



Studi karakteristik alterasi hidrotermal batuan vulkanik berdasarkan analisis Petrografi Formasi Hulusimpang Daerah Margodadi dan Sekitarnya, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung

TIARA SUKMAWATI* DAN ENDANG WIWIK DYAH HASTUTI

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan 30862, Indonesia

<p>Kata kunci: alterasi, mineral sekunder, petrografi, zona alterasi</p>	<p>ABSTRAK: Penelitian dilaksanakan di Daerah desa Margodadi dan Sekitarnya, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan skala 1: 10.000. Penelitian mengenai alterasi hidrotermal batuan vulkanik Formasi Hulusimpang bertujuan untuk menentukan karakteristik, intensitas, dan zona alterasi berdasarkan kehadiran mineral alterasi. Penelitian ini difokuskan pada analisis batuan menggunakan metode pengamatan permukaan dan analisis petrografi. Hasil analisis didapat satuan batuan andesit dengan intensitas alterasi lemah dengan himpunan mineral alterasi berupa epidot-klorit-serisit. Satuan breksi gunung api fragmen andesit dengan intensitas alterasi kuat dijumpai himpunan mineral sekunder berupa epidot-klorit-serisit-kuarsa sekunder-opaq-oksida besi. Satuan batuan tuf dengan intensitas alterasi lemah-sedang dijumpai himpunan mineral sekunder berupa biotit sekunder-serisit-mineral lempung(illite). Paragenesa terbentuknya mineral alterasi terbagi menjadi tiga <i>stage</i>. Pada <i>stage</i> I dijumpai kehadiran beberapa mineral berupa epidot, -klorit yang termasuk kedalam zona alterasi propilitik. Pada <i>stage</i> II dijumpai mineral serisit yang termasuk kedalam zona alterasi filik. Pada tahapan terakhir yaitu <i>stage</i> III dijumpai kehadiran himpunan mineral berupa kuarsa-serisit-illite termasuk kedalam zona alterasi filik.</p>
<p>Keywords: alteration, secondary minerals, petrography, alteration zones</p>	<p>ABSTRACT: The research was conducted in Margodadi village and surrounding areas, Pesawaran Regency, Lampung Province with a scale of 1: 10,000. Research on hydrothermal alteration of volcanic rocks of the Upstream Formation aims to determine the characteristics, intensity, and zones of alteration based on the presence of alteration minerals. This research focused on rock analysis using surface observation methods and petrographic analysis. The results of the analysis obtained andesite rock units with weak alteration intensity with alteration mineral sets in the form of epidotite-chlorite-sericyte. The breccia unit of andesite fragment volcanoes with strong alteration intensity found secondary mineral assemblages in the form of secondary epidotite-chlorite-sericite quartz-opaq-iron oxide. Tuff rock units with weak-medium alteration intensity found secondary mineral assemblages in the form of secondary biotite-sericite clay minerals (illite). Paragenesa formation of alteration minerals is divided into three stages. In stage I found the presence of several minerals in the form of epidotes, chlorite which is included in the propylic alteration zone. In stage II, sericite minerals are found which are included in the philic alteration zone. In the last stage, stage III, there is a mineral group in the form of quartz-sericyte-illite included in the philic alteration zone.</p>

1 PENDAHULUAN

Energi panas bumi merupakan salah satu dari energi terbarukan yang dimana saat ini cukup potensial untuk dikembangkan. Indonesia merupakan salah satu negara yang termasuk salah satu negara yang kaya akan energi panas bumi. Hal ini dikarenakan, Indonesia terletak pada jalur vulkanik atau gunung api (*ring of fire*) yang memiliki potensi menjadi sumber energi panas bumi. Prinsip dasar dari

suatu sistem panas bumi ini yaitu daur hidrologi air (air tanah dan hujan) dan berhubungan dengan sumber panas (*heat source*) dengan temperatur tinggi, sehingga muncullah air panas atau uap panas yang terperangkap dalam batuan yang berporous dan mempunyai permeabilitas yang tinggi. Uap dan air panas tersebut akan muncul ke permukaan melalui struktur-struktur seperti sesar dan rekahan (kekar). Sehingga saat fluida hidrotermal tersebut kontak dengan batuan yang dilaluinya maka akan ter-

* Corresponding Author: email: sukmawatitiara5@gmail.com

bentuklah proses perubahan mineral primer menjadi mineral sekunder yang disebut dengan proses alterasi hidrotermal. Alterasi dan mineralisasi merupakan sebuah proses perubahan komposisi penyusun batuan dalam hal ini mineral-mineral akibat faktor-faktor tertentu, perubahan yang terjadi disebabkan oleh pengaruh larutan hidrotermal diantaranya berupa rekristalisasi, penambahan mineral baru, pelarutan mineral yang telah ada sebelumnya, dan penyusunan kembali komponen batuan yang bersifat kimia, mineralogi, maupun fisik seperti porositas dan permeabilitas pada suatu batuan [8].

