

# PERILAKU PALEOVOLKANO SEMADUM BERDASARKAN KARAKTER GEOKIMIA DAN PETROLOGI, KECAMATAN TUJUH BELAS, KABUPATEN BENGKAYANG, PROVINSI KALIMANTAN BARAT

Fuad Nur Hussein<sup>1</sup>, Hill Gendoet Hartono<sup>1</sup>, Oky Sugarbo<sup>1\*</sup>, I Gde Sukadana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 09, Jakarta

\*Email: [okysugarbo@itny.ac.id](mailto:okysugarbo@itny.ac.id)

## Abstrak

Fenomena keberadaan fosil gunung api Semadum yang terletak di Desa Pisak, Kecamatan Tujuhbelas, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat memiliki umur Pliosen-Plistosen dengan morfologi berbentuk kerucut yang masih jelas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku gunung api Semadum berkaitan dengan karakter magma, pola dan tipikal erupsi serta sebaran produknya. Metodologi yang digunakan adalah kegiatan lapangan dan analisis geokimia menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF), Micro X-ray fluorescence ( $\mu$ XRF) dan petrografi. Gunung api Semadum secara geokimia tersusun atas produk basal, basaltik trakit andesit dan dasit dengan karakter magma basal hingga dasitik yang memiliki afinitas calc-alkaline yang berkaitan dengan proses subduksi menjadikan gunung api Semadum memiliki 5 periode aktivitas letusan bersifat efusif dan eksplosif dengan tipe letusan Strombolian-Vulcanian dengan kekuatan letusan berkisar VEI < 2 menjadikan sebaran produknya tidak terlalu luas hanya berpusat pada tubuh gunung api yang merupakan fase konstruksi.

**Kata kunci:** Volcano, Geokimia, Petrologi, Bengkayang, Kalimantan Barat

## Abstract

The phenomenon of the existence of the Semadum volcano fossil located in Pisak Village, Tujuhbelas District, Bengkayang Regency, West Kalimantan has a Pliocene-Pleistocene age with a clear cone-shaped morphology. The purpose of this study was to determine the behavior of the Semadum volcano in relation to the character of the magma, the pattern and typical eruptions and distribution of its products. The methodology used is field activity and geochemical analysis using X-Ray Fluorescence (XRF), Micro X-ray fluorescence ( $\mu$ XRF) and petrography. The Semadum volcano is geochemically composed of basaltic products, basaltic trachy andesite and dacite with basal to dacitic magma character which has a calc-alkaline affinity related to the subduction process, making Semadum volcano has 5 periods of effusive and explosive eruption activity with the Strombolian- Vulcanian type eruption with an eruption strength ranging from VEI < 2 makes the distribution of its product not too wide, it only centers on the body of the volcano which is the construction phase.

**Keywords:** Volcano, Geochemistry, Petrology, Bengkayang, West Kalimantan

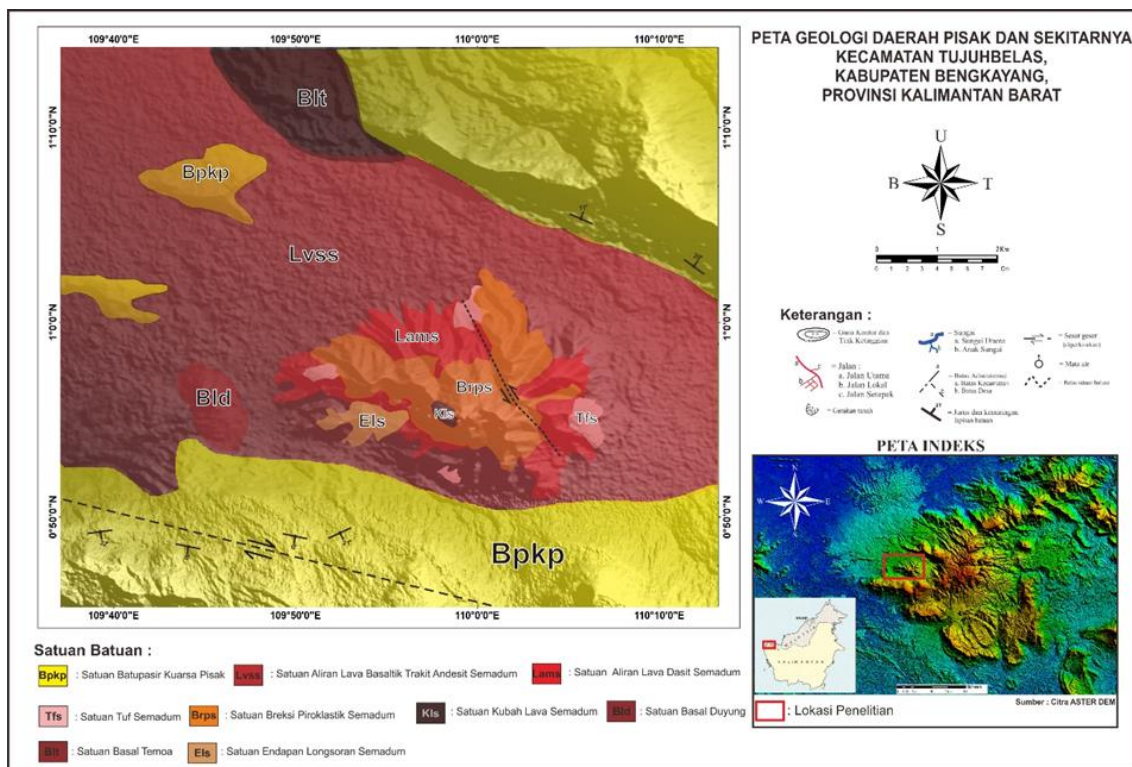
## 1. Pendahuluan

Pulau Kalimantan sendiri keberadaan gunung api aktif dipastikan tidak ada akan tetapi keberadaan jejak-jejak maupun fosil gunung api banyak dijumpai yang menandakan dulunya adanya proses vulkanisme daerah tersebut. Kalimantan Barat merupakan salah satu dari keberadaan fosil gunung api yang salah satunya terdapat dalam kompleks gunung api Niut yang keberadaan sumber-sumber gunung apinya belum terdeteksi secara pasti. Salah satu sumber pada kompleks Niut yaitu fenomena kemunculan gunung api Semadum yang berumur muda Pliosen-Plistosen [1][2]. Secara tektonik daerah penelitian masih menjadi pertanyaan apabila gunung api kompleks Niut terbentuk terkait subduksi melihat busur magmatisme kemungkinan di pengaruhi subduksi di Palawan [3]. Bentang alam daerah penelitian merupakan hasil sisa - sisa dari aktivitas gunung api yang memiliki produk batuan berkomposisi basal - dasit tampak dari jauh bentuk morfologi gunung api memanjang dan berbentuk relatif kerucut dengan relief landai sampai sangat curam (Gambar 1).



