

Karakteristik Inklusi Fluida Endapan Tembaga-Emas Porfiri Brambang Di Pulau Lombok, Indonesia (*Fluida Inclusions Characteristics Porphyry Copper-Gold Deposits Brambang Lombok Island, Indonesia*)

Aji Syailendra Ubaidillah^{1*}

¹Jurusan D3 Teknik Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Mataram

* Korespondensi E-mail: aji.syailendra@gmail.com

Abstrak

Dari inklusi fluida daerah penelitian di Desa Brambang Pulau Lombok Nusa Tenggara Barat ditafsirkan tipe endapan emas di Daerah tersebut. Tipe endapan emas ini sangat penting untuk diketahui karena sangat berkaitan dengan potensi endapan emas di Daerah ini. Satuan litologi daerah Brambang dapat dibagi menjadi beberapa satuan batuan dengan mempertimbangkan dominasi litologinya yaitu: satuan tuf lapilli, satuan diorite, satuan tonalit dan satuan breksi diatrema. Sampel inklusi fluida yang diambil dari Tipe urat A, B dan C diketahui bahwa masing masing tipe urat mewakili kelompok Salinitas yang berarti juga mewakili Tipe endapan deposit. Karakteristik inklusi fluida dengan Salinitas tinggi dan homogenitas yang tinggi merupakan tipe mineralisasi urat porfiri. Inklusi fluida yang kaya akan Tipe II dan Tipe III meyakinkan pusat deposit porfiri Cu-Au berada di bagian bawah. Ada tiga tipe urat yang diamati dimana terdapat inklusi fluida yaitu tipe urat A, B dan C yang diambil dari zona urat pada batuan tonalit. Hasil pengukuran *salinity* menunjukkan dua grup temperatur yang dapat disesuaikan dengan tipe urat A-B untuk temperatur ~550 °C dan tipe urat C untuk temperatur ~250 °C, besaran temperatur tersebut mengindikasikan tipe mineralisasi porfiri yang berasosiasi dengan logam dasar.

Kata kunci: Inklusi fluida, salinity, porfiri

Abstract

The type of gold deposit in the research area in Brambang Village, Lombok Island, West Nusa Tenggara can be interpreted from several things, including fluid inclusions. This type of gold deposit is very important to know related to the potential gold deposits in this area. The lithology unit in the Brambang area can be divided into several lithological units considering their lithological dominance: lapilli tuff, diorite, tonalite and diatrema breccia. Fluid inclusions samples taken from vein types A, B and C are known that each vein type represents the group of Salinity which means it also represents the deposit type. Characteristics of fluid inclusions with high salinity and high homogeneity is a type of porphyry vein mineralization. Type II and Type III rich fluid inclusions ensure that the center of the Cu-Au porphyry deposit is below the samples position. There are three types of veins observed where there are the fluid inclusions samples are taken, namely vein types A, B and C from the vein zone in tonalite rocks. The results of salinity measurements show two temperature groups that can be adjusted with vein type A-B for a temperature of ~550 °C and vein type C for a temperature of ~250 °C, these temperature magnitudes indicate the type of porphyry mineralization associated with base metals.

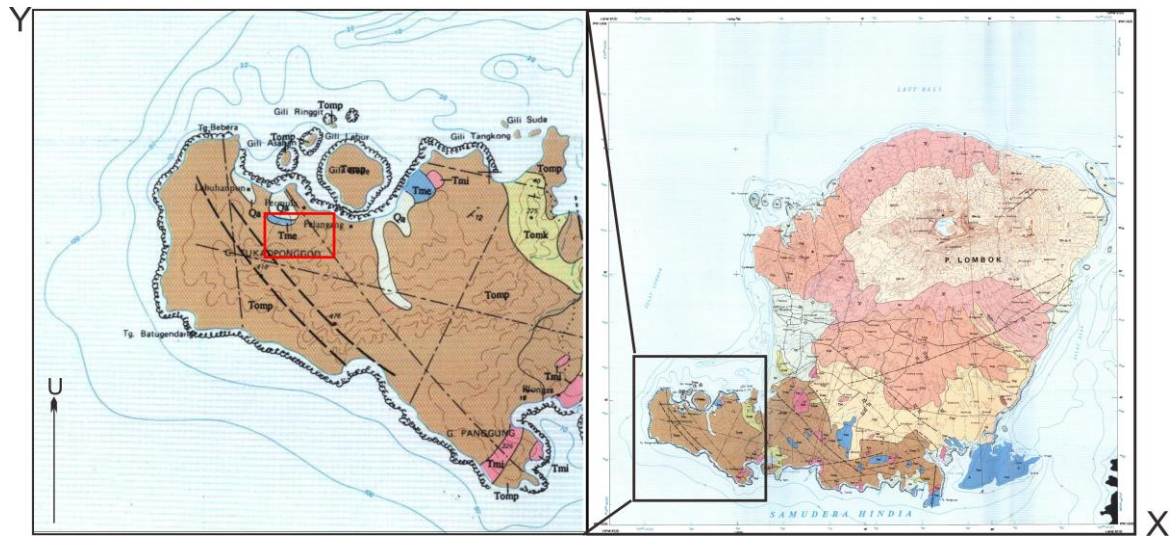
Keywords: Fluid inclusion, salinity, porphyry

