

## **ANALISIS INKLUSI FLUIDA UNTUK EKSPLORASI MINERAL DI SUMUR UJI PEMBORAN BWS-H01, DESA SUMBERBOTO, KECAMATAN WONOTIRTO, BLITAR, JAWA TIMUR**

### ***FLUID INCLUSION ANALYSIS FOR MINERAL EXPLORATION IN THE BWS DRILLING TEST WELL, SUMBERBOTO VILLAGE, WONOTIRTO DISTRICT, BLITAR, EAST JAVA***

Dwi Rachmawati<sup>1</sup>

1. Sekolah Tinggi Teknologi Mineral Indonesia, Indonesia

*Email: rachmawatidwi201289@gmail.com*

#### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Wonotirto, Blitar, Jawa Timur. Daerah penelitian ini termasuk dalam Formasi Mandalika secara regional dan merupakan bagian dari Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur. Secara fisiografis, wilayah Pegunungan Selatan Jawa Timur berada di dalam magmatik Sunda Banda, tempat mineral logam (Au, Mo, Cu) tersebar luas. Untuk mengetahui penyebaran mineralisasi dan perubahan vertikal, dilakukan sumur uji. Sumur BWS-H01 adalah penerus dari Sumur Uji tahun 2004, dengan TOD 451 m dan inklinasi 90°. Material berukuran mikro yang terdapat di dalam suatu mineral disebut inklusi. Ini biasanya terdiri dari tiga fasa: padat, cair, dan gas (Roedder, 1974; dalam Yuwono, 1994). Tujuan analisis inklusi fluida adalah untuk menentukan suhu dan salinitas pada saat pembentukan urat mineralisasi. Empat conto batuan diukur dan dianalisis inklusi fluida pada kedalaman 257,1 m, 342 m, 401,1 m, dan 430,1 m.. Hasil dari pengukuran menunjukkan  $T_h$  (Temperatur homogenisasi) berkisar pada temperatur 100-219°C  $T_m$  (Temperatur leleh) berkisar pada temperatur -0,3 sampai -1°C, dan salinitas NaCl 0,5-1,7 % Wt NaCl. Salinitas yang rendah menunjukkan fluida yang lebih berperan berPH netral berupa air meteorik. Dengan demikian, sistem hidrotermal pada sumur BWS-H01 termasuk dalam sistem epitermal

**Kata kunci:** *bws-h01, inklusi fluida, sulfida rendah, wonotirto*

**DOI:** 10.15408/jipl.v3i2.35770

#### **ABSTRACT**

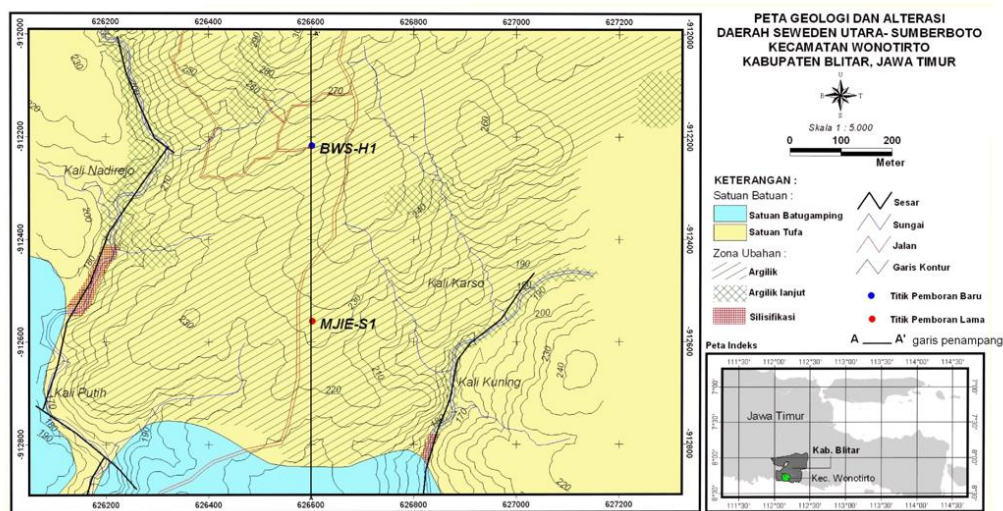
*This research was conducted in Wonotirto District, Blitar, East Java. This research area is included in the Mandalika Formation regionally and is part of the Southern Mountain Zone of East Java. Physiographically, the Southern Mountains region of East Java is within the Sunda Banda magmatic area, where metallic minerals (Au, Mo, Cu) are widespread. To determine the distribution of mineralization and vertical changes, test wells were carried out. The BWS-H01 well is the successor to the 2004 Test Well, with a TOD of 451 m and an inclination of 90°. Micro-sized materials contained in a mineral are called inclusions. It usually consists of three phases: solid, liquid, and gas (Roedder, 1974; in Yuwono, 1994). The purpose of fluid inclusion analysis is to determine the temperature and salinity at the time of mineralization vein formation. Four rock samples were measured and analyzed for fluid inclusions at depths of 257.1 m, 342 m, 401.1 m, and 430.1 m. The results of the measurements showed  $T_h$  (homogenization temperature) ranged from 100-219°C  $T_m$  (melting temperature) ranges from a temperature of -0.3 to -1°C, and a NaCl salinity of 0.5-1.7% Wt NaCl. Low salinity indicates that the fluid plays a more neutral pH role in the form of meteoric water. Thus, the hydrothermal system in the BWS-H01 well is included in the epithermal system.*