Salah satu daerah yang berpotensi memiliki cadangan energi panas bumi di Indonesia yaitu provinsi Lampung. Hal ini disebabkan karena provinsi Lampung juga dilalui oleh jalur gunung api yang merupakan bagian dari barisan pegunungan sirkum Mediterania. Salah satu potensi panas bumi yang terletak di Provinsi Lampung ini yaitu dikenal dengan nama daerah panas bumi way ratai yang dalam hal ini menjadi daerah penelitian yang tepatnya terletak di daerah Desa Margodadi dan sekitarnya, Kabupaten Pesawaran. Potensi panas bumi ini diidentifikasi dengan peninjauan langsung berupa pengamatan lapangan (*surface mapping*) dilokasi penelitian dan ditemukannya manifestasi panas bumi yang tampak dipermukaan yaitu titik air panas dan aliran air panas. Penelitian terhadap alterasi hidrotermal pada lapangan panas bumi ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengetahui karakteristik sistem panas bumi yang meliputi temperatur, tekanan, permeabilitas, komposisi fluida dan perubahan yang mungkin terjadi pada reservoir. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian yang akan dilakukan difokuskan pada analisis batuan menggunakan metode petrografi sehingga akan diketahui komposisi mineral penyusun khususnya mineral sekunder atau mineral alterasi apa saja yang dijumpai, tingkat intensitas alterasi serta zona alterasi pada batuan yang dianalisis.

Penelitian dilakukan pada bulan Mei tahun 2023. Daerah penelitian ini secara administrasi tepatnya berada di daerah desa Margodadi dan Sekitarnya, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan luas daerah penelitian 16 km² dan skala yang digunakan 1: 10.000. Daerah dicapai dari Kota Palembang dengan kendaraan darat yaitu kereta api selama ± 9 jam ke kota Bandar Lampung. Kemudian dilanjutkan dengan perjalanan menggunakan kendaraan roda dua dari kota Bandar Lampung menuju desa Margodadi dengan menempuh waktu selama lebih kurang 1,5 jam.

2 GEOLOGI DAERAH TELITIAN

Geologi daerah telitian diidentifikasi dengan peninjauan langsung meliputi geomorfologi yaitu satuan bentuk lahan, stratigrafi yakni satuan litologi batuan yang ditemukan, dan struktur geologi. Satuan Bentuk lahan di daerah penelitian ini diidentifikasi menggunakan satuan geomorfik yang dapat dilakukan dengan menelaah beberapa aspek atau parameter diantaranya kemiringan lereng, bentuk morfologi, bentuk sungai, dan litologi penyusun batuan. Daerah penelitian terletak pada wilayah yang merupakan bagian dari endapan aliran dan jatuhnya aktivitas vulkanik. Berdasarkan observasi lapangan terdiri dari tiga satuan bentuk lahan yaitu satuan punggungan aliran piroklastik (PAP), Satuan Punggungan Blok Sesar (PBS), dan Satuan Dataran Alluvial (DA)[11], dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan observasi lapangan, stratigrafi daerah penelitian didapatkan beberapa satuan litologi pada lokasi penelitian terdiri dari Sekis Mika, Batulempung, Batupasir, konglomerat, Tuff Padu, Breksi Fragmen Andesit, Tuff, Andesit dan Endapan Aluvium. Litologi batuan tersebut dijumpai di beberapa titik pengamatan dan di kelompokkan menjadi tujuh Formasi, yang mengacu pada karakteristik batuan di setiap Formasi pada peta geologi regional lembar Tanjung Karang oleh Amin dkk., (1993) [1]. Tujuh Formasi dari umur tua ke muda yakni Formasi Kompleks Gunungkasih (Pzg) yang merupakan batuan paling tua dan merupakan batuan alas (*basement*) daerah telitian dan didapatkan litologi berupa sekis mika, Formasi Menanga (Km) litologi yang dijumpai berupa Batulempung, Formasi Sabu (Tpos) dengan litologi berupa Batupasir dan Konglomerat, Formasi Tarahan (Tpot) dengan litologi berupa Tuff Padu. Formasi sabu (Tpos) dan Formasi Tarahan (Tpot) ini diendapkan pada waktu atau umur yang sama sehingga dapat diinterpretasikan terdapat fasies pengendapan berupa fasies menjari. Selanjutnya Formasi Hulusimpang (Tomh) litologi yang dijumpai berupa Andesit, Breksi Vulkanik dengan Fragmen Andesit dan Tuff. Formasi Hulusimpang ini menjadi fokus peneliti sehingga satuan batuan yang akan diteliti merupakan satuan batuan dari formasi ini. Selanjutnya Formasi Kuartir Gunung Api Muda (Qhv) litologi yang dijumpai berupa Andesit yang bersumber dari Gunung Pesawaran [1], serta endapan alluvium pada (Qa). Berdasarkan hal tersebut didapatkan kolom stratigrafi daerah penelitian. Satuan batuan pada tujuh formasi yang dijumpai divisualisasikan pada peta geologi daerah penelitian, dengan lokasi detail daerah telitian ditandai dengan kotak merah (Gambar 3).