1. Pendahuluan

Desa Brambang adalah salah satu dari beberapa daerah di Pulau Lombok yang memiliki mineralisasi endapan porfiri Cu-Au. Kekas serta sesar geser yang hadir berkembang dengan arah umum timur laut – barat daya dan barat laut - tenggara menunjukkan mineralisasi daerah desa Brambang terkontrol oleh struktur geologi yang signifikan (Faesal et al., 2022)(Ubaidillah et al., 2021).

Contoh setangan yang didapat dari banyak singkapan pada tepi jalan daerah Desa Brambang menunjukkan urat-urat yang saling berpotongan membentuk stockwork. Mineralisasi yang melimpah pada contoh setangan terdapat pada stockwork maupun secara tersebar. Stockwork adalah pengisian larutan hidrotermal pada rekahan yang saling memotong (Ridley, 2013). Lokasi penelitian berjarak 60 km melalui jalan aspal yang terletak di Desa Brambang, Kec. Sekotong, Kab.Lombok Barat. Daerah penelitian

terletak pada koordinat X dan Y di Barat Daya Pulau Lombok (Gambar 1.)



Gambar 1. Peta Geologi daerah Brambang dan sekitarnya.

Inklusi fluida yang didapat dari dari tiga belas lubang pemboran yang telah dilakukan adalah inklusi yang terjebak dalam tubuh mineral dalam bentuk sebagai cairan (liquid dan uap) dan banyak juga mengandung kristal (padat) di suhu permukaan. Inklusi fluida terbentuk bersamaan dengan pengendapan mineral di mana ia terjebak dalamnya, sehingga karakteristik kimia dan karakteristik fisika dari fluida hidrotermal yang membentuk mineral akan menyerupai dengan karakteristik masuknya cairan yang terjebak dalam tubuh mineral tersebut. Oleh karena itu analisis inklusi fluida dapat memberikan informasi tentang kondisi yang ada selama pembentukan mineral, seperti suhu, tekanan, dan komposisi fluida hidrotermal. Ukuran Fluid Inklusi berkisar antara 1 μ sampai dengan centimeter.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 ada tiga tipe utama Inklusi Fluida (Shepherd et al., 1985).

- Primer (P) : Terbentuk bersamaan dengan tumbuhnya Mineral Induk: Inklusi Primer ini terbentuk terisolasi atau dalam kelompok kecil dan dapat menentukan arah dari pertumbuhan Mineral Induk.
- Sekunder (S): Terbentuk setelah pertumbuhan Mineral Induk selesai: Inklusi tersebut melintasi zona Mineral Induk dan bahkan batas Mineral.
- Pseudosekunder (PS): Terbentuk didalam rekahan satu Kristal Tunggal dan tidak melewati batas Mineral.

Pada dasarnya Inklusi Fluida memiliki kombinasi dari satu atau beberapa Phase (Pirajno, 2009).

L = Cair (Liquid), (e.g. H₂O, Hydrocarbons).