**Keywords:** *bws-h01, fluid inclusion, low sulfidation, wonotirto*

**PENDAHULUAN**

Secara fisiografis tempat persebaran mineral logam (Au, Mo, Cu) berada pada batuan gunungapi dan batuan granitik di daerah Pegunungan Selatan Jawa Timur pada magmatik Sunda Banda (Bemmelen, 1949), sedangkan secara tektonik Jawa Timur dari utara ke selatan yaitu: lereng utara terdiri atas Paparan Kontinen Stabil Rembang dan Zona Transisi Randublatung, Punggungan Kendeng yang merupakan perpanjangan Punggungan Bogor ke arah timur, busur vulkanik modern, lereng regional bagian selatan yang merupakan area pengangkatan (Yulianto, 1995; dalam Darman dan Sidi, 2000). Area penelitian terletak di lereng selatan provinsi, di bagian timur pegunungan selatan, yang merupakan "old andesit" yang terdiri dari batuan vulkanik dan volkaniklastik yang berlapis dengan batu gamping Miosen. Menurut Pulunggono dan Martodjodjo (1994), Pola Meratus mempengaruhi struktur Pulau Jawa dari timur laut ke barat daya (Kapur Akhir-Eosen Awal), Pola Sunda mempengaruhi dari utara ke selatan (Eosen Awal-Oligosen Awal), dan Pola Jawa mempengaruhi dari barat ke timur (Oligosen Awal).

Daerah penelitian ini, yang terletak di Pegunungan Jawa Timur, menarik untuk dipelajari karena adanya mineralisasi. Pembentukan endapan mineral logam atau non logam yang terkonsentrasi dari salah satu atau lebih mineral yang dapat dimanfaatkan dikenal sebagai mineralisasi (Bateman, 1981). Berdasarkan tingkat reduksi-oksidasi sulfur pada fluida hidrotermal yang membentuknya, deposit epitermal diklasifikasikan menjadi sulfidasi rendah (low sulphidation) atau tinggi (Hadenquist, 1987). Adanya fluida asam bertemperatur tinggi dan fluida pH netral bertemperatur rendah membedakan kedua sistem (Hadenquist dan White, 1995). Dari pemetaan yang dilakukan PSDG, 2010 menghasilkan mineralisasi yang terjadi adalah epitermal. Satuan Tuf adalah satuan tertua yang dapat disetarakan dengan Formasi Mandalika dari Oligosen Akhir-Miosen Awal. Satuan Batugamping terletak di sebelah selatan wilayah penelitian. Formasi Mandalika menunjukkan tanda-tanda fase pembangunan tubuh gunung api komposit, yang ditunjukkan oleh pengendapan produk lelehan dan letusan gunungapi (Abdisalam dkk., 2009). Batugamping pada Formasi Mandalika tidak terlihat pada peta regional Blitar (Sjarifudin dan Hamidi, 1992), tetapi tersebar luas di Ponorogo (Sampurno dan Samodra, 1997).



