

EVOLUSI MAGMA BERDASARKAN ANALISIS GEOKIMIA DAN MIKRO TEKSTUR PLAGIOKLAS PADA INTRUSI ANDESIT GUNUNG JULANG DAERAH DESA CINANGSI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN CISITU, KABUPATEN SUMEDANG, PROVINSI JAWA BARAT

Suriawan¹, Hurien Helmi², Winarti³

^{1,2,3}Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp. (0274)487249

^{1,2,3}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik Dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Email: suriawan44@gmail.com, hurien.helmi@itny.ac.id, winarti@itny.ac.id

ABSTRAK

Pulau Jawa adalah bagian dari kepulauan busur vulkanik hasil subduksi lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara menunjam ke bawah lempeng Eurasia. Proses pembekuan magma menjadi batuan, dapat mengungkap banyak cerita dibalikinya. Jarak subduksi ke pembentukan batuan juga akan mempengaruhi unsur kimia apa saja yang menyertainya. Intrusi Andesit daerah penelitian merupakan bagian dari aktivitas magmatisme yang mempunyai keunikan yaitu memiliki warna yang berbeda di setiap lokasi pengamatan. Hal ini membuat peneliti tertarik untuk mempelajari perubahan komposisi dari intrusi andesit, mengingat belum ada kajian khusus mengenai genesis intrusi andesit daerah penelitian oleh peneliti sebelumnya. Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari analisis mikro tekstur dan analisis geokimia batuan menggunakan metode XRF (*X-ray Fluorescence*). Berdasarkan hasil analisis geokimia dan mikrotektur plagioklas, aktivitas magmatisme pada daerah penelitian telah mengalami evolusi hal ini terlihat dari terbentuknya tekstur yang berulang dalam satu fenokris menandakan bahwa adanya penambahan suhu yang tinggi dan interaksi dengan magma primitif serta lelehan yang kaya akan Ca yang diakibatkan pencampuran magma yang berskala besar. Karena hal tersebut bisa terjadi pada saat pencampuran magma (*magma mixing*). Pada dapur magma dangkal juga mengalami turbulensi oleh rotasi magma yang menyebabkan perubahan fisik dan kimia serta rekristalisasi atau tumbuhnya mikro tekstur tertentu. Kemudian didukung oleh data geokimia yang menunjukkan tahap diferensiasi magma terjadi pada *last stage* dengan afinitas magma yang tinggi *calc-alkaline series*.

Kata kunci : intrusi, evolusi magma, geokimia, mikro tekstur

ABSTRACT

Java Island is part of a volcanic arc archipelago resulting from the subduction of the Indo-Australian plate which moved north under the Eurasian plate. The process of freezing magma into rock can reveal many stories behind it. The distance from subduction to rock formation will also influence what chemical elements accompany it. Andesite intrusions in the research area are part of the magmatism activity which is unique in that it has a different color at each observation location. This makes researchers interested in studying changes in the composition of andesite intrusions, considering that there has been no specific study regarding the genesis of andesite intrusions in the research area by previous researchers. The method used in the research consists of micro-texture analysis and geochemical analysis of rocks using the XRF (X-ray Fluorescence) method. Based on the results of geochemical and microtextural analysis of plagioclase, magmatism activity in the study area has experienced an evolution, this can be seen from the formation of

repeated textures in one phenocryst, indicating that there is an increase in high temperatures and interactions with primitive magma and melts rich in Ca caused by the mixing of magma. large scale. because this can happen when magma mixes (magma mixing). In shallow magma chambers, turbulence is also experienced by magma rotation which causes physical and chemical changes as well as recrystallization or the growth of certain micro-textures. This is then supported by geochemical data which shows that the magma differentiation stage occurred at the last stage with a high magma affinity calc-alkaline series.

Keywords: intrusion, magma evolution, geochemistry, micro-texture

1. PENDAHULUAN

Pulau Jawa adalah bagian dari kepulauan busur vulkanik hasil subduksi lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara menunjam ke bawah lempeng Eurasia. Proses pembekuan magma menjadi batuan, dapat mengungkap banyak cerita dibaliknya. Jarak subduksi ke pembentukan batuan juga akan mempengaruhi unsur kimia apa saja yang menyertainya.

Intrusi Andesit daerah penelitian merupakan bagian dari aktivitas magmatisme yang mempunyai keunikan yaitu memiliki warna yang berbeda di setiap lokasi pengamatan. Hal ini membuat peneliti tertarik untuk mempelajari perubahan komposisi dari intrusi andesit, mengingat belum ada kajian khusus mengenai genesis intrusi andesit daerah penelitian oleh peneliti sebelumnya. Oleh karena itu, penulis mencoba mengkaji studi khusus mengenai intrusi andesit Gunung Julang untuk mengetahui genesis, diferensiasi magma, nama batuan, afinitas magma, lingkungan dan kedalaman pembentukan magma dengan menggunakan analisis geokimia, (XRF (*X-ray Fluorescence*)).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian terdiri dari beberapa tahap diantaranya yaitu studi literatur, pengambilan data lapangan, analisa geokimia batuan dan analisis mikro tekstur. Pengambilan data lapangan berupa pengambilan sampel batuan yang dimana pengambilan sampel dilakukan dengan syarat sampel harus segar dan tidak lapuk, serta tidak teroksidasi maupun teralterasi, diusahakan mewakili litologi yang akan dianalisis. Jumlah sampel secukupnya dengan ukuran kurang lebih setangan (*handspacement*). Analisa geokimia batuan dilakukan dengan menggunakan metode XRF untuk mengetahui unsur-unsur elemen utama pada batuan dan analisis mikro tekstur pada sayatan tipis untuk menentukan tekstur plagioklas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