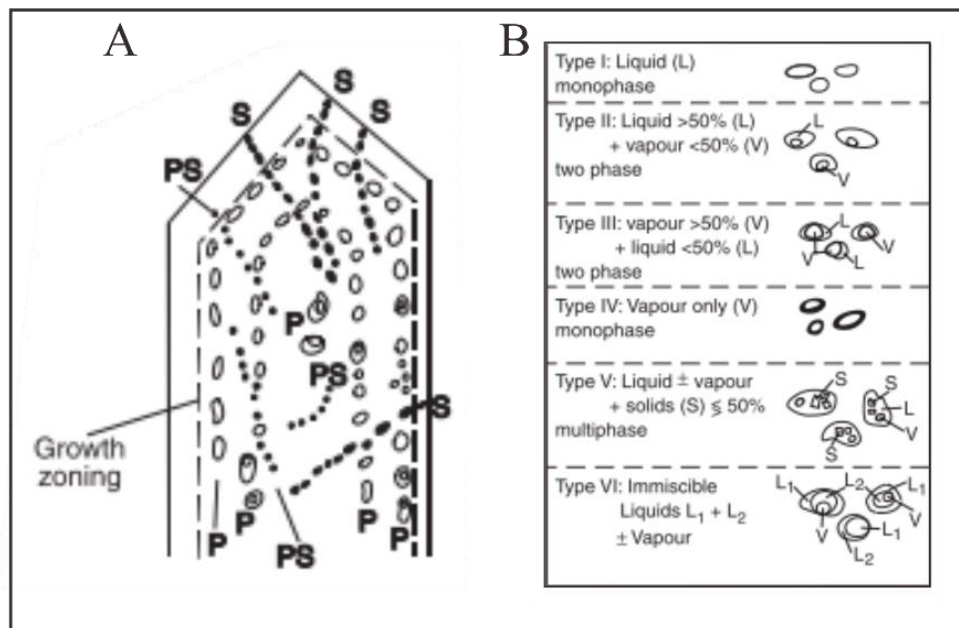
V = Gas (Vapour), (e.g. H₂O, CO₂, CH₄).

S = Padat (Solid), (e.g. Halit (NaCl), Sylvite (KCl), Sulphides, Carbonat.).

Pada ruang temperature Inklusi Fluida terjadi dengan beberapa kombinasi, seperti yang diterangkan oleh Roedder (1971), Shepherd et al., (1985) dan Nash (1976).

- (1) Tipe I, L-V (L=*liquid*, fase cair; V=*Vapour*, fase uap), cairan-uap (10-40 vol.% Uap). Tipe inklusif fluida ini biasanya terkait dengan zona alterasi propilitik atau serisit (Nash, 1976 dan Hedenquist dkk., 1998).
- (2) Tipe II, V-L (L=*liquid*, fase cair; V=*Vapour*, fase uap), uap-cairan dengan satu atau lebih *doughter mineral* (60-90 vol.% Uap).
- (3) Tipe III, L-V (L=*liquid*, fase cair; V=*Vapour*, fase uap), kaya cairan, cairan-uap dengan lebih dari satu *doughter mineral*.
- (4) Inklusi tipe IV kaya CO₂ cair, dan tidak khas dari kebanyakan deposit porfiri (Nash, 1976).

Inklusi Tipe I ini biasanya terkait dengan zona alteritis propilitik atau serisit (Nash, 1976; Hedenquist et al., 1998), sedangkan Inklusi Tipe II dan III berhubungan erat dengan zona alterasi potasik, dan tipikal inklusi didalam urat / urat kuarsa awal "A", "B" dan "AB" pada sistem porfiri (Nash, 1976; Hedenquist et al., 1998).



Gambar 2. Tipe dan Klasifikasi Inklusi Fluida. (A): Primer (P), Sekunder (S), Pseudosekunder (PS) Inklusi Fluida pada Kristal Kuarsa. (B): Inklusi Fluida pada Ruang Temperatur (Shepherd et al., 1985).

2. Metode

Petrografi analisis inklusi fluida pada daerah penelitian dilakukan terhadap tujuh sampel (sampel no.50, 6, 18, 72, 62, 48, 39 dan 68) pengukuran inklusi fluida dilakukan pada urat kuarsa "A", "B", "AB" dan D dengan total pengukuran 97 inklusi fluida (Tabel 1.). Analisis tersebut hanya dilakukan pada inklusi fluida primer, yang dicirikan dengan keterdapatannya yang tersebar secara acak, paralel terhadap zona pertumbuhan kristal, dan bersifat terisolasi, meskipun terdapat pula inklusi fluida sekunder di dalam urat, yang dicirikan dengan keterdapatannya yang paralel pada bidang retakan dan memotong zona pertumbuhan kristal.

Untuk mengetahui temperatur homogenisasi (Th) dan temperatur pelelehan (Tm) dilakukan pengukuran mikrotermometri, yang mana temperatur pelelehan (Tm) tersebut digunakan untuk menentukan nilai salinitas fluida hidrotermal yang berperan saat pembentukan kristal. Estimasi pengeplotan menggunakan copyright dari software SOWATFLINC_INCLUSION ver.2007 (Bodnar, 1993). Selanjutnya temperatur pelelehan (Tm) akan diplot terhadap temperatur homogenisasi (Th) menjadi Temperatur-Salinitas Diagram (Large et al., 1988) untuk mendapatkan penentuan tipe endapan pada daerah penelitian.