**Gambar 1.** Morfologi kerucut gunung api Semadum.

Pemetaan geologi gunung api pada lokasi penelitian yang berada pada area Dusun Pisak, Kecamatan Tujuhbelas, Kabupaten Bengkayang, Provinsi Kalimantan Barat teridentifikasi adanya satu sumber gunung api yaitu Khuluk Semadum atau gunung api Semadum [4]. Secara umum area penelitian tersusun oleh batuan beku maupun batuan gunung api dan batuan sedimen. Pembagian kelompok batuan terdapat 9 satuan batuan yaitu satuan batupasir kuarsa, satuan aliran lava basaltik trakit andesit, satuan aliran lava dasitik, satuan tuf, satuan breksi piroklastika, satuan kubah lava dasit porfiri, satuan basal duyung dan temoa (Gambar 2).



**Gambar 2.** Peta Geologi Daerah Penelitian [4]

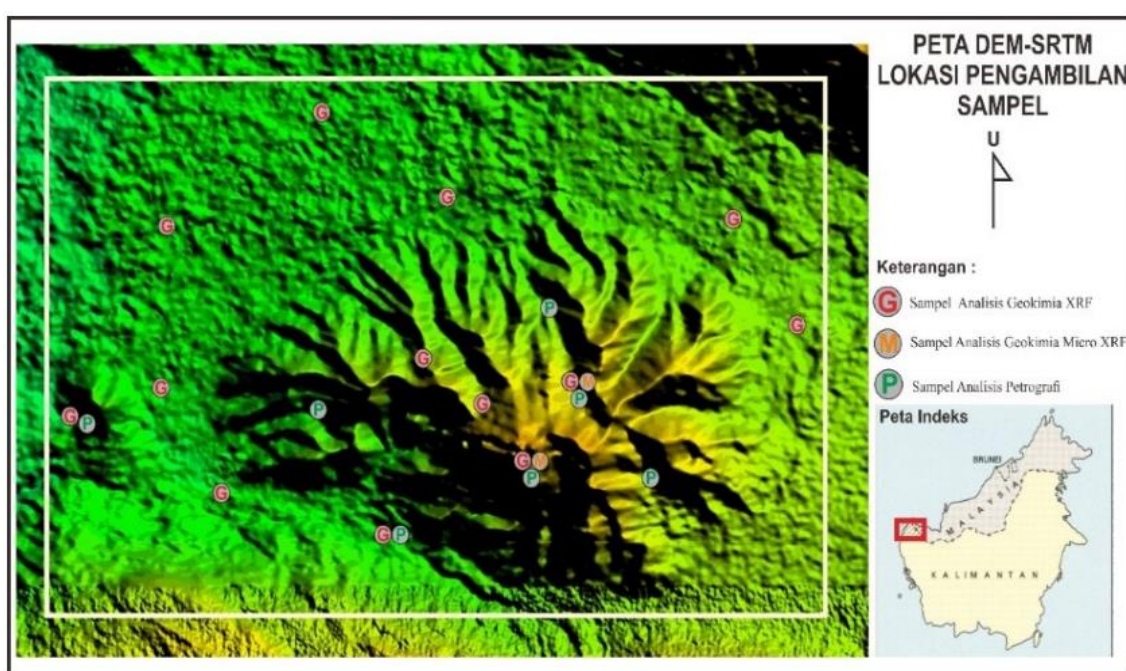
Para ahli yang telah melakukan kegiatan penelitian terkait geologi di daerah cagar alam gunung Niut (komplek Niut) apalagi membahas tentang geologi gunung api sangat minim sekali dan masih sangat kurangnya penelitian di daerah tersebut, sehingga dinamika geologi gunung apinya masih belum terungkap dengan pasti apalagi terkait perilaku gunung api Semadum terutama menimbulkan pertanyaan

besar terkait kemunculan yang menjadi fenomena geologi gunung api di Kalimantan Barat apalagi bentuk tubuh masih baik dan perkembangan dinamika produk erupsi dalam masa konstruksi masih terlihat jelas.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode pemetaan geologi permukaan yang didukung oleh analisis laboratorium. Pengambilan sampel batuan dilakukan pada hasil produk dari Gunung Api Semadum dan sekitarnya yang terbagi menjadi 2 kelompok batuan yang telah dihasilkan oleh gunung api Semadum yaitu kelompok produk lava (termasuk kubah lava) dan produk piroklastika (Gambar 3).

Analisis geokimia X-ray fluorescence (XRF) dilakukan pada 12 buah sampel batuan beku pada khaluk Semadum dan gumuk Duyung diantaranya 7 sampel dari aliran lava satu, 3 sampel dari aliran lava dua dan 1 sampel dari kubah lava dan pada gumuk Duyung 1 sampel berasal dari kubah lava. Posisi stratigrafi dalam pengambilan sampel secara umum dimulai dari yang paling tua adalah kelompok aliran lava kemudian di atasnya kelompok batuan piroklastika yang terkadang dijumpai sisipan dengan lava dan yang paling muda adalah kubah lava.



**Gambar 3.** Lokasi pengambilan sampel untuk analisis geokimia XRF,  $\mu$ XRF dan petrografi, peta dengan menggunakan citra DEM-SRTM

Analisis sampel batuan dilakukan di laboratorium Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, BATAN meliputi analisis petrografi dan geokimia. Analisis petrografi menggunakan mikroskop polarisasi, sedangkan geokimia batuan menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) meliputi unsur-unsur oksida mayor ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan unsur jejak (*Trace element*). Analisis pemetaan mineralogi secara spesifik dengan Micro X-ray fluorescence ( $\mu$ XRF) dengan parameter unsur oksida mayor dan unsur jejak diubah dalam program AMIC untuk mendapatkan penamaan mineral.

## 3. Hasil dan Analisis

Dari seluruh contoh batuan produk Semadum yang terambil dipilih kondisi sampel yang segar yang dianggap nilai hasil pengukuran akurat yaitu jumlah total oksida mayor dan unsur jejak mayor mendekati nilai 100 wt. 100% dengan toleransi  $\pm 2\%$ . Hasil analisis X-Ray Fluorescence (XRF) pada Gambar 4 sebagai berikut.