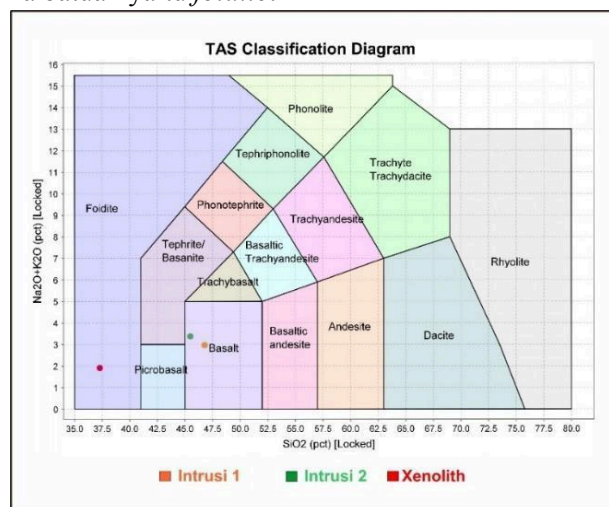
3.1 Analisis Geokimia

Hasil analisis uji kandungan senyawa kimia oksida intrusi andesit gunung Julang di Laboratorium Radiasi Yogyakarta - BRIN. Menunjukkan terdiri dari dua puluh tujuh senyawa. Hasil analisis geokimia tersebut sebelum dinormalisasi, dan dari hasil analisis geokimia didapatkan hasil unsur oksida utama seperti pada tabel yang telah dilakukan normalisasi (Tabel 5.15). Data-data geokimia tersebut dapat digunakan untuk mengetahui genesis intrusi yang meliputi jenis batuan dan afinitas magma, suhu pembentukannya, proses tahapan diferensiasi magma, asosiasi terhadap *setting* tektonik dan perhitungan kedalaman magma.

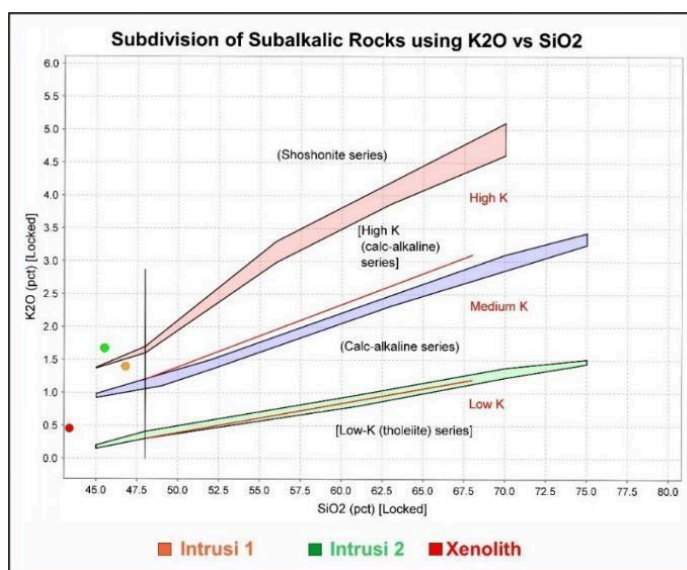
Tabel 1. Normalisasi unsur data geokimia

Unsur oksida utama	Intrusi 1	Intrusi 2	Xenolith
Na ₂ O	1,58	1,71	1,67
MgO	0,54	0,89	1,22
Al ₂ O ₃	13,05	13,02	15,66
SiO ₂	46,79	45,50	37,29
P ₂ O ₅	0,92	0,95	0,71
CaO	15,41	14,72	20,85
Fe ₂ O ₃	18,74	19,87	20,65
K ₂ O	1,40	1,67	0,25
MnO	0,36	0,33	0,33
TiO ₂	1,21	1,35	1,37
Total	100	100	100

Untuk penentuan jenis batuan mengacu pada diagram Le Maitre, dkk 1989 (Gambar 5.13). Pada diagram ini didasarkan pada kandungan SiO₂ (46,79) dan Na₂O + K₂O (1,58 + 1,40 = 2,98) pada intrusi 1, sedangkan pada intrusi 2 kandungan SiO₂ (45,50) dan Na₂O + K₂O (1,71 + 1,67 = 3,38) dari kedua sampel batuan tersebut menunjukkan nama batuan yaitu *basalt*, sedangkan pada xenolith dengan kandungan SiO₂ (37,29) dan Na₂O + K₂O (1,67 + 0,25 = 1,92) pada LP 58 yang menunjukkan nama batuan yaitu *foidite*.