Petrografi inklusi fluida akan mengidentifikasi, menjelaskan dan mengklasifikasikan inklusi fluida Tipe I, Tipe II dan Tipe III pada mineral kuarsa. Tipe I Inklusi fluida primer dengan ukuran 5-

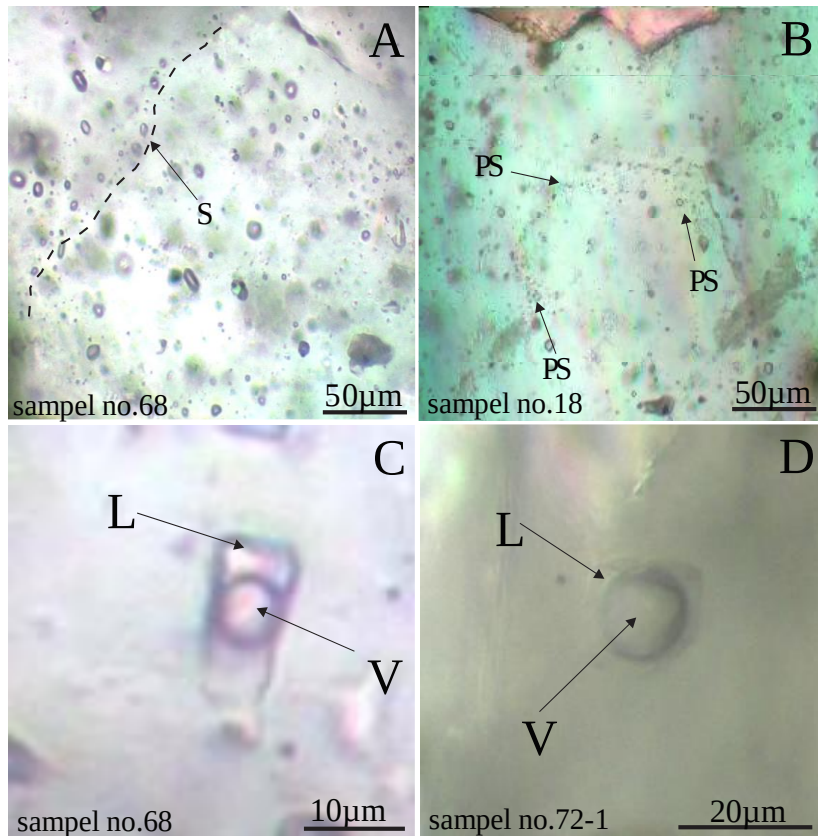
20 μ m ditunjukkan pada Gambar 3. C dan D. Inklusi Fluida ini diambil dari urat kuarsa "D". Inklusi fluida tipe I pada Gambar 3. C dan D menunjukkan alterasi profilitik dan advance argilik (Nash, 1976; Hedenquist et al., 1998). Klasifikasi inklusi fluida S (sekunder) yang melintasi zona mineral induk dan PS (pseudosekunder) yang tidak melintasi batas Mineral, dapat dilihat pada Gambar 3. A dan B. Petrografi studi inklusi fluida di daerah penelitian pada urat kuarsa "A", "B" dan "AB" memperlihatkan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III yang terdiri dari V+L+S1+S2+S3, Gas=V (vapour), Cair = L (liquid) dan S1, S2 dan S3 adalah Padat yang lebih dikenal dengan 'daughter mineral' halite (NaCl), Sylvite (KCl), Sulphides.

Petrografi inklusi fluida menunjukkan inklusi fluida Tipe II dengan komposisi V>L + satu atau lebih *daughter mineral* (Roedder, 1971., Shepherd et al., 1985, dan Nash, 1976.). Inklusi ini diambil dari vein "B" pada sampel no.6-1 dan dari vein "A" pada sampel no.50-1 (Gambar 4.).

