

**KARAKTERISTIK FLUIDA PEMBAWA MINERALISASI PIT RAMBA JORING  
DEPOSIT MARTABE, SUMATRA UTARA**

**MINERALIZATION BEARING FLUID CHARACTERISTIC OF RAMBA JORING PIT  
MARTABE DEPOSIT, NORTH SUMATRA**

**Asri Arifin, Mega Fatimah Rosana, Euis Tintin Yuningsih, dan Boy Yoseph CSSSA**  
Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran  
Asri15008@mail.unpad.ac.id

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui evolusi hidrotermal dari fluida pembawa mineralisasi yang terdapat di *Pit* Ramba Joring, meliputi temperatur, tekanan, densitas dan kedalaman pembentukan mineralisasi. Penelitian ini menggunakan analisis inklusi fluida. Sampel yang dianalisis merupakan sampel yang terindikasi terbentuk bersamaan dengan mineralisasi bijih (*syngenetik*), pada dua tekstur utama bijih yaitu batuan dengan tekstur *silica vuggy yang terbentuk pada kisaran Th 331°C hingga 394°C, Tm -15,19°C hingga -12,94°C* dengan salinitas 14,42 wt% hingga 14,89 wt%. NaCl *equivalent* dan batuan dengan tekstur *brecciated* terbentuk pada kisaran *Th 287,8°C hingga 398,2°C, Tm -14,89°C hingga -11,76°C* serta salinitas 13,91 wt% hingga 4,87 wt%. NaCl *equivalent*. Korelasi positif antara temperatur homogenisasi pembentukan mineralisasi dengan salinitas larutan menandakan bahwa proses *leaching* yang membentuk rongga pada batuan terjadi pada *stage* awal proses alterasi hidrotermal yang diawali dengan proses *leaching* membentuk rongga (*vuggy silica*) yang diikuti proses silisifikasi dengan tekstur *brecciated*, pada fase ini berlangsung pengendapan mineralisasi. Asal larutan yang menjadi larutan pembentuk endapan hidrotermal merupakan jenis larutan *basinal water-seawater* dalam bentuk *connate water* yang masih dipengaruhi oleh air permukaan/*meteoric water* yang menunjukkan adanya indikasi hubungan dengan *magmatic water*. Densitas fluida pembentuk bijih logam berkisar pada 0,8 gr/cm<sup>3</sup> sampai dengan 0,9 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan proses pembentukan bijih pada *Pit* Ramba Joring termasuk dalam *isothermal mixing* dengan sedikit pengaruh pemanasan/*boiling*.

**Kata kunci:** Ramba Joring, inklusi fluida, *leaching*, *vuggy silica*, *brecciated*, *basinal water-sea water*

**ABSTRACT**

*The research aims to determine hydrothermal evolution of the mineralisation bearing fluid contained in the Ramba Joring Pit, including temperature, pressure, density and depth of mineralisation deposition formation. This research uses the fluid inclusion analysis. Inclusion sampling was carried out on two main textures of ore namely vuggy silica texture formed at range Th 331°C to 394°C, Tm -15.19°C to -12.94°C with salinity of 14.42 wt% - 14.89 wt%. NaCl equivalent and brecciated texture formed at range Th 287.8°C – 398.2°C, Tm -14.89°C to -11,76°C and salinity 13.91 wt% – 14.87 wt%. NaCl equivalent. The positive correlation between the homogenization temperature of mineralization formation and salinity of the solution indicates that the leaching process that forms cavities in rocks occurs at the initial stage of the hydrothermal alteration process that begins with the leaching process forming cavities (silica vuggy) followed by the process of silicification with brecciated texture, the deposition of mineralization takes place at this stage. The origin of the solution forms a hydrothermal deposition is a type of basinal water-seawater solution in the form of connate water which is still influenced by surface water/meteoritic water, also shows an indication of a*

*relationship with magmatic water. The density of metal-forming fluids ranges from 0.8 gr/cm<sup>3</sup> – 0.9 gr/cm<sup>3</sup> while the process that takes place in the formation of ore in Ramba Joring Pit is isothermal mixing with a slight warming effect/boiling.*

**Keywords:** Ramba Joring, fluid inclusion, leaching, vuggy silica, brecciated, basinal water-sea water

## PENDAHULUAN

Pit Ramba Joring merupakan salah satu cebakan emas-perak yang terdapat pada Deposit Martabe PT Agincourt Resources terletak pada Kecamatan Batangtoru, Kabupaten Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatra Utara (Gambar 1). Berdasarkan pada analisis tekstur batuan, petrografi, mineragrafi, analisis ASD dan analisis SEM EDS diketahui bahwa sistem yang berkembang pada cebakan ini merupakan sistem sulfidasi tinggi. Analisis ASD (*Analytical Spectral Device*) digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik mineral silikat hidroksil, sulfat hidroksida, fosfat dan karbonat berdasarkan rentang panjang gelombang yang diterima perangkat ASD, sedangkan analisis SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive x-RAY Spectroscopy*) digunakan untuk mengetahui gambaran permukaan objek mineral dan mengidentifikasi komposisi elemen yang terdapat pada mineral tersebut. Penentuan karakteristik dan evolusi fluida pembawa mineralisasi pada cebakan Ramba Joring meliputi suhu, tekanan densitas serta kedalaman pembentukan mineralisasi menggunakan analisis inklusi fluida.

Pit Ramba Joring memiliki cebakan dengan sistem tipe epitermal sulfidasi tinggi (Sutopo *et al.*, 2013) dengan tubuh mineralisasi yang berbentuk sub-vertikal dan berasosiasi dengan batuan breksi freatik-freatomagmatik sepanjang patahan yang berarah relatif utara sampai timurlaut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui evolusi fluida hidrotermal pembentuk

alterasi dan mineralisasi yang berlangsung pada cebakan tersebut.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini secara garis besar terbagi atas dua tahap yaitu pekerjaan lapangan dan pekerjaan laboratorium

### Pengambilan sampel batuan

Pekerjaan pengambilan sampel batuan merupakan bagian dari kegiatan pemetaan geologi lapangan. Sampel batuan yang dipilih merupakan jenis batuan yang terindikasi mengandung inklusi fluida yang terjebak dalam sampel batuan yang diperlukan dalam analisis laboratorium (inklusi fluida).

### Analisis inklusi fluida

Analisis inklusi fluida dengan mikroskop polarisasi dilengkapi dengan alat pengukur temperatur homogenisasi dan temperatur pelelehan "Linkam THMSG600" untuk mengidentifikasi *paleosurface* pembentukan fluida pembawa mineralisasi emas. Analisis ini dilakukan pada Laboratorium kimia milik Unit Geomin PT Antam Tbk.