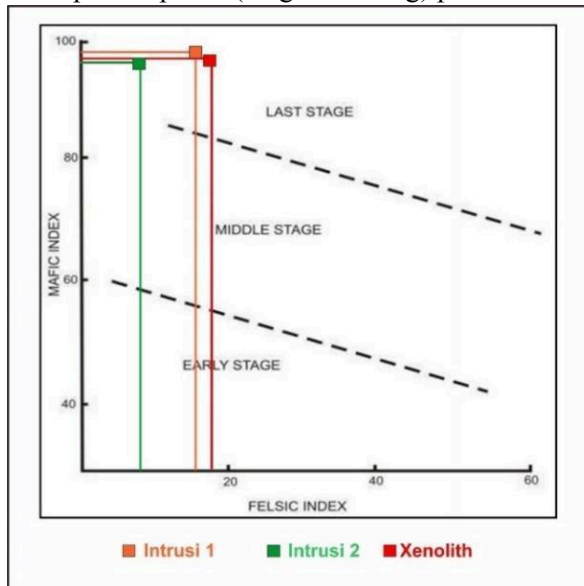
**Gambar 1.** Hasil plotting menggunakan klasifikasi batuan vulkanik berdasarkan TAS diagram (Le Maitre, 1989)

Untuk penentuan afinitas magma menggunakan klasifikasi Peccerillo dan Taylor (1976) yang didasarkan atas kandungan persen berat SiO₂ dan K₂O yang telah dinormalisasi. Dari hasil pengeplotan didapatkan hasil dari intrusi 1 adalah *basalt*, serta dihasilkan dari magma seri *High K calc-alkaline series* dengan kandungan SiO₂ (46,79) dan K₂O (1,40). Hasil dari intrusi 2 adalah *basalt*, serta dihasilkan dari magma seri *shoshonite series*, dengan kandungan SiO₂ (45,50) dan K₂O (1,67). Sedangkan hasil dari xenolith adalah *foidite*, serta dihasilkan dari magma seri *calc-alkaline series* dengan kandungan SiO₂ (37,29) dan K₂O (0,25).



Gambar 2. Hasil plotting menggunakan Diagram klasifikasi SiO₂ terhadap K₂O (Peccerillo dan Taylor, 1976)

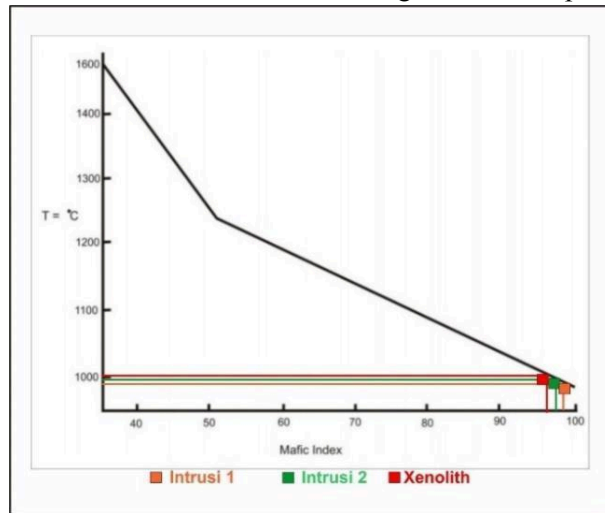
Penentuan tahap diferensiasi magma dapat menggunakan klasifikasi Thornton dan Tuttle (1960) dengan menggunakan perbandingan unsur felsic index (FI). Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh yaitu intrusi 1 dengan nilai (FI 16,19), intrusi 2 (FI 18,67), dan xenolith (FI 8,42). Diketahui bahwa hasil dari satuan batuan intrusi andesit Gunung Julang dalam diferensiasi *Last stage* atau magma mengalami percampuran (magma mixing) pada fase akhir.



Gambar 3. Hasil plotting menggunakan klasifikasi Thornton dan Tuttle (1960)

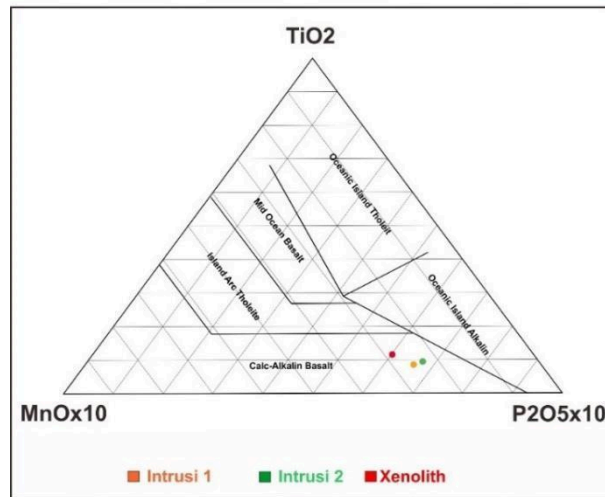
Pendugaan temperatur pembekuan magma dapat menggunakan klasifikasi menurut Tilley (1964) dengan mengetahui besarnya nilai indeks mineral gelap (MI) pada setiap sampel batuan. Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh yaitu intrusi 1 dengan nilai (MI 98,46), intrusi 2 (MI

97,61), dan xenolith (MI 96,88). Dari hasil pengeplotan pada diagram tersebut diketahui bahwa batuan intrusi 1 terbentuk pada temperatur kisaran 800°C - 900°C, sedangkan batuan intrusi 2 terbentuk pada temperatur kisaran 900°C - 999°C, sedangkan xenolith pada kisaran 1001°C