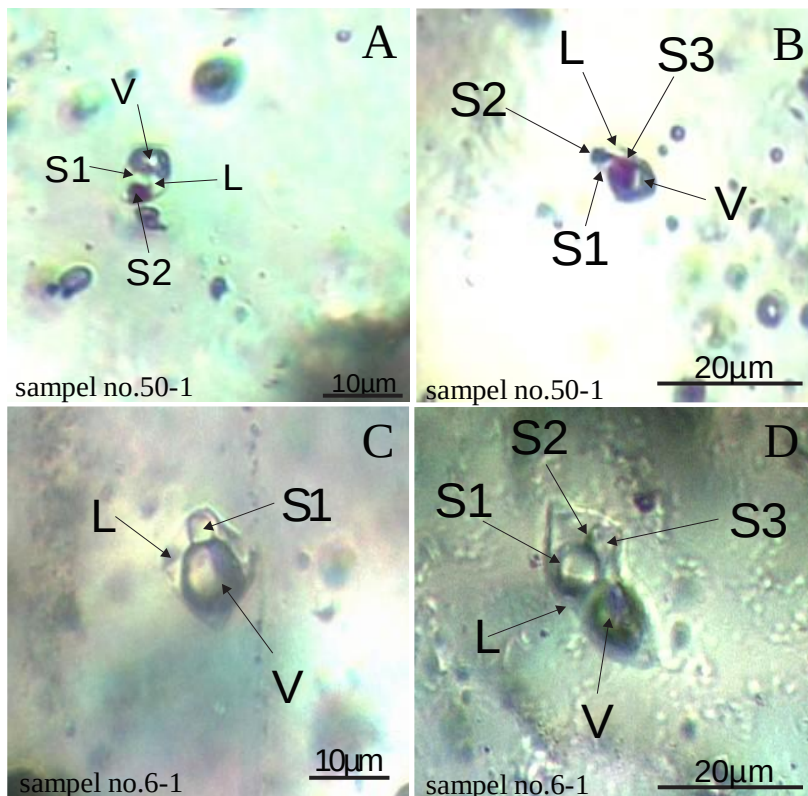
Tipe III inklusi fluida dengan komposisi L-V + lebih dari satu *daughter mineral* dapat dilihat pada Gambar 5.-C. Gambar 5.-D memperlihatkan urat kuarsa yang kaya akan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III. Mengacu pada penelitian sebelumnya (Ubaidillah et al., 2021), Urat kuarsa pada batuan tonalit ini dominan Au-Cu bila melihat dari begitu kayanya urat kuarsa A-B dengan inklusi fluida tipe II-III.