**Gambar 1.** Peta geologi dan alterasi daerah penelitian (PSDG, 2010).

Dikarenakan nilai ekonomis komoditas sumber daya, pencarian lokasi baru untuk sumber daya mineral meningkat. Setelah eksplorasi pendahuluan, yang mencakup studi literatur, survei, dan pemetaan, tahapan eksplorasi yang lebih detail dimulai. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mendapatkan data yang lebih akurat tentang penyebaran dan ketebalan cadangan, penyebaran kadar, atau kualitas secara lateral dan vertikal. Tugas utama tahapan ini adalah untuk meningkatkan jumlah sumur uji yang digunakan, sehingga data yang diperoleh akan lebih akurat.

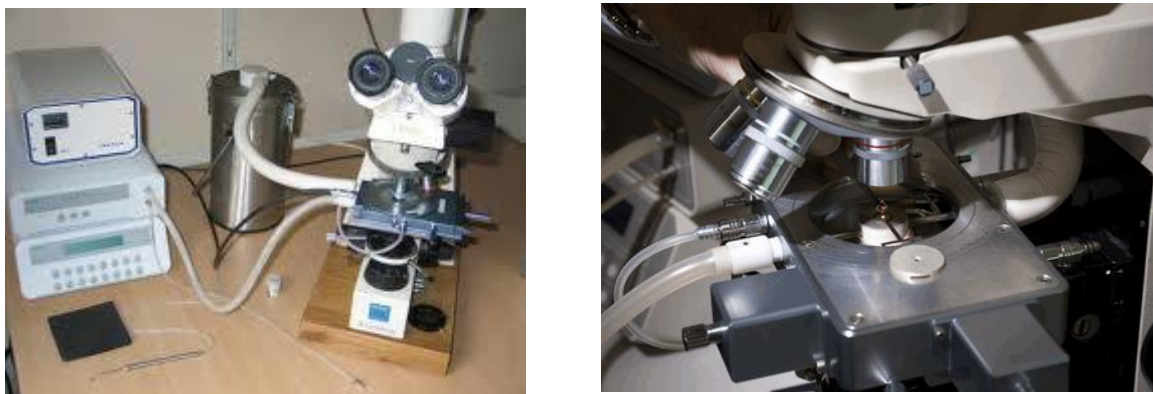
Kegiatan utama tahapan ini adalah dengan memperbanyak jumlah sumur uji, sehingga data yang diperoleh akan lebih teliti. Penelitian terdahulu dilakukan oleh Japan International Cooperation Agency (JICA, 2004). Kemudian pada tahun 2010 dilakukan penambahan sumur uji. Pada sumur uji BWS-H01 dengan panjang pemboran 451 m berarah vertikal ditambahkan. Litologi yang ditemukan terdiri dari tuf, lava andesit dengan sisipan batugamping *wackestone* foraminifera planktonik, dan batuan terobosan diorit yang mengalami perubahan dan terpotong oleh urat kalsit dan kuarsa berukuran 1 mm hingga 2 cm.

Proses yang sangat kompleks yang dikenal sebagai alterasi hidrotermal berkaitan dengan kandungan mineral, kimia, dan perubahan tekstur. Ini terjadi karena larutan hidrotermal berinteraksi dengan batuan yang dilewatinya dalam kondisi fisika dan kimia tertentu (Pirajno, 1992). Salah satu langkah awal dalam eksplorasi mineral adalah mineralisasi dan perubahan bawah permukaan yang terjadi di Sumur BWS-H01. Ini dilakukan untuk mengetahui persebaran perubahan dan model mineralisasi vertikal dan horizontal seiring bertambahnya sumur uji. Pada sumur BWS H01, ada zona ubahan yang terdiri dari zona filik yang terdiri dari serisit, kalsit, dan kuarsa; zona propilitik yang terdiri dari epidot, klorit, dan kalsit; zona argilik yang terdiri dari kaolinit, illit, montmorillonit, dan dikit; dan zona silisifikasi yang terdiri dari kuarsa sekunder (Hedenquist dan White, 1995). Sebagai kesimpulan, analisis PIMA menunjukkan mineral alunite dan diaspora, yang mungkin merupakan sisa endapan epitermal sulfida tinggi. Menurut mineralogi mineral ubahan, kehadiran mineral sulfida, analisis geokimia, dan temperatur homogenisasi dan salinitas dari inklusi fluida di sumur BWS-H01, sistem mineralisasi sulfida epitermal rendah dengan sisa sulfida epitermal tinggi (Rachmawati, 2011).