Berdasarkan peta geologi diatas, daerah penelitian khususnya berada di Formasi Hulusimpang (Tomh) yang tersusun atas 3 satuan batuan. Formasi Hulusimpang ini memiliki umur geologi yaitu Oligosen Akhir - Miosen Awal. Secara regional Formasi ini dijumpai beberapa litologi yakni breksi gunung api terubah, lava, tuf bersusunan andesitik sampai basaltik yang terubah, beberapa dijumpai dengan urat kuarsa, serta kelompok mineral sulfida. Pada daerah telitian dijumpai tiga satuan batuan berupa andesit, breksi gunung api fragmen andesitik terubah dan tuf. Pada daerah telitian terdapat 30 titik lokasi pengamatan dengan satuan litologi yang dijumpai berupa Andesit, Breksi Fragmen Andesit, dan tuff yang divisualisasikan ke dalam peta lintasan dan lokasi pengamatan (Gambar 4). Formasi Hulusimpang yang dijumpai diinterpretasikan didapatkan di lingkungan daratan lebih tepatnya transisi dari daratan sampai ke laut dangkal, dan diinterpretasikan juga bahwa Formasi ini merupakan sebagai bagian dari busur vulkanik tepi benua yang berkorelasi dengan Formasi Painan.

Selanjutnya struktur geologi yang ditemui dan berkembang pada daerah penelitian yaitu Kekar Talang Mulya yang berada didesa Talang Mulya dijumpai pada litologi Breksi Fragmen Andesit Formasi Hulusimpang yang ditemui *shear fracture* dan *gash Fracture* dan breksiasi yang berarah barat laut – tenggara. Berdasarkan Analisis menggunakan metode stereografis, didapat bahwa arah tegasan maksimum (σ_1) 25° , N 300° E dan tegasan minimum (σ_3) 62° , N 152° E dengan Net Slip 35° /N 088° E serta pitch/rakenya sebesar 34° dan kedudukan bidang sesarnya N 329° E/ 39° . Berdasarkan data tersebut maka Kekar Talang Mulya dinamakan *Strike Slip Dominated Fault* [3] dan *Reverse Left Slip Fault* [9]. Berdasarkan aspek-aspek tersebut dan dikompilasikan dengan penelitian sebelumnya, diinterpretasikan bahwa struktur kekar dan sesar yang terdapat di daerah penelitian merupakan produk dari fase ketiga dari perkembangan struktur geologi di Pulau Sumatera [10], yang merupakan fase kompresional dan berlangsung sejak kala Miosen tengah hingga Resen. Pada Kala Plio-Plistosen terjadi deformasi tektonik rezim kompresional yang menghasilkan sesar naik dengan arah gaya tegasan barat daya – timur laut (NE – SW) [10], dimana hal ini dibuktikan dengan kehadiran Sesar Gunung Kasih berupa *Left Reverse Slip Fault* [9] yang ada di daerah penelitian.

3 METODOLOGI

Metode penelitian yang diterapkan terdiri atas beberapa tahapan yaitu tahap pra lapangan yang diawali dengan studi literatur. Kemudian tahap obser-

vasi lapangan meliputi pengamatan permukaan (*surface mapping*) pada singkapan secara langsung dan pengambilan sampel batuan (pemercontohan). Data permukaan yang didapat berupa data geologi yang terdiri dari geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi. Selanjutnya tahapan pasca lapangan meliputi analisis dalam hal ini difokuskan pada analisis laboratorium dengan metode analisis petrografi. Analisis petrografi dilakukan guna mengidentifikasi dan melihat secara optik mineral penyusun batuan secara mikroskopis. Sampel batuan atau pemercontohan dipotong kedalam bentuk sayatan tipis (*Thin section*) sehingga selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan mikroskop jenis polarisasi. Pada analisis ini digunakan sebanyak 7 (tujuh) sampel pemercontohan batuan yang terdiri atas satu batuan beku ekstrusif berupa andesit, 3 batuan breksi fragmen andesit dan 3 batuan piroklastik berupa tuff yang kemudian diketahui dan didapat karakteristik batuan serta komposisi mineral dan bagaimana proses keterbentukannya. Penamaan batuan dari sifat optik menggunakan klasifikasi Streickeisen untuk penamaannya [11] untuk batuan beku, klasifikasi Pettijhon [7] untuk batuan piroklastik dan klasifikasi Browne [2] untuk penentuan intensitas alterasi hidrotermal pada batuan, dan klasifikasi Corbett and Leach [4] untuk penentuan zona alterasi berdasarkan himpunan mineral dijumpai. Kemudian analisis ini dilanjutkan dengan menghitung proporsi kandungan mineral yang meliputi mineral primer, mineral sekunder, dan tekstur khusus sehingga selanjutnya akan diketahui intensitas serta zona alterasi.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang

Berdasarkan hasil dari pengamatan dan observasi di lapangan secara langsung, batuan yang ditemukan di daerah penelitian secara fisik terdiri atas beberapa jenis batuan yakni jenis batuan vulkanik yaitu andesit, Breksi gunung api fragmen andesitik dan tuff yang telah mengalami alterasi atau perubahan yang diakibatkan oleh pengaruh larutan hidrotermal. Hal ini dapat terlihat dari warna dan juga keadaan singkapan batuan yang memperlihatkan warna yang kecoklatan dan lapuk yang menandakan bahwa komposisi pada batuan tersebut telah terubah. Selain itu terlihat juga di beberapa singkapan yang dijumpai memperlihatkan struktur vesikuler yakni adanya lubang lubang yang disebabkan oleh pelepasan gas saat pembekuan, tekstur berupa urat dan beberapa tekstur khusus lainnya yang mengindikasikan bahwa singkapan batuan tersebut telah mengalami perubahan atau alterasi (Gambar 5).