Inklusi fluida merupakan sampel fluida berukuran sangat kecil yang terjebak dalam mineral selama proses pertumbuhan mineral/*initial growth (primary inclusion)* atau setelahnya pada saat pecahan yang terdapat pada mineral terisi kembali pada fase fluida (*secondary* atau *pseudosecondary*) (Roedder, 1984).

Temperatur fluida mineralisasi merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan endapan bijih. Klasifikasi awal endapan bijih didasarkan pada temperatur mineralisasi yang disimpulkan

(atau diasumsikan) dari sampel batuan pada tiap cebakan (Lindgren, 1933). Inklusi fluida memberikan teknik estimasi yang langsung dan dalam banyak kasus, paling akurat.

Dalam inklusi fluida dikenal dua jenis temperatur yaitu temperatur homogenisasi ( $T_h$ ) dan temperatur pelelehan ( $T_m$ ). Temperatur homogenisasi merupakan inklusi fluida pada fase cair atau uap yang terperangkap dalam sistem fluida yang tidak bercampur dan homogen yang menunjukkan suhu perangkap sama dengan suhu inklusinya. Temperatur homogenitas mewakili suhu pertumbuhan mineral. Temperatur pelelehan/*melting* digunakan untuk memprediksi komposisi fluida yang terperangkap yang dibandingkan dengan titik pelelehan eustatiknya, Roedder (1984), Shepperd *et al.*, (1985), Randive *et al.*, (2014).

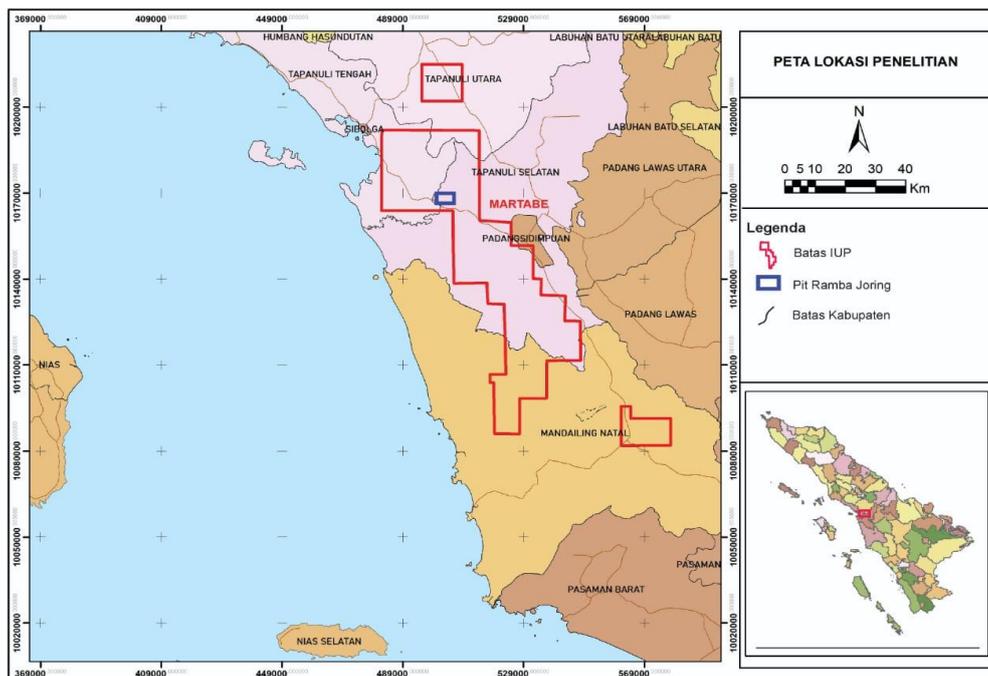
Penentuan nilai  $T_m$  dilakukan dengan cara membekukan inklusi fluida sampai  $-60^{\circ}\text{C}$ , kemudian temperatur dinaikkan secara perlahan sampai mengalami pelelehan (*melting*) maka akan didapat nilai  $T_m$  (*temperature of melting*). Nilai  $T_h$  (*temperature of homogeneization*)

ditentukan dengan cara melakukan pemanasan pada inklusi fluida secara perlahan sampai semua gas menghilang. Kemudian temperatur diukur sehingga didapat nilai  $T_h$  (*temperature of homogeneization*) dari inklusi fluida tersebut. Salinitas fluida dapat dihitung dengan menggunakan *software BULK* versi 01/03.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengukuran mikrotermometri dilakukan terhadap 3 sampel batuan dengan 25 pengukuran inklusi fluida pada sampel batuan *Pit* Ramba Joring pada fragmen batuan yang mengandung kuarsa, khususnya pada sampel batuan dengan tekstur *vuggy silica* dan *brecciated* (Tabel 1).

Pengukuran miktotermometri merupakan pengukuran inklusi fluida menggunakan mikrotermometer pada mikroskop terhadap sampel sayatan tipis yang telah dipoles dua kali (*double polished thin section*), pemeriksaan inklusi diawali dengan tahap pemanasan dan pendinginan bersama pasokan nitrogen cair untuk pengukuran suhu beku.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian

**Batuan tekstur vuggy silica**

Inklusi fluida tersebar secara tidak merata, baik yang ditemukan secara terisolir maupun terorientasi membentuk suatu jalur kubik dan tidak beraturan, ditemukan berbentuk *rounded*, *elongate* dan *oblate*. Jenis inklusi yang ditemukan pada *Pit Ramba Joring* secara umum merupakan inklusi yang terbentuk pada kondisi bifase, yang memperlihatkan rasio L>V (*liquid rich*) (Roedder, 1976) dengan *liquid* >40%. Ukuran inklusi yang ditemukan pada batuan *vuggy silica* bervariasi antara 2 µm hingga <12 µm dengan rata-rata diameter inklusi 5,65 µm (Gambar 2).

Pengukuran mikrotermometrik inklusi batuan dengan tekstur *vuggy silica* menunjukkan kisaran temperatur homogenitas (*Th*) antara 331°C hingga 394°C, kisaran temperatur pelelehan (*Tm*) antara -15,19°C hingga -12,94°C dengan

salinitas 14,42 wt% NaCl *equivalent* sampai dengan 14,89 wt% NaCl *equivalent*.