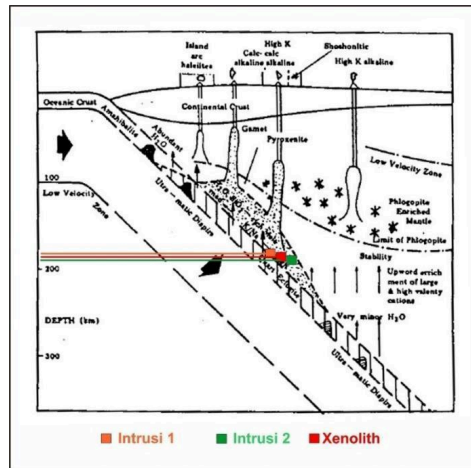
Gambar 4. Hasil plotting menggunakan kalsifikasi Tilley (1986)

Penentuan lingkungan tatanan tektonik magma dapat memakai klasifikasi Mullen (1983) dengan menggunakan perbandingan unsur TiO_2 , K_2O dan P_2O_5 yang telah dinormalisasi terlebih dahulu dengan hasil yaitu: intrusi 1 TiO_2 (1,21), K_2O (1,40) dan P_2O_5 (0,92) kemudian intrusi 2 TiO_2 (1,35), K_2O (1,67) dan P_2O_5 (0,95) dan xenolith TiO_2 (1,37), K_2O (0,25) dan P_2O_5 (0,71). Dari hasil pengeplotan pada diagram tersebut diketahui bahwa ketiga batuan tersebut merupakan produk dari (*Calc-Alkaline Basalt*)



Gambar 5. Plotting menggunakan klasifikasi Mullen (1983)

Untuk menentukan kedalaman magma asal batuan intrusi andesit Gunung Julang, digunakan rumus sebagai berikut: $h = [320 - (3,65 \times \% SiO_2)] + (25,52 \times \% K_2O)$ (h: kedalaman vertical magma) Berdasarkan data hasil perhitungan tersebut, sumber magma intrusi andesit Gunung Julang antara lain. Sumber magma (Intrusi 1) dari kedalaman ± 184,83 km, sumber magma (Intrusi 2) berasal dari kedalaman ± 196,64 km dan fragmen (Xenolith) berasal dari kedalaman ± 190,20 km menurut klasifikasi Withford dan Nicholls (1976)



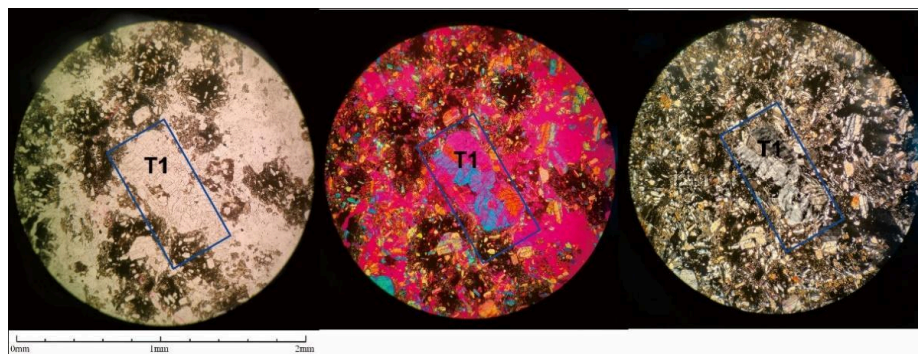
Gambar 6. Kedalaman magma asal dan lokasi pembentukan magma dan gunungapi di zona penunjaman (Withford dan Nicholls, 1976)

3.2 Analisis Mikro Tekstur

Pada plagioklas intrusi andesit Gunung Julang dapat dipelajari dalam menentukan genesis setiap magma. Plagioklas dengan variasi nilai An memberikan petunjuk mengenai pembekuan magma induknya. Banyak Penelitian yang membuktikan bahwa pertumbuhan plagioklas dengan An-tinggi terbentuk pada suhu tinggi dengan magma tekanan rendah pada kedalaman <6-8 km (Groove et al., 1982; Bartels dkk., 2000; Sano dan Yamashita, 2004).

3.2.1 Analisis Mikro Tekstur Plagioklas (Xenolith)

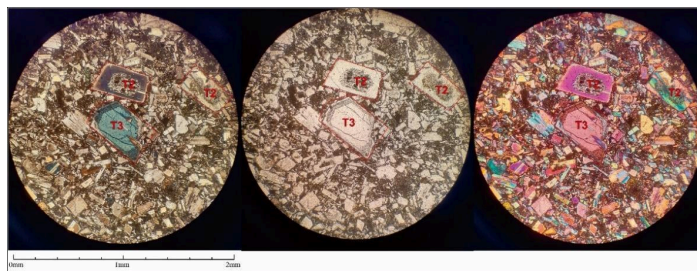
Dalam pengamatan sampel Lp 58 (xenolith) ini, analisis mikro tekstur plagioklas memperlihatkan mikro tekstur yang hadir sebagai fenokris mempunyai mikro tekstur berupa *Coarse-sieve* (T1). Tekstur T1 (CS) pada fenokris plagioklas ini terbentuk akibat pelarutan H₂O oleh perubahan injeksi magma pada suhu yang stabil. Tekstur T1 (CS) dapat mewakili periode peleburan atau rekristalisasi kristal karena interaksi dengan magma yang lebih primitif. Pada plagioklas berbentuk kasar sering dijumpai pada kristal plagioklas berukuran besar, ukuran tekstur mengecil secara bertahap ke arah tepi kristal, bagian tengah kristal tampak pecah. CS (T1) dapat ditemukan secara terpisah atau berhubungan, CS(T1) yang terpisah adalah lelehan inklusi yang tersebar secara acak, tidak menampilkan bentuk pola tertentu.



