengah-Akhir, formasi ini menutup secara tidak selaras di atas Formasi Nglanggran. Kemudian akhir dari tatanan stratigrafi daerah penelitian terdiri dari alluvial pasir pantai dan sungai yang berumur Kuartar.

2. Metode Analitik

Pelaksanaan penelitian ini adalah melakukan identifikasi mobilitas unsur dari mineral primer hingga mineral ubahan. Analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui struktur, tekstur dan komposisi batuan, sedangkan analisis *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengetahui komposisi kimia dari mineral primer hingga mineral sekunder. Kedua analisa tersebut dilakukan terhadap batuan lava andesit piroksen teralterasi. Analisis *scanning electron microscope* dilakukan di BPPTKG Yogyakarta.

2. Hasil

2.1. Identifikasi Mineral

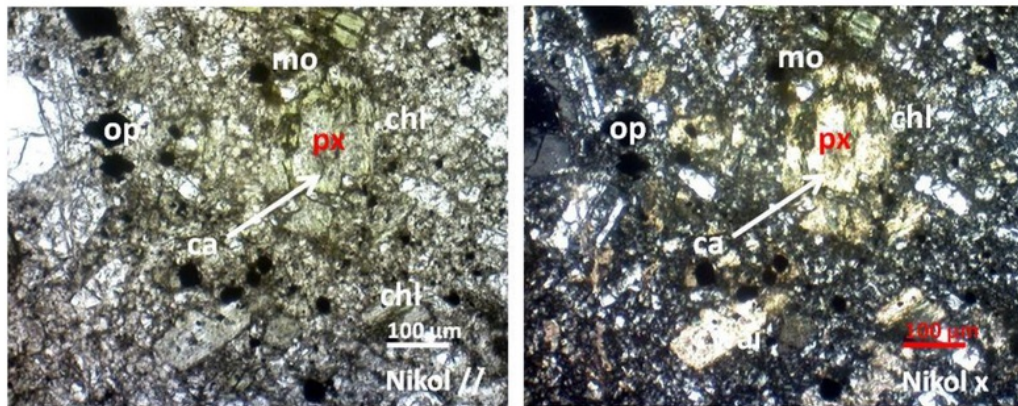
Identifikasi mineral dilakukan terhadap batuan lava andesit piroksen teralterasi dengan menggunakan analisis petrografi dan *scanning electron microscope* (SEM).

Hasil identifikasi mineral dari analisis petrografi terhadap lava andesit piroksen teralterasi menunjukkan, bahwa batuan tersebut berstruktur scoria, porfitritik inequigranular, suhedral-anhedral dengan ukuran butir 0,4-1,2 mm. Mineral primer sebagai penyusun batuan ini adalah plagioklas, piroksen dan mineral opa yang tertanam dalam masadasar gelas vulkanik. Secara umum mineral primer tersebut telah mengalami ubahan hidrotermal menjadi mineral ubahan meliputi: klorit, montmorilonit, kalsit, kuarsa (silika sekunder) dan mineral opa (Gambar 1.). Urat memotong batuan terisi oleh kuarsa, kalsit dan mineral opa (Gambar 2.). Adapun kehadiran mineral ubahan dapat dijelaskan sebagai berikut:

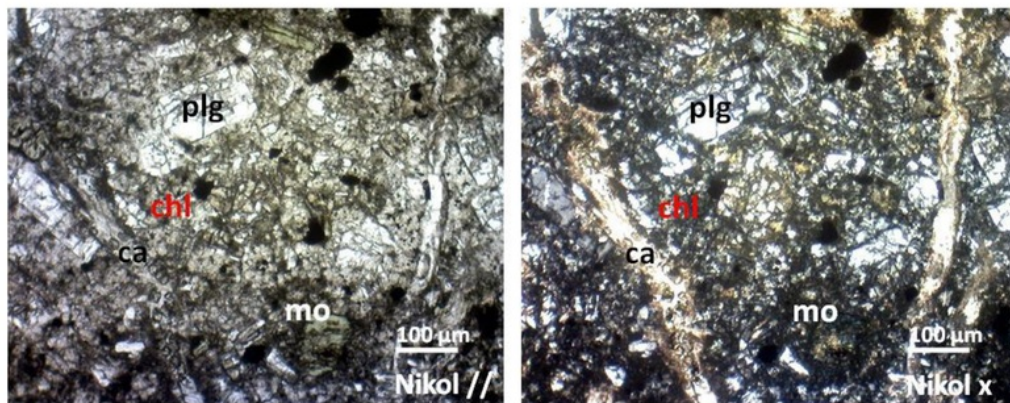
Klorit, hadir menggantikan fenokris dan masadasar. **Kalsit**, hadir menggantikan fenokris dan masadasar, serta pengisi urat bersama dengan mineral opa. **Kuarsa** (Silika Sekunder), hadir merubah fenokris dan masadasar, serta sebagai mineral pengisi di dalam urat dan rongga. Sebagai pengisi urat dan rongga hadir bersama kalsit dan mineral opa atau hematit.