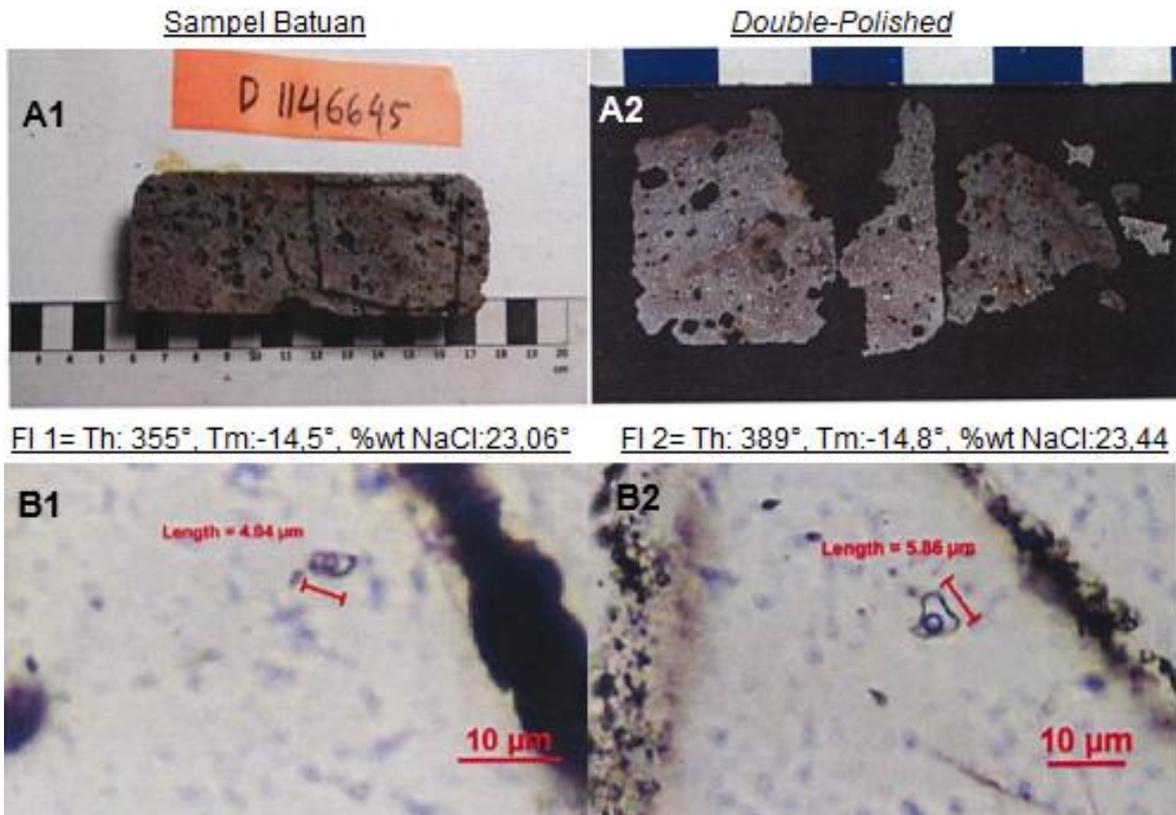
**Batuan tekstur brecciated**

Inklusi fluida tersebar secara tidak merata, baik yang ditemukan secara terisolir maupun terorientasi membentuk suatu jalur kubik dan tidak beraturan, ditemukan berbentuk *rounded*, *elongate* dan *oblate*, memiliki ukuran inklusi yang bervariasi antara 2 µm hingga <11 µm dengan rata-rata diameter inklusi 5,75 µm (Gambar 3).

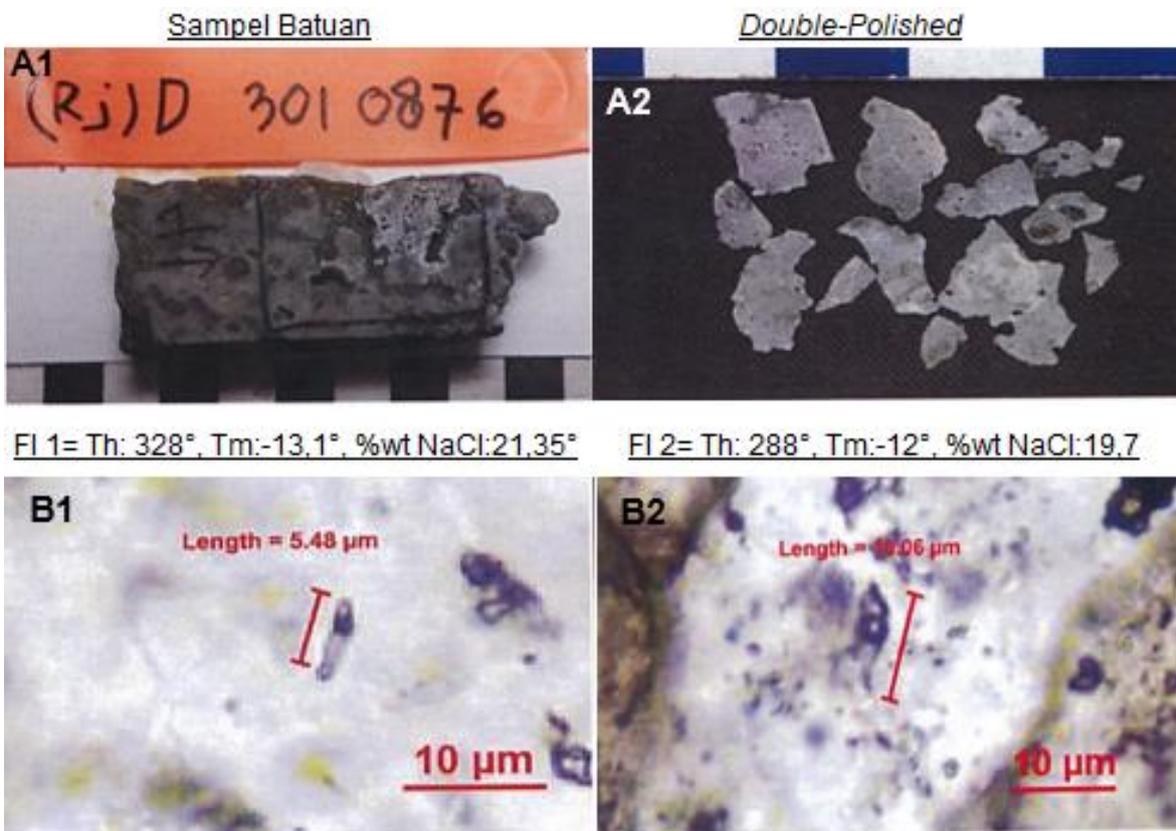
Pengukuran mikrotermometrik inklusi batuan *brecciated* menunjukkan kisaran temperatur homogenitas (*Th*) antara 287,8°C hingga 398,2°C, kisaran temperatur pelelehan (*Tm*) antara -14,89°C hingga -11,76°C serta salinitas 13,91 wt% NaCl *equivalent* sampai dengan 14,87 wt% NaCl *equivalent*.

