Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan Vol. 4, No. 1, Tahun 2024 : 12 – 22 P-ISSN 2830-5354
https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/jipl E-ISSN 2797-7358

ANALISIS SPEKTRAL MINERAL, *PORTABLE INFRARED MINERAL ANALYZER* (PIMA), KECAMATAN WONOTIRTO, BLITAR, JAWA TIMUR

MINERAL SPECTRAL ANALYSIS, PORTABLE INFRARED MINERAL ANALYZER (PIMA, WONOTIRTO DISTRICT, BLITAR, EAST JAVA

Dwi Rachmawati[1], Wahyu Widodo[2]

1. Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia
2. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia

[1)]rachmawtidwi201289@gmail.com

ABSTRAK

Sumur Uji Pemboran X memiliki total kedalaman (TOD) 451 m dan Inklinasi 90^o. Tujuan dari sumur uji ini untuk mengetahui penyebaran mineralisasi secara horizontal, setelah dilakukan pemetaan untuk mengetahui vertikal. Salah satu metode analisis spektral mineral dengan gelombang inframerah untuk mengidentifikasi mineral secara non-destruktif dan untuk mengetahui mineral-mineral halus yang tidak dapat dideskripsi oleh analisis petrografi menggunakan Portable Infrared Mineral Analyzer (PIMA). Analisis PIMA dilakukan pada 32 buah conto batuan. Analisis PIMA yang dilakukan saling melengkapi dengan analisis petrografi. Analisis PIMA memberikan hasil analisis mineral lempung yaitu mineral illite, monmorilonit, kuarsa, serisit, kalsit, palygorskit, phegit, dikit, nakrit, alunit, diaspor, dan epidote. Analisis petrografi dan PIMA menunjukan empat zona mineralisasi yaitu zona Serisit-Kalsit-Kuarsa (Zona Filik), zona Klorit-Kalsit-Epidot (Zona Propilitik), Zona Kaolinit-Dickite-Illite-Monmorilonit- Kuarsa (Zona Argilik), dan zona kuarsa skunder (Zona Silisifikasi). Berdasarkan mineralogi mineral ubahan teralterasi sebaran vertikal menunjukan sistem mineralisasi epitermal sulfida rendah dan sistem mineralisasi jejak epitermal sulfida tinggi.

Kata kunci: *Epitermal, PIMA, Spektral*

DOI: 10.15408/jipl.v4i1.40984

ABSTRACT

Drilling Test Well X has a total depth (TOD) of 451 m and an Inclination of 90^o. The purpose of this test well is to determine the horizontal distribution of mineralization, after mapping is carried out to determine the vertical. One method of spectral mineral analysis is to use the Portable Infrared Mineral Analyzer (PIMA) to determine fine minerals that cannot be described by petrographic analysis. PIMA analysis was carried out on 32 rock samples. The PIMA analysis carried out complements the petrographic analysis. PIMA analysis provides clay mineral analysis results, namely illite, montmorillonite, quartz, sericite, calcite, palygorskite, phegite, dickite, nakrit, alunite, diaspor, and epidote. Petrographic and PIMA analysis shows four mineralization zones, namely Sericite-Calcite-Quartz zone (Phylic Zone), Chlorite-Calcite-Epidote zone (Prophyllitic Zone), Kaolinite-Dickite-Illite-Monmorillonite-Quartz zone (Argillic Zone), and secondary quartz zone (Silicification Zone). Based on the mineralogy of the altered minerals, the vertical distribution shows a low sulfide epithermal mineralization system and a high sulfide epithermal trace mineralization system.

Keywords: Epithermal, PIMA, Spectral

PENDAHULUAN

Lokasi penelitian termasuk kedalam Pegunungan Jawa Timur. Secara kewilayahan termasuk dalam Formasi Mandalika yang memuat lembar peta wilayah Blitar (Sjarifudin dan Hamidi,1992). Di daerah

© 2024 The Author(s). This is an open article under CC-BY-SA license (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

ini, terutama di bagian timur Pegunungan Selatan Jawa, endapan mineral beragam, termasuk tipe epitermal sulfida rendah Au-Ag, urat logam dasar Au (tipe urat logam dasar), epitermal sulfida tinggi (tipe epitermal sulfida tinggi), skarn besi, skarn CuZn-Pb, dan porfiri Cu-Au (porfiri Cu-Au) (Setijadji et al, 2006 ; sutarto et al, 2015). Produk vulkanik klastik dan batuan intrusi biasanya dikaitkan dengan jenis endapan mineral, alterasi, dan mineralisasi (Sirisokha dkk., 2015). Secara geografis wilayah Pegunungan Selatan Jawa Timur terletak di wilayah magma, Sunda Banda, merupakan wilayah distribusi emas, molibdenum, dan tembaga (Bemmelen, 1949) yang merupakan bagian dari "andesit tua" yang tersusun dari batuan vulkanik dan batuan vulkaniklastik yang memiliki dilapisi dengan batugamping berumur Miosen (Pulunggono dan Martodjodho, 1994). Pemetaan yang dilakukan oleh PSDG, 2010 memperlihatkan penyebaran horizontal mineralisasi termasuk kedalam epitermal.