Montmorillonit, jenis mineral lempung ini hadir di dalam batuan ubahan yang merubah fenokris dan masadasar. **Mineral karbonat**, terdiri dari kalsit. Mineral ini hadir merubah plagioklas, piroksen dan masadasar, serta dapat hadir sebagai mineral pengisi urat dan rongga. Beberapa kalsit dapat hadir bersama kuarsa dan montmorillonit. **Mineral opaq** berupa hematit, hadir merubah sebagian plagioklas, piroksen dan masadasar, serta dapat hadir sebagai mineral pengisi urat, rongga dan kadang menginklusi fenokris.

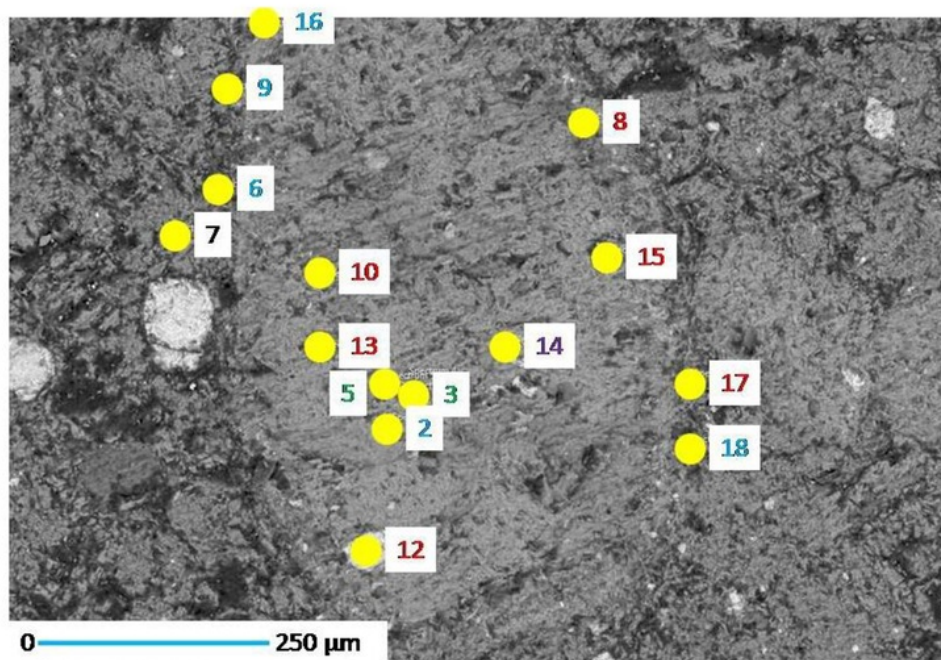
Pengukuran unsur kimia dari mineral piroksen dan mineral ubahan menggunakan analisis SEM pada sampel No. 49. Pengukuran unsur kimia dilakukan pada 15 titik pengukuran dan hasil pengukuran disajikan pada Tabel 1. Pengukuran dilakukan mulai dari tepi kristal piroksen hingga bagian tengah piroksen (Gambar 3.).



Gambar 1. Memperlihatkan batuan andesit piroksen terubah. Piroksen terubah menjadi montmorillonit, kalsit, klorit dan mineral opaq. Sedangkan masadasar gelas vulkanik juga terubah menjadi mineral ubahan yang sama. px: piroksen, chl: klorit, ca: kalsit dan op: mineral opaq.



Gambar 2. Memperlihatkan batuan andesit piroksen terubah yang terpotong oleh urat kalsit. px: piroksen, plg: plagioklas, chl: klorit, ca: kalsit dan op: mineral opaq.



Keterangan:

7: piroksen 2: klorit 12: montmorillonit 4: kalsit 12: hematit

Gambar 3. Titik-titik pengukuran unsur kimia mineral dari piroksen dimulai dari tepi kristal hingga bagian tengah kristal piroksen.