Suatu material yang memiliki fasa cair, gas, dan padat atau kristal berukuran mikro yang terperangkap saat kristal mineral berkembang (Rodder, 1984). Inklusi fluida memiliki banyak manfaat, termasuk menentukan lingkungan fisika dan kimia pembentukan endapan bijih, suhu, tekanan, komposisi, dan evolusi suhu larutan hidrotermal, dan menentukan batas *boiling* dan evolusi suhu (Loucks, 2000). Subhedral negatif Kristal, sebagian anhedral *necking down*, dan euhedral adalah bentuk inklusi fluida yang umum. Dalam kebanyakan kasus, pengukuran inklusi fluida tidak lebih dari 1  $\mu\text{m}$  (Shepherd, 1985). Inklusi fluida bertujuan untuk menentukan ukuran dan bentuk inklusi fluida, menghitung salinitas, dan menduga suhu pembentukan mineralisasi berdasarkan keberadaan mineralisasi di daerah penelitian.

## METODE

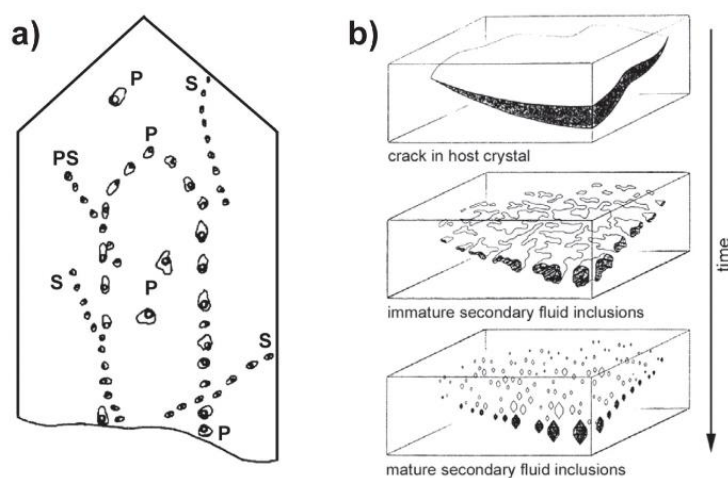
Preparasi inklusi fluida untuk eksplorasi endapan bijih dimulai dengan pemilihan sampel urat yang terdiri dari mineral sekunder. Mineral sekunder ini memiliki kristal-kristal jernih berukuran kasar berbentuk euhedral dan tidak pelapukan. Yuwono (1994) menyatakan bahwa kuarsa, kalsit, aragonit, gipsum, anhidrit, dan fluorit adalah mineral sekunder yang sering digunakan untuk analisis inklusi, sedangkan spalerit adalah mineral bijih yang baik untuk digunakan.



**Gambar 2.** Perangkat pengamatan inklusi fluida pada saat pengukuran  $T_h$  dan  $T_m$ .

Untuk mengamati inklusi, pengamatan petrografi digunakan pada sayatan poles ganda. Pengamatan dengan menggunakan analisis mikroskopis yaitu petrografi sampel batuan adalah langkah pertama dan sekaligus penting dalam studi inklusi fluida. Interpretasi yang tepat mengenai inklusi fluida hanya dapat dilakukan jika hubungan tekstur antara inklusi fluida dan host mineral (Kerkhorf dan Hein, 2001). dipertimbangkan. Pengamatan petrografi digunakan untuk mengetahui jenis inklusi yang selanjutnya akan berguna untuk pengukuran Tt, Tm, dan Tf. Pengukuran Th, Tf, dan Tm dilakukan dengan menggunakan perangkat yang disebut *freezing and heating stage* yang dipasang pada mikroskop polarisasi (Gambar 2).

Setelah pengamatan, fluida yang terperangkap dan jenis inklusi fluida primer dan sekunder dibedakan. Inklusi fluida adalah material berukuran mikro yang ada di dalam suatu mineral. Dalam proses kristalisasi mineral, di mana suhu menurunkan fase cair menjadi padat, sebagian cairan atau larutan dapat terperangkap dalam kristal. Ini disebut inklusi primer. (Gambar 3).