Tabel 1. Daftar Analisis Inklusi Fluida Th, Tm, Salinitas dan Jenis Urat

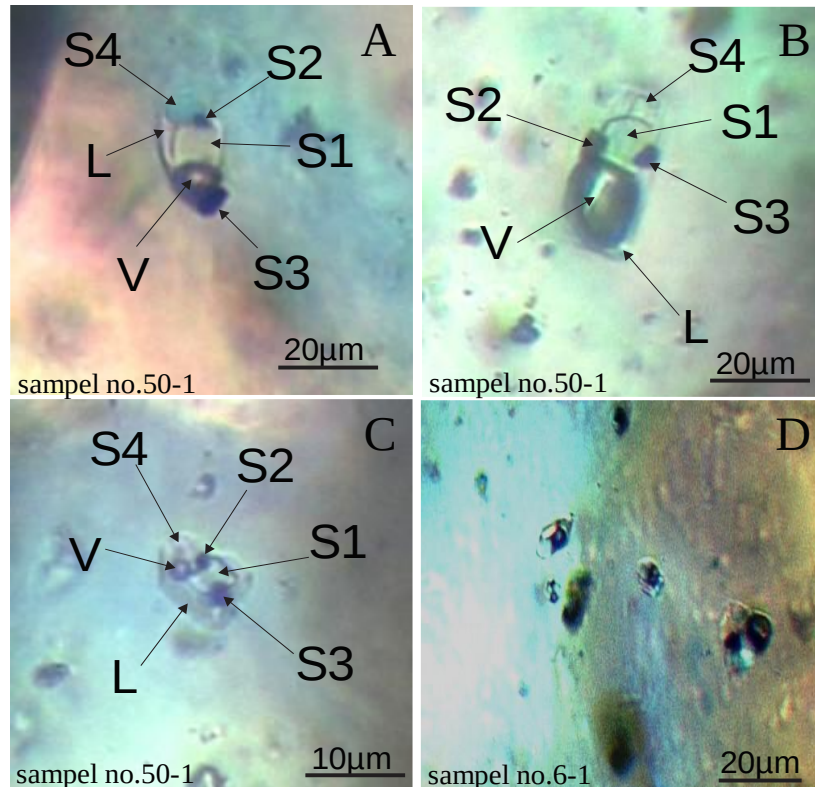
Sampel No.	Vein	Tipe vein	Tipe Inklusi	Th	TM	Salinity	Sampel No.	Vein	Tipe vein	Tipe Inklusi	Th	TM	Salinity
62	1	C	1	282	-2,8	4,6	50	1	C	3	348	-0,8	1,4
62	1	C	1	318	-3,7	6	50	1	C	3	359	-0,8	1,4
62	1	C	1	289	-2,2	3,7	6	1	C	1	284	-0,3	0,5
62	1	C	1	280	-2	3,3	6	1	C	1	291	-0,3	0,5
62	1	C	1	324	-2,2	3,7	6	1	C	1	309	-0,7	1,2
62	1	C	1	310	-2,2	3,7	6	1	C	1	313	-0,7	1,2
62	1	C	1	293	-2,4	4	6	1	C	1	359	-0,6	1
62	1	C	1	297	-2	3,3	6	1	C	1		-0,8	1,4
62	1	C	1		-2	3,3	6	1	C	1	386	-1,5	2,5
62	1	C	1	260	-2,8	4,6	6	1	C	1	381	-1,4	2,4
62	2	C	1	280	-2,1	3,5	6	1	C	1		-0,7	1,2
62	2	C	1	287	-1,9	3,2	6	2	C	1	323	-0,8	1,4
62	2	C	1	316	-2,9	4,8	6	2	C	1		-1	1,7
62	2	C	1	279	-1,5	2,5	6	3	C	1	335	-0,7	1,2
62	2	C	1	264	-1,8	3	6	3	C	1	340	-0,4	0,7
62	2	C	1	273	-2	3,3	6	3	C	1	297	-1,2	2
62	3	C	1		-1,2	2	6	3	C	1	293	-0,4	0,7
62	3	C	1	274	-1,6	2,7	6	3	C	1	289	-1,1	1,9
62	3	C	1		-2,1	3,5	6	3	C	1	310	-0,4	0,7
62	3	C	1	243	-2,3	3,8	6	3	C	1	315	-1,1	1,9
62	3	C	1	281	-2,1	3,5	6	3	C	1	261	-0,4	0,7
62	3	C	1	287	-2	3,3	48	2	AB	2	550	-1,8	65,28
48	2	C	1	337	-1,8	3	48	2	AB	2	560	-1,8	62,6
48	2	C	1	342	-1,4	2,4	72	1	B	2	450	-1,6	61,52
48	2	C	1	296	-1,8	3	72	1	B	2	460	-1,2	65,26
48	2	C	1		-1,6	2,7	6	1	A	2	570	-0,8	60,76
48	2	C	1	364	-1,7	2,9	6	1	A	2	545	-1,4	62,85
48	2	C	1		-1,8	3	6	1	A	2	535	-1,6	61,87
48	2	C	1	296	-1,8	3	18	1	A	3	550	-2	38,32
18	1	C	1	202	-2,2	3,7	50	1	AB	3	585	-0,7	72,07
18	3	C	1	199	-1,8	3	50	1	AB	3	550	-0,7	68,32
18	3	C	1	176	-1,4	2,4	50	1	AB	3	450	-1,4	69,32
18	3	C	1	175	-0,8	1,4	50	1	AB	3	450	-1,4	68,82
18	3	C	1	178	-1,8	3	50	1	AB	3	450	-0,9	67,32
18	3	C	1		-0,8	1,4	50	1	AB	3	450	-0,7	67,82
72	1	C	1		-2	3,3	50	1	AB	3	450	-1,2	69,07
72	1	C	1	323	-2,1	3,5	50	1	AB	3	450	-1,2	68,32
72	1	C	1	350	-1,5	2,5	50	3	A	3	550	-0,6	69,82
72	1	C	1	298	-2,4	4	50	3	A	3	550	-1,2	67,07
72	1	C	1	267	-1,9	3,2	50	3	A	3	550	-1,2	67,57
72	1	C	1		-1,9	3,2	50	3	A	3	550	-2,2	69,57
72	1	C	1	363	-0,7	1,2	6	2	A	3	550	-0,5	68,32
72	1	C	1	367	-0,7	1,2	6	3	A	3	550	-0,4	68,32
72	1	C	1	365	-0,6	1							



Gambar 3. A dan B menunjukkan klasifikasi Inklusi Flida Sekunder (S) dan Pseudosekunder (PS). C dan D menunjukkan kalsifikasi Inklusi Fluida Primer dari urat kuarsa "D" (L+V) dan (V+L).