Penelitian sebelumnya (Rachmawati, 2023) mengemukakan bahwa ketika suhu dan salinitas rendah, maka fokus eksplorasi mineral adalah pada emas. Proses eksplorasi selanjutnya memerlukan pengeboran uji tambahan untuk memodelkan mineralisasi bawah permukaan dan analisis lebih lanjut untuk membuat model mineralisasi seperti PIMA dan petrologi (Rachmawati, 2023). PIMA dan petrografi digunakan untuk menganalisis mineral primer dan mineral skunder.

Identifikasi mineral alterasi merupakan sumber informasi penting untuk mengkarakterikstik system mineralisasi. Setiap metode analisis mineralogi memiliki batasan deteksi seperti ukuran butiran, kelimpahan, dan komposisi kimia (Savitri et al, 2021). Untuk memperoleh identifikasi mineral yang lebih lengkap diperlukan penggunaan beberapa metode analisis. Mikroskop binokuler, petrografi, dan difraktometri sinar-X (XRD) merupakan metode yang sering digunakan untik mengidentifikasi mineral alterasi. Pada Tahun 1980-an, spektroskopi inframerah (IRS berbasis titik mampu mengidentifikasi mineral berdasarkan karakterisktik spektralnya pada rentang tampak hingga inframerah dekat (VNIR), dan inframerah gelombang pendek (SWIR) (Clark, 1999). Prinsip dalam indentifikasi mineral SWIR menggunakan energi yang dipantulkan oleh proses getaran molekul proses gertaran pada radiasi inframerah (Clark et al, 1990; Hunt, 1977; Hunt dan Ashley, 1979; Savitri et al, 2021).

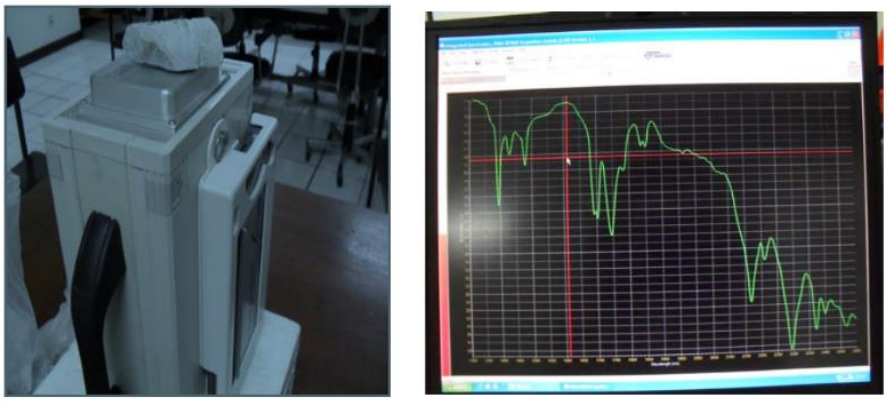
Portable infrared Mineral Analyzer (PIMA) digunakan untuk mengidentifikasi mineral skunder yang berukuran halus yang tidak dapat diidentifikasi secara spesifik oleh analisis petrografi. PIMA termasuk kedalam spektometer inframerah gelombang pendek portable yang semakin banyak digunakan dalam eksplorasi dan penelitian mineral (Huang et al, 2018). Teknik analisis ini memiliki keunggulan dibandingkan metode geokimia dan mineralogi konvensional. Metode ini memiliki pengerjaan yang cepat dan tidak merusak, pengukuran dapat diperoleh di lapangan tanpa persiapan yang ekstensif, dan biaya relative rendah (Chang dan Yang, 2012 ; Lorenzo et al, 2016). Metode ini memiliki sangat efektif mengindentifikasi lempung dan mineral hidro lainnya, seperti klorit, epidot, mika putih (muskovit, ilit, fengit, dan paragonit), kalsit, gypsum, dikit, dan lainnya (Xiao et al, 2021). Tentunya metode ini, saling melengkapi dengan metode petrografi dalam analisis mineral.

METODE

PIMA (*Portable Inframerah Mineral Analyzer*) adalah suatu metode analisis mineral, khususnya mineral mikroskopis, dengan menggunakan sinar infra merah. Zat mineral yang dapat dianalisis dengan PIMA adalah hidroksil (gugus OH). Pirosilikat (mineral tanah liat, klorit, serpentinit) (Cloutier dkk., 2021), silikat terhidroksilasi (*epidochite* dan *amphibole*), sulfat (gipsum) dan karbonat (Balaram dan sawant, 2022). Selain itu, PIMA dapat digunakan untuk menganalisis tanah dan sedimen.