**Gambar 3.** (a) Huruf P menunjukkan inklusi fluida primer (P) dan huruf (Ps) menunjukkan inklusi Pseudosekunder (Ps) dan (b) Merupakan proses terbentuknya inklusi sekunder (Yuwono, 1994).

Genesa lainnya, peristiwa geologi menyebabkan retakan halus di dalam kristal, yang kemudian dipenuhi oleh larutan hidrotermal. Inklusi sekunder terjadi setelah proses *healing* dan terjadi dalam fasa cair. Inklusi pseudosekunder terjadi ketika ada retakan dan kristal juga tumbuh di dalam retakan tersebut. Ini termasuk inklusi sekunder secara deskriptif tetapi juga inklusi primer secara genetis (Rodder, 1974 dalam Yuwono, 1994).

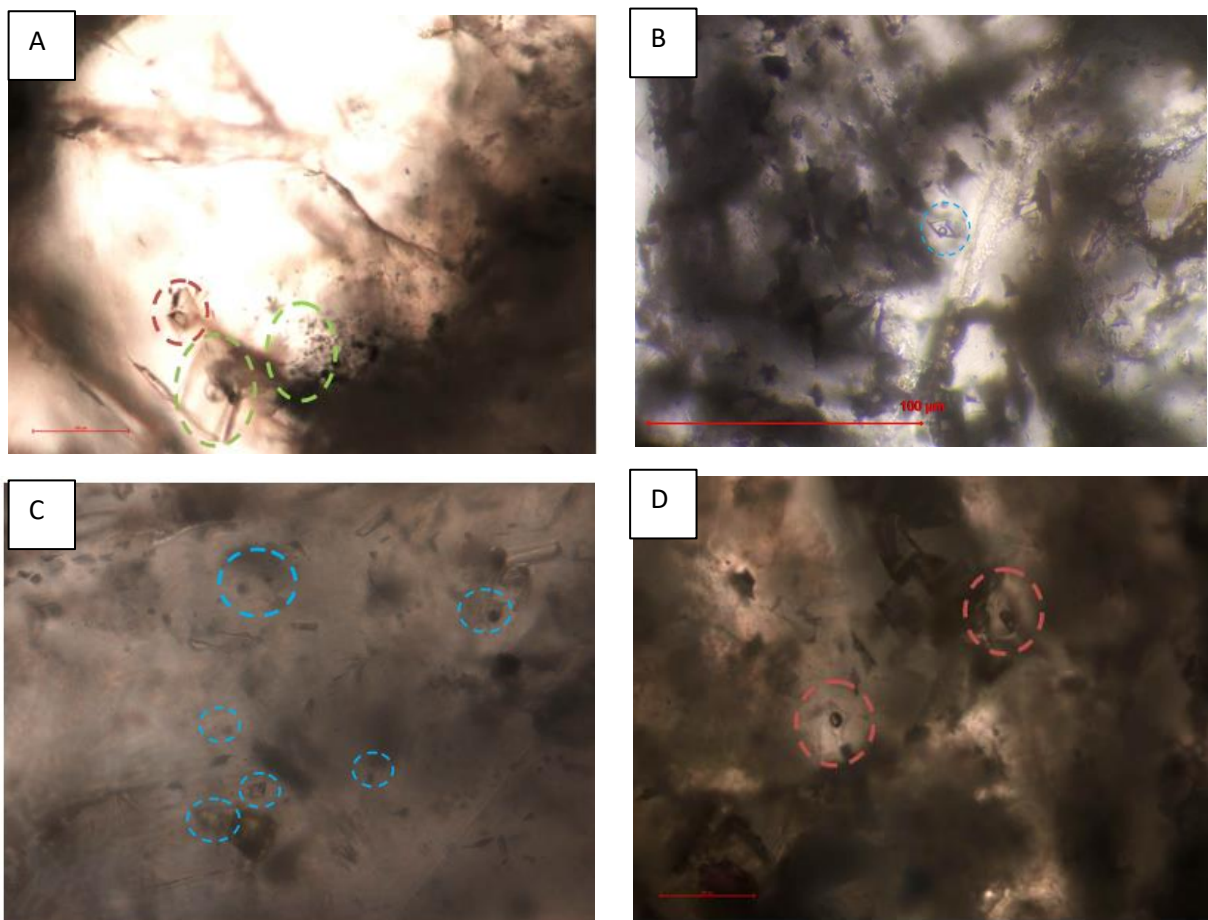
Setelah itu, pengukuran dilakukan. Temperatur pembekuan Tf diukur saat seluruh cairan membeku, saat seluruh cairan mencair. Temperatur leleh Tm diukur dengan menaikkan suhu secara perlahan hingga seluruh es mencair. Temperatur homogenisasi Th diukur dengan menaikkan suhu secara perlahan hingga gelembung dalam inklusi hilang. Temperatur minimum yang dihasilkan mineral tersebut diwakili oleh Th. Hasil analisis inklusi fluida dapat mengetahui jenis endapan mineral berdasarkan korelasi hubungan nilai Th dan salinitas yang memperlihatkan evolusi fluida (Wilkinson, 2001).