2.2. Mobilisasi unsur

Dari hasil pengamatan petrografi pada sampel No.49 menunjukkan kehadiran montmorillonit, klorit, kuarsa, kalsit dan mineral opa yang mengganti beberapa bagian piroksen mulai dari bagian tepi hingga tengah kristal. Hal ini diakibatkan oleh interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan, sehingga menghasilkan mineral ubahan (Steiner, 1953). Hasil interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan ini dipelajari dengan melakukan analisis kimia mineral yang diharapkan agar diperoleh pola perubahan unsur kimianya.

Karakteristik unsur kimia mineral mulai dari mineral primer hingga menjadi mineral ubahan (Tabel 1.) adalah sebagai berikut: **piroksen** menunjukkan komposisi SiO₂ (53,59%), TiO₂ (0,77%), Al₂O₃ (8,26%), Fe₂O₃* (33,47%), MgO (2,34%) dan CaO (1,56%). Komposisi **Klorit** dimulai dari bagian tepi kristal piroksen adalah SiO₂ (34,09-48,58%), Al₂O₃ (23,70-26,75%), Fe₂O₃* (24,71-11,02%), MgO (16,93-6,88%), CaO (0,56-4,07%) dan Na₂O (2,18-2,73%). **Montmorillonit** mempunyai komposisi: SiO₂ (53,22-60,11%), TiO₂ (32,17%), Al₂O₃ (2,37-32,77%), Fe₂O₃* (1,14-5,19%), MnO (1,49%), MgO (1,21-2,18%), CaO (1,56-2,58%), Na₂O (0,83-6,05%) dan K₂O (0,38-8,97%). **Kalsit** mempunyai kandungan komposisi: MnO (1,24%) dan CaO (98,76-100%). **Mineral opa (hematit)** mempunyai kandungan komposisi: SiO₂ (1,62%), TiO₂ (3,78%), Al₂O₃ (2,97%), Fe₂O₃* (89,52%) dan Na₂O (1,13%).

Mobilisasi unsur hasil interaksi fluida-batuan dalam proses hidrotermal yang terjadi pada mineral piroksen menjadi mineral ubahan dapat dipelajari pada diagram segitiga variasi unsur SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃* + MgO dan CaO (Gambar 4.). Pada diagram SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃+MgO tersebut menunjukkan mobilisasi unsur dari piroksen menjadi montmorillonit, klorit dan mineral opaq (hematit). Sedangkan diagram SiO₂-Al₂O₃-CaO menunjukkan mobilisasi unsur dari piroksen menjadi montmorillonit, klorit dan kalsit (Gambar 5.).

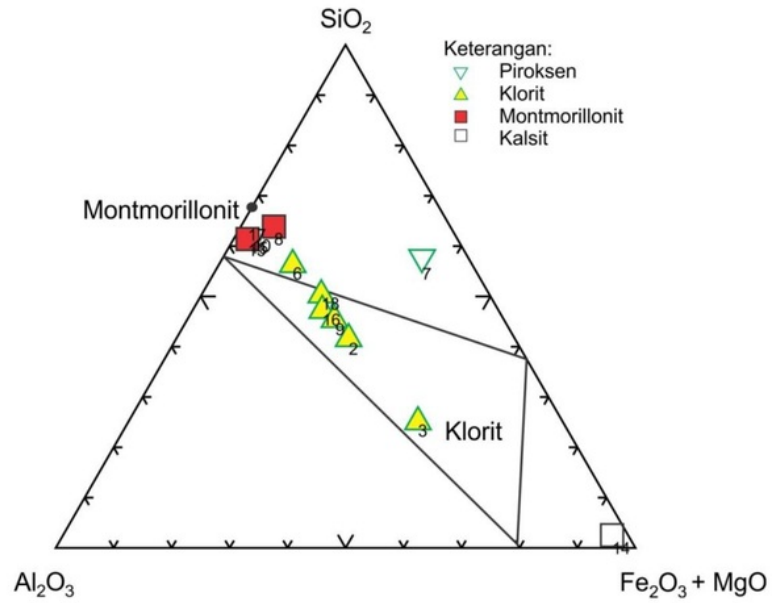
Pada diagram SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃+MgO menunjukkan bahwa pada proses penggantian piroksen menjadi montmorillonit, klorit dan hematit. Pada pembentukan klorit terjadi mobilisasi unsur SiO₂, Al₂O₃ dan Fe₂O₃+MgO. Unsur Al₂O₃ mengalami peningkatan atau pengkayaan dibarengi oleh penurunan unsur SiO₂. Sedangkan unsur Fe₂O₃+MgO mengalami sebagian penurunan dan sebagian mengalami peningkatan. Pada pembentukan montmorillonit terjadi peningkatan unsur SiO₂, Al₂O₃ yang diikuti oleh penurunan unsur Fe₂O₃+MgO. Pada pembentukan hematit diperlukan kondisi penurunan SiO₂ dan Al₂O₃ yang diikuti oleh peningkatan unsur Fe₂O₃+MgO.