Gambar 7. Kenampakan micro tekstur *Coarse-sieve* (T1) pada Lp 58 (Xenolith)

3.2.2 Analisis Mikro Tekstur Plagioklas pada Lp 58 (Intrusi 1)

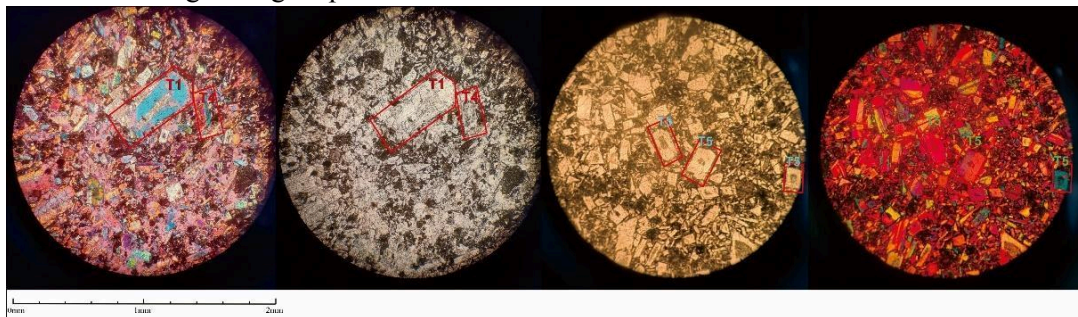
Dalam pengamatan sampel Lp 58 (intrusi 1) ini, analisis mikro tekstur plagioklas memperlihatkan mikro tekstur yang hadir sebagai fenokris mempunyai mikro tekstur berupa *Fine-sieve* (T2), dan *Fine-scale Oscillatory* (T3). Tekstur T2 (FS) berkembang pada saat fenokris mengalami pelepasan gas akibat dari interaksi dengan magma atau larutan yang kaya akan Ca yang lebih panas dan akan terus tumbuh karena kesetimbangannya terganggu oleh peningkatan FeO, Kristalisasi terbentuk pada zona yang belum mengalami diferensiasi magma (Tsuchiyama, 1985; Pearce et al., 1987; Landi et al., 2004 dalam Rejinth 2014). Tekstur T3 (FOS) zoning juga dijumpai berupa kenampakan mineral plagioklas yang menunjukkan pola satu kesatuan bentuk berlembar yang terdiri dari 5-15 lembar dalam satu kristal yang membentuk lapisan radial mineral ke arah luar, pola tersebut mengindikasikan pembentukan batuan terkena pengaruh aktivitas influks magma yang mengubah fisik dan kimia pada lelehan kristal sehingga komposisi mineral pada bagian terluar tubuh mineral yang melingkupinya dapat tumbuh tekstur lainya pada setiap lembarnya seperti FS(T2).



Gambar 8. Kenampakan micro tekstur *Fine-sieve* (T2) dan tekstur *Fine-scale Oscillatori* (T3) pada Lp 58 (Intrusi)

3.2.3 Analisis Mikro Tekstur Plagioklas pada Lp 57 (Intrusi 2)

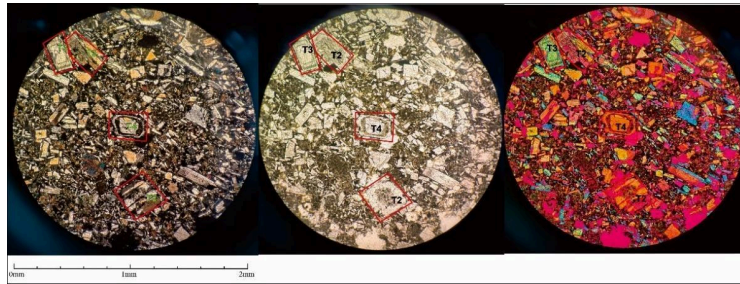
Dalam pengamatan sampel Lp 57 (intrusi 2) ini, analisis mikro tekstur plagioklas memperlihatkan mikro tekstur yang hadir sebagai fenokris mempunyai mikro tekstur berupa *Coarse-sieve* (T1), *Rounded zone corner* (T4) dan *Resorption surface* (T5). *Rounded Zone Corner* (T4) adalah tekstur yang berkembang dengan bentuk melengkung, bergelombang atau tidak mengikuti kristal induknya. Pola strukturnya garis bergelombang yang dimana tekstur ini terbentuk ketika melewati gradien magmatik sehingga terjadi pelarutan kecil saat melewati aliran magma. *Resorption surface* (T5) adalah sebuah tekstur berbentuk tegas dan hampir utuh pada kristal, yang memisahkan atau menandai batas zona pertumbuhan tekstur. Pada struktur ini hampir tidak dapat dipisahkan dengan struktur FOZ (T3), karena struktur ini hampir terlihat bersamaan dengan struktur FOZ tetapi menunjukkan perbedaan morfologi pertumbuhan kristal. Dimana tekstur ini terbentuk akibat pertumbuhan yang lebih intensif dan reaksi awal saat berinteraksi dengan magma primitif.