Satuan Andesit, dijumpai di beberapa titik, secara fisiknya batuan andesit di daerah penelitian ini dapat dilihat memiliki warna segar abu-abu kehitaman, dan warna lapuk coklat kehitaman, derajat kristalisasi pada batuan ini yakni hipokristalin karena terdapat sedikit gelas (*ash*)), dengan bentuk butir mineralnya anhedral hingga subhedral, serta granularitas afanitik. Komposisi batuan tersusun atas beberapa mineral yakni kuarsa, plagioklas, dan biotit sebagai mineral primer yang dijumpai. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 5. Intensitas alterasinya lemah (1%-25%) dengan fragmen yang belum berubah seluruhnya, tetapi tekstur asal dan bentuk kristal masih dapat dilihat dengan jelas.

Satuan Breksi Gunung Api Fragmen Andesitik Terubah, dijumpai di beberapa titik yang lokasinya didominasi tepi sungai airan panas bumi. Memiliki warna lapuk abu abu kehijauan, berwarna segar abu-abu keputihan, kemas *matrix supported fabric*, struktur masif. Fragmen berupa batuan beku andesit, massa dasar tuf lapilli dan gelas. Dijumpai tekstur *uggy* (Gambar 5 bagian F) dan beberapa urat yang terisi kuarsa dan mineral oksida. Berdasarkan persentase mineral yang dijumpai, intensitas alterasi pada satuan batuan ini yaitu sedang-kuat (25%-75%) yang ditandai dengan fragmen dan matriks yang hampir berubah seluruhnya, tetapi tekstur asal serta bentuk kristalnya masih dapat terlihat walau tak begitu jelas.

Satuan Tuff, dijumpai di beberapa titik memiliki warna segar krem keputihan sedangkan warna lapuknya coklat kekuningan. Ukuran butir satuan batuan ini berupa lapilli sampai *ash*, pembundaran *angular*, derajat pemilahan *well sorted*, dengan kemas berupa *grain supported fabric*, memiliki ciri-ciri rapuh dan mudah hancur serta mengalami longsor dan banyak vegetasi pada beberapa bagian singkapn yang dijumpai. Intensitas alterasi lemah-sedang (1%-50%) dengan fragmen dan matriks yang hampir berubah seluruhnya, tetapi tekstur asal serta bentuk kristalnya masih dapat terlihat walau tak begitu jelas.

Karakteristik Petrografi Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang

Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa beberapa satuan batuan yang dijumpai di daerah penelitian ini terdiri atas tiga satuan batuan, yaitu satuan batuan andesit yang penamaannya menggunakan klasifikasi Streickeisen [11] pada kode sampel Tomh A 1 memiliki karakteristik warna *colorless* hingga coklat pada kenampakan PPL (perbesaran 40x). Keseragaman antara butir atau fragmen berupa inequigranular, derajat kristalisasi berupa holokristalin,

bentuk butir atau mineral subhedral sampai anhedral, ukuran butir atau kristal faneritik sedang sampai *medium* (1-5 mm) sampai kasar (*Coarse*) (>5 mm). Komposisi penyusun fenokris berupa plagioklas, ortoklas, piroksen, biotit dan opak dengan massa dasar gelas dan mikrolit plagioklas serta mineral sekunder yang dijumpai berupa serisit yaitu ubahan dari mineral plagioklas. Pada sayatan ini juga dijumpai tekstur khusus berupa kombinasi tekstur *Zoning* dan *Sieve* pada mineral plagioklas, tekstur *Ophitic* yaitu adanya mineral plagioklas yang tumbuh secara acak dan diapit oleh mineral pyroxen, lalu tekstur *Intergranular* pada mineral pyroxen yang tumbuh bersama mineral di sela sela ruang mineral plagioklas.

Kemudian satuan breksi gunung api fragmen andesit menggunakan klasifikasi Streickeisen [11], memiliki karakteristik warna pada kenampakan PPL *colorless* hingga kecoklatan Keseragaman antar butir inequigranular, derajat kristalisasi holokristalin, bentuk mineral subhedral – anhedral, ukuran kristal faneritik halus (<1 mm) sampai sedang/medium (1-5 mm). Komposisi penyusun fenokris berupa plagioklas, ortoklas, anortoklas, mikro kuarsa, biotit. Serta mineral sekunder yang dijumpai berupa serisit yaitu ubahan dari mineral plagioklas, klorit dan epidot ubahan dari biotit, opa, dan oksida besi yang diinterpretasikan sebagai vein yang mengisi rekahan yang ditandai dengan warna yang merah.