## HASIL DAN PEMBAHASAN.

Inklusi fluida pada empat contoh batuan pada kedalaman 257,1 m, 342 m, 401,1 m, dan 430,1 m, sampel tersebut yang diperoleh dari pengamatan detail inti bor termasuk pengamatan megaskopis inti bor sepanjang 451 m. (Gambar 4). Sampel kedalaman 251,7 m (Gambar 4A), batuan berubah oleh mineral lempung dan klorit. Inklusi fluida teramati dalam urat barit yang berasosiasi dengan kuarsa. Kuarsa umumnya berbentuk anhedral. Pada urat terlihat adanya detritus mineral ubahan. Inklusi fasa ganda umum didominasi oleh *liquid dominated* berukuran  $10 - < 5 \mu\text{m}$ . Selain itu, ditemukan inklusi fase

tunggal berupa fase padatan dan fasa kaya air. Inklusi fasa ganda yang ditemukan dengan bentuk *equant* dan terisolir. Dengan hasil pengukuran mikrotermometri: Tm -1°C sampai -0,9°C. salinitas NaCl Wt% 1,7 sampai 1,5 %, Th 100°C, 187°C dan 226°C.

Sampel kedalaman 342 m (Gambar 4B) merupakan sampel batuan ubahan diterobos oleh urat-urat asosiasi kuarsa dan kalsit, umumnya jernih, namun terkontaminasi oleh detritus (pecahan pecahan halus) berupa mineral ubahan, kalsit, dan kuarsa. Di dalam kristal kuarsa maupun kalsit sering terlihat adanya pecahan-pecahan kristal kuarsa dan kalsit. Inklusi Fluida sangat jarang dijumpai, hanya yang fasa tunggal kaya air, inklusi padatan berukuran sangat halus hingga sedang (< 5µm), berbentuk anhedral, tersebar tidak merata. Sangat jarang dijumpai Inklusi fluida fasa ganda yang dapat diukur mikrotermometrinya, umumnya anhedral dan terisolir, berasosiasi dengan detritus mineral. inklusi fluida yang ditemukan dominan fasa liquid. Hasil pengukuran mikrotermometri : Tm : -0,6 ~ -0,4 °C, Th : 140 ~ 190 °C, modus Th : 160 dan 180 °C, dan Kadar NaCl : 0,7 - 1,0 % wt.



**Gambar 4.** A. inklusi fluida kedalaman 251,7 m memperlihatkan kehadiran inklusi fasa ganda dominasi liquid yang teramati dalam Kristal kuarsa (lingkaran hijau) dan inklusi fasa tunggal liquid (lingkaran merah) B. inklusi fluida terdiri dua fasa kedalaman 342 m (ditunjukkan dengan lingkaran biru) terjebak diantara keratan-keratan detritus mineral di dalam kristal kuarsa jernih, C. sampel kedalaman 401,1 m memperlihatkan kehadiran inklusi fase ganda (lingkaran biru), D. kedalaman 430,1 m menunjukkan inklusi fase ganda dominasi gas dengan bentuk anhedral.