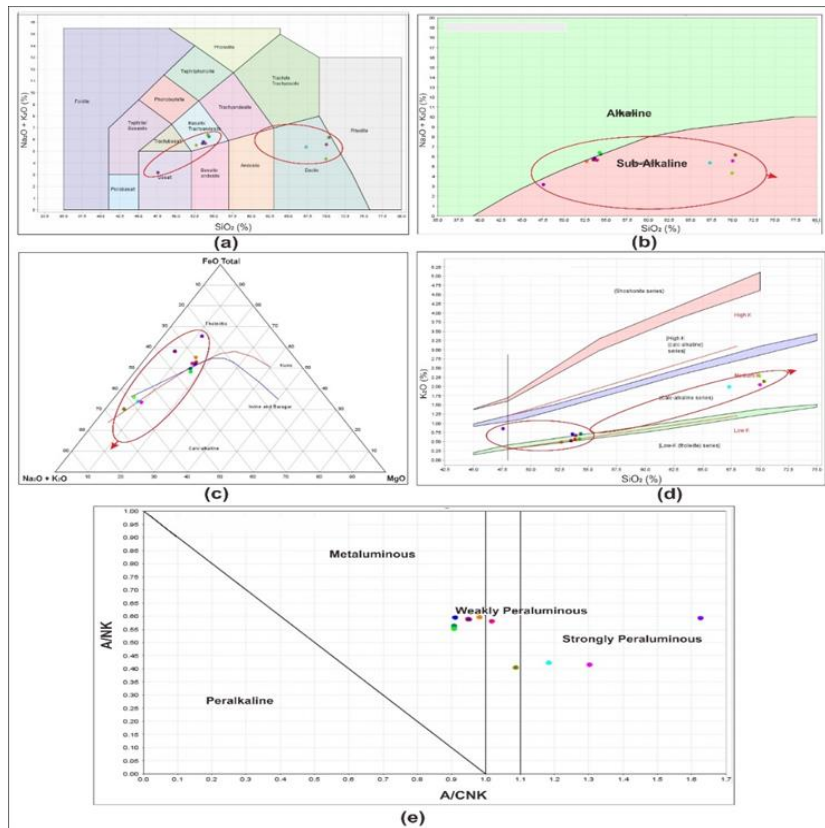
Sampe l	Produk Lava												Produk Piroklastika	
	SDN 03	SDN 94	SDN 40	SDN 115	SDN 34	SDN 138	SDN 125	SDN 108	SDN 93	SDN 118	SDN 50	SDN 122	SDN 46	SDN 56
<b>Oksida Utama (%)</b>														
SiO <sub>2</sub>	53.8	47.5	52.6	53.6	54.3	53.5	69.9	54.2	53.9	69	69.9	69.3	69	72
TiO <sub>2</sub>	1.32	1.12	1.43	1.37	1.19	1.15	0.39	1.25	1.42	0.43	0.37	0.38	0.61	0.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.7	19	21.4	20.6	20.5	20.8	16.3	20.6	21.7	17.8	23.5	15.7	24.9	22.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub>	10.7	10.1	11.3	10.5	10.1	10.5	3.25	9.86	10.1	3.65	2.99	3.49	5.16	3.11
MnO	1.24	0.92	1.39	1.3	1.18	1.2	0.61	1.15	1.04	0.44	0.5	0.58	7.72	1.41
CaO	2.98	1.64	2.76	2.99	2.94	1.17	0.55	3.10	2.71	0.90	0.44	0.75	0.12	0.51
MgO	7.09	3.81	7.15	7.41	7.01	7.08	3.345	6.93	6.82	3.13	0.86	3.10	0.14	0.19
Na <sub>2</sub> O	5.1	2.33	5.03	5.1	5.54	5.14	4.03	5.82	4.99	3.52	2.04	3.37	0.14	0.85
K <sub>2</sub> O	0.56	0.85	0.48	0.70	0.71	0.52	2.14	0.57	0.66	2.04	2.29	1.99	0.42	1.78
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.26	0.26	0.33	0.23	0.24	0.19	0.27	0.24	0.29	0.28	0.21	0.32	0.15	0.16
LOI	1.03	1.02	1.00	1.00	1.01	1.02	1.06	1.01	1.02	1.01	1.02	1.00	1.04	1.03
<b>Unsur Jejak dan Unsur Tanah Jarang (ppm)</b>														
V	220.1	219	238.9	225.7	194.2	215.2	49.1	197.5	173.4	84	33.7	82.2		
Cr	264.4	228.2	337	246.1	274.7	333.8	64.3	223.2	170.7	129.8	28.8	142.5		
Co	22.2	7.7	8	39.4	24.6	5.5	8.1	26.8	17.1	15.5	9.4	<3.8		
Ni	92.1	114.4	92.9	86.8	96.3	128.6	24.5	92.4	77	24	20.8	26.8		
Sc	<19	11	<10	<10	<17	<16	25.3	<20	<19	22.8	11.2	19.2		
Cu	71.1	60.4	57.8	50.5	68.6	79.1	10.3	61.8	58.9	22.2	22.4	21.8		
Zn	98.3	116.8	109	118	94.2	97.1	72.1	92.8	102.9	70.3	22.4	66.6		
Ga	18.3	25.5	22.8	20.4	20.8	17.1	17.2	14.9	17.7	24	23.6	22.2		
Rb	11.9	25.9	6.8	16.4	13.2	10.5	62.4	10.7	13.5	63.6	70.9	60.9		
Se	222.5	253.3	247.7	266.5	218.7	217.4	411.4	208.5	241.8	397.3	199.3	407.6		
Y	22.5	51.5	23.2	22.4	19.8	18.4	30.1	24	22.6	14.2	15.2	14.7		
Zr	128.1	238.8	133.3	128.6	111.5	101.9	225.9	111.4	124.2	223.5	253.4	220.5		
Nb	10.3	14.2	10.8	11.3	9.1	9.6	13.1	8.9	11.1	13.1	14.7	11.2		
Ba	163.2	388	181.7	206.6	110	113	462.3	180.7	123.4	475.8	520	501.5		
La	<9.5	51.1	16.7	14	<9.2	<11	75.6	<9.8	<9.5	47.4	47.7	43.4		
Ce	<12	64.9	22.3	21.8	<12	<14	97.6	12.7	13.7	79.4	76.2	71.6		
Na	<5.1	34.8	<16	23.8	<16	<18	82.4	<16	<16	55.8	42.1	43.9		
Sm	14.8	16.1	33.2	29.6	16.3	17.5	12.2	25.9	12.4	7.2	5.2	7.1		
Pb	9.5	10.4	4.1	7.1	4.8	2.8	11.5	6.4	8.8	12.7	13.8	13.1		
Th	<1.8	5.9	<0.4	<1.7	1.9	<0.4	10.6	<1.8	2	10	13.3	9.5		
U	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	1.8	<0.4	<0.4	1.2	1.5	3.3		