Selanjutnya satuan tuf yaitu koral tuff menggunakan klasifikasi Pettijhon [7], secara optik memiliki karakteristik warna coklat hingga *colorless* pada kenampakan PPL. Keseragaman antar butir inequigranular, derajat kristalisasi hypohyaline, bentuk mineral subhedral-anhedral, ukuran kristal amorf/gelas sampai faneritik sedang/medium (1-5 mm). Komposisi penyusun fenokris berupa plagioklas dengan kembaran albit dan terdeformasi atau tidak menerus, biotit. Dengan mineral sekunder yang dijumpai berupa biotit leaching akibat pelarutan oleh fluida hidrotermal, hornblende teroksidasi dan mineral lempung illite ubahan mineral kuarsa yang mengisi rekahan/vein. Serta massa dasar berupa gelas dan kriptokristalin yang terdiri atas mineral silikaan. Terdapat tekstur khusus pada sayatan ini yaitu tekstur zoning pada fragmen mineral plagioklas. Selain itu pada sayatan diatas terdapat pula porous sehingga terbentuk tekstur khusus berupa vesikuler.

Berdasarkan Tabel 1, satuan andesit dengan intensitas alterasi lemah dengan himpunan mineral alterasi berupa epidot-klorit-serisit termasuk ke dalam zona alterasi propolitik. Satuan breksi gunung api fragmen andesit pada kode sampel Tomh BFA MAP 1, Tomh BFA MAP 2-1 dengan intensitas alterasi yang kuat dijumpai himpunan mineral sekunder be-

rupa epidot-klorit-serisit-kuarsa sekunder-opak-oksida besi juga termasuk kedalam zona alterasi propilitik. Sedangkan breksi gunung api dengan kode sampel Tomh BFA dengan intensitas alterasi lemah dijumpai himpunan mineral sekunder berupa serisit termasuk kedalam zona alterasi filik. Lalu pada satuan tuff dengan intensitas alterasi lemah-sedang dijumpai himpunan mineral sekunder berupa biotit sekunder-serisit-mineral lempung termasuk kedalam zona alterasi filik.

Intensitas Alterasi Hidrotermal

Intensitas Alterasi hidrotermal pada batuan yaitu parameter persentase yang menunjukkan seberapa besar atau tingkat batuan telah mengalami proses alterasi dan membentuk mineral sekunder akibat adanya reaksi hidrotermal. Dalam hal ini, intensitas alterasi hidrotermal suatu batuan yang digunakan ditunjukkan pada tingkatan intensitas alterasi menurut Browne [2]. Intensitas alterasi suatu batuan terbagi menjadi 4 tingkatan yaitu pertama intensitas lemah (< 25%), intensitas sedang (26 – 50%), intensitas kuat (51 - 75%), dan sangat kuat (>75%) [2]. Intensitas alterasi hidrotermal pada batuan merupakan sebuah perbandingan mineral-mineral yang tidak mengalami perubahan terhadap mineral yang berubah menjadi mineral sekunder. Berdasarkan hasil analisis batuan dengan metode petrografi, didapatkan bahwa sampel batuan pemecontoh yang terdapat di Daerah Margodadi dan sekitarnya mengandung intensitas kuat (50-75%), sedang (25 – 50%) hingga lemah (< 25%) [2].

Zona Alterasi Hidrotermal Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang

Zona Klorit – Epidot

Zona Klorit-Epidot dijumpai pada sayatan tipis batuan dengan kode sampel Tomh A-1, Tomh BFA MAP 1 dan Tomh BFA MAP 2-1. Mineral sekunder yang dijumpai pada zona alterasi ini ditandai dengan hadirnya mineral epidot yakni mineral yang dicirikan memiliki temperatur yang tinggi. Pada zona alterasi ini juga dijumpai beberapa mineral sekunder yaitu serisit, oksida besi, mineral opak, dan kuarsa sekunder. Klorit merupakan mineral sekunder yang stabil pada suhu berkisar antara 150°C - 290°C dan merupakan ubahan dari mineral biotit. Berdasarkan pembagiannya zona alterasi, zona ini merupakan Zona Propilitik [4]. Zona Propilitik ini dicirikan dengan adanya mineral temperatur tinggi seperti epidot. Dijumpainya mineral epidot merupakan indikasi zona reservoir. Zona ini diinterpretasikan masih berada pada zona transisi, hal ini karena ditandai juga dengan kehadiran klorit yang cukup mendominasi.

Berdasarkan temperature dari pembentukan mineral maka mineral-mineral yang dijumpai pada zona alterasi propilitik di daerah penelitian ini terbentuk pada suhu 200°C-300 °C (Tabel 3) dengan tingkat keasaman fluida berkisar 5 – 7 yakni dari intermediet asam sampai netral [5].

