



KARAKTERISASI FLUIDA HIDROTERMAL PADA PROSPEK X, KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW TIMUR, SULAWESI UTARA

Lyra Arnetta^{1*}, Euis Tintin Yuningsih¹, Kurnia Arfiansyah¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Geologi, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

*Korespondensi: lyra.arnetta26@gmail.com

ABSTRAK

Daerah penelitian berada di Prospek X, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara. Penelitian dilakukan untuk mengkarakterisasi host rock dan mineral ubahan pada daerah penelitian dan mengetahui karakteristik fluida hidrotermal melalui pengukuran temperatur dan salinitas inklusi fluida. Penelitian dilakukan menggunakan metode analisis petrologi untuk mengetahui karakteristik fisik batuan, analisis petrografi untuk menganalisis kehadiran mineral ubahan, dan analisis inklusi fluida untuk mengetahui temperatur homogenisasi, temperatur leleh, dan salinitas. Daerah penelitian terdiri dari litologi breksi-tuff dengan kehadiran urat berkomposisi kuarsa dan kuarsa-karbonat, termasuk kedalam klasifikasi zona alterasi porfiritik ditandai dengan kehadiran mineral klorit-silika-pirit. Kehadiran mineral ubahan ini terbentuk melalui proses pengisian fluida hidrotermal kedalam rongga yang sudah ada secara bertahap, membentuk kristal-kristal yang semakin besar seiring berjalannya waktu. Di sekitar daerah penelitian berdasarkan peta geologi regional, terdapat struktur berupa sesar mendatar. Karakteristik inklusi fluida pada daerah penelitian berbentuk sub-elongated, elongated, dan rombik, dengan ukuran 1 – 40µm, memiliki nilai Th 143.2°C - 308.2°C, nilai Tm -2°C - -5.6°C, dan hasil perhitungan salinitas 5.49 - 7.62 wt%NaCl eqv. Salinitas ini termasuk salinitas rendah – menengah. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa evolusi fluida yang membentuk vein kuarsa di daerah penelitian umumnya terjadi melalui proses pencampuran dengan fluida yang memiliki salinitas yang berbeda. Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa fluida pembawa mineralisasi bercampur dengan fluida yang memiliki salinitas rendah, yang umumnya merupakan fluida meteorik.

Kata Kunci: Fluida Hidrotermal, Endapan Epitermal, Inklusi Fluida, Bolaang Mongondow Timur

ABSTRACT

The study area is located in Prospect X, East Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi Province. The research was conducted to characterize the host rock and alteration minerals in the study area and to determine the characteristics of hydrothermal fluid through measurement of temperature and salinity of fluid inclusions. The research was conducted using petrological analysis method to determine the physical characteristics of rocks, petrographic analysis to analyze the presence of alteration minerals, and fluid inclusion analysis to determine homogenization temperature, melting temperature, and salinity. The study area consists of breccia-tuff lithology with the presence of quartz and quartz-carbonate veins, including the classification of porphyritic alteration zones characterized by the presence of chlorite-silica-pyrite minerals. The presence of these alteration minerals is formed through the process of hydrothermal fluid filling into existing cavities gradually, forming increasingly large crystals over time. Around the research area based on the regional geological map, there is a structure in the form of a horizontal fault. The characteristics of fluid inclusions in the study area are sub-elongated, elongated, and rombik, with a size of 1 - 40µm, having a Th value of 143.2°C - 308.2°C, a Tm value of -2°C - -5.6°C, and a salinity calculation of 5.49 - 7.62 wt%NaCl eqv. These salinities include low - medium salinity. It can be interpreted that the evolution of fluids that form quartz veins in the study area generally occurs through a mixing process with fluids that have different salinities. It can also be inferred that the mineralization-bearing fluid mixes with low-salinity fluids, which are generally meteoric fluids.