Gambar 4. Petrografi analisis Inklusi Fluida Tipe II V+L dengan satu atau lebih daughter mineral. A dan B menunjukkan mineral hematit dengan warna "merah".



Gambar 5. A dan B Inklusi Fluida Tipe II V+L dengan satu atau lebih daughter mineral. C Inklusi Fluida Tipe III L+V dengan lebih dari satu daughter mineral. D dengan urat kuarsa yang kaya akan Inklusi Fluida Tipe II dan Tipe III.

3. Hasil dan Pembahasan

Tipe I (L-V).

63 inklusi fluida Tipe I telah di analisis microthermometry dari Tipe I inklusi fluida dilakukan pada sebanyak 63 inklusi Fluida pada vein "D". Sebagian kecil inklusi fluida dari Tipe I juga di analisis pada vein "B" dimana juga terdapat Inklusi fluida Tipe II (Gambar 6). Temperatur homogenisasi (Th) berkisar antara 170 hingga 390°C, dengan salinitas keseluruhan 0.5 - 6 wt.% NaCl. (estimasi pengeplotan salinitas menggunakan table dari Potter et al., 1978. Nilai salinitas yang didapat dari temperatur pelelehan (Tm) akan di plot terhadap temperatur homogenisasi (Th) untuk mendapatkan tipe endapan pada daerah penelitian, ditunjukkan pada Gambar 6.

Tipe II (V-L) dengan satu atau lebih *daughter mineral*.

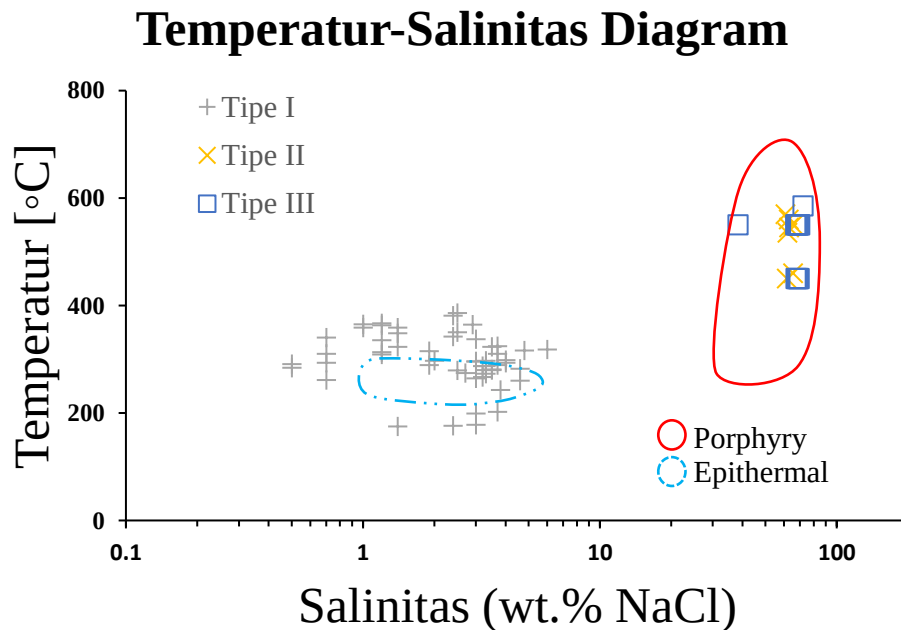
Sebanyak 7 inklusi fluida Tipe II telah di analisis mikrotermometri pada vein "AB" dan "B" dengan kode sampel 72-1 dan 6-1. Temperatur homogenisasi (Th) berada diatas 500°C dengan salinitas ≥ 60 wt.% NaCl. Tipe I (Gambar 6.) inklusi fluida yang di analisis bersamaan dengan Tipe II memiliki salinitas ≈ 3 wt.% NaCl nilai ini diatas rata rata dari nilai salinitas yang dimiliki inklusi fluida Tipe I pada vein "D".

Tipe III (L-V) dengan satu atau lebih *daughter mineral*.

Analisis mikrotermometri telah dilakukan pada 15 inklusi fluida Tipe III (Gambar 6.). Analisis mikrotermometri ini dilakukan pada vein "A" dan "AB" dengan kode sampel 18-1, 50-1 dan 50-3. Pada sampel 50-1. Temperatur homogenisasi inklusi fluida Tipe III ini berada diatas 500°C dengan salinitas ≥ 60 NaCl wt.%. Pada kode sampel 50-1 terdapat juga inklusi fluida Tipe I (L-V) dengan salinitas ≈ 3 wt.% NaCl.