Pada diagram SiO₂-Al₂O₃-CaO menunjukkan, bahwa pada proses penggantian piroksen menjadi montmorillonit, klorit dan kalsit. Pada pembentukan klorit terjadi mobilisasi unsur SiO₂, Al₂O₃ dan CaO. Unsur Al₂O₃ dan CaO mengalami peningkatan atau pengkayaan dibarengi oleh penurunan unsur SiO₂. Pada pembentukan montmorillonit terjadi peningkatan unsur Al₂O₃ dan CaO (sedikit) yang diikuti oleh penurunan unsur SiO₂. Mobilisasi unsur-unsur ini terjadi seperti halnya di lapangan panasbumi Kamojang, bahwa pada zonasi kaolinit-montmorillonit terjadi penambahan unsur Al₂O₃ (Yudiantoro, 1997). Sedangkan pada pembentukan kalsit diperlukan kondisi penurunan SiO₂ dan Al₂O₃ yang diikuti oleh peningkatan unsur CaO. Mineral lempung seperti kaolinit, illit, montmorillonit dan klorit adalah penciri zona argilik. Pada zona ini terjadi pengkayaan Al₂O₃ yang berikutnya penghilangan komponen kalium, magnesium dan besi (Zulkarnain, 1991).

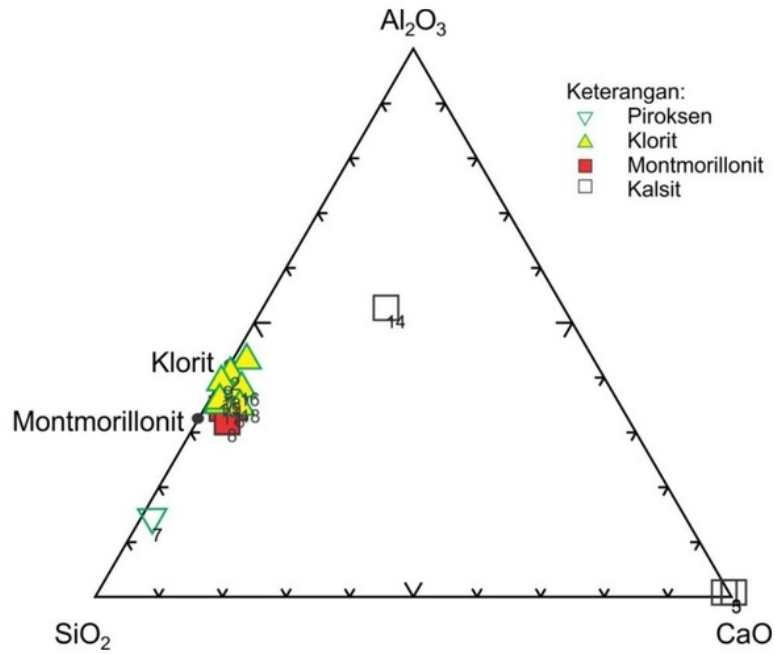
Zona argilik ini terbentuk pada temperatur zona ini sekitar 100°C (Tabel 2). Hal ini didasarkan atas hadirnya montmorillonit dan kalsedon berstruktur *colloform banding* menurut Reyes (1990), Arnorsson (1975) dan Inoue (1995).

Tabel 2. Temperatur indeks mineral ubahan (Arnorsson, 1975, Reyes dkk., 1993 dan Inoue, 1995).

MINERAL		TEMPERATUR			
		50	100	200	300° C
Mineral Primer	Piroksen	—————			
	Plagioklas	—————			
	Masadasar	—————			
Mineral Ubahan	Opal	- - - - -			
	Kuarsa	- - - - -			
	Kristobalit	- - - - -			
	Montmorillonit	- - - - -			
	Illit-Montmorillonit	- - - - -			
	Illit	- - - - -			
	Kalsit	- - - - -			
	Gypsum	- - - - -			
	Anhidrit	- - - - -			
	Klorit	- - - - -			
	Adularia	- - - - -			
	Wairakit	- - - - -			
	Epidot	- - - - -			
	Biotit	- - - - -			
Aktinolit	- - - - -				
Hematit	- - - - -				
Pirit	- - - - -				



Gambar 4. Memperlhatikan diagram $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{+MgO}$ yang menjelaskan mobilitas unsur dari piroksen yang tergantung oleh klorit, montmorillonit dan mineral opa.