Gambar 4. Konsentrasi geokimia batuan gunung api Semadum

### 3.1. Karakter Geokimia Produk Gunung Api Semadum

Berdasarkan plotting Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (Alkali Total) dan SiO<sub>2</sub> (Silika) pada diagram Total Alkali Silika (TAS) batuan penyusun gunung api Semadum menunjukkan adanya kecenderungan pengaruh dari magma basa-asam menjadikan produk yang dihasilkan berupa basal, basaltik trakit andesit dan dasit (Gambar 5a). Pada diagram klasifikasi biner sebagai dasar unsur Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O vs SiO<sub>2</sub> sebagai pembagian afinitas batuan alkali vs sub-alkali menunjukkan batuan gunung api Semadum dominan kelompok sub alkali (Gambar 5b).

Diagram klasifikasi kimia terkait pembagi kelompok sub-alkali pada batuan vulkanik berdasarkan diagram terner AFM (A : Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O, F : FeO\*, M : MgO) menunjukkan bahwa batuan penyusun gunung api Semadum dominan mengarah ke kalk-alkali dengan pengayaan cenderung mengarah pada unsur Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O (Gambar 5c). Berdasarkan diagram klasifikasi K<sub>2</sub>O dan SiO<sub>2</sub> sampel batuan gunung api Semadum dicirikan dengan K<sub>2</sub>O yang sedang dengan kandungan SiO<sub>2</sub> dari rendah hingga tinggi menunjukkan dominan mengarah ke dalam golongan afinitas magma kalk-alkali (Gambar 5d). Berdasarkan plotting A/NK vs A/CNK batuan penyusun gunung api Semadum menunjukkan adanya kecenderungan sebagian besar batuan bersifat metalumina terdapat terdapat 4 sampel dan yang merupakan kelompok peralumina akibat dominansi komposisi aluminium terhadap jumlah kalsium dan alkali (Gambar 5e).

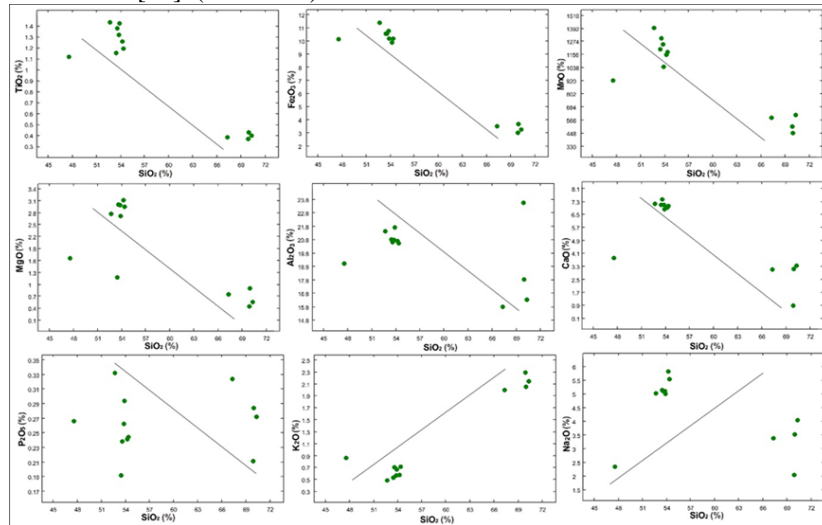


**Gambar 5.** (a) Diagram klasifikasi Total Alkali Silika vs Silika (TAS) [5]. (b) Diagram klasifikasi berdasarkan  $Na_2O + K_2O$  vs  $SiO_2$  sebagai pembagian afanitas batuan alkali versus sub-alkali [6]. (c) Diagram terner AFM (A :  $Na_2O + K_2O$ , F :  $FeO^*$ , M :  $MgO$ ) [7]. (d) Diagram klasifikasi biner  $K_2O$  vs  $SiO_2$  [8]. (e) Diagram klasifikasi biner A/NK vs A/CNK [9].

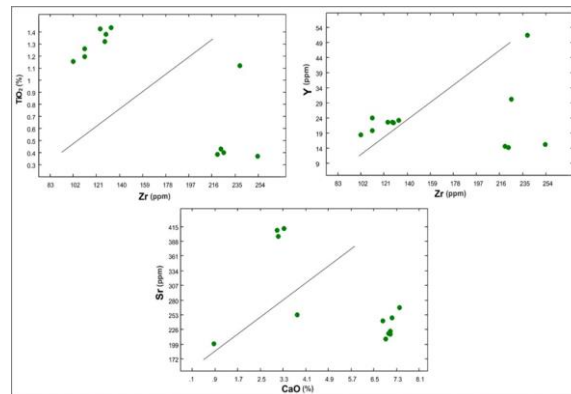
Diagram Harker sering dipakai untuk menjelaskan adanya proses diferensiasi magma berdasarkan unsur oksida utama [10]. Diagram unsur oksida utama berdasarkan variasi Harker pola relatif acak dan tersebar tidak beraturan dan sebagian relatif beraturan. Pola tersebut terlihat unsur-unsur sebagai dasar yaitu  $SiO_2$  terhadap unsur oksida utama lain memperlihatkan kecenderungan negatif tidak sistematis (tersebar) dengan unsur oksida utama lain. Pola kimia unsur dalam diagram variasi nampak sangat menyebarkan, hal ini disebabkan beberapa faktor unsur tertentu yang tidak merata pada masing-masing sampel batuan. Korelasi negatif dan korelasi positif yang diperlihatkan antara unsur-unsur memberikan indikasi kuat adanya proses difrensiasi magma terutama akibat dari kristalisasi fraksional terlihat dari  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  dan  $CaO$  adanya korelasi negatif terhadap  $SiO_2$  memperlihatkan keteraturan sesuai dengan kristalisasi fraksional terutama mineral plagioklas.  $MnO$  dan  $MgO$  menunjukkan pola korelasi negatif terhadap  $SiO_2$  sehingga dapat diinterpretasikan menunjukkan ada kesamaan magma. Unsur  $SiO_2$  dengan unsur  $K_2O$  menunjukkan adanya pola korelasi positif hal tersebut mengindikasikan kuat adanya difrensiasi magma berkaitan kristalisasi fraksional yang diakibatkan pada umumnya mineral ringan (felsik) berkaitan adanya perubahan magma basa berubah menjadi magma asam sehingga unsur ringan akan mengalami korelasi sama terhadap peningkatan kadar  $SiO_2$  [11]. (Gambar 6).