Keywords: Hydrothermal Fluid, Epithermal Deposits, Fluid Inclusions, Bolaang Mongondow Timur

PENDAHULUAN

Mineralisasi dapat terbentuk oleh adanya panas dari fluida hidrotermal yang bereaksi dengan batuan sampling (wallrock) di sepanjang rekahan sehingga terjadi proses alterasi yang mengubah sifat fisik maupun kimia dari mineral penyusun batuan sampling (Pirajno, 1992). Fluida hidrotermal merupakan fluida panas yang bergerak naik ke atas yang memiliki kandungan mineral logam, larutan ini berasal dari sisa hasil pembentukan magma (Lindgren, 1933). Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi adanya perubahan yang terjadi pada batuan (alterasi) akibat naiknya fluida hidrotermal, Seperti temperatur dan tekanan pada saat reaksi berlangsung, sifat kimia, dan konsentrasi fluida hidrotermal. Karakterisasi fluida hidrotermal pada endapan emas epitermal ini dapat dilakukan dengan melihat karakteristik inklusi fluida sebagai indikasi temperatur, mineralisasi, dan alterasi daerah penelitian. Inklusi fluida merupakan fluida yang terjebak di dalam suatu kristal pada waktu pertumbuhannya, atau terbawa masuk melalui celah kecil setelah kristalisasi mineral. Secara regional, daerah penelitian berada pada Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara berbatasan dengan Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi yang disusun oleh Apandi dan Bachri (1997). Daerah penelitian berada di Prospek X, Bolaang Monggondow Timur, Sulawesi Utara, daerah ini diperkirakan memiliki deposit mineral dengan sistem epitermal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi *host rock* dan mineral ubahan di daerah penelitian dan mengetahui karakteristik fluida hidrotermal yang dibatasi pada suhu homogenitas dan salinitas pada vein.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

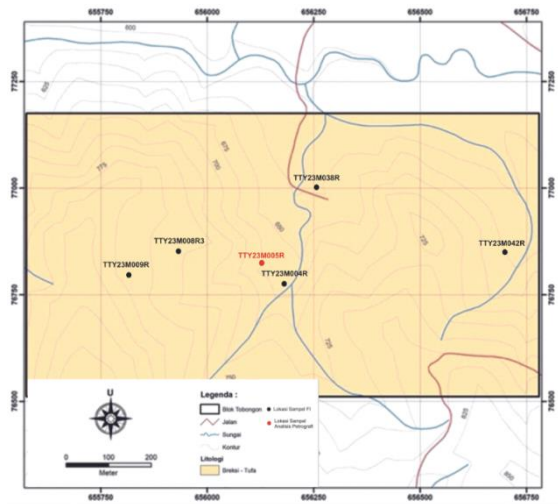
Metodologi penelitian yang digunakan mencakup analisis petrologi, analisis petrografi, dan analisis inklusi fluida. Analisis petrologi dilakukan dengan mendeskripsi megaskopis sampel batuan untuk mengetahui karakteristik sifat fisik batuan, terdapat 6 sampel batuan yang dilakukan analisis petrologi. Analisis petrografi dilakukan untuk menganalisis jenis mineral yang terkandung dalam sampel batuan menggunakan mikroskop polarisasi, hal ini dilakukan untuk mengetahui mineral sekunder yang terkandung, terdapat 1 sampel batuan yang dianalisis petrografi. Analisis inklusi fluida dilakukan pada urat kuarsa untuk mengetahui temperature homogenisasi, temperature leleh, dan salinitas, terdapat 5 sampel batuan yang dianalisis inklusi fluida. Analisis inklusi fluida ini terbagi kedalam 2 tahap yaitu pengamatan petrografi untuk mengetahui bentuk, jenis, dan ukuran inklusi, tahap selanjutnya yaitu pengukuran mikrotermometri yang dilakukan menggunakan alat Linkam untuk pengukuran suhu menggunakan nitrogen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakterisasi *host rock* dan mineral ubahan