**Tabel 1.** Pengukuran *Th*, *Tm* dan salinitas inklusi fluida sampel Ramba Joring

Deposit	Sampel	Tekstur	Ukuran (µm)	Tipe	Genesa	Th (°C)	Tm (°C)	Salinitas (wt% NaCl Equiv.)
Ramba Joring	RJ. D.3010876	<i>Brecciated</i>	5,48	Bifase (L-V)	Primer	328	- 13	14,49
			7,53	Bifase (L-V)	Primer	341	- 13	14,42
			10,28	Bifase (L-V)	Primer	288	- 12	14,01
			10,06	Bifase (L-V)	Primer	317	- 12	13,91
			7,76	Bifase (L-V)	Primer	336	- 13	14,42
			5,34	Bifase (L-V)	Primer	369	- 14	14,71
			3,61	Bifase (L-V)	Primer	376	- 13	14,49
			3,82	Bifase (L-V)	Primer	377	- 15	14,85
			3,32	Bifase (L-V)	Primer	373	- 15	14,87
			3,61	Bifase (L-V)	Primer	398	- 15	14,87
	D.3183702	<i>Brecciated</i>	2,88	Bifase (L-V)	Primer	373	- 15	14,87
			4,04	Bifase (L-V)	Primer	355	- 14	14,80
			5,86	Bifase (L-V)	Primer	389	- 15	14,85
			4,55	Bifase (L-V)	Primer	368	- 14	14,66
			3,41	Bifase (L-V)	Primer	356	- 13	14,42
			8,1	Bifase (L-V)	Primer	336	- 15	14,89
			6,71	Bifase (L-V)	Primer	336	- 15	14,87
			8,05	Bifase (L-V)	Primer	365	- 15	14,89
			11,62	Bifase (L-V)	Primer	331	- 15	14,85
			3,82	Bifase (L-V)	Primer	345	- 15	14,87
D.1146645	<i>Silica Vuggy</i>	7,04	Bifase (L-V)	Primer	394	- 15	14,87	
		2,61	Bifase (L-V)	Primer	336	- 15	14,85	
		5,09	Bifase (L-V)	Primer	341	- 13	14,42	
		4,75	Bifase (L-V)	Primer	369	- 15	14,89	
		3,49	Bifase (L-V)	Primer	345	- 15	14,87	



**Gambar 2.** Batuan tekstur *vuggy silica* (A1-A2) dan analisis inklusi fluida (B1-B2)



**Gambar 3.** Batuan tekstur *brecciated* (A1-A2) dan analisis inklusi fluida (B1-B2)

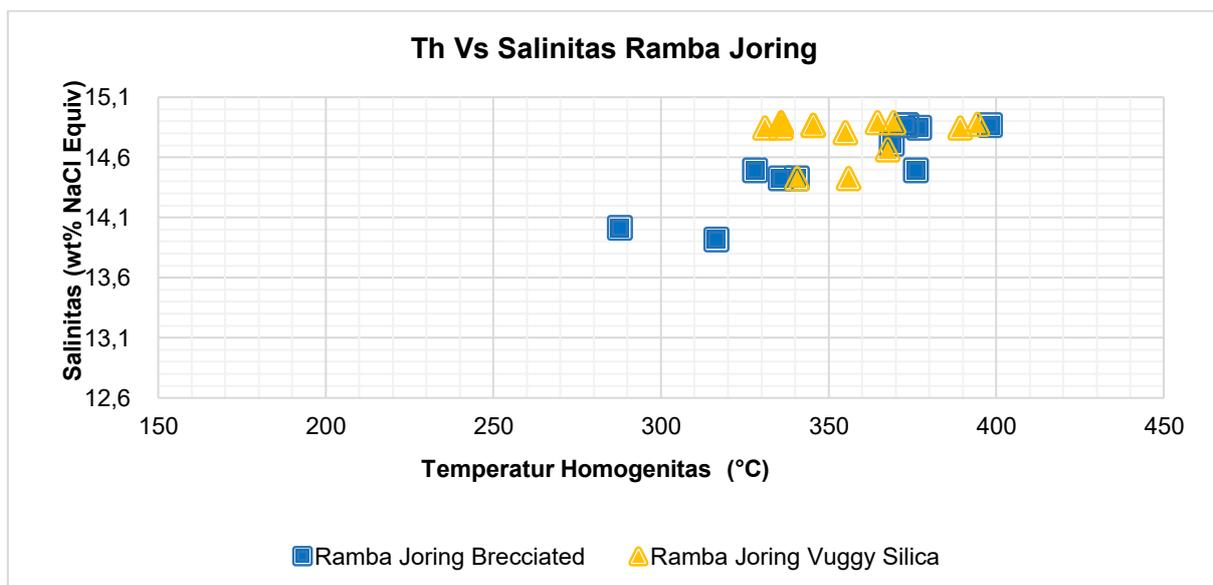
Pembentukan mineralisasi dapat ditentukan dari temperatur homogenisasi serta salinitas kandungan fluida. Grafik korelasi antara temperatur homogenisasi dengan salinitas larutan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa pembentukan mineralisasi pada tekstur *brecciated* terjadi pada kedalaman 630 meter ( $Th= 287,8^{\circ}C$ , salinitas 13,9 wt% NaCl equiv.) dan 1.320 meter dibawah permukaan ( $Th= 398,2^{\circ}C$ , salinitas 15 wt% NaCl equiv.), sedangkan kedalaman pembentukan mineralisasi pada tekstur *vuggy silica* berada pada kedalaman 920 meter ( $Th=331^{\circ}C$ , salinitas 14,4 wt% NaCl equiv.) dan 1.310 meter di bawah permukaan ( $Th=394^{\circ}C$ , salinitas 15 wt% NaCl equiv.) Temperatur homogenitas dan salinitas yang ditemukan pada sampel inklusi fluida yang berasal dari *Pit* Ramba Joring menandakan bahwa proses *leaching* yang membentuk rongga pada batuan terjadi pada *stage* awal alterasi hidrotermal melalui proses *leaching* yang ditandai dengan terbentuknya tekstur *vuggy silica* pada batuan, yang diikuti oleh proses silisifikasi dengan tekstur breksiasi (*brecciated*). Pada fase ini berlangsung proses pengendapan mineralisasi dengan rentang suhu yang panjang (Gambar 5).