Unsur tertentu dapat dipakai juga sebagai adanya sebagai indikator adanya fraksionasi plagioklas adalah  $Zr$  vs  $TiO_2$ ,  $Zr$  vs  $Y$  dan  $CaO$  vs  $Sr$ . Determinasi berdasarkan unsur  $Zr$  merupakan unsur tidak kompatibel dengan fase mineral utama maka  $Zr$  menjadi diperkaya dalam lelehan fraksionasi [12]. Diagram variasi terutama  $CaO$  vs  $Sr$  menunjukkan adanya terdapat indikasi adanya fraksionasi plagioklas hal tersebut ditunjukkan adanya korelasi adanya peningkatan unsur  $Sr$  dengan diikuti peningkatan unsur  $CaO$ . Fraksionasi plagioklas ini juga terkait unsur yang memiliki sifat kompatibilitas yaitu  $Ti$ ,  $Zr$  dan  $Y$  dalam pembentukan awal mineral, unsur tersebut seharusnya harus ada peningkatan ketika terjadi proses fraksionasi. Trend kecenderungan adanya proses fraksionasi plagioklas selaras dengan peningkatan unsur  $TiO_2$  selaras dengan peningkatan unsur  $Zr$ . Fraksionasi plagioklas determinasi pada diagram berdasarkan

unsur Zr merupakan unsur tidak kompatibel dengan fase mineral utama maka Zr menjadi diperkaya dalam lelehan fraksinasi [12]. (Gambar 7).

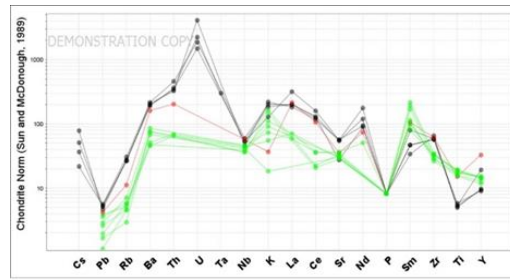


**Gambar 6.** Determinasi pada diagram Harker berdasarkan  $\text{SiO}_2$  sebagai dasar dengan unsur utama lain.



**Gambar 7.** Determinasi diagram variasi Zr vs  $\text{TiO}_2$ , Zr vs Y dan CaO vs Sr sebagai indikator adanya fraksinasi plagioklas.

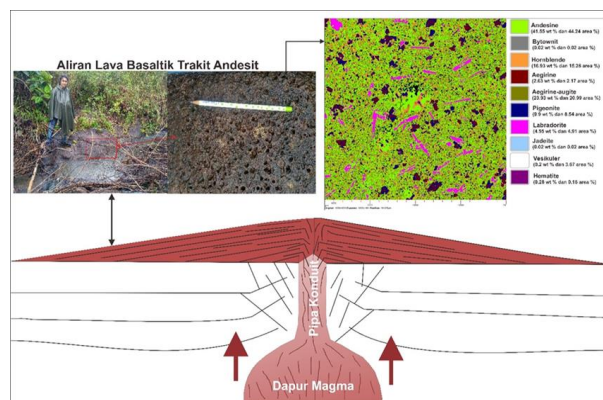
Berdasarkan diagram laba-laba yang dinormalisasi dengan kondorit (*chondrites*) yang merupakan bahan primitif sistem solar dan dianggap sebagai batuan induk bumi yaitu primitive mantle. Diketahui bahwa pada sampel gunung api Semadum cenderung mengalami pengayaan large ion lithophile elements (LILE) seperti Rb, Ba, K, dan Th kecuali Sr relatif terhadap REE. Pengayaan unsur Rb, Ba, K, dan Th serta pemiskinan unsur Nb, Zr, dan Ti merupakan ciri magma seri kalk-alkalin selain itu anomali negatif Nb dalam diagram laba-laba tersebut walupun tidak terlalu signifikan merefleksikan kehadiran residu fase yang mengandung unsur Nb dalam sumber magma selama proses partial melting atau efek kontaminasi kerak [12]. Kecenderungan lekukan unsur Nb dalam diagram laba-laba merupakan tipe magma yang tererupsikan pada lingkungan tektonik berkaitan dengan subduksi serta adanya sedikit lekukan negatif pada unsur Zr menandakan bahwa mineral sphene dan rutil mengalami fraksinasi [12]. Pada diagram laba-laba tersebut paling mencolok menunjukkan adanya peningkatan unsur-unsur ringan seperti U dan Th hal tersebut kemungkinan adanya pengaruh kontaminasi kerak yang lebih tebal terhadap magmanya dalam perjalanan ke permukaan akan lebih diperkaya [13] (Gambar 8).



Gambar 8. Diagram laba-laba ternormalisasi primitive mantle [14].

**3.2. Perilaku Gunung Api Semadum**

Mengacu pada posisi sampel yang sudah dijelaskan sebelumnya, diinterpretasikan pada fase pertama gunung api Semadum menghasilkan produk berupa aliran lava basaltik trakit andesit hal ini sangat dipengaruhi oleh komposisi magma. Komposisi magma pada fase pertama secara kimiawi menunjukkan adanya kandungan SiO<sub>2</sub> berkisar 53-55 % menunjukkan sifat magma bertipikal basaltik. Tipikal basaltik ini memiliki temperatur tinggi dan adanya karakter tingkat kekentalan (viskositas) magma relatif encer sehingga mudah mengalir. Pemetaan mineralogi menunjukkan fraksinasi plagioklas berupa bytownite – labradorit – andesine. Struktur pada fase awal produk yang dihasilkan dari proses erupsi ini yang khas berupa adanya struktur pada aliran lava berupa vesikuler-skoria yang mengindikasikan kandungan gas yang tinggi yang berkaitan erat dengan proses kecepatan pembekuan dan pelepasan gas pada permukaan terkiat udara bebas maupun masa yang lebih dingin berupa air [15]. Gunung api Semadum sesuai dengan sifat kegiatan atau mekanisme keluarnya magma ke permukaan terjadi erupsi secara lelehan (*efusive eruptions*) dikarenakan rendahnya tekanan gas yang terkandung di dalam magma. Magma yang mempunyai tipikal basa sangat sedikit keterbentukan gas dan volatil serta tekanan gasnya sangat kecil atau rendah karena temperaturnya sangat tinggi sehingga volatil masih terlarut dalam cairan magma (dapur magma) sehingga gas dan volatil tidak keluar menuju permukaan [16]. Produk aliran lava basaltik trakit andesit ini sebarannya relatif ke arah barat dari pusat erupsi dengan ketebalan singkapan yang tipis akan tetapi dengan luas sebaran ± 20 km yang menunjukkan tingkat mobilitas tinggi dan tingkat kekentalan sangat cair sehingga mudah bergerak/mengalir ditunjang magma yang dikelurakan dengan volume yang sangat banyak mengakibatkan terbentuknya seperti banjir aliran lava basaltik trakit andesit (*flood basaltik lava*) menunjukkan seperti tipe letusan Hawaiian dimana lava mengalir sangat luas yang kemungkinan memenuhi daerah rendah di area lokasi penelitian (Gambar 9).