Gambar 5. Memperlhatikan diagram $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ yang menjelaskan mobilitas unsur dari piroksen yang tergantung oleh klorit, montmorillonit dan kalsit.

3. Kesimpulan

- Hasil interaksi fluida-batuan dalam proses hidrotermal yang terjadi pada mineral piroksen menjadi mineral ubahan, yaitu membentuk mineral sekunder yang terdiri dari: montmorillonit, klorit, kalsit dan hematit yang terbentuk pada zona argilik. Zona ini terbentuk pada zona temperatur ini sekitar 100°C.
- Pada pembentukan klorit terjadi mobilisasi unsur Al_2O_3 dan CaO mengalami peningkatan atau pengkayaan dibarengi oleh penurunan unsur SiO_2 . Unsur Fe_2O_3+MgO di beberapa sampel sebagian mengalami penurunan dan sebagian mengalami peningkatan.
- Pada pembentukan montmorillonit terjadi peningkatan unsur SiO_2 , Al_2O_3 dan CaO yang diikuti oleh penurunan unsur Fe_2O_3+MgO .
- Pada pembentukan kalsit diperlukan kondisi penurunan SiO_2 dan Al_2O_3 yang diikuti oleh peningkatan unsur CaO .
- Pada pembentukan hematit diperlukan kondisi penurunan SiO_2 dan Al_2O_3 yang diikuti oleh peningkatan unsur Fe_2O_3+MgO .

4. Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Program Hibah Bersaing Dikti 2016 yang telah memberikan fasilitas untuk melakukan penelitian. Ucapan terimakasih juga untuk BPPTK-Badan Geologi untuk melakukan analisis *scanning electron microscope* (SEM) dan Laboratorium Petrografi Jurusan Teknik Geologi, UPN "Veteran", Yogyakarta yang telah memberikan sarana dan prasarana pengamatan sayatan tipis.

Daftar Pustaka

- Arnorsson, 1975 : Application of The Silica Geothermometer in Low-Temperature Hydrothermal Area in Iceland, *American Journal of Science*, **275**, 763-784.
- Bothe, A. Ch. D., 1929 : Djiwo Hills and Southern Range, *Fourth Pacific Sci. Congr. Exc. Guide*, 1929, 14 p.
- Browne, P.R.L., 1978 : Hydrothermal Alteration in Active Geothermal Fields, *Earth Planet Set*, 229-250.
- Browne, P.R.L., dan Brown, K.L., 1996 : Geothermal Technology: "Teaching the Teachers" Course Stage III, ITB Bandung Indonesia-University Auckland.
- Corbett, G.J., dan Leach, T.M., 1998 : Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization: Society of Economic Geologists Special Publication Number 6, 237 p.
- Deer, W.A.F.R.S., Howie, R.A., dan Zussman, J., 1985 : An Introduction to the Rock Forming Minerals, Longman Group Limited, 528 p.
- Deer, W.A.F.R.S., Howie, R.A., dan Zussman, J., 1992 : An Introduction to the Rock Forming Minerals, 2nd edition, Pearson Education Limited, 696 p.
- Hartono, G., 2000 : Studi Gunungapi Tersier: Sebara Pusat Erupsi dan Petrologi di Pegunungan Selatan Yogyakarta, Tesis Magister, ITB Bandung, 167 hal.
- Hedenquist, J.W., dan Richards, J., 1998 : The Influence of Geochemical Techniques on The Development of Genetic Models for Porphyry Copper Deposits; in Richards and Larson (ed.); *Techniques in Hydrothermal Ore Deposits Geology, Economic Geology*, **10**, 235-256.