Daerah penelitian terdiri dari litologi breksi-tuff dengan. Breksi-tuff ini berwarna abu-abu hingga abu-abu terang, dengan butiran berukuran 1 mm hingga 8 cm. Butiran batuan ini memiliki bentuk menyudut tanggung hingga membulat tanggung. Batuan ini bersifat polimik, artinya tersusun dari berbagai jenis batuan lain, terutama andesit dan tuff. Pada

prospek ini terdapat 6 sampel yang dianalisis 5 sampel yaitu TTY23M004R, TTY23M008R3, TTY23M009R, TTY23M038R, dan TTY23M042R dilakukan analisis megaskopis dan analisis inklusi fluida. Sampel TTY23M005R dilakukan analisis megaskopis dan analisis petrografi.



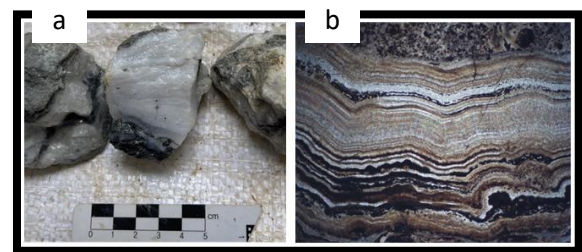
Gambar 1 Peta Geologi Daerah Penelitian serta Lokasi Sampel Penelitian

Hasil deskripsi megaskopis 6 sampel (Tabel 2) menunjukkan pada prospek ini tersusun oleh breksi-tuff, terdapat urat kuarsa berukuran kuarsa yang berukuran 0,1 - 3 cm, beberapa urat kuarsa teroksidasi menjadi limonit-hematit. Kehadiran urat kuarsa ini berasal dari lubang gurantil dan bertekstur breksiasi batuan sampling (tuff) – silika. Berdasarkan deskripsi pada sampel, didapat tekstur urat yang beragam. Klasifikasi tekstur yang digunakan berdasarkan klasifikasi Dong *et al.* (1995) yang dapat di interpretasikan proses pembentukannya sebagai berikut:

- Tekstur *Colloform*

Tekstur *colloform* ini ditemukan pada sampel TTY23M008R3, secara megaskopis tekstur ini

memperlihatkan kenampakan berlapis dan berulang dengan lapisan kuarsa yang bergelombang, tekstur ini mengkarakteristikan agregat kalsedon dalam band yang halus. Tekstur ini menunjukkan proses pengendapan silika yang lebih lambat dan bertahap dibandingkan dengan tekstur massif. Larutan hidrotermal yang kaya akan silika mengalami perubahan kondisi secara berkala. Perubahan kondisi ini memicu pengendapan lapisan tipis kuarsa di atas lapisan sebelumnya. Proses yang berulang terus-menerus menghasilkan lapisan kuarsa yang melingkar dan bertumpuk. Hal ini seringkali dikaitkan dengan keberadaan emas dan perak. Tekstur ini ditemukan pada fase akhir atau tepi dari urat hidrotermal.



Gambar 2 (a) Sampel TTY23M008R1 dengan Tekstur Urat Kuarsa Colloform (b) Tekstur Urat Kuarsa Colloform pada Sampel TTY23M008R1 secara Mikroskopis, terlihat secara jelas tekstur gelombang

- Tekstur Masif

Tekstur masif ini ditemukan pada sampel TTY23M004R, TTY23M009, TTY23M038R, TTY23M0042R. Secara megaskopis, tekstur ini kuarsa

tampak seragam dan konsisten di seluruh bagiannya, Kristal-kristal kuarsa tidak terlihat secara jelas karena ukurannya sangat kecil. Tekstur ini menunjukkan proses pengendapan cepat silika dari larutan hidrotermal. larutan hidrotermal yang kaya akan silika mendingin dan mengendapkan kuarsa secara cepat, proses pendinginan dan perubahan tekanan yang cepat menyebabkan kristal-kristal kuarsa tumbuh bersamaan dan saling mengunci membentuk massa yang padat dan seragam. Tekstur masif ini ditemukan pada awal pembentukan urat atau inti dari urat hidrotermal.