Gambar 9. Kenampakan micro tekstur *Coarse-sieve* (T1), *Rounded zone corner* (T4) dan *Resorption surface* (T5) pada Lp 57

3.2.4 Analisis Mikro Tekstur Plagioklas pada Lp 59

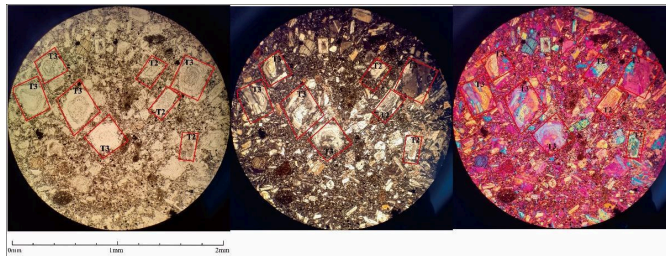
Dalam pengamatan sampel Lp 59 ini, analisis mikro tekstur plagioklas memperlihatkan mikro tekstur yang hadir sebagai fenokris mempunyai mikro tekstur berupa *Fine-sieve* (T2), *Fine-scale Oscillatori* (T3) dan *Rounded zone corner* (T4). Kondisi dinamika dan aktivitas magma membuat kristal plagioklas dalam magma ikut bergerak melewati gradien magmatik sehingga terbentuknya tekstur yang berulang dalam satu fenokris menandakan bahwa adanya penambahan suhu yang tinggi karena hal tersebut bisa terjadi pada saat pencampuran magma. Selain penambahan suhu yang tinggi pada dapur magma dangkal juga mengalami turbulensi oleh arus konveksi magma yang menyebabkan rekristalisasi atau tumbuhnya mikro tekstur tersebut.



Gambar 10. Kenampakan micro tekstur *Fine-sieve* (T2), *Fine-scale Oscillatori* (T3) dan *Rounded zone corner* (T4) pada Lp 59

3.2.5 Analisis Mikro Tekstur Plagioklas pada Lp 11

Dalam pengamatan sampel Lp 11 ini, analisis mikro tekstur plagioklas memperlihatkan mikro tekstur yang hadir sebagai fenokris mempunyai mikro tekstur berupa *Coarse-sieve* (T1), *Fine-sieve* (T2), *Fine-scale Oscillatori* (T3) *Rounded zone corner* (T4) dan *Resorption surface* (T5), *swallow-tailed* (T8) *Microlite* (T9). Adalah produk dari proses pergerakan magma ke permukaan, pelepasan gas dan letusan eksplosif berkembang di bawah lingkungan magmatik tertentu. *Microlite* (T9) adalah kristalisasi tahap akhir merupakan produk letusan atau pendingin setelah magma keluar ke permukaan bumi. Demikian pula dengan tekstur *swallow-tailed* (T8) juga terkait letusan, nanum pada intinya fenokris yang dominan mewakili plagioklas yg besar pada intrusi yang dipelajari karena kristal dengan nilai Un-tinggi akan menampilkan tekstur CS (T1) dari pada fenokris kecil dan sedang menunjukkan bahwa terbentuk setelah proses tumbuhnya tekstur CS (T1). Tekstur CS (T1) selalu terbentuk paling awal lalu tekstur FS (T2), FOZ (T3), *Glomerocryst* (T7) dan *Synneusis* (T6). yang berkembang dari proses yang kompleks dan berulang pada dapur magma dangkal sebelum letusan.



Gambar 11. Kenampakan micro tekstur *Coarse-sieve* (T1), *Fine-sieve* (T2), *Fine-scale Oscillatori* (T3) *Rounded zone corner* (T4) dan *Resorption surface* (T5), *swallow-tailed* (T8) *Microlite* (T9). Pada Lp 11

3.3 Pembahasan

Secara petrologi litologi sampel yang dilakukan analisis mikro tekstur merupakan satu tubuh batuan intrusi andesit Gunung Julang lokasi pengambilan sampel pada lp 58 diambil dua sampel yaitu intrusi andesit dan fragmen (*xenolith*), pada Lp 57, pada Lp 59, dan pada Lp11. Kemudian pengambilan sampel geokimia yaitu 3 sampel, pada lp 58 diambil dua sampel yaitu intrusi andesit dan fragmen (*xenolith*), dan pada Lp 57.

