

ANALISIS SEJARAH ERUPSI GUNUNG SEMINUNG PADA BUSUR GUNUNG API UNTUK MENGETAHUI POTENSI BENCANA YANG DITIMBULKAN

Hazred Umar Fathan^{1, a)} Ridho Widyantama Putra¹ Idarwati²

¹Mahasiswa Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

²Dosen Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Palembang

^{a)}Corresponding author: hazredfathan@gmail.com

Abstrak. Gunung Seminung adalah gunung api aktif yang berada pada perbatasan Provinsi Sumatera Selatan dan Lampung. Berdasarkan lokasinya Gunung Seminung berada pada daerah *Vulcanic Arc* dan Sesar utama pembentuk Pulau Sumatera (Sesar Semangko) dan sesar – sesar disekitarnya dengan arah umum Barat Laut – Tenggara. Daerah Gunung Seminung dan sekitarnya memiliki resiko tinggi akan bencana alam yang ditimbulkan akibat adanya peningkatan aktivitas oleh pergerakan lempeng ataupun aktivitas vulkanik. ⁸ Pada April 2011 kematian ikan yang terjadi pada Danau Ranau merupakan hasil dari peningkatan aktivitas vulkanik pada Gunung Seminung dengan ditandai keluarnya gas – gas vulkanik dari rekahan. Dengan kejadian tersebut perlu adanya kajian lebih lanjut untuk mengetahui potensi dari bahaya yang ditimbulkan. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi sejarah letusan dan aktivitas Gunung Seminung berupa survey lapangan, analisa petrologi dan petrografi serta penginderaan jauh dengan melakukan pengklasifikasian berdasarkan fasies gunung api dan pola struktur yang berkembang dengan melakukan perbandingan data dari studi pustaka terdahulu untuk mengetahui perkembangan aktivitas yang ada. Hasil penelitian memberikan informasi bahwa material letusan Gunung Seminung merupakan magma *intermediet* dengan tipe gunung efusif, material letusan berupa piroklastik jatuhan dan piroklastik aliran. Penyebaran batuan vulkanik di daerah Gunung Seminung terdiri dari batuan tuff dengan fragmen *agglomerate- lapilli bomb*, breksi vulkanik, *pumice* dan batuan beku *andesite* yang memperlihatkan struktur silang siur, *columnar joint*, vesikuler dan *scoria*. Material Gunung Seminung banyak dijumpai pada fasies proksimal hingga distal dengan ditunjukan perselingan batuan piroklastik, tekstur yang dijumpai pada batuan umumnya menunjukkan pola aliran, klastik dan porfiritik.

Kata Kunci : Batuan vulkanik, danau ranau, seminung

PENDAHULUAN

Gunung Seminung secara geografis terletak antara Kecamatan Ranau, Provinsi Sumatera Selatan dan Kecamatan Sukau, Kabupaten Lampung Barat, Provinsi Lampung, dengan ketinggian 1.881 m. Pulau Sumatera merupakan pulau yang mempunyai wilayah gugusan gunung api yang membentang Dari Aceh hingga Teluk lampung dimana terdapat busur gunung api yang berada pada Bukit Barisan yang berada pada bagian barat dari Pulau Suamtera dan Gunung Seminung termasuk kedalamnya. Gunung Seminung merupakan gunung api yang masih aktif diketahui dengan adanya beberapa *hot springs* yang mengindetifikasikan adanya aktivitas magma didalamnya. Pada April 2011 terjadi suatu bencana yaitu matinya ikan – ikan yang ada disekitar Gunung Seminung pada daerah Danau Ranau akibat adanya pelepasan gas vulkanik yang keluar dari rekahan – rekahan yang diidentifikasi adanya peningkatan aktivitas kegempaan vulkanik dari Gunung Seminung. Hal tersebut juga pernah terjadi sebelumnya pada kurun waktu 50 tahun terakhir, berdasarkan keterangan warga sekitar matinya ikan di Danau Ranau diawali dengan adanya perubahan warna danau yang menjadi putih, hal tersebut diakibatkan oleh pelepasan gas H₂S dan CO₂ yang disusul dengan berubahnya warna danau menjadi kehitaman dikarenakan material lumpur didasar danau ikut terangkat ke permukaan akibat tekanan dari gas yang ditimbulkan ⁸. Walaupun tidak diketahui secara pasti periode erupsi terakhir , Gunung Seminung merupakan gunung yang mempunyai peningkatan aktivitas dari kurun