Sampel kedalaman 401,1 m (Gambar 4C) merupakan sampel batuan diorit propilitik, diterobos oleh urat kuarsa dan kalsit. Pada urat tersebut terdapat kontaminasi detritus dari mineral ubahan. Pada urat terlihat adanya detritus mineral ubahan. Inklusi fasa ganda umum didominasi oleh *liquid dominated* berukuran < 5 µm. Inklusi ditemukan dalam fasa tunggal berupa inklusi padatan dan cair, sedangkan inklusi fase

ganda ditemukan sangat halus pada kristal kuarsa berukuran < 5 µm dengan dominasi fase liquid. Tm-0,6°C, salinitas NaCl 1 %wt, dan Th 178 °C.

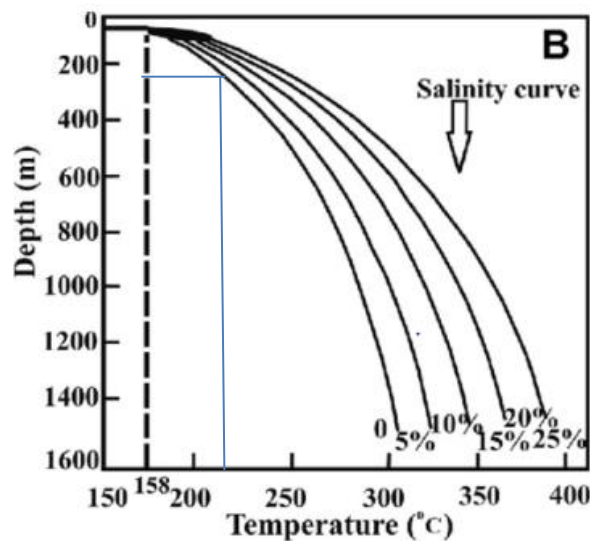
Sampel kedalaman 430,1 m (Gambar 4D) merupakan Sampel sayatan batuan beku diorit propilitik terpotong oleh urat kuarsa dan kalsit. Secara umum hampir sebagian besar kuarsa dalam urat berupa *milky quartz*, sehingga inklusi sulit untuk diamati. Material berupa detritus mineral ubahan terdapat dalam kristal kuarsa dan kalsit. Inklusi fasa ganda yang ditemukan berukuran 10-20 µm yang didominasi oleh fasa gas. Selain itu ditemukan inklusi fasa tunggal berupa inklusi padatan dan inklusi cair. Hasil pengukuran: Tm -0,3°C, salinitas NaCl 0,5 % Wt, Th 219 °C

Pengukuran keempat conto inklusi fluida menunjukkan salinitas NaCl 0,5–1,7 persen, temperatur homogenisasi (Th) 100 hingga 219°C, dan temperatur leleh (Tm) -0,9 hingga -1°C (Tabel 1 dan Gambar 4). Untuk menghitung salinitas, gunakan rumus (1) (Potter, 1978; dalam Hedenquist, dkk., 2000):

$$\text{NaCl wt. \% (equiv.)} = 1,76958 (- Tm ) - 4,2384 \times 10^{-2} (- Tm )^2 + 5,2778 \times 10^{-4} ( Tm )^3 \quad (1)$$

Tabel 1. Hasil observasi tentang inklusi fluida.

kedalaman	Th (°C)	populasi	Tm(°C)	populasi	Salinitas %wt NaCl	Host mineral	Tipe inklusi
257,1 m	100	3	-1	3	1,7	kuarsa	primer
	187	1	-0,9	2	1,5		
	216	1					
342 m	190	1	-0,4	5	0,7	kuarsa dan kalsit	primer
	175	4	-0,6	8	1		
	170	1					
	160	3					
	150	2					
	140	2					
401,1 m	198	2	-0,6	2	1	kuarsa	primer
430,1 m	219	2	-0,3	2	0,5	kuarsa	primer



Gambar 5. Kedalaman penentuan mineralisasi di daerah penelitian berdasarkan diagram hass, 1971.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diinterpretasikan bahwa fluida berada pada salinitas yang rendah 0,5-1,7 % wt NaCl berhubungan dengan air meteorik dan proses hidrotermal. Jenis mineralisasi epitermal muncul dalam lingkungan dangkal dengan suhu (Th) yang rendah. Dengan diagram Hass (1971), dapat diketahui kedalaman pembentukan mineralisasi dengan melakukan *ploting* antara temperatur homogenisasi (Th) dan salinitas, hasil kedalaman pengamatan inklusi fluida di 430,1 m. Pembentukan kedalaman berada pada kisaran 230 m (Gambar 5). Air tanah dan air meteorik memengaruhi sumber air selama proses mineralisasi epitermal sulfidasi rendah. Karena zona mineralisasi epitermal sulfidasi rendah ini, pencarian logam terkonsentrasi pada logam mulia emas.