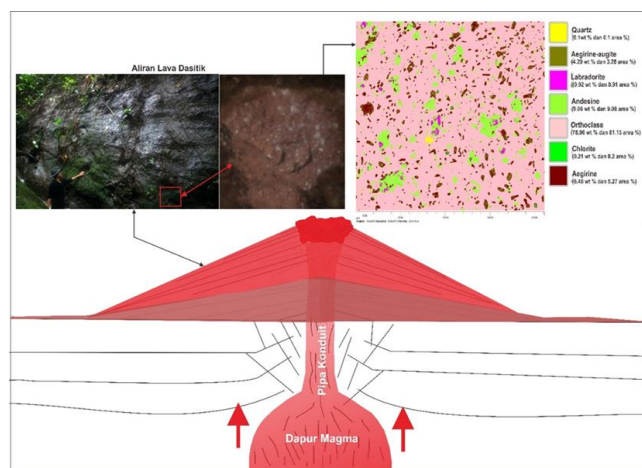
Gambar 9. Skematik aktivitas fase awal gunung api Semadum

Aktivitas fase kedua menghasilkan produk aliran lava dasitik secara kimiawi menunjukkan kandungan SiO<sub>2</sub> berkisar 67-69 % menunjukkan tingkat viskositas sangat tinggi sehingga magma sangat kental menjadikan pergerakan aliran lambat. Fase kedua ini terjadi perubahan komposisi magma maupun hasil produk sangat signifikan hal tersebut menunjukkan adanya proses difrensiasi magma (evolusi magma) yang semula pada fase awal berupa magma basa berubah menjadi asam dilihat dari pemetaan mineralogi menunjukkan fraksinasi plagioklas yaitu labradorit – andesine dan mengalami pengayaan berupa mineral orthoklas (K-feldspar) hal ini terkait perubahan penurunan temperatur sehingga mineral ringan (felsik) terbentuk banyak. Magma tipikal asam umumnya berkaitan dengan pemicu letusan bersifat eksplosif karena terbentuknya gas dan volatil yang dapat menyumbat jalur pipa conduit akibat



fragmentasi magma cair menjadi padat. Pengaruh proses difrensiasi magma dapat dipengaruhi dari dapur magma terjadi penurunan suhu sehingga volatil dan gas yang ada di magma cair terlepas sehingga gas dan volatil naik ke pipa konduit maupun ke permukaan [16]. Selain faktor adanya pelepasan gas dan volatil pada magma cair kemungkinan adanya faktor terkait perjalanan magma menuju ke permukaan bersinggungan dengan batuan samping (asimilasi magma) yang mempengaruhi perubahan magma. Pada magma asam membawa banyak gas dan volatil sebab tidak ikut terlaut dalam cairan magma karena berat jenis gas lebih ringan dibandingkan cairan magma sehingga gas berada di atas cairan magma [16].

Pada fase kedua memiliki letusan efusif/lelehan melihat komposisi magma yang asam seharusnya adanya letusan bersifat eksplosif diakibatkan proses fragmentasi dari cairan magma menjadi bahan klastika padat tetapi melihat pelamparan aliran lava yang relatif luas, struktur batuan yang masif, serta diameter lava dasitik sangat tebal menunjukkan adanya letusan efusif dengan volume magma yang keluar sangat banyak dan konsisten menunjukkan sangat kecil kemungkinan adanya fragmentasi pada pipa konduit yang dapat menghambat atau menyumbat magma cair keluar ke permukaan. Letusan efusif diakibatkan adanya gas yang terpisah dari magma yang bergerak ke permukaan mengalami kebocoran gas atau penghilangan gas (*degassing*) akibat tidak ada vesikulasi di dekat permukaan sehingga tidak ada proses fragmentasi (tersumbat) dengan waktu tertentu hal ini juga berkaitan dengan dalam maupun dangkalnya dapur magma yang dapat mempengaruhi penghilangan gas tersebut [16] (Gambar 10)



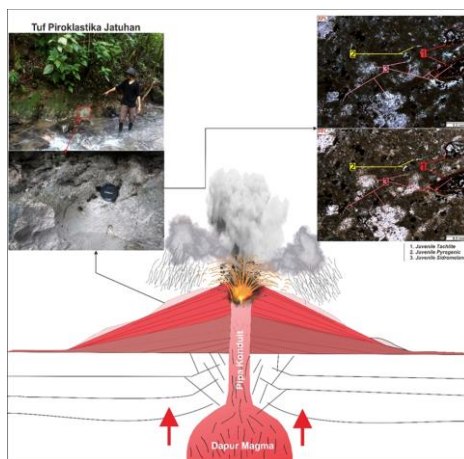
**Gambar 10.** Skematik aktivitas fase kedua gunung api Semadum

Fase ketiga merupakan rangkaian akibat fase kedua sehingga terjadi letusan secara eksplosif yang menghasilkan produk berupa tuf piroklastika. Berdasarkan geokimia pada tuf kadar  $\text{SiO}_2$  berkisar 69 % menunjukkan berasal dari magma bersifat asam. Pada fase ini kemungkinan pembentukan maupun akumulasi volatil dan gas masih tinggi akan tetapi terjadi adanya fragmentasi baik pipa konduit, di dekat permukaan (*volcanic neck*) maupun dipermukaan membentuk sebuah sumbat akibat fragmentasi magma cari menjadi padat. Sumbat yang terlalu lama menahan diikuti peningkatan volume magma maupun pembentukan rempah gunung api di dalam pipa konduit tidak bisa keluar akibat lubang erupsi tertutup menjadikan akumulasi volatil maupun gas juga ikut meningkat yang terus menerus menjadikan beban dalam dapur magma maupun dipipa konduit semakin berat akibat tekanan yang ada di dalam sangat tinggi sehingga sumbat yang menahan pusat erupsi tidak bisa menahan dorongan dari dalam menjadikan energi pemicu letusan semakin besar mengakibatkan rempah-rempah yang ada dari dalam keluar menghancurkan sumbat tersebut sehingga terjadilah erupsi bersifat eksplosif. Letusan pada fase ini relatif konstan berupa letusan dengan kekuatan yang tidak terlalu kuat berdasar asal-usul bahan penyusun produk yang dihasilkan pada fase ketiga terjadi letusan bersifat freatomagmatik melihat dari matrial tuf yang sebagian menunjukkan matrial sebelumnya berupa pecahan batuan beku, struktur batuan masif dengan ketebalan rata-rata 5-13 meter menunjukkan letusan relatif sedang dengan kemungkinan durasi erupsi lama maupun konsisten selain itu melihat matrial fragmen secara mikroskopik terlihat beberapa ciri khas yang unik.