Komposisi fluida dengan salinitas ini menyebabkan terbentuknya alterasi *acid-sulfate* dengan mineral kuarsa-alunit-dikit-kaolinit-pirofilit yang berbeda dengan larutan pembawa logam (White, 1989; Arribas, 1995; Hedenquist *et al.*, 1998; Simmons *et al.*, 2005).

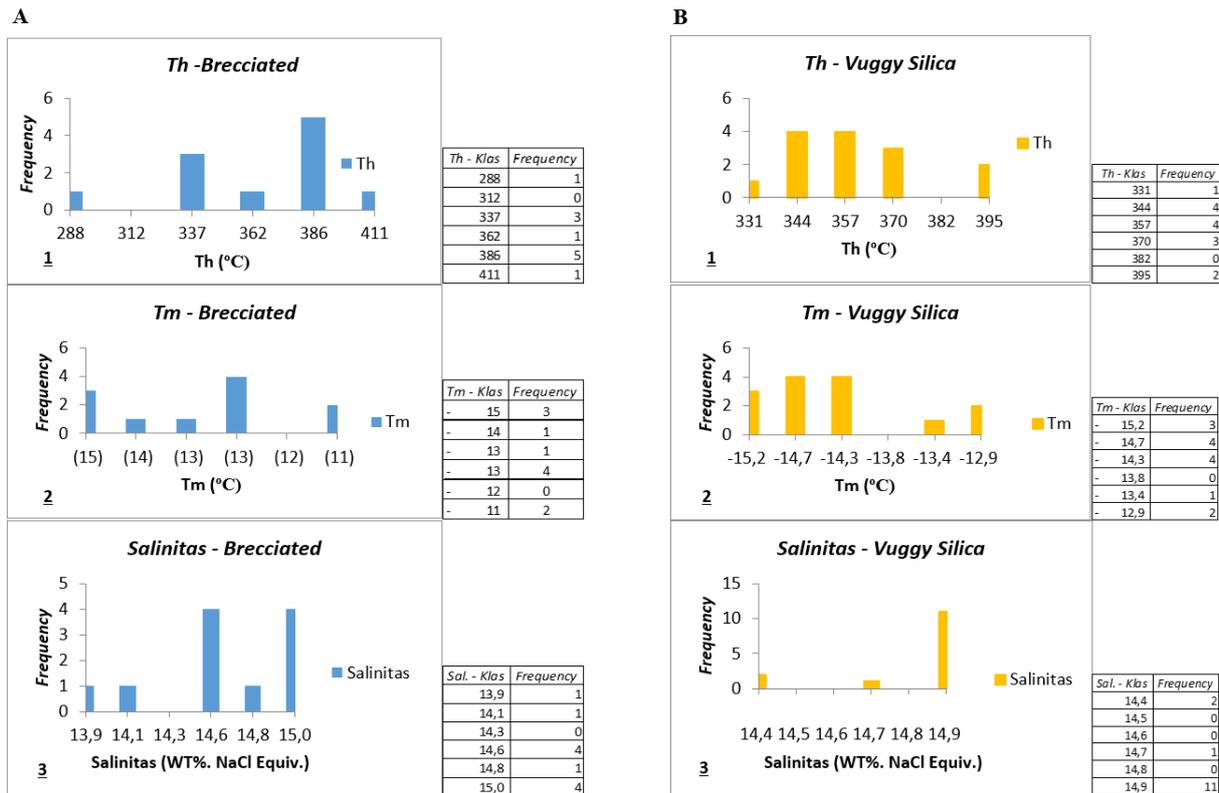
Tipe fluida yang terdapat dalam inklusi fluida *Pit* Ramba Joring menurut Nash, 1976 termasuk kedalam tipe *low-moderately salinity* yang terdiri dari 2 fase (*liquid-vapour*) dengan persentase antara 10% hingga >40%.

Kehadiran gelembung-gelembung udara mengindikasikan jebakan terjadi saat suhu tinggi dengan pembentukan gelembung pada saat pendinginan, sodium, potassium, kalsium dan klor ditemukan pada larutan dengan salinitas 0 wt% NaCl equivalent sampai dengan 23 wt% NaCl equivalent (Nash, 1976).

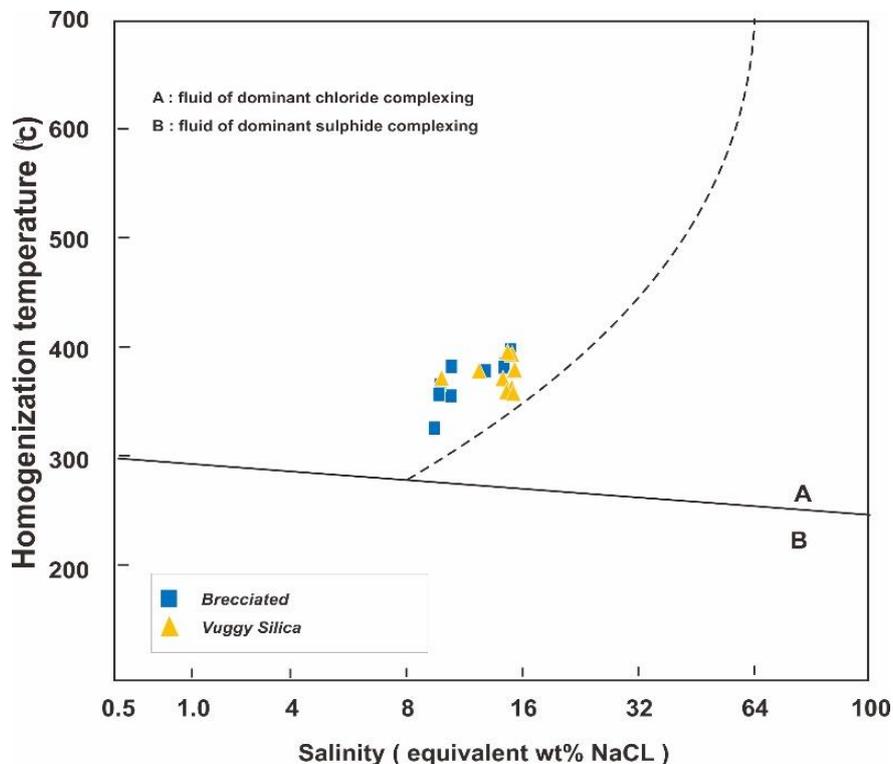
Penentuan kandungan fluida dalam inklusi dapat diidentifikasi dari temperatur homogenitas pembentukan mineralisasi terhadap salinitas fluida, yang kaya kandungan *chloride complexing* (Pirajno, 2009) (Gambar 6).