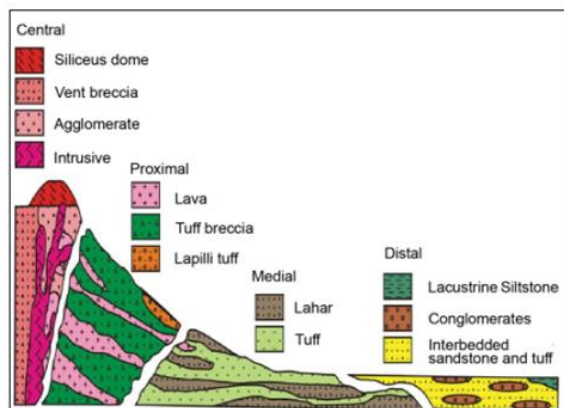
beberapa tahun terakhir. Dengan demikian perlu adanya kajian serta studi lebih lanjut untuk mengetahui resiko dan penanganan dini yang dapat dilakukan bila suatu saat Gunung Seminung mengalami peningkatan aktivitas dengan mempelajari sejarah letusan yang pernah terjadi.

TATANAN GEOLOGI

Gunung Seminung merupakan bagian dari jalur gunung api (*Volcanic Arc*) yang ada di Pulau Sumatera yang membentang dari Aceh hingga Teluk Lampung. Gunung Seminung juga terletak pada jalur Sesar Sumatera (Semangko) yang merupakan gabungan dari pembentukan akibat adanya aktivitas vulkanik dan tektonik⁷. Pada Plio – Plistosen terjadi peningkatan orogenesis karena adanya pergerakan tektonik berupa *collision* secara regional pada Pulau Sumatera berupa gaya *compression* yang bertemu secara *oblique* dimana lempeng Indo – Australia menyusup kedalam Lempeng Eurasia, hal tersebut menyebabkan meningkatnya aktivitas vulkanik sepanjang busur gunung api pada Pulau Sumatera⁶. Dengan demikian proses tersebut mempengaruhi perkembangan aktivitas vulkanik dengan pelampiran yang luas pada kurun waktu geologi. Pola sesar yang ada di Gunung Seminung mempunyai arah pergerakan sesar normal dengan pola umum Barat Laut – Tenggara. Pada Kaki Gunung Seminung terdapat Danau Ranau yang proses pembentukannya diakibatkan adanya *strike-slip fault* dan *normal fault* yang membentuk *pull-apart basin* serta dipengaruhi peningkatan aktivitas Gunung Api pada Plio-Plistosen pada Pulau Sumatera yang membentuk kaldera sepanjang busur gunung api (Danau Maninjau, Danau Singkarak, Danau Diatas dan Danau Dibawah) dan pada dinding – dinding danau banyak dijumpai material vulkanik¹.

FASIES GUNUNG API SEMINUNG

Dalam pengklasifikasiannya fasies gunung api dibagi menjadi empat bagian berdasarkan morfometri serta ciri fisik dari batuan yang ada sepanjang lereng gunung api yaitu Fasies sentral/*Vent*, Fasies proksimal, Fasies Medial dan Fasies distal² (Gambar 1). Tipe dari fasies gunung api dapat diidentifikasi berdasarkan data geomorfologi, struktur geologi yang berkembang, stratigrafi batuan gunung api, petrologi, petrografi, geomikia dan vulkanologi⁴.



(a)



(b)

GAMBAR 1. (a) Pembagian fasies gunung api fasies sentral, fasies proksimal, fasies medial dan fasies distal dengan komposisi batuan penyusunnya² (b) Fasies Gunung Api Seminung dimana terdapat Danau Ranau yang merupakan produk aktivitas *pull-apart basin* dan dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik, fasies distal tidak terlihat akibat ditutupi oleh permukaan air danau ataupun material vulkanik yang cukup tebal.