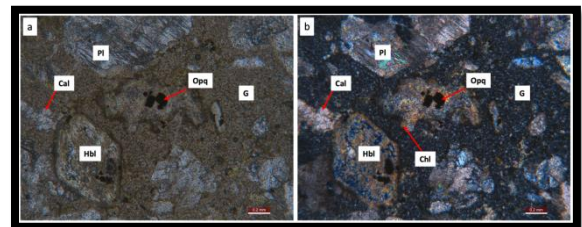


Gambar 3 Sampel TTY23M038R dengan Tekstur Urat Kuarsa Masif

Mineral ubahan pada prospek ini diamati dari sampel batuan dan analisis petrografi. Proses perubahan batuan akibat aktivitas fluida panas (alterasi hidrotermal) dipengaruhi oleh jenis batuan, struktur geologi, dan sifat fluida itu sendiri. Kehadiran mineral-mineral baru yang terbentuk akibat proses ini dapat menjadi petunjuk untuk mengidentifikasi faktor-

faktor tersebut. Dampak alterasi hidrotermal dapat terjadi pada semua jenis batuan di suatu wilayah, namun dengan tingkat perubahan yang bervariasi (Corbett dan Leach, 1997).

Sampel batuan menunjukkan adanya alterasi hidrotermal yang ditandai oleh kehadiran mineral-mineral sekunder seperti klorit, silika, dan pirit. Hal ini menunjukkan bahwa batuan tersebut mengalami interaksi dengan fluida pada suhu dan tekanan tertentu.



Gambar 4 Fotomikrograf andesit terubah propilitik (a) Foto kenampakan Nicol sejajar (PPL) (b) Foto kenampakan Nicol bersilang (XPL), berstruktur vesikuler, tekstur hipokristalin, porfiritik, disusun oleh plagioklas (Pl), hornblende (Hbl), kalsit (Cal), gelas (G)

Berdasarkan analisis petrografi, sampel TTY23M005R disusun oleh mineral plagioklas, hornblende, kalsit, klorit, gelas, dan opak. Mineral plagioklas sudah mulai berubah menjadi kalsit dan klorit. Sayatan ini didominasi oleh plagioklas. Berdasarkan proses alterasi yang dapat diinterpretasikan adanya beberapa tahap pembentukan (Tabel 4,2). Tahap awal terbentuk mineral primer terlebih dahulu berupa plagioklas dan hornblende. Tahap selanjutnya terbentuk mineral hasil ubahan plagioklas yaitu klorit dan kalsit. Zona alterasi ini dapat diklasifikasikan sebagai alterasi propilitik (Corbett and Leach, 1998).

Tabel 1 Paragenesa Mineral Alterasi pada Sampel TTY23M005R, Plagioklas dan Hornblende terbentuk

pada tahap awal pembentukan, Kalsit dan Klorit terbentuk sebagai hasil ubahan dari mineral plagioklas dan termasuk tahap pemebntukan selanjutnya.

Minerall	Primer	Sekunder
Plagioklas		
Hornblende		
Klorit		
Kalsit		



Gambar 5 Sampel TTY23M004R dengan litologi Tuff tersilisifikasi dan terdapat Pirit sangat halus

Mineral ubahan yang teramati pada prospek ini berupa *cavity filling*. Mineral ubahan dengan jenis *cavity filling* adalah mineral sekunder yang terbentuk di dalam rongga-rongga atau pori-pori batuan yang sudah ada sebelumnya. Proses ini terjadi ketika larutan hidrotermal, yang kaya akan mineral terlarut, mengalir melalui batuan dan mengendapkan mineral-mineral tersebut di dalam ruang-ruang terbuka. Mineral-mineral ini kemudian mengisi rongga-rongga tersebut secara bertahap, membentuk kristal-kristal yang semakin besar seiring berjalannya waktu.