Proses terbentuknya kristalisasi pada daerah penelitian mengalami pembentukan kristal di ruang yang lebih dalam dengan lingkungan magmatik yang stabil. Kemudian kristal-kristal tersebut naik ke ruang yg lebih dangkal mengikuti jalur magmatik sehingga mengalami perubahan yang menyebabkan berkembangnya tekstur (T1) akibat adanya variasi intensitas magma dan perbedaan laju tekanan serta kandungan H₂O terlarut dalam magma (Viccaro dkk,2010). Pertumbuhan tekstur ini menandakan bahwa diferensiasi awal atau *early stage* mulai terjadi yang dimana tekstur ini terbentuk pada jalur magmatik akibat pelarutan H₂O. Pembentukan tekstur (T1) ini dengan ukuran yang besar terdapat pada batuan daerah penelitian berupa fragmen (Xenolith) dan intrusi 2 Lp57. Menandakan bahwa kedua batuan ini merupakan batuan yang pertama terbentuk pada daerah penelitian. Setelah pembentukan tekstur T1 kemudian tekstur ini mengalami perubahan fisik dan kimia selama melewati jalur magmatik sehingga tekstur awal (T1) ditumbuhi atau dilapisi kristal – kristal baru, ini terjadi akibat penambahan suhu yang tinggi oleh injeksi magma yang memiliki suhu lebih tinggi sehingga terbentuk tekstur T2, T3, T5 dan T6. Terbentuknya T2 yang berulang menandakan magma mengalami perubahan suhu tinggi, yang diakibatkan pencampuran magma yang berskala besar (Tsuchiyama, 1985), ditandai dengan kehadiran T5 hal ini menandakan diferensiasi magma kembali terjadi akibat interaksi dengan magma primitif dan pelarutan dengan lelehan magma yang kaya akan Ca pada *middle stage*. Yang dimana tekstur – tekstur ini berkembang pada intrusi 1 Lp58 dan Lp59. Kemudian tekstur T8 dan T9 mulai muncul akibat adanya magma mixing yang terjadi pada dapur magma yang dangkal diakibatkan oleh proses pergerakan magma ke permukaan dan mengalami penurunan suhu disertai dengan pelepasan gas dan air hal ini menandakan bahwa diferensiasi magma telah terjadi pada *last stage*. Pada fase ini tekstur T1 sudah semakin mengecil atau hampir terlihat lagi akibat pelarutan dan ditumbuhi kristal – kristal lain sehingga menghasilkan tekstur yang berbeda berupa T2, T3, serta T5.

Berdasarkan hasil analisis geokimia daerah penelitian menunjukkan diferensiasi magma terjadi pada *last stage* yang menandakan magma pada daerah penelitian mengalami perubahan dan pencampuran (*magma mixing*). Serta memiliki afinitas magma yang tinggi *calc-alkaline* yang di mana *calc-alkaline* merupakan larutan yang kaya akan Ca sehingga dapat dikaitkan dengan kehadiran T2 yang dominan pada mikro tekstur plagioklas serta didukung oleh kedalaman zona subduksi yang memiliki kedalaman sampai 196,64 km sehingga fase diferensiasi dan terjadinya magma mixing bisa terjadi sepanjang magma menuju ke permukaan. Dari kedua data tersebut membuktikan bahwa magma pada daerah penelitian telah mengalami evolusi, yang dimana proses diferensiasi magma bukan cuman pada *last stage*, tapi telah mengalami diferensiasi selama awal terbentuknya kristal. Namun proses diferensiasi magma pada daerah penelitian lebih intens terjadi pada last stage berdasarkan data geokimia dan hasil analisis mikrotekstur, dimana mikrotekstur yang hadir pada lp 11 sangat kompleks.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis geokimia dan mikrotekstur plagioklas, aktivitas magmatisme pada daerah penelitian telah mengalami evolusi hal ini dapat dilihat dari analisis mikrotekstur yang dimana pada setiap lokasi pengamatan mengalami diferensiasi magma terlihat dari terbentuknya tekstur yang berulang dalam satu fenokris menandakan bahwa adanya penambahan suhu yang tinggi dan interaksi dengan magma primitif serta lelehan yang kaya akan Ca yang diakibatkan pencampuran magma yang berskala besar (Tsuchiyama, 1985), karena hal tersebut bisa terjadi pada saat pencampuran magma (*magma mixing*). Pada dapur magma dangkal juga mengalami turbulensi oleh rotasi magma yang menyebabkan perubahan fisik dan kimia serta rekristalisasi atau tumbuhnya mikro tekstur tertentu. Kemudian didukung oleh data geokimia yang menunjukkan tahap

diferensiasi magma terjadi pada *last stage* dengan afinitas magma yang tinggi *calc-alkaline series*. Dari kedua data tersebut membuktikan bahwa magma pada daerah penelitian telah mengalami evolusi yang dimana proses diferensiasi magma bukan cuman pada *last stage*, tapi telah mengalami diferensiasi sejak awal terbentuknya kristal. Namun proses diferensiasi magma pada daerah penelitian lebih intens terjadi pada *last stage* berdasarkan data geokimia dan hasil analisis mikrotekstur, dimana mikrotekstur yang hadir pada lp 11 sangat kompleks