Tipe fasies dari gunung api dapat membantu memperkirakan jenis bahaya dari aktivitas gunung api yang ditimbulkan ataupun mengkategorikan berdasarkan ciri fisik dari batuan yang terdiri dari :

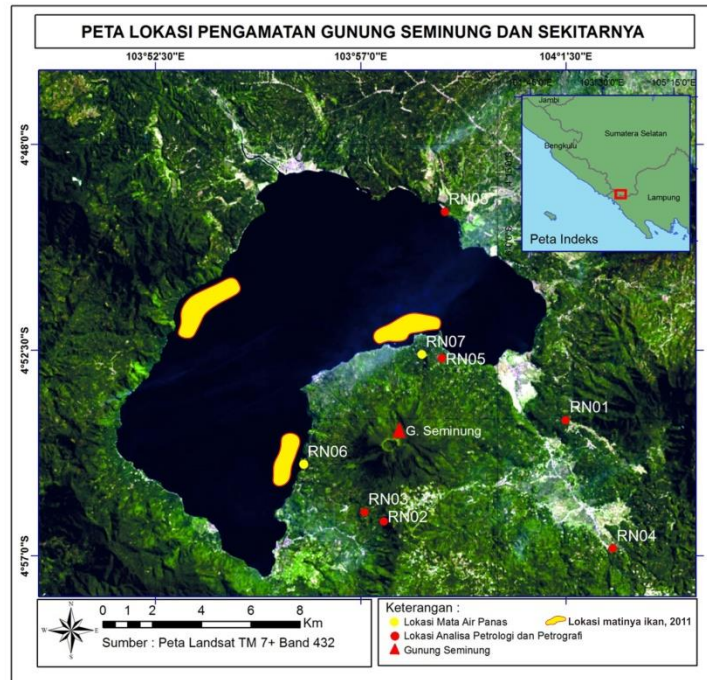
- Fasies Sentral merupakan daerah pusat atau daerah yang berada pada kawah gunung api ataupun kaldera. Tekstur cenderung kasar dengan derajat pembundaran yang cenderung menyudut, fragmen – fragmen batuan bervariasi dan besar (*agglomerate, bomb lapilli*), biasanya pada mulut kawah banyak dijumpai batuan ekstrusif ataupun intrusi dangkal yang mengalami proses diagenesa pada sekitar kawah.
- Fasies Proksimal merupakan fasies yang berada dekat dengan fasies sentral, biasanya batuan yang dijumpai terdiri dari piroklastik aliran dan jatuhan, batuan akan menunjukkan kemiringan sesuai dengan morfometri yang ada pada gunung dengan *dip* berkisar 20 – 35 °, breksi vulkanik berkembang dengan baik pada daerah proksimal. Jenis bahaya yang ditimbulkan berupa lontaran material vulkanik, hujan abu dan aliran lava.
- Fasies Medial merupakan daerah yang berada pada morfometri yang lebih rendah dibanding dengan fasies proksimal dimana batuan terdiri dari hasil rombakan material gunung api meliputi breksi fluvial, batupasir, batulanau, konglomerat yang mempunyai material yang berselang – selang antara produk gunung api dan endapan sedimen⁴.
- Fasies Distal adalah fasies yang mempunyai kemiringan lereng yang paling rendah dibanding fasies lain, batuan yang dijumpai umumnya terdiri dari campuran dari batuan gunung api dan dipengaruhi dari perubahan pasang surut air laut sehingga tidak jarang dijumpai batuan yang mempunyai kandungan karbonatan. Tekstur batuan menunjukkan butir yang *rounded* dan terdapat variasi mineral lempung. Pada fasies distal jenis bahaya yang ditimbulkan berupa hujan abu, aliran lahar dan banjir. Informasi yang diberikan dapat membantu dalam membuat peta kawasan rawan bencana serta potensi meletusnya pada masa mendatang dan penataan lingkungan hidup³.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada Fasies Proksimal dan Fasies Medial, dengan melakukan observasi lapangan dan dilakukan pengambilan (8 percont) batuan (Gambar 2). Analisa petrologi dilakukan untuk mengetahui kondisi fisik batuan secara makroskopis yang bertujuan untuk mengetahui sejarah erupsi pada Gunung Seminung meliputi persebaran dari letusan, jenis batuan beku vulkanik, piroklastik dan perubahan derajat butir batuan dari menyudut – membundar yang berkaitan dengan transportasi material erupsi. Analisa petrografi dilakukan untuk mengklasifikasi nama batuan berdasarkan komposisi mineral, tekstur mineral dan melihat massa dasar dari batuan untuk mengetahui genesis pembentukan batuan, analisa juga dilakukan untuk mengetahui mineral ubahan yang dipengaruhi oleh proses alterasi hidrotermal. Penginderaan jauh berguna untuk mengklasifikasikan fasies dari gunung api. Analisa yang dilakukan berupa analisa petrologi, petrografi serta analisa fasies gunung api yang dikorelasikan berdasarkan bentuk lereng dan geomorfologi gunung api untuk mengetahui sejarah erupsi yang pernah terjadi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan lokasi telitian batuan yang ditemukan umumnya merupakan hasil produk gunung api yang mempunyai perbedaan afiliasi magma, akibatnya dijumpai dari fasies gunung api yang terdapat perbedaan pada batuan yang meliputi dari tektur, *dip* batuan, struktur meliputi silang siur, *columnar joint*, vesikuler dan *scoria* serta komposisi penyusun materialnya. Batuan yang dijumpai meliputi batuan *andesite*, *andesite* teralterasi, breksi vulkanik, tuff, *pumice* dengan warna cenderung kelabu cerah – pucat dan kecoklatan (Tabel 1). Pada batuan breksi vulkanik di fasies proksimal dijumpai fragmen dengan ukuran *agglomerat – lapilli bomb* dengan derajat pembundaran *sub-angular – angular*. Semakin menjauhi daerah sumber maka sortasi akan semakin membaik dengan derajat pembundaran *sub-rounded – rounded*.. Pembagian fasies gunung api dapat mempermudah dalam pengklasifikasian resiko bencana yang akan ditimbulkan⁶.