Secara petrografi tuf (diambil pada sampel SDN 46 koordinat  $1^{\circ} 1' 29,01''$  LU,  $109^{\circ} 49' 18,87''$  BT) terdapat fragmen juvenile yang dianggap berkaitan adanya fragmentasi magma (klastika padat) yang ada di pipa konduit yaitu *juvenile tachylite* merupakan fragmen glass vulkanik berwarna gelap dan diisi dengan mineral buram, umumnya keberadaan tachylite mengindikasikan lambatnya pendinginan setelah fragmentasi, misalnya akibat pengaruh udara maupun air [17]. fragmen juvenile pyrogenic crystals berupa



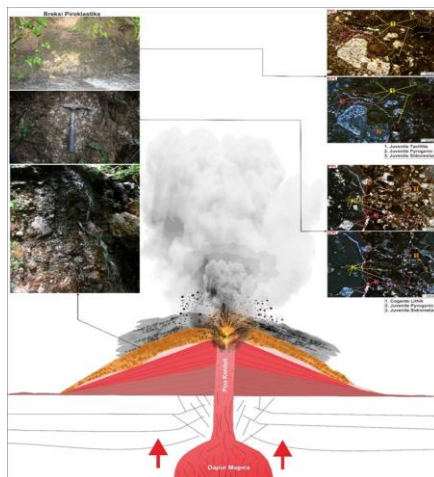
mineral plagioklas dan mineral hornblenda yang terdapat tekstur rim opacitic akibat pengaruh pelepasan air (proses dehidrasi) [17]. Kristal pirogenik dianggap sebagai fragmen awal dan mewakili dari proses kristalisasi sebelum fragmentasi magma cair menjadi klastika padat. Kristal di definisikan sebagai kristal bebas dan fragmen kristal yang dilepaskan ketika letusan bersifat eksplosif [17]. Fragmen juvenile sideromelane kehadirannya menunjukkan pendinginan yang cepat, lingkungan yang relatif dingin, seperti material panas yang di dinginkan dalam air maupun udara ataupun keluarnya material panas, seperti air mancur api (misalnya rambut Pele pada letusan Strombolian) [18]. Juvenile sideromelane ini juga membentuk tekstur khas yaitu *glass shard* ini sangat erat kaitanya dipengaruhi oleh letusan tipe Strombolian yang akan melontarkan abu gunung api secara memancar atau menyerupai air mancur yang berupa material panas berbentuk cair maupun padat dari pancaran dan diikuti pembekuan sangat cepat tersebut membekas membentuk seperti tali [18] (Gambar 11).



**Gambar 11.** Skematik aktivitas fase ketiga gunung api Semadum

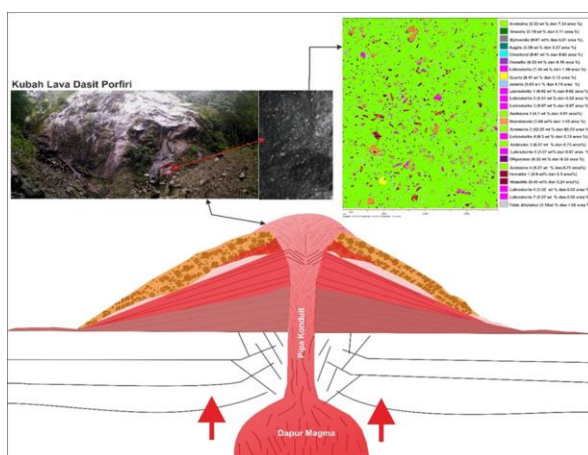
Aktivitas fase keempat merupakan rangkain puncak dari aktivitasnya menghasilkan produk berupa breksi piroklastika aliran maupun jatuhan. Letusan fase empat berkaitan erat dipicu dari fase ketiga hal tersebut menunjukkan adanya difrensiasi magma yang kuat hal tersebut adanya peningkatan kadar  $\text{SiO}_2$  pada matrik (tuf) pada breksi piroklastik dengan fragmen dasitik. Kadar  $\text{SiO}_2$  pada matrik berupa tuf pada breksi piroklastik menunjukkan kadar berkisar 72 % hal tersebut menunjukkan tingkat keasaman pada magma meningkat drastis. Pada fase keempat ini jarak erupsi dengan fase ketiga kemungkinan tidak terlalu jauh hal tersebut terlihat secara petrografi yang menunjukkan karakter matrial yang sama tidak berbeda jauh dengan matrial pada fase 3 yaitu juvenile tachylite, juvenile pyrogenic crystals, dan juvenile sideromelane hanya saja perbedaannya pada breksi piroklastik terdapat fragmen cognate accessory lithic clast berupa sisa litik pecahan batuan yang dihasilkan dari erupsi sebelumnya berupa pecahan batuan beku, dimana kondisinya sudah lapuk bahwa fragmen ini merupakan hasil dari erupsi sebelumnya karena bentuknya relatif masih besar.

Erupsi fase keempat berdasar asal-usul bahan penyusun produk yang dihasilkan terjadi letusan bersifat freatomagmatik ini menghasilkan produk breksi piroklastika dengan muntahan dari gunung api Semadum yang sangat melimpah baik matrial langsung dari magma berupa bom maupun batuan sebelumnya (block). Pada matrial bom yang memiliki bentuk struktur seperti kerak roti (*breadcrust bombs*) hal itu menunjukkan adanya kemungkinan letusan bertipe Vulcanian, yang mana bom kerak roti berasal langsung dari magma yang mengalami fragmentasi cair menjadi padat yang ada di pipa konduktif sehingga perlu energi letusan yang sangat kuat untuk mengeluarkan klastika padat tersebut [19]. Magma cair yang mengalami fragmentasi menjadi klastika padat tersebut akibat dari banyaknya akumulasi volatil dan gas yang terlepas pada cairan magma yang terkumpul pada pipa konduktif tersebut [20]. Walaupun pada produk breksi piroklastik adanya *glass shard* kemungkinan adanya fase transisi tipe letusan diawali tipe Strombolian seperti fase ketiga lalu diikuti tipe Vulcanian dengan kekuatan erupsi berdasarkan indeks letusan (*Volcanic Eruption Indeks/ VEI*) sangat rendah  $< 2$  (Gambar 12).