Tabel 2 Deskripsi Megaskopis Sampel Batuan pada Prospek X, Terdapat 6 sampel batuan

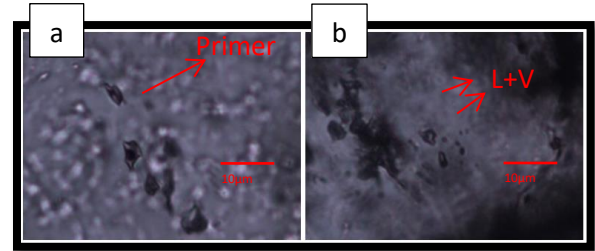
Kode Sampel	Nama Batuan	Deskripsi Megaskopis	Foto
TTY23M004 R	Tuff tersilisifikasi (Vein Kuarsa-Karbonat)	Memiliki warna segar abu kehitaman, warna lapuk abu kekuningan, bentuk butir subrounded-subangular, berukuran butir abu halus <1/16 mm - 1/256 mm, sortasi sedang, kemas terbuka, kekerasan getas, struktur masif, polimik, tersusun atas fragmen andesit dan tuff, terdapat vein kuarsa karbonat, tekstur vein masif, terdapat pirit	

TTY23M005 R	Tuff	Memiliki warna segar abu kekuningan, warna lapuk coklat kekuningan, bentuk butir subrounded-subangular, berukuran butir abu kasar $>1/256$ mm, sortasi sedang, kemas terbuka, kekerasan getas, struktur masif, tingkat alterasi kuat (strong altered), terdapat silica, kaolinit, pirit, oksidasi medium (limonit).	
TTY23M008 R3	Tuff tersilisifikasi (Vein Kuarsa-Karbonat)	Memiliki warna segar abu kehitaman, warna lapuk abu kekuningan, bentuk butir subrounded-subangular, berukuran butir abu halus $<1/16$ mm - $1/256$ mm, sortasi sedang, kemas terbuka, kekerasan getas, struktur masif, terdapat vein kuarsa-karbonat, tekstur vein <i>colloform</i> .	
TTY23M009 R	Tuff	Memiliki warna segar kuning kecoklatan, warna lapuk coklat kehitaman, berukuran butir abu halus $<1/16$ mm - $1/256$ mm, bentuk butir rounded-subrounded, sortasi sedang, kemas terbuka, kekerasan getas, struktur masif, tingkat alterasi kuat (strong altered) silica, kaolin, oksidasi kuat (hematit-limonit).	
TTY23M038 R	Tuff (Vein Kuarsa)	Memiliki warna segar kuning kecoklatan, warna lapuk coklat kehitaman, berukuran butir abu halus $<1/16$ mm - $1/256$ mm, bentuk butir subangular-subrounded, sortasi sedang, kemas terbuka, kekerasan keras, struktur masif, tuff breccia, terdapat vein kuarsa dengan tekstur masif, oksidasi kuat (limonit).	
TTY23M042 R	Tuff	Memiliki warna segar abu kehitaman, warna lapuk abu kehijauan, terdapat veinlets quartz 0,3-1cm, tekstur masif, silica botroidal tekstur, berukuran butir lapili >64 mm, bentuk butir subangular, sortasi sedang, kemas terbuka, kekerasan keras, struktur masif, tersilisifikasi, terdapat pirit.	