## PENUTUP

Sistem hidrotermal sumur BWS-H01 termasuk dalam sistem epitermal sulfida rendah karena temperatur mineralisasi berkisar dari 100°C hingga 219°C, salinitas yang rendah (0,5-1,7% wt NaCl) dan kedalaman mineralisasi 230 m. Kisaran temperatur dan salinitas yang rendah ini, sehingga konsentrasi logam yang dicari adalah emas.

Untuk proses eksplorasi selanjutnya, perlu dilakukan penambahan sumur uji untuk pembuatan model bawah permukaan mineralisasi dan diperlukan analisis-analisis lain untuk pembuatan model tersebut seperti geokimia, XRD, XRF, mineragrafi, dan petrografi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Wahyu Widodo dan seluruh staf Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi atas saran, masukan, evaluasi, dan diskusi yang diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdisalam, R., Bronto, S., Harijoko, A., dan Hendratno A. (2009). Identifikasi Gunung Api Purba Karangtengah di Pegunungan Selatan, Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol. 4. No. 4. Desember 2009. Hal 253-267.
- Bateman, A.M. (1981). Mineral Deposit 3rd edition. Jhon Wiley and Sons: New York.
- Bemmelen, R.W. (1949). The Geology of Indonesia. Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. The Hague. Martinus Nijhoff. Vol. 1A. Netherlands.
- Darman, H. dan Sidi, F. H. (2000). An Outline of The Geology Indonesia. Ikatan Geologi Indonesia.
- Hass, J.L. (1971). The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrostatic pressure. *Economic Geology*, 66: 940-946.
- Hedenquist dan White. (1995). Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristic, and Exploration. *Society of Economic Geologist Newsletter*. No.23: 9-13.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A., Jr dan Gonzales-Urien, E. (2000). Exploration for Epithermal Gold Deposits: Review in *Economic Geology*. Society of Economic Geologists. Vol 13. Japan International Cooperation Agency. 2004. Report on the Mineral Exploration in the East Java Area, the Republic of Indonesia Phase III.
- Japan Oil, Gas, and Metals National Cooperation, Jepang. (Tidak dipublikasikan).
- Kerkhof, M. A. dan Hein F. U. (2001). Fluid Inclusion Petrography. *Lithos*. Elsevier. Vol.55. Issue 1-4. 27-47.
- Loucks R. R.. (2000). Precise Geothermometry on Fluid Inclusion Populations That Trapped Mixtures Of Immiscible Fluids, *American Journal of Science*, Vol 300. 23-59
- Pirajno F., (1992), Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for The Exploration Geologist, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris.
- Pulunggono, A. dan Martodjojo, S.(1994). Perubahan Tektonik Paleogene-Neogene merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa. *Proceeding Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa Sejak Mesozoik hingga Kuartar*. Teknik Geologi UGM. Yogyakarta.
- Pusat Sumber Daya Geologi. (2010). Laporan Akhir Lumajang-Blitar. Pusat Sumber Daya Geologi. Bandung. (Tidak dipublikasikan)
- Sampurno dan Samodra, H, (1997). Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa Skala 1: 100.000. Edisi kedua. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Shepherd, T. J. (1985). A Practical Guide For Fluid Inclusion Studies. Blackie and Son Limited. Bishopbriggs. Glasgow G64 2NZ. Furnival House, 14-18 High Holbon. London. WCIV 6BX. 239.

- Sjarifudin, M.Z. dan Hamidi S. (1992). Geologi Lembar Blitar. Jawa skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Rachmawati D. (2011). Studi Ubahan Hidrotermal dan Mineralisasi Berdasarkan Uji Geologi Sumur Pemboran BWS H-01 di Desa Sumberboto, Kecamatan Wonotirto, Blitar, Jawa Timur. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Indonesia.
- Roedder, E. (1984). Fluid Inclusions: Reviews in Mineralogy. Mineralogical Society of America.
- 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. *Prosiding PIT IAGI XXIII*. Jakarta.