GAMBAR 2. Lokasi pengamatan telitian pada Daerah Gunung Seminung dan sekitarnya,

TABEL 1. Lokasi pengamatan pada daerah telitian di Gunung Seminung dan sekitarnya (Ket : Pgi = Petrologi Pfi = Petrografi

No	No. Perconto/ Koordinat	Fasies Gunung Api/ Tipe Piroklastik	Nama Batuan	Struktur	Analisa
1	RN01/ S4°54'01.6" E104° 0'29.6"	Proksimal/ Aliran	Andesite	Sheeting Joint	Pgi dan Pfi
2	RN02/ S4°56'14.9" E103°57'30.3"	Medial/ Jatuhan	Tuff	Silang Siur	Pgi dan Pfi
3	RN03/ S4°56'02.5" E103°57'05.1"	Proksimal/ Jatuhan	Breksi Vulkanik	-	Pgi dan Pfi
4	RN04/ S4°56'50.4" E104° 02'31.4"	Proksimal/ Aliran	Andesite	Columnar Joint	Pgi dan Pfi
5	RN05/ S4°52'40.2" E103°58'46.6"	Medial/ Aliran	Pumice	Scoria	Pgi dan Pfi
6	RN06/ S4°54'59.9" E103°55'45.3"	Proksimal/ Aliran	Andesite Teralterasi	-	Pgi
7	RN07/ S4°52'35.8" E103°58'20.6"	Proksimal/ Aliran	Andesite Teralterasi	-	Pgi
8	RN08/ S4°49'28.4" E103°58'50.6"	Proksima/ Aliran	Andesite	Lava Bantal	Pgi

Analisa Petrologi

Pada beberapa lokasi telitian yang dilakukan pengambilan sampel menunjukkan perbedaan litologi baik dari struktur, tekstur maupun asal material yang dibentuk. Pada lokasi RN 02 (Gambar 3a) dijumpai tuff dengan warna abu kehitaman, cenderung lapuk, fragmen berukuran 3 – 15 cm yang mempunyai struktur silang siur menandakan adanya arah dari pola pengendapan⁴. Proses sedimentasi yang berlangsung pada lingkungan darat khususnya pada daerah gunung api mempunyai pola berdasarkan gravitasi seperti aliran lava, aliran piroklastika dan lahar yang mengikuti alur – alur sungai purba ataupun daerah yang mempunyai depresi rendah. Pola kemenerusan lapisan pada fasies proksimal dapat berlangsung pada jenis piroklastik jatuhan (*fall*), proses tersebut pun tidak dapat berlangsung secara menerus karena adanya aktivitas erosional. Proses pengendapan di lingkungan darat akan mengikuti pola topografi dan bentuk lereng, hal tersebut dapat mengakibatkan terbentuknya lapisan yang mempunyai kemiringan lapisan sesuai dengan kondisi topografinya. Batuan gunung api pada fasies proksimal – medial banyak dijumpai struktur silang siur dan dapat disetarakan dengan endapan sungai⁵