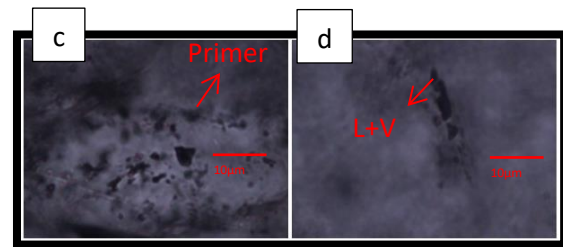
2. Karakterisasi Inklusi Fluida

Pengukuran inklusi fluida dilakukan pada 5 sampel urat kuarsa (Tabel 3 dan Tabel 4). Diperoleh nilai temperatur homogenitas (T_h) yang berkisar antara 149.4°C – 308.2°C , temperature leleh (T_m) yang berkisar antara -2°C – -4.1°C dengan salinitas berkisar antara 4.92 – 6.13 wt%NaCl eqv. Berdasarkan hasil pengamatan petrografi, keterdapatan inklusi fluida pada sampel TTY23M038R dan TTY23M042R sedikit – medium, pada sampel TTY23M008R3 dan TTY23M009R sedikit, serta TTY23M004R medium – banyak. Persentase vapor didominasi oleh 10 – 30%. Tipe inklusi fluida pada daerah penelitian ini tipe I dengan keterangan inklusi terdiri dari dua fase, inklusi primer, dan didominasi oleh persentase *liquid*. Terdapat inklusi fluida dengan jenis inklusi primer (Gambar 6 dan Gambar 7). Inklusi primer ini memiliki orientasi yang mengikuti struktur Kristal dan terisolasi. Pada umumnya inklusi primer yang diamati memiliki bentuk sub-alongate, elongate dan

rhombic. Inklusi yang diamati dengan tipe bifase (L+V) digunakan untuk analisis mikrotermometri.



Gambar 6 Fotomikrograf (a) Sampel TTY23M004R (b) Sampel TTY23M009R, Kenampakan dua fase (L+V)



Gambar 7 Fotomikrograf (c) Sampel TTY23M038R (d) Sampel TTY23M0042R, Kenampakan dua fase (L+V)

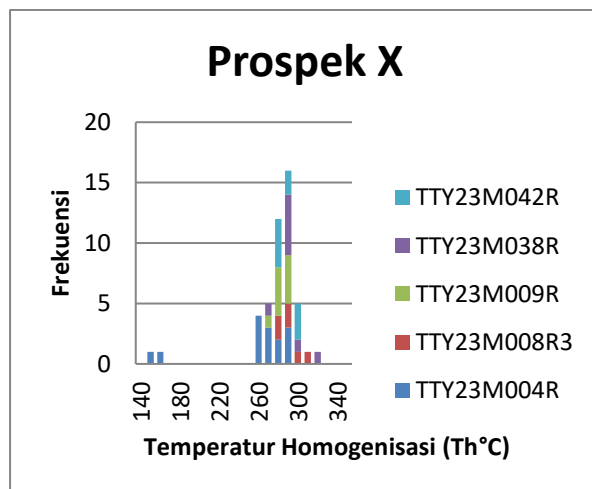
Tabel 3 Hasil Pengamatan Inklusi Fluida di 6 Sampel Batuan berupa karakteristik inklusi fluida (jenis, fase, tipe, ukuran, keterdapatan, dan persentase vapor)

Kode Sampel	Tipe Sampel	Jenis FI	Fase FI	Tipe*	Ukuran (μm)	Keterdapatan	Persentase Vapor
TTY23M004R	Quartz - Cb Vein	P	(L+V)	I	5 - 20	medium - banyak	10 - 40
TTY23M008R3	Quartz - Cb Vein	P	(L+V)	I	5 - 10	sedikit	10 - 30
TTY23M009R	Tuff	P	(L+V)	I	1 - 10	sedikit	10 - 30
TTY23M038R	Vein Kuarsa	P	(L+V)	I	5 - 10	sedikit - medium	10 - 30
TTY23M042R	Tuff	P	(L+V)	I	5 - 15	sedikit - medium	10 - 30