Dari tipe dan urat/urutan di lokasi penelitian didapatkan 2 evolusi alterasi hidrotermal. Pertama tahap porfiri tua dengan urat A, AB, B, yang berisikan mineral penciri dari alterasi potasik. Tahap ini dicirikan dengan temperatur $\geq 550^\circ\text{C}$ dan Salinitas ~ 70 wt.% NaCl. Kedua adalah tahap porfiri muda yang membentuk urat kuarsa D yang berisikan mineral penciri alterasi filik, - argilik. Tahap ini dicirikan dengan temperatur 150°C - 400°C dan Salinitas rendah 0.5-7 wt.% NaCl.

Karakteristik inklusi fluida pada tahap porfiri tua yang kaya akan kristal padat / daughter mineral S1, S2, S3, S4 (halit/NaCl, Sylvite/KCl, Sulphides) tidak sama dengan karakteristik inklusi fluida pada tahap porfiri muda yang hanya berisi lebih sedikit kristal padat / daughter mineral S1-S2.



Gambar 6. Diagram Salinitas (wt.% NaCl) terhadap Temperatur [T_h] terkait penentuan tipe endapan pada daerah penelitian Brambang di Plot dan dimodifikasi pada Diagram Tipe Endapan menurut Large et al., (1988).

4. Kesimpulan

Sampel inklusi fluida yang diambil dari urat *crosscutting* masing masing adalah tipe urat A, B, dan C, dari masing masing tipe urat mewakili kelompok salinitas yang berarti juga mewakili tipe endapan deposit dilokasi penelitian. Pengukuran salinitas pada batuan tonalit didapat 3 tipe urat A, B dan C yang menunjukkan dua grup temperatur yang berbeda tetapi dapat disesuaikan dengan tipe urat A-B untuk temperatur ~550 °C dan tipe urat C untuk temperatur ~250 °C, besaran temperature tersebut mengindikasikan tipe mineralisasi porfiri yang identik dengan *crosscutting* vein nya dan juga intrusi berulang. Karakteristik inklusi fluida dengan salinitas tinggi dan homogenitas tinggi merupakan tipe mineralisasi urat porfiri.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini tidak lupa saya mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada civitas akademi Universitas Muhammadiyah Mataram tempat dimana saya mengajar sampai dengan saat ini, guru-guru, institusi-institusi yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan yang sebesar-besarnya saya berikan kepada mereka semua yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu begitu juga untuk keluarga saya.

Daftar Pustaka

- Bodnar, R. J. (1993). Revised equation and table for determining the freezing point depression of H₂O-NaCl solutions. 57(1988), 683–684.
- Faesal, A., Aminuddin, M. I. K. A., & Ubaidillah, A. S. (2022). Host Rock Petrology, Hydrothermal Alteration Characteristics & Ore Mineralogy of Porphyry Copper-Gold Deposit, Brambang, Lombok, West Nusa Tenggara Indonesia. RCM & MAMIP 2021.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A., & Reynolds, T. J. (1998). Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: far southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines. *Economic Geology*, 93(4), 373–404.
<https://doi.org/10.2113/gsecongeo.93.4.373>
- Large, R., Huston, D., McGoldrich, P., McArthur, G., & Ruxton, P. (1988). Gold distribution and genesis in paleozoic volcanogenic massive sulphide Systems. In: *Bicentennial Gold 88*. Geological Society Austr., 22, 121–126.
- Nash, J. T. (1976). Data from Porphyry Copper Deposits and Applications to Exploration: Reston, VA, United States, U. S. Geological Survey. D1–D16.
- Pirajno, F. (2009). *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*.
- Potter, R. W., Clynne, M. A., & Brown, D. L. (1978). Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Economic Geology*, 73(2), 284–285.

- <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.73.2.284>
Ridley, J. (2013). *Ore Deposit Geology*. New York: Cambridge University Press.
- Roedder, E. (1971). Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado. *Economic Geology*, 66, 98–118.
- Shepherd, T. J., Rankin, A. H., & D.H.M., A. (1985). *A practical guide to fluid inclusion studies*. Glasgow: Blackie; New York: Distributed in the USA by Chapman and Hall, 239.
- Ubaidillah, A. S., Idrus, A., Warmada, I. W., & Maula, S. (2021). Geology, Rock Geochemistry and Ore Fluid Characteristics of the Brambang Copper-Gold Porphyry Prospect, Lombok Island, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 6(1), 67.