**Gambar 4.** Korelasi temperatur homogenitas ( $Th^{\circ}C$ ) terhadap salinitas (wt% NaCl equivalent) pada keseluruhan fase/*stage* mineralisasi *Pit* Ramba Joring



Gambar 5. Diagram batang yang menunjukkan frekuensi Th (1), Tm (2) dan salinitas (3) pada fase brecciated dan vuggy silica



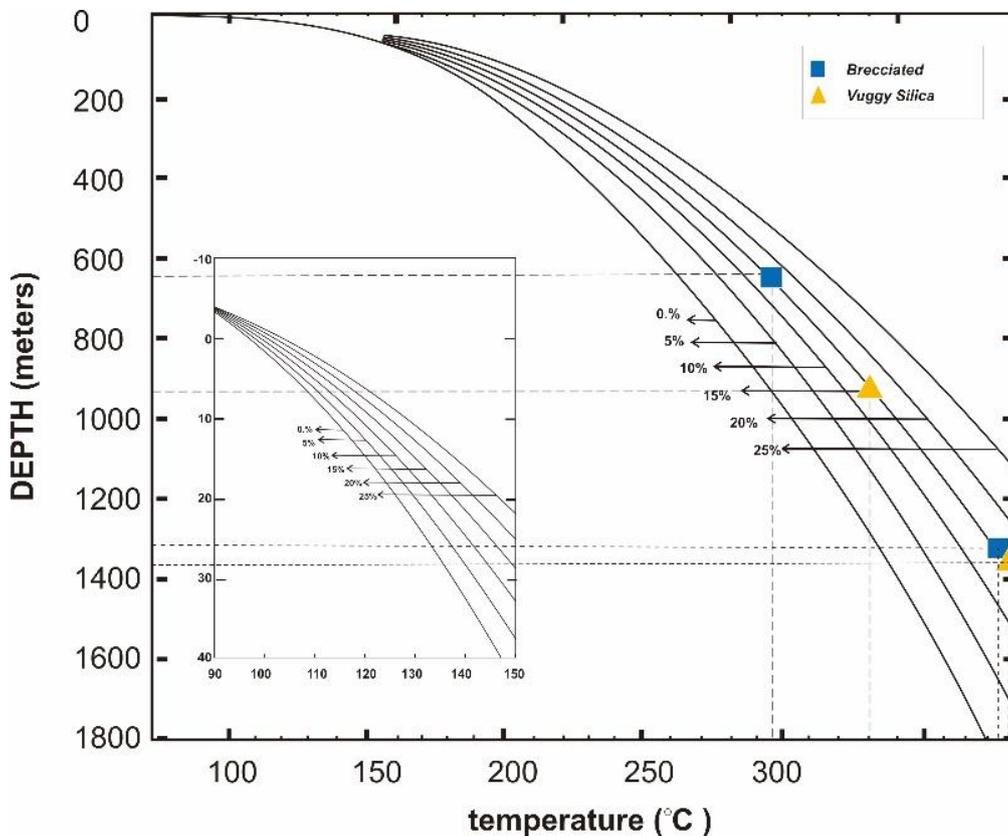
Gambar 6. Kurva temperatur homogenitas ( $Th^{\circ}C$ ) terhadap salinitas ( $wt\% NaCl$  equivalent) dalam penentuan batas larutan sulphide dan chloride sebagai ore bearing fluids, (Pirajno, 2009)

Identifikasi kedalaman saat fluida terjebak dalam proses mineralisasi menurut Haas (1971) (Gambar 7) menunjukkan bahwa fluida terbentuk pada rentang kedalaman 630 meter hingga 1.320 meter dibawah permukaan yang ditunjukkan dengan rentang temperatur homogenitas berkisar antara 287,8°C hingga 398,2°C serta rentang salinitas berkisar antara 13,91 wt% NaCl *equivalent* sampai dengan 14,89 wt% NaCl *equivalent*, dengan temperatur dan salinitas pembentukan fluida tersebut menunjukkan bahwa asal larutan yang menjadi larutan pembentuk endapan hidrotermal merupakan jenis larutan *basinal water-seawater* yang terjebak dalam bentuk *connate water* yang masih dipengaruhi oleh kehadiran air permukaan/*meteoric water* (Kesler, 2005) dan menunjukkan adanya hubungan dengan *magmatic water* (Gambar 8).

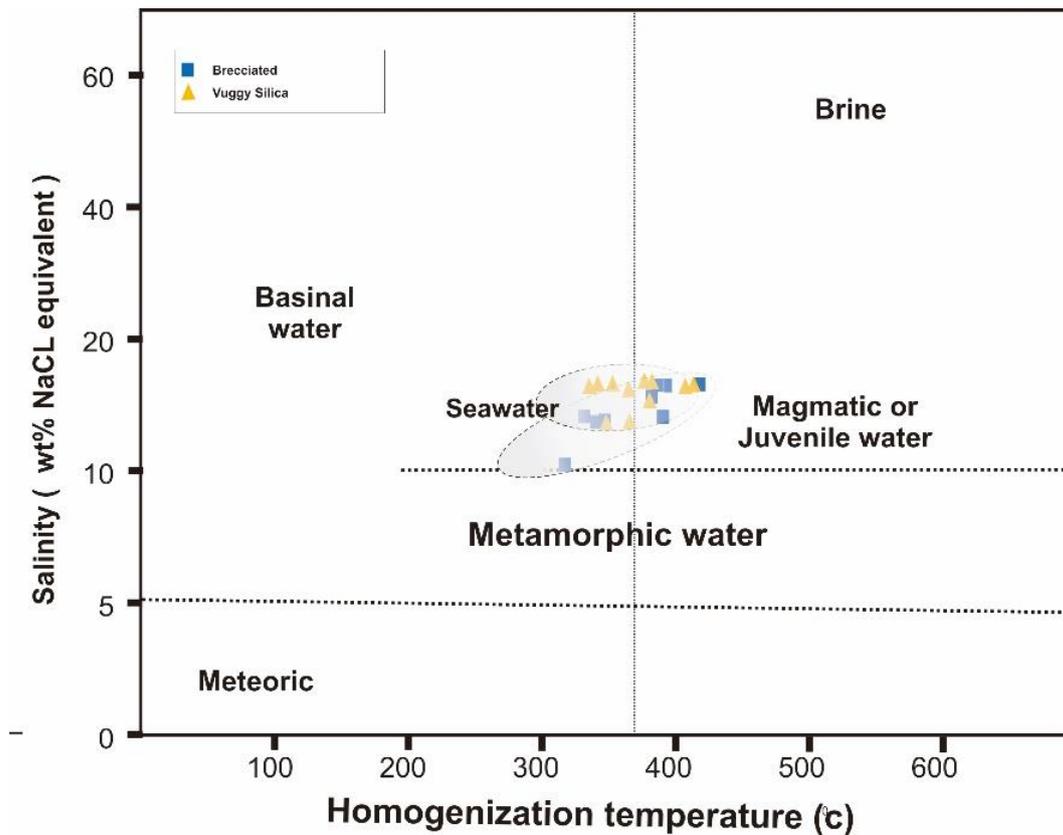
Proses evolusi fluida yang berlangsung dalam pembentukan bijih pada *Pit Ramba*