- Idral, A., Suhanto, E., Sumardi, E., Kusnadi, D., Situmorang, T., 2003 : Penyelidikan Terpadu Geologi, Geokimia dan Geofisika Daerah Panas Bumi Parangtritis Daerah Istimewa Yogyakarta, *Kolokium Hasil Kegiatan Inventarisasi Sumber Daya Mineral-DIM*, hal.35-9.
- Inoue A., 1995 : Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments, In: Bruce Velde (edt) Origin and Mineralogy of Clay, Springer-Verlag, 334 p.
- Nahrowi, T.Y., Suratman, Kamida, S., Hidayat, S., 1979 : Geologi Pemetaan Pegunungan Selatan Jawa Timur, Bagian Explorasi, PPTMGS "LEMIGAS" Cepu, 56 p.
- Reyes, A.G., Giggenbach, W.H., Saleras, J.R.M., Salonga, N.D., dan Vergara, M.C., 1993 : Petrology and Geochemistry of Alto Peak, a Vapor-cored Hydrothermal System, Leyte Province, Philippines: *Geothermics*, **22**, 479-519.
- Richardson, S.M., dan McSween, H.Y.Jr., 1989 : *Geochemistry Pathways and Processes*, Englewood Cliffs, New Jersey, 208-235.
- Sartono, S., 1964 : Stratigraphy and Sedimentation of The Eastern Most Part of Gunung Sewu (East Java), *Publisi Teknik-Seri Geologi Umum No.1*, Direktorat Geologi Bandung.
- Surono, Sudarno, I., dan Toha, B., 1992 : Peta Geologi Lembar Surakarta-Girintoro, Jawa, skala 1:100.000, Direktorat P3G, Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., Suparka, M.E., dan Yuwono, Y.S., 1991 : Quaternary Calc-Alkaline Volcanism in Java with Special Reference to Dieng and Papandayan-Galunggung Complex. *Proc. International Conference Volcanology and Geothermal Technology*, IAGI-Bandung.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R.C, Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., dan Priadi, B., 1994 : Tertiary Magmatic Belts in Java. *Journal of Southeast Asia and Petrology*, **9**, 13-27.
- Steiner, A., 1953 : Hydrothermal Rocks Alteration at Wairakei, New Zealand, *Econ.Geol.*, **48**, 1-13.
- Yudiantoro D.F., 1997 : Kimia Batuan Ubahan Hidrotermal Sumur KMJ-49 dan Sumur KMJ-57 Lapangan Panasbumi Kamojang Jawa Barat, Tesis Magister Program Studi Teknik Geologi ITB Bandung, 146 hal.
- Yudiantoro, D.F., Suparka, E., Takashima, I., Ishiyama, D., Kamah, Y., 2012 : Alteration and Lithogeochemistry of Alteration Rocks at Well KMJ-49 Kamojang Geothermal Field West Java Indonesia, *Int.j.econ.env.geol.*, **3**(2), 21-32.
- Zulkarnain, Iskandar, 1991 : Lingkungan Fisika-Kimia Zona Alterasi Endapan Tembaga Porfiri Dengan Kasus Daerah Saar-Nahe, Jerman, *Riset Geologi Dan Pertambangan*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jilid 10, No.2. 22-30

Tabel 1. Hasil analisis unsur kimia yang diperoleh dari analisis SEM.

No.	7	2	9	16	18	6	8	13	15	10	17	3	5	14
Nama	px	chl	chl	chl	chl	chl	mo	mo	mo	mo	mo	ca	ca	hem
Oksida %														
SiO ₂	53,59	34,09	35,99	39,09	41,55	48,54	53,22	53,77	53,89	54,46	60,11			1,62
TiO ₂	0,77							32,17						3,78
Al ₂ O ₃	8,26	23,70	23,21	24,60	24,05	26,75	25,99	2,37	31,39	30,99	32,77			2,97
Fe ₂ O ₃	33,47	24,71	19,78	17,43	17,14	11,02	5,16		2,49	2,8	1,14			89,52
MnO			0,65	0,70				1,49					1,20	
MgO	2,34	16,93	19,99	16,65	11,29	6,88	4,55	1,21	1,7	1,81	2,18			
CaO	1,56	0,56	0,38	2,53	3,78	4,07	4,33		1,56	1,32	2,58	100	98,76	1,13
Na ₂ O					2,18	2,73	6,05	8,99			0,83			
K ₂ O							0,71		8,97	8,62	0,38			
Total	99,99	99,99	100	100	99,99	99,99	100,01	100	100	100	99,99	100	100	99,02

Keterangan: px: piroksen, chl: klorit, mo: montmorillonit, ca: kalsit, hem: hematit

MOBILITAS UNSUR KIMIA BATUAN ALTERASI HIDROTHERMAL DI DAERAH PANASBUMI PARANGTRITIS YOGYAKARTA

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes Off

Exclude matches < 500 words

Exclude bibliography Off