Zona Serisit

Zona Serisit dijumpai pada sayatan tipis batuan dengan kode sampel Tomh BFA 2. Adanya mineral sekunder berupa serisit ini dapat dikelompokkan termasuk kedalam zona alterasi zona filik yang terbentuk pada tingkat keasaman antara 4 sampai 5, dengan temperatur pembentukan 270°C– 350°C (Tabel 3) [5].

Zona Serisit – Kuarsa – Illite

Zona Serisit – Kuarsa – Illite dijumpai pada sayatan tipis batuan dengan kode sampel Tomh T-1, Tomh T-2, Tomh T-3. Dijumpainya mineral sekunder berupa serisit dan mineral lempung berupa illite, zona ini dapat dikelompokkan termasuk ke dalam zona filik dari *Illite Group*. Illite terbentuk pada temperatur berkisar antara 200°C - 230°C, zona filik (*Illite Group*) yang terbentuk memiliki derajat keasaman antara 4 – 5 [4], dengan temperatur pembentukan 270°C– 320°C (Tabel 4) [5].

Paragenesa Mineral Alterasi

Paragenesa mineral alterasi merupakan suatu urutan maupun tahapan tahapan dalam proses pembentukan suatu batuan yang dapat diidentifikasi melalui temperatur, tekstur khusus, bahkan proses inklusi mineral. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode petrografi, kelompok satuan batuan yang dijumpai pada daerah penelitian yakni mineral alterasi yang dijumpai terbagi menjadi tiga tahapan atau urutan (*stage*) (Tabel 5). Pada tahapan atau stage I dijumpai kehadiran himpunan mineral sekunder berupa epidot- klorit. Tahapan kedua atau stage II didapat himpunan mineral berupa mineral sekunder yaitu serisit. Adapun pada tahapan yang terakhir yaitu stage III dicirikan oleh adanya kehadiran himpunan mineral berupa mineral kuarsa-serisit-illite.

Selanjutnya himpunan mineral yang telah dijumpai itu dikelompokkan ke dalam suatu zona himpunan mineral. Berdasarkan himpunan mineral yang dijumpai pada daerah penelitian, maka dapat diidentifikasi bahwa daerah penelitian ini dikelompokkan terdiri atas 2 zona alterasi yaitu: zona alterasi filik dan zona alterasi propilitik (Gambar 7). Zona alterasi filik terbentuk pada tahapan pertama (stage I) yang ditemui himpunan mineral berupa kuarsa-serisit-

illite dengan pH netral dengan suhu berkisar 270°C–350°C. Tahapan selanjutnya yaitu pada stage II terjadi retrograde yakni penurunan suhu sehingga terbentuk zona propilitik yang dijumpai mineral epidot-klorit 200°C-300°C dengan tingkat atau derajat keasaman fluida berkisar 5 – 7 yakni dari intermediet asam sampai netral [4].

5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, batuan vulkanik Formasi Hulusimpang daerah telitian dijumpai 3 satuan batuan yaitu satuan batuan andesit, satuan breksi gunung api fragmen batuan andesit, dan tuf yang mengalami ubahan atau teralterasi. Hal ini dapat dilihat dari warna dan juga kondisi singkapan batuan yang memperlihatkan warna lapuk kecoklatan. Selain itu terlihat juga pada beberapa singkapan yang memperlihatkan tekstur khusus dan urat serta dijumpainya mineral mineral sekunder pada analisis petrografi yang mengindikasikan telah terjadinya alterasi. Satuan batuan andesit dengan intensitas alterasi lemah dengan himpunan mineral alterasi berupa epidot-klorit-serisit. Satuan breksi gunung api fragmen andesit dengan intensitas alterasi yang kuat dijumpai himpunan mineral sekunder berupa epidot-klorit-serisit-kuarsa sekunder-opaq-oksida besi. Sedangkan breksi gunung api dengan kode sampel dengan intensitas alterasi lemah dijumpai himpunan mineral sekunder berupa serisit. Lalu pada satuan batuan tuf dengan intensitas alterasi lemah-sedang dijumpai himpunan mineral sekunder berupa biotit sekunder-serisit-mineral lempung(illite). Paragenesa atau urutan terbentuknya mineral alterasi terbagi menjadi tiga *stage*. Pada tahapan atau *stage* I dijumpai kehadiran himpunan mineral sekunder berupa epidot-klorit yang termasuk kedalam zona alterasi propilitik. Tahapan kedua atau *stage* II ditemui mineral sekunder berupa serisit termasuk kedalam zona alterasi filik. Adapun pada tahapan terakhir yaitu *stage* III yang dijumpai oleh kehadiran himpunan

mineral berupa kuarsa-serisit-illite termasuk kedalam zona alterasi filik.