Joring secara dominan terbentuk melalui proses *isothermal mixing* dan sedikit pengaruh pemanasan/*boiling* dengan densitas fluida pembentukan bijih logam berkisar antara 0,8 gr/cm<sup>3</sup> hingga 0,9 gr/cm<sup>3</sup> (Gambar 9), dengan diketahuinya karakteristik fluida pembentuk alterasi dan mineralisasi, maka dapat pula diindikasikan jenis endapan yang terbentuk pada *Pit Ramba* Joring merupakan cebakan epitermal sulfidasi tinggi yang berhubungan dengan endapan porfiri (Sn-W),

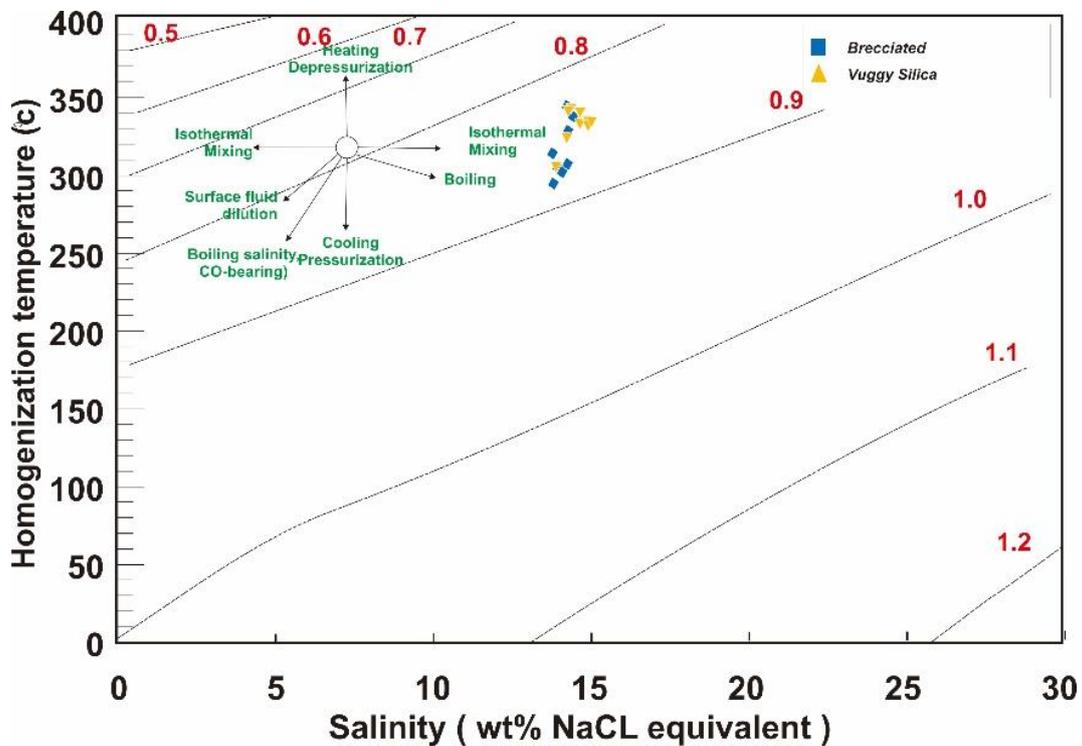
berdasarkan karakteristik temperatur homogenitas serta salinitas larutan mineralisasi, meskipun tidak dapat dijadikan sebagai acuan utama, namun dengan variabilitas natural parameter ini terdapat dalam sistem hidrotermal sehingga dapat dijadikan sebagai bahan perbandingan untuk penentuan tipe cebakan (Wilkinson, 2001) (Gambar 10).



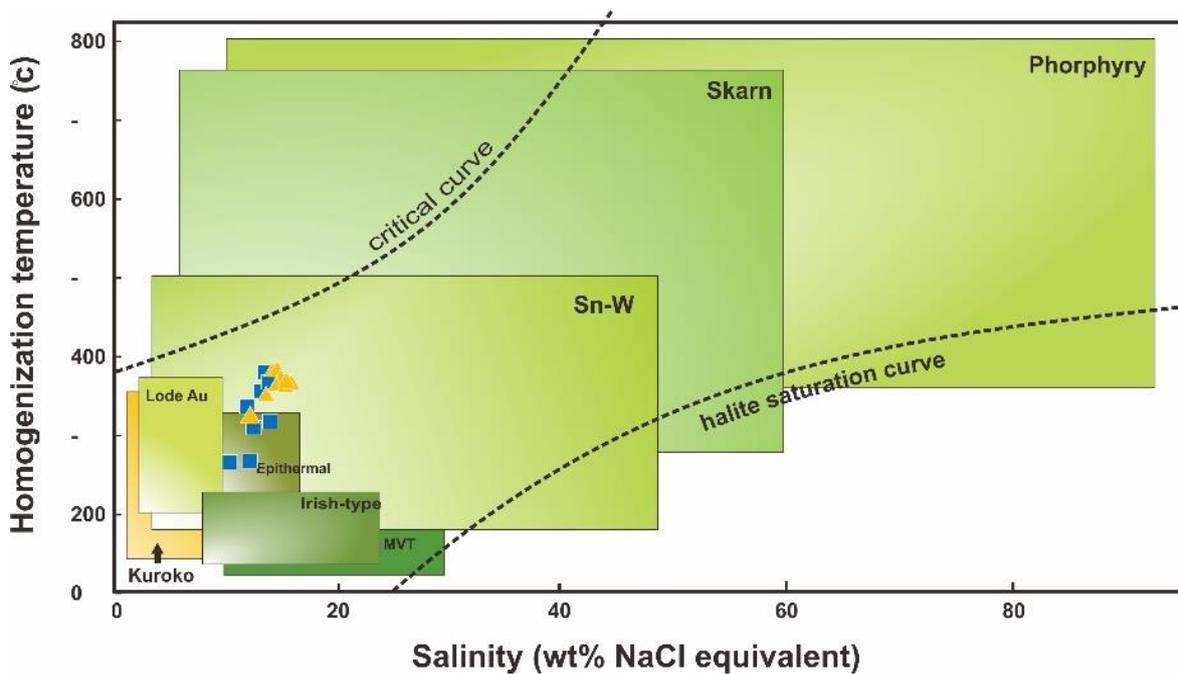
Gambar 7. Kurva penentuan kedalaman mineralisasi berdasarkan kurva Haas (1971)