(a)



(b)

GAMBAR 3. (a) Tuff yang menunjukan struktur silang siur (*cross bedding*) dengan dip berkisar $20-25^\circ$ terdapat fragmen dengan ukuran 3 – 15 cm. (b) Breksi vulkanik dengan matriks berupa tuff dan ash, dijumpai fragmen berukuran *agglomerate* dan *lapilli bomb*.

Pada RN 03 terdapat litologi breksi vulkanik berupa material hasil piroklastik jatuhan (*fall*), dengan matriks berupa tuffaan yang mengandung fragmen batuan vulkanik dengan bentuk *sub-angular* – *angular* berukuran *agglomerat*, (Gambar 3b). Berdasarkan sejarahnya lokasi tersebut berada dekat dengan sumber letusan sehingga dijumpai variasi pada fragmen yang berada pada fasies proksimal. Pada RN 04 terdapat batuan beku vulkanik *andesite* yang membentuk struktur *columnar joint* (Gambar 4a). Proses terbentuknya pendinginan magma terjadi secara cepat di permukaan sehingga akan membentuk struktur tiang/ *columned*. Pola dari *columnar joint* mengidentifikasi adanya intrusi dangkal pada Gunung Seminung.



(a)



(b)



(c)



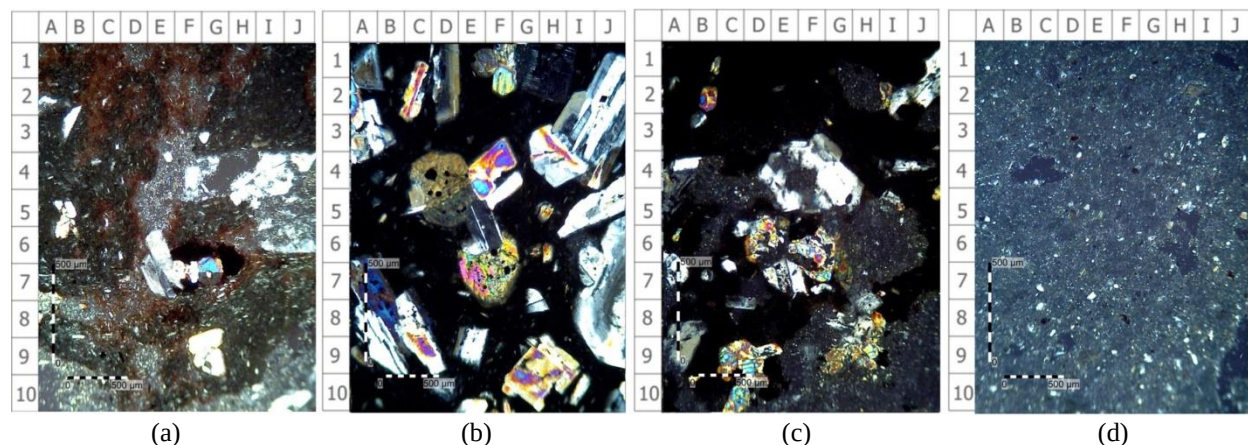
(d)

GAMBAR 4. (a) *Andesite* yang menunjukkan struktur *columnar joint* pada RN04. (b) *Andesite* dengan struktur lava bantal yang terkekarkan pada RN08. (c) Pada RN06 *andesite* yang mengalami alterasi hidrotermal yang menunjukkan adanya *hot spring* dengan keluarnya fluida melalui rekahan – rekahan batuan dengan kondisi fisik cenderung lapuk dan memiliki warna keabuan. (d) RN 07 *hot spring* pada batuan *andesite* yang dimanfaatkan warga sekitar sebagai pariwisata pemandian air panas.