**Gambar 12.** Skematik aktivitas fase kempat gunung api Semadum

Fase akhir dari aktivitas vulkanisme dari gunung api Semadum terjadi letusan intrusif dangkal (sub-vulkanik) maupun letusan dekat permukaan (*high level intrusives*) menghasilkan produk berupa kubah lava dasit porfiri dengan proses pembentukan sumber bahan bakar di dapur magma seiring berjalannya waktu suplai magma mulai mengalami pengurangan dan mulai terhenti seiring dinamika tektonik mulai berubah sehingga proses subduksi yang membentuk bahan bakar (magma) pada gunung api Semadum juga ikut berhenti menjadikan volume magma yang akan dilepas ke permukaan juga ikut berkurang. Pada fase akhir menunjukkan kadar  $\text{SiO}_2$  berkisar 69.9 % menunjukkan adanya rentang kesamaan magma dari fase 2, 3 dan 4 yang bersifat asam. Pemetaan mineralogi menunjukkan fraksinasi plagioklas paling dominan berupa mineral andesin yang menunjukkan temperatur tinggi dan terdapat kuarsa yang minor terkait adanya penurunan temperatur rendah sehingga perubahan tersebut terkait adanya evolusi magma fraksinasi kristalisasi dari mineral yang terbentuk pada suhu tinggi dan suhu rendah hal ini menunjukkan adanya proses difrensiasi magma walaupun berbeda pada fase 2 (Gambar 13).



**Gambar 13.** Skematik aktivitas fase terkahir gunung api Semadum

#### 4. Kesimpulan

Perilaku gunung api Semadum memiliki karakter magma yang bersifat basal-dasitik dengan batuan secara kimiawai berupa basal, basaltik trakit andesit dan dasit dengan afinitas magma kalk alkali hal ini berkaitan dengan dasar pembentukan bahan bakar (magma) berasal dari proses subduksi antar lempeng benua dengan samudra. Pola erupsi gunung api Semadum memiliki tipe letusan Strombolian-Vulcanian dengan kekuatan erupsi berdasarkan indeks letusan (*Volcanic Eruption Indeks/ VEI*) < 2 menunjukkan sangat rendah dengan sifat letusan yang cenderung bersifat efusif dengan arah sebaran produk relatif kebarat dan eksplosif dengan sebaran produk ke segala arah hanya disekitar tubuh gunung apinya.

**Daftar Pustaka**

- [1] E. Rusmana dan P. E. Pieters., "Peta Geologi Lembar Sambas/Siluas, Kalimantan (1317-1417) Skala 1:250.000". Bandung, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1993.
- [2] Harahap, B. H., "The Petrology of Some Young Subvolcanic and Volcanic Rock from West, Indonesia". The University of Tasmania, 1987.
- [3] Soeria-Atmadja, R., D. Noeradi dan B. Priadi., "Cenozoic Magmatism in Kalimantan and Its Related Geodynamic Evolution", *Journal of Asians Earth Sciences*. 1999; 17, 25-45.
- [4] Hussein, N. F., Sukandana, I. G., Rachman, F., Hartono. G., Sunarko., Adimedha T. B., Anwar A. M., "Potensi Bahaya Gunung Api Terhadap Calon Tapak PLTN, Studi Kasus: Gunung Api Semadum, Kalimantan Barat", *J-PEN*. 2020; 22 (2), 89-100.
- [5] Lebas, M.J., Lemaitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., "A Chemical Classification of Volcanic-Rocks Based on the Total Alkali Silica Diagram", *Journal of Petrology*. 1986; 27, 745-750,
- [6] Irvine, T.N., and Baragar, W.R.A., "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Canadian Journal of Earth Sciences*. 1971; 8, 523-548.
- [7] Rollinson, H., "Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation", Longman Group Limited, Totenham, 1993.
- [8] A. Peccerillo dan S. R. Taylor., "Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey", *Contrib. to Mineral. Petrol*. 1976; 56, 63-81.
- [9] Barton, M.D., Young, S. Non-pegmatitic deposits of beryllium: mineralogy, geology, phase equilibria and origin. *Rev. Mineral. Geochem*. 2002; 50, 591-691.
- [10] R. Irzon, "Comagmatic Andesite and Dacite in Mount Ijo, Kulonprogo: A Geochemistry Perspective," *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. 2018; 19 (4), 221-231.
- [11] D. A. Jerram, K. J. Dobson, D. J. Morgan, dan M. J. Pankhurst., "The Petrogenesis of Magmatic Systems: Using Igneous Textures to Understand Magmatic Processes". Elsevier Inc., 2018.
- [12] M. Wilson., "Igneous Petrogenesis a Global Tectonic Approach", Springer, Netherlands, 1989.
- [13] Miyashiro, A., "Volcanic rock series in island arcs and active continental margins", *American Journal of Science*. 1974; 274, 321-355.
- [14] Sun S.S, and McDonough W.F., "Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes". *Geol Soc Lond Spec Publ* 1989; 42 (1): 313-345.
- [15] J. McPhie, M. Doyle, and R. Allen., "Volcanic Textures", Australia: University of Tasmania, 1993.
- [16] Eichelberger, J.C., *Silicic Volcanism: Ascent of Viscous Magmas from Crustal Reservoirs*. Annual Revision of Earth Sciences. 1995; 23, 41-63.
- [17] R. V. Fisher and H. U. Schmincke., *Pyroclastic Rocks*. 2557. Berlin: Springer-Verlag, 1984.
- [18] S. Bronto., "Geologi Gunung Api Purba", Edisi Pertama. Bandung: Badan Geologi, 2013.
- [19] Wright, H. M., Cashman, K. V., Rosi, M., & Cioni, R., "Breadcrust bombs as indicators of Vulcanian eruption dynamics at GuaguaPichincha volcano, Ecuador", *Bulletin of Volcanology*. 2007; 69 (3), 281-300.
- [20] R. A. F. Cas and J. V. Wright., "Volcanic Successions Modern and Ancient: a geological approach to processes, products and successions", Netherlands: Springer. 1988: 528.