REFERENSI

- [1] Andi Mangga, S. A. (1994). The Geology of the Tanjungkarang Quadrangle (1110), Sumatra. Scale 1:250 000. Bandung: Geological Research and Development Centre.
- [2] Browne, P., 1989. Hydrothermal Alteration and Geothermal Systems. Auckland: Geothermal Institute (Unpublished).
- [3] Fossen, H. (2010). Structural Geology. New York: Cambridge University Press.
- [4] G.J. Corbett dan Leach, T., 2008. Influence of magmatic arc geothermal systems on porphyry-epithermal Au-Cu-Ag exploration models: Alteration Hydrothermal, Australia: PO Box 282, Willoughby
- [5] Hedenquist, d., 1995. Epithermal Gold Deposits : Styles, Characteristics And Exploration. Society of Economic Geologists Newsletter 23, pp. hal. 1-13.
- [6] Hugget, R. J. (2007). Fundamentals of Geomorphology. Advances in neonatalcare : Official Journal of The National Association of Neonatal Nurses (Vol.11). <https://doi.org/10.1177/0192623310385829>
- [7] Pettijohn, F. (1975). Sedimentary Rocks. New York: Harper and Row.
- [8] Pirajno, Franco. 1992. Hydrothermal Processes and Mineral System. Springer: Australia
- [9] Rickard, M. (1972). Fault Classification – Discussion. Geological Society of America, Bulletin, v. 83, pp. 2545–2546.
- [10] Pulunggono, A., Haryo, S., & Kosuma, C. (1992). Pre Tertiary And Tertiary Fault Systems As A Framework Of The South Sumatra Basin; A Study Of Sar-Maps. Bulletin of Proceedings Indonesian Petroleum Associations, 21.
- [11] Streckeisen, A. (1974). Classification and Nomenclature of Plutonic Rocks, Recommendation of the IUGS Subcommission on the Systematic of Igneous Rock., (hal. v.63 773-785).

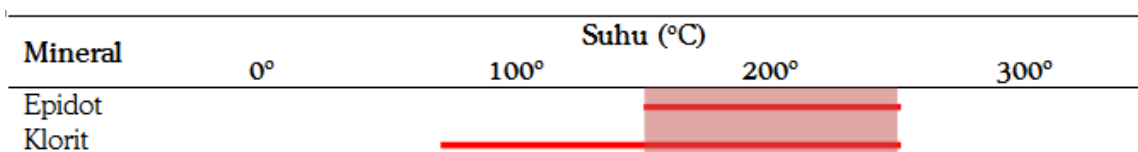
LAMPIRAN

Tabel 1. Hasil Analisis berdasarkan analisis petrografi sayatan batuan

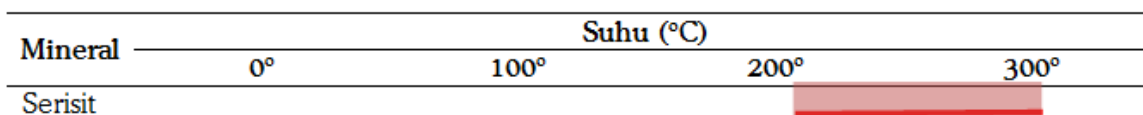
Kode Sampel	Mineral Primer	%	Mineral Alterasi	%	Tekstur	Intensitas	Zona Alterasi	Nama Batuan
Tomh-A 1	Plagioclase, orthoclase, pyroxene, biotite	71,5	Epidote, Chlorite, Sericite, Opaque	28,5	Ophitic, Intergranular, Sieve, Zoning	Moderate	Propilitik	Andesit
Tomh-BFA MAP 1	Plagioclase, orthoclase, pyroxene, biotite, quartz	47,25	Epidote, Chlorite, Sericite, Opaque, Quartz secondary, oxide	52,5		Strong	Propilitik	Breksi Vulkanik Fragmen Andesit

Tomh-BFA MAP 1	Plagioclase, orthoclase, pyroxene, biotite, quartz	49,5	Epidote, Chlorite, Sericite, Opaque, Quartz secondary, Oxide	50,5	Strong	Propilitik	Breksi Vulkanik Fragmen Andesit
Tomh-BFA 2	Plagioclase, Biotite, Pyroxene	88,5	Sericite	11,5	Weak	Philik	Breksi Vulkanik Fragmen Andesit
Tuf 1 Tomh T 1	plagioclase, quartz, orthoclase, biotite	76	Bio second, vein quartz, sericite, clay mineral	24	Moderate	Philik	Tuf Kristal
Tuf 2 Tomh T 2	plagioclase, quartz, orthoclase, biotite	77	Bio second, sericite, clay mineral	23	Moderate	Philik	Tuf Kristal
Tuf 3 Tomh T 3	Plagioclase, quartz, ortho, bio	87,5	Bio second, sericite, clay mineral, chl, apatite	12,5	Weak	Philik	Tuf Kristal

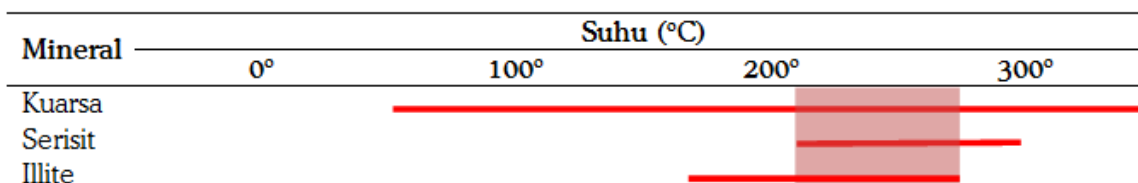
Tabel 2. Suhu dari pembentukan mineral menurut (Reyes, 1990 dalam Hedenquist, 1995)