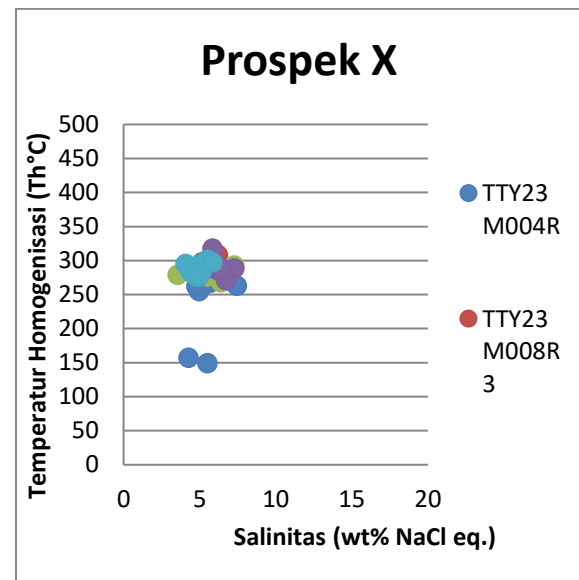
Tabel 4 Hasil Pengukuran Mikrotermometri Inklusi Fluida di 6 Sampel Batuan berupa Temperatur Homogenisasi (Th), Temperatur Leleh (Tm), dan Salinitas

Kode Sampel	Jumlah FI	Kisaran Th (°C)	Th rata-rata (°C)	Kisaran Tm (°C)		Tm rata-rata (°C)	Kisaran Salinitas (% wt NaCl eq.)	Salinitas rata-rata (% wt NaCl eq.)
TTY23M004R	14	149.4 - 290.2	257	-2.3	-3.4	-3	4.08 - 6.02	5.44
TTY23M008R3	6	280.1 - 308.2	292	-2.6	-3.2	-3.03	4.61 - 6.20	5.37
TTY23M009R	9	268.6 - 293.4	284.29	-2	-4.1	-3.03	4.08 - 7.26	5.37
TTY23M038R	8	271.2 - 317.8	291.66	-2.9	-4.1	-3.46	5.14 - 6.73	6.13
TTY23M042R	9	276.9 - 301.2	288.4	-2.3	-3.3	-2.78	4.08 - 5.85	4.92

Inklusi fluida yang memiliki tipe Bifase (L+V) dilakukan analisis pengukuran temperatur yaitu analisis mikrotermometri menggunakan Linkam. Data hasil pengukuran temperatur disajikan menggunakan histogram (Gambar 8 dan Gambar 9).



Gambar 8 Histogram Distribusi Temperatur Homogenisasi (Th°C) Prospek X



Gambar 9 Grafik Hubungan Salinitas dengan Temperatur Homogenisasi (Th°C) Prospek X

Berdasarkan data histogram (Gambar 8), Sampel pada daerah penelitian ini didominasi oleh inklusi dengan

temperature 280-300°C. Berdasarkan grafik pada gambar 4.18, hasil perhitungan salinitas menunjukkan bahwa inklusi fluida yang memiliki temperature homogenisasi rendah cenderung memiliki salinitas rendah dan sebaliknya. Salinitas pada daerah penelitian termasuk salinitas rendah.

Berdasarkan diagram temperature homogenisasi (Th) dan salinitas (Gambar 9), terdapat dua inklusi pada sampel TTY23M004R yang memiliki temperature homogenisasi lebih rendah daripada inklusi yang lain, dan terlihat pada histogram memisah. Hal ini menandakan bahwa sampel ini telah mengalami perubahan suhu yang diakibatkan oleh adanya pencampuran dengan fluida lain. Menurut Shepherd dkk, (1985) dalam Wilkinson, (2001), dapat diinterpretasikan bahwa evolusi fluida yang membentuk vein kuarsa di blok penelitian umumnya terjadi melalui proses pencampuran dengan fluida yang memiliki salinitas yang berbeda. Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa fluida pembawa mineralisasi bercampur dengan fluida yang memiliki salinitas rendah, yang umumnya merupakan fluida meteorik. Berdasarkan hasil integrasi data dari hasil analisis petrologi, petrografi, dan inklusi fluida, dapat diinterpretasikan daerah penelitian sebagai karakteristik endapan mineral epitermal sulfida rendah (*Epithermal Low Sulphidation*).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, host rock yang berada di daerah penelitian yaitu breksi tuff, beberapa breksi tuff Data hasil petrografi menunjukkan adanya kehadiran mineral ubahan silika-klorit-pirit dan diklasifikasikan kedalam zona alterasi propilitik (Corbett and Leach, 1978). Kehadiran mineral ubahan pada prospek