DAFTAR PUSTAKA

- Batson, R.M., Edwards. K. and Eliason, E.M.(1975) "Computer – generated shaded- relief Images", *Journal Research U.S. Geological Survey* 3 (4): 401-408
- Best, M. G., & Christiansen, E. H. (1991). Limited extension during peak Tertiary volcanism, Great Basin of Nevada and Utah. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 96(B8), 13509-13528
- Blundy J. dan Cashman K., 2005. Rapid decompression-driven crystallization recorded by melt inclusions from Mount. St. Helens volcano: *Geological society of America*.
- Bronto, S. (2010). *Geology of Ancient Volcanoes*. Bandung: Geology Agency, Ministry of Energy and Natural Resources.
- Dally, RA (1933). *Batuan Beku dan Kedalaman Bumi*. (Tanpa judul)
- Davidson, C., Crujic, D. E., Hollister, L. S., & Schmid, S. M. (1997). Metamorphic reactions related to decompression and synkinematic intrusion of leucogranite, High Himalayan Crystallines, Bhutan. *Journal of Metamorphic Geology*, 15(5), 593-612
- Heusser, CJ, & Flint, RF (1977). Glasiasi Kuartar dan lingkungan di utara Isla Chiloé, Chili. *Geologi*, 5 (5), 305-308.
- Ginibre, C., Kronz, A., & WoÈrner, G. (2002). *High-resolution quantitative imaging of plagioclase composition using accumulated backscattered electron images: new constraints on oscillatory zoning. Contributions to Mineralogy and Petrology*, 142(4), 436-448.
- Hall, R., 2012. *Late Jurassic – Cenozoic Reconstruction of The Indonesian Region and The Indian Ocean*. *Tectonophysics*, 570-571, pp. 1-41.
- Hamilton, W. B. (1979). *Tectonics of the Indonesian region* (Vol. 1078). US Government Printing Office.
- Hammer, J. E., Cashman, K. V., & Voight, B. (2000). Magmatic processes revealed by textural and compositional trends in Merapi dome lavas. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 100(1-4), 165-192
- Kirkpatrick, R. J. (1977). Nucleation and growth of plagioclase, Makaopuhi and Alae lava lakes, Kilauea Volcano, Hawaii. *Geological Society of America Bulletin*, 88(1), 78-84.
- Le Maitre, R.W. (ed.). 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. Oxford, Blackwell.
- Mullen, E.D. (1983) MnO/TiO₂/P₂O₅: A Minor Element Discriminant for Basaltic Rocks of Oceanic Environments and Its Implications for Petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, 62, h:53-62.
- Marsh, E. E., Hart, C. J., Goldfarb, R. J., Allen, T. L., Roots, C. F., & Emond, D. S. (1998). *Geology and geochemistry of the Clear Creek gold occurrences, Tombstone gold belt, central Yukon Territory. Yukon exploration and geology*, 185-196.
- Nelson, K. D. (1992). *Are variations in crustal thickness in old mountain belts such as the Appalachians a consequence of lithospheric delamination? Geology*, 20(6), 498-502.
- Noguchi, S., Toramaru, A., & Nakada, S. (2008). Relation between microlite textures and discharge rate during the 1991–1995 eruptions at Unzen, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 175(1-2), 141-155.

- Peccerillo and Taylor, 1976, Classification and Petrogenesis of K-rich Rocks, 317-321.
- Pearce, T. H., Gorman, B. E., and Birket, T. C., 1977, The Relationship Between Major Element Chemistry and Tectonic Environment of Basic and Intermediate Volcanic Rock, Earth Planet. Sci. Lett., 121-132.
- Renjith, 2014. Micro-textures in Plagioclase from 1994e1995 Eruption, Barren Island Volcano: Evidence of Dynamic Magma Plumbing System in The Andaman Subduction Zone, Geoscience Frontier.
- Rollinson, HR (1993). Interpretasi terrane dari Sabuk Limpopo Archaean. Majalah Geologi , 130 (6), 755-765 Ringwood, A. E., 1969, Composition and Evolution of The Upper Mantle, The Earth's Crust an Upper Mantle, Monograph, 1-17
- Rickard, M. 1972. *Fault Classification – Discussion*. Bulletin Geology Society of America, vol. 83 p. 2545 -2546.
- Sano, T., & Yamashita, S. (2004). Petrologi eksperimental lava basement dari Program Pengeboran Laut Babak 192: implikasi terhadap proses diferensiasi di magma Dataran Tinggi Jawa Ontong. Masyarakat Geologi, London, Publikasi Khusus , 229 (1), 185-218.
- Singer, D. A., Berger, V. I., Menzie, W. D., & Berger, B. R. (2005). Porphyry copper deposit density. *Economic Geology*, 100(3), 491-514.
- Sukandarrumidi,dkk.,2017, Belajar Petrologi Secara Mandiri, Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada, University Press.
- Szramek L., Gardner J.E., dan Larsen J., 2006. Degassing and microlite crystallization of basaltic andesite magma erupting at Arenal Volcano, Costa Rica, *Journal of Volcanology and Geothermal research*, vol 157, hal 182-201.
- Tilley, C. E. et al., 1964, Pyroxene Fractination in Mafic Magma at High Pressure and it Bearing on Basalt Genesis, *Gephys*, 114-121.
- Thornton, C., and Tuttle, O. F., 1960, Chemistry of Igneous Rocks, Pt. I. Differentiation inde. *Am. Jour. Sci*, 664- 684.
- Tsuchiyama A. 1985. Dissolution kinetics of plagioclase in the melt of the system diopside-albiteanorthite, and origin of dusty plagioclase in andesites: *Contrib. Mineral Petrol* vol 89, hal 1-16
- Viccaro, M., Nicotra, E., Millar, I.L., & Cristofolini, R. (2011). *Magma sources at Mount Etna volcano: perspectives from historic and recent lava Hf isotopic composition*. *Chemical Geology*, 281(3-4), 343-351
- Wilson, M., 1989. *Igneous Petrogenesis – A Global Tectonic approach*, published by HarperCollins Academic, London, UK, 466 p.
- Xu, X. S., Suzuki, K., Liu, L., & Wang, D. Z. (2010). Petrogenesis and tectonic implications of Late Mesozoic granites in the NE Yangtze Block, China: further insights from the Jiuhuashan–Qingyang complex. *Geological Magazine*, 147(2), 219-232.