Gambar 8. Kurva temperatur homogenitas ( $Th^{\circ}C$ ) terhadap salinitas ( $wt\% NaCl equivalent$ ) penentuan fluida pembawa ore/mineralisasi (*ore-bearing fluids*), (Kesler, 2005)



Gambar 9. Kurva penentuan densitas dan proses *ore bearing* berdasarkan kurva Bodnar, 1983



**Gambar 10.** Kurva penentuan sistem deposit alterasi dan mineralisasi berdasarkan temperatur homogenitas ( $T_h$ °C) dan salinitas (wt% NaCl equivalent), (Wilkinson, 2001)

**KESIMPULAN**

Saturasi fluida yang terdapat pada *Pit Ramba Joring* memiliki densitas sekitar 0,8 gr/cm<sup>3</sup> hingga 0,9 gr/cm<sup>3</sup> yang merupakan bagian dari sistem H<sub>2</sub>O yang terbentuk pada kedalaman 630 meter hingga 1.320 meter dibawah permukaan. Pada kedalaman ini pembentukan larutan hidrotermal terjadi melalui proses *isothermal mixing* dengan sedikit pengaruh pemanasan/*boiling*. Temperatur pembentukan serta salinitas pada batuan dengan tekstur *brecciated* memiliki rentang yang panjang bila dibandingkan dengan temperatur serta salinitas batuan *vuggy silica*. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadinya alterasi hidrotermal didahului dengan adanya letusan freatik yang membentuk batuan breksi *multiphase* kemudian dilanjutkan dengan proses *leaching* yang ditandai dengan pembentukan rongga/*vug* pada batuan. Komposisi fluida hidrotermal yang ditemukan pada deposit *Ramba Joring* menyebabkan terbentuknya alterasi *acid sulfate* dengan kehadiran mineral kuarsa-alunit-kaolinit-dikit-pirofilit dengan sejumlah

mineral bijih yang berbeda-beda dengan jenis larutan hidrotermal yang dominan klorida dengan lingkungan asal larutan hidrotermal pembawa mineralisasi berasal dari *basinal-sea water* yang berhubungan dengan *magmatic water*.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada tim Mine Geology PT Agincourt Resource yang membantu dalam pengambilan sampel batuan serta Laboratorium Kimia Unit Geomin PT Antam Tbk yang membantu dalam analisis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Pimpinan PT Agincourt Resource yang mengizinkan dalam penggunaan data dalam rangka penelitian dan publikasi ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

Arribas, Antonio Jr., 1995, Characteristic of High-Sulphidation Epithermal Deposits, and their Relation to Magmatic Fluid. Mineralogical Association of Canada short course. Vol. 23, hlm. 419-454.

- Bodnar, J Robert., 2003, *Fluid Inclusions – Analysis and Interpretation*. Samsons, A Anderson & D. Marshall (eds). Mineral Association Canada. Seri short course, vol. 32, hlm. 81-99.
- Haas, J. L., 1971, The effects on salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Economic Geology* Vol. 66. Colorado: Society of Economic Geologist, Inc.
- Hedenquist, J. W., Arribas, Antonio Jr., Reynolds, T. J., 1998, Evolution of an Intrusion-Centered Hydrothermal System: Far Southeast Lepanto Porphyry and Epithermal Cu-Au Deposits, Philippines. *Economic Geology*. Vol. 93 (4), hlm. 373-404.
- Kesler, S. E., 2005, Ore-Forming Fluids. *Elements* 1. Hlm. 13-18.
- Lindgren, W., 1933, *Mineral deposits*: New York, McGraw-Hill, 930 hlm.
- Nash, J.T., 1976, Fluid Inclusion Petrology-Data from Porphyry Copper Deposit and Applications to Exploration. U.S. Geology Survey. Prof. Paper 907-D. 16 hlm.
- Pirajno, F., 2009, *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Perth: Springer.
- Randive, K., Hari, K. R., and Dora, M. L. 2014, Study of Fluid Inclusions: Methods, Techniques and Applications. *The Gondwana Geological Society: Gondwana Geological Magazine*. Vol. 29. No. 1 dan 2.
- Roedder, E., 1984, Fluid Inclusions. *Reviews in mineralogy*. Mineralogical Society of America, Washington. Vol.12, 644 hlm.
- Shepherd, T. J., A.H., Rankin & Alderton, D. M., 1985, *A Practical Guide to Fluid Inclusions Studies*. Blackie, Glasgow; Chapman and Hall, New York, 239 hlm.
- Simmons, S. F., N. C., White, and D. A., John, 2005, Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits. In: Hedenquist JW, Thompson JFH, Goldfarb RJ, Richards JP (eds) *Economic Geology One Hundredth Anniversary Volume 1905–2005*. Society of Economic Geologists, Littleton. hlm.485–522.
- Sutopo, B, Brian K. Levet, and Gemmel Bruce J., 2013, Characteristics of Sub-Microscopic Gold and Trace Element Geochemistry of Enargite/Luzonite in the Martabe High Sulfidation Epithermal Deposits, North Sumatra, Indonesia.
- White, N. C., D. G., Wood. and Lee, M. C., 1989, Epithermal Sinters of Paleozoic Age in North Queensland, Australia. *Geology* 17, hlm.718–722.
- Wilkinson, J. J., 2001, Fluid Inclusion in Hydrothermal Ore Deposits. *Lithos* No. 55. Hlm. 229-272.

Diterima	: 4 Desember 2020
Direvisi	: 7 April 2021
Disetujui	: 25 Agustus 2021