ini melalui proses cavity filling, fluida hidrotermal memasuki rongga atau pori-pori yang sudah ada sebelumnya. Ditemukannya struktur berupa sesar mendatar di sekitar daerah penelitian dapat diinterpretasikan menjadi jalur fluida hidrotermal ke permukaan. Data hasil pengamatan dan pengukuran inklusi fluida menunjukkan daerah penelitian memiliki rendah hingga menengah. Berdasarkan hasil integrasi data dari hasil analisis petrologi, petrografi, dan inklusi fluida, dapat diinterpretasikan daerah penelitian sebagai karakteristik endapan mineral epitermal sulfida rendah (*Epithermal Low Sulphidation*). Hal ini juga dapat disimpulkan bahwa fluida pembawa mineralisasi bercampur dengan fluida yang memiliki salinitas rendah, yang umumnya merupakan fluida meteorik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah Swt. karena berkat rahmat dan petunjuk-Nya, alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran atas kesempatannya, kepada keluarga besar penulis, dan semua pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu yang telah membantu selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Corbett, G. J. & Leach, T. M. (1996). *Southwest Pacific Rim Gold-Copper System Structure, Alteration and Mineralisation*; CMS New Zeland Ltd. Auckland, New Zeland

- Dong, G. (1998). *Geology of hydrothermal ore deposits*. Springer Science & Business Media
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr., dan Gonzalez-Urien, E. (1996). *Exploration for epithermal gold deposits*. In: Society of Economic Geologists Reviews in Economic Geology, v. 10, p. 245-277.
- Idrus, A. S. (2011). *Hydrothermal Ore Mineralization in Sulawesi: proceedings jcm makassar the 36th hagi and 40th iagi annual convention and exhibition*, 298 – 310
- Kerkhof, M. A. dan Hein F. U. (2001). *Fluid Inclusion Petrography*. Lithos. Elsevier. Vol.55. Issue 1-4. 27-47
- Lindgren, W. (1933). *Mineral Deposits*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Lindgren, W. (1993). *Mineral Deposits*. 4th edition McGraw-Hill Book Company, New York dan London, 93
- Moncada de la Rosa, J. D. (2008). *Application of Fluid Inclusions and Mineral Textures in Exploration for Epithermal Precious Metals Deposits* (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- Pirajno, F. (1992). *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*. Heidelberg: Springer.
- Roedder. (1984). *Fluid Inclusions*. Mineralogical Society of America.
- Shepherd, R. A. (1985). *A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies*. Glasgow, Blackie and Son
- Surono, Hartono, Udi. (2013). Buku Sulawesi. Lipi Press : Bandung
- T. Apandi & S. Bachri. (1997). *Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi*, Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Van Leeuwen, T. a. (2011). *Minerals deposits of Sulawesi*. Proceedings of The Sulawesi Minerals Resources Seminar MGEI-IAGI
- White, N.C., and Hedenquist, J.W. (1995). *Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics And Exploration*: Society of Economic Geologists Newsletter 23, hal. 1-13.
- Wilkinson, J.J. (2001). *Fluid Inclusions in Hydrothermal Ore Deposits*. Lithos 55: 229-272
- Yuwono, Y.S. (1994). *Fluid Inclusion: Suatu metoda dasar untuk membantu memahami proses geologi eksplorasi dengan pendekatan mikro*. Proseding PIT IAGI XXIII. Jakarta