Pada RN08 terdapat batuan *andesite* yang membentuk struktur lava bantal akibat pengaruh proses pembentukan magma yang keluar ke permukaan yang mengalami kontak dengan air sehingga terjadi perubahan suhu secara tiba – tiba yang menyebabkan bentuk struktur menyerupai bantal, batuan mengalami proses gaya *compression* sehingga membentuk kekar gerus (Gambar 4b) yang termasuk ke dalam piroklastik aliran yang melewati zona- zona rendahan pada gunung seperti sungai/ lembah. Proses alterasi hidrotermal terjadi pada batuan *andesite* (Gambar 4c), hal tersebut menandakan adanya zona lemah/ rekahan sehingga fluida dan gas dapat keluar ke permukaan yang membentuk *hot spring*. Pada April 2011 terjadi kejadian matinya ikan pada Danau Ranau karena pada sebelumnya terjadi gempa tremor yang menyebabkan peningkatan pada dapur magma Gunung Seminung, sehingga gas dan fluida akan keluar dengan volume dan tekanan yang tinggi.

Analisa Petrografi

Hasil analisis menunjukkan batuan yang terdiri dari batuan beku vulkanik dan piroklastik dengan Komposisi mineral utama penyusun terdiri dari plagioklas, piroksen, augite, klorit dan kuarsa dengan tekstur berupa porfiritik dan fitofiritik dan banyak dijumpai tekstur aliran. Berdasarkan massa dasar tuff pada daerah lokasi telitian dibagi tiga menjadi tuff kristal, tuff gelas dan tuff lithik. Pada tuff kristal ditemukan tekstur klastik, banyak terkandung unsur material halus, yang diindikasikan sebagai lithik. Sayatan tipis pada lokasi telitian RN 01 dan RN 04 ditemukan batuan beku vulkanik berupa batuan *andesite*. Komposisi mineral penyusun berupa Plagioklas (55- 70%), Piroksen (10% – 20%), Gelas (10% – 20%) dan lithik (5% – 20%) dengan bentuk subhedral – anhedral, mineral yang mengalami ubahan diidentifikasi adanya proses alterasi. Pada mineral piroksen sebagian besar hadir sebagai klinopiroksen (Augite) yang mengalami ubahan menjadi klorit.



GAMBAR 5. (a) Sayatan tipis RN 01 batuan beku *andesite*, pada massa dasar menandakan adanya pola aliran (7E, 3B). Piroksen yang mengalami ubahan klorit (5A), Plagioklas (7E) dan nampak adanya lubang – lubang gas. (b) Tuff Kristal yang mempunyai bentuk prismatic subhedral (4C). (c) Tuff lithik hadir sebagai klinopiroksen merata dalam batuan (10D), memiliki bentuk prismatic subhedral (6D), jenis labradorite tersebar dalam sayatan (5I,4D). (d) Tuff gelas dimana mineral pengisi mempunyai ukuran 30 – 50 μm , didominasi massa dasar gelas

Berdasarkan sayatan tipis pada lokasi telitian RN 03 dan RN 05 ditemukan batuan piroklastik mengandung tuffaan. Mineral utama penyusun batuan meliputi plagioklas, piroksen, mineral opak, lithik, dan gelas dengan kehadiran sebesar plagikolas (25% - 35%), piroksen (10% - 15%) , lithik (25% - 40%), opak (5 % - 15%) dan gelas (15% - 30%). Bentuk yang dijumpai berupa subhedral – anhedral, dijumpai mineral ubahan yang diindikasikan adanya proses alterasi. Pada tuff gelas kehadiran gelas (45 %), lithik (35%), kuarsa (7%) dan plagioklas (5%) dengan bentuk subhedral - anheral, ukuran mineral mempunyai bentuk yang tidak beraturan diakibatkan karena ada

proses deformasi ataupun ubahan mineral akibat alterasi yang rendah, pada mineral kuarsa dijumpai struktur *embayment*.