Tabel 3. Suhu dari pembentukan mineral menurut (Reyes, 1990 dalam Hedenquist, 1995)



Tabel 4. Suhu dari pembentukan mineral (Reyes, 1990 dalam Hedenquist, 1995) [5]

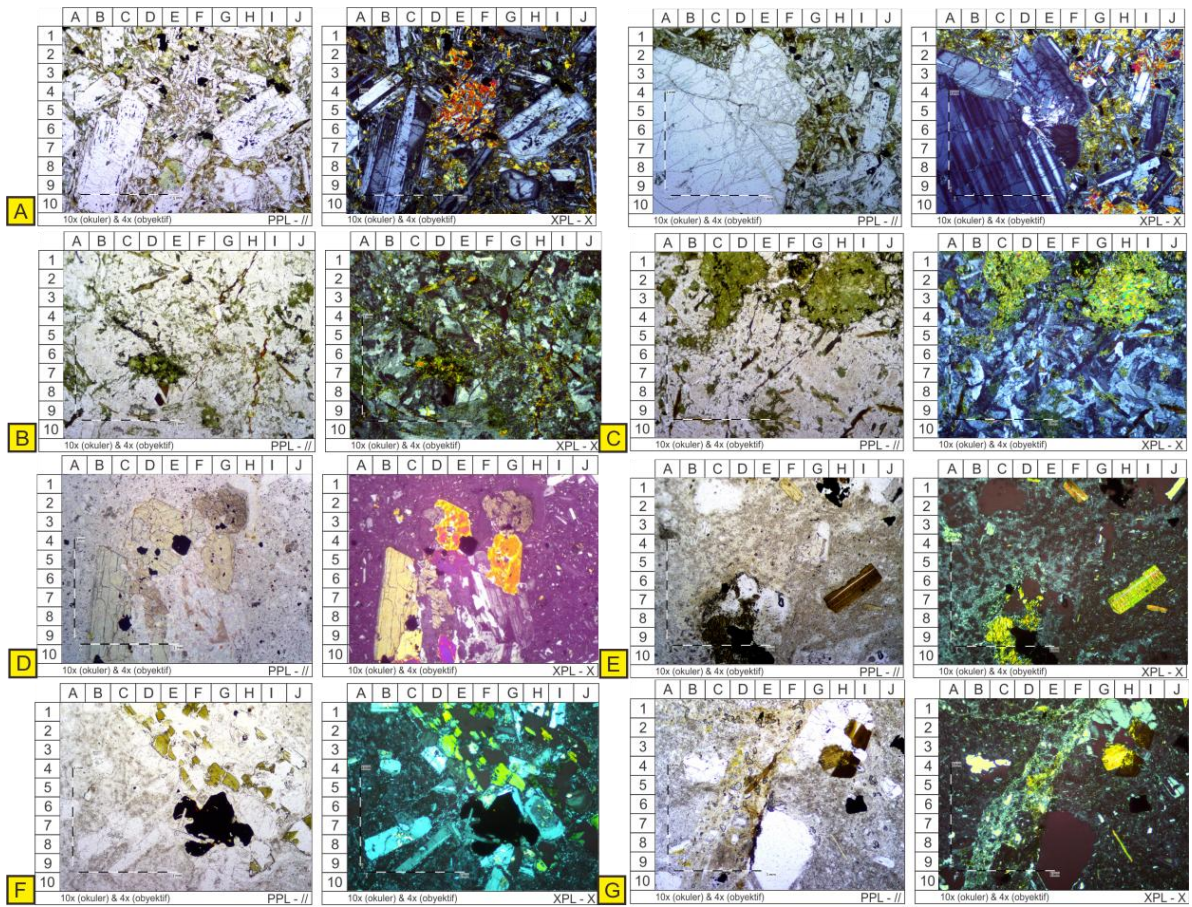


Tabel 5. Paragenesa pembentukan mineral alterasi

Mineral	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Epidot	Red bar from 0 to 100		
Klorit	Red bar from 0 to 100		
Serisit		Red bar from 100 to 200	
Kuarsa			Red bar from 200 to 300
Serisit			Red bar from 200 to 300
Illite			Red bar from 200 to 300



Gambar 5. Kenampakan Megaskopis Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang, (A,B : Kenampakan Satuan Andesit), (C,D : Kenampakan Satuan Tuff), (E,F,G,H : Kenampakan Satuan Breksi Gunung Api Fragmen Andesitik).



Gambar 6. Kenampakan Foto Mikrograf Batuan Vulkanik Formasi Hulusimpang, (A:Tomh-A 1, Satuan Andesit), (B:Tomh BFA MAP 1; C: Tomh BFA MAP 2 1; D: Tomh BFA 2, Satuan Breksi Gunung Api Fragmen Anndesit); (E:Tomh T 1; F:Tomh T 2; G:Tomh T3, Satuan Tuf)