Pada data petrologi, petrografi dan penginderaan jauh dapat mengidentifikasi sejarah dari erupsi Gunung Seminung. Berdasarkan dari lokasi telitian, Daerah Gunung Seminung dan sekitarnya mempunyai batuan yang mendominasi dari produk gunung api yang berasal dari lempeng benua dengan dicirikan kehadiran batuan *andesite*, komposisi mineral didominasi oleh mineral plagioklas-feldspar yang pembentukannya terjadi pada suhu 850° - 1000°C dengan proses kristalisasi cenderung lambat berdasarkan *Bowen's Reaction Series*. Pada Fasies Proksimal – distal didominasi oleh piroklastik aliran (Tabel 1) menandakan saat erupsi mempunyai radius yang jauh. Magma dari hasil erupsi Gunung Seminung merupakan magma *intermediet* dengan keasaman berkisar 52 – 66 % yang didominasi oleh batuan beku vulkanik *andesite*, saat erupsi magma akan mempunyai letusan yang cukup kuat karena mempunyai tingkat keasaman yang relatif tinggi.

KESIMPULAN

- Gunung Seminung mempunyai erupsi berupa piroklastik jatuhan (*fall*) dan aliran (*flow*) yang terdiri dari batuan *andesite*, *andesite* teralterasi tuff, breksi vulkanik dan *pumice*
- Gunung Seminung mempunyai tipe magma *intermediet* dengan tipe gunung efusif dan bentuk kerucut parasiter yang magmanya berasal dari lempeng benua.
- Potensi bahaya yang ditimbulkan berupa keluarnya gas vulkanik melalui rekahan/zona lemah yang dapat mempengaruhi pencemaran udara dan air pada daerah sekitar, potensi lain yang dapat ditimbulkan berupa material longsoran bila terjadi gempa karena pada daerah fasies proksimal – distal.
- Aktivitas kegempaan juga merupakan resiko yang dapat terjadi pada Gunung Seminung karena berada pada daerah yang dilalui oleh sesar – sesar aktif serta aktivitas vulkanik yang terus berlangsung, potensi yang ditimbulkan pada oleh erupsi pada masa mendatang berupa lontaran material vulkanik, hujan abu dan aliran lava.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada dosen pembimbing Idarwati S.T, M.T., yang telah memberikan izin untuk menggunakan data Penelitian Dosen Muda Sains Teknologi dan Seni Universitas Sriwijaya dengan Nomor : 214/ UN9.3.1 /LT /2015. Ketua Prodi. Teknik Geologi Dr. Ir Endang Wiwik DH, M.Sc serta staff dosen Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya yang memberikan masukan dan arahan dalam penulisan *paper* ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. O. Bellier dan M. Siebrier, “*Relationship between tectonism and volcanism along the Great Sumatran Fault Zone deduced by SPOT image analyses*”. Tectonophysics, 233, h215-23. 1994
2. I. Bogie dan K.M. Mackenzie, “*The application of a volcanic facies models to an andesitic stratovolcano hosted geothermal system at Wayang Windu, Java, Indonesia*”. Proceedings of 20th NZ Geothermal Workshop, 1998. h.265-276.
3. S. Bronto, “*Penilaian Potensi Bahaya G. Galunggung Kabupaten Tasikmalaya, Jawa Barat*”. Alami: Jurnal, Air, Lahan, Lingkungan, dan Mitigasi Bencana, 6, BPPT, Jakarta, 2001. h.1-13.
4. S. Bronto, “*Fasies Gunung Api dan Aplikasinya*”. Jurnal Geologi Indonesia”, Vol. 1 No. 2 Juni 2006: 59-71
5. S. Bronto dan U. Hartono, “*Potensi sumber daya geologi di daerah Cekungan Bandung dan sekitarnya*”. Jurnal Geologi Indonesia 1, 2006, h.9-18.
6. A. Pulunggono, A. Haryo & C.G. Kosuma, “*Pre-Tertiary and Tertiary Fault systems as a framework of the South Sumatera Basin; A Study of SAR-MAPS*”. Proceeding Indonesian Asociation Petroleum 21th, 1992
7. Pusat Sumber Daya Geologi, “*Ringkasan Geosain, Daerah Panas Bumi Danau Ranau, OKU Selatan – Lampung Barat Provinsi Lampung – Provinsi Sumatra Selatan*”, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010
8. A. Zaennudin, dkk.. “*Studi Awal Fenomena Kematian Ikan di Danau Ranau, Sumatera Selatan*”. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 2011, Vol. 2 No. 2: 77 – 94