Keunggulan PIMA yang pertama adalah alatnya yang *portable* dan dapat digunakan di lapangan maupun di Laboratorium. Kegiatan lapangan berguna untuk menganalisis mineral yang diubah. Kedua, pengoperasian yang mudah dan pembacaan sampel yang cepat dalam kisaran 30-60 detik (Gambar 1). Teknologi ini mengukur panjang gelombang cahaya inframerah yang diserap oleh ikatan kimia yang berbeda yang diserap oleh ikatan kimia yang berbeda untuk mengidentifikasi mineral yang ada dalam sampel (Francos et al, 2021). Setiap mineral target memiliki pola penyerapan inframerah yang khas yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral.

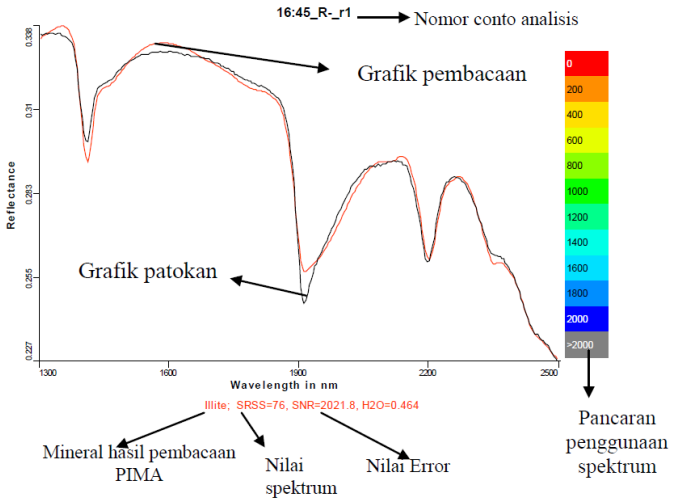
Untuk pengambilan data PIMA, sampelnya kering dan permukaan sampelnya relatif datar. Sampel ditempatkan dalam lensa kecil spektrometer terintegrasi. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengambilan data adalah modul akuisisi *Spectronic*-PIMA SP/RAP terintegrasi (c)98 versi 2.1. Diagram bentuk gelombang pengukuran mineral berfungsi sebagai tolok ukur pengumpulan data. Setiap sampel diuji tiga kali untuk memastikan akurasi dan presisi pengujian. Setelah tiga kali pengujian, kalibrasi tampilan *instrument* dilakukan.



(a) (b)

Gambar 1. Pengumpulan data mineral dengan PIMA (a) Sampel serpihan batuan ditempatkan pada lensa spektrometer terintegrasi, dan (b) pengumpulan data dilakukan menggunakan perangkat lunak spektrometer terintegrasi, modul akuisisi PIMA SP/RAP.

Setelah data sampel terkumpul, data diolah menggunakan *software* TSG Professional versi 4. Hasil analisis dan pengolahan data ditampilkan dalam bentuk grafik antara reflekstansi inframerah dan panjang gelombang inframerah (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik analisis PIMA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dipadukan dengan analisis petrografi. Hasil analisis petrografi terhadap 32 sampel batuan menunjukkan bahwa litologinya terdiri dari tufa, andesit, foraminifera planktonik, batugamping *wackestone*, dan diorit, dengan intensitas alterasi mulai dari rendah hingga sangat tinggi (Tabel 1). Dari hasil analisis petrografi yang didukung analisis PIMA terhadap 55 sampel batuan. PIMA (Tabel 1 dan 2) digunakan untuk menganalisis mineral lempung yang sulit diidentifikasi dengan analisis petrografi. Kedua analisis tersebut mengungkapkan kumpulan mineral yang berubah yang diklasifikasikan kedalam zona perubahan berdasarkan Corbett dan Leach (1997). Analisis petrografi terhadap 32 sampel batuan menunjukkan tufa, andesit, foraminifera planktonik, batugamping *wackestone* (dinamai menurut Embry dan Klovan, 1971), dan diorit dengan intensitas alterasi rendah hingga sangat tinggi.

Dari hasil analisis petrografi yang didukung analisis PIMA terhadap 32 sampel batuan. PIMA digunakan untuk menganalisis mineral berukuran lempung yang sulit diidentifikasi menggunakan analisis petrografi. Kedua analisis tersebut mengungkapkan perubahan kelompok mineral yang diklasifikasikan ke dalam zona perubahan berdasarkan Corbett dan Leach (1997).

Tabel 1. Hasil mineral ubahan analisis petrografi (I) dan PIMA (O).

kode Conto (m)	Ep	Ad	Cl	Cb	Anh	Dik	K	Nac	I	Mon	qtz	ser	Phe	Pal	opx	minlp	oks	Al	Dsp
BWS1 (19,1)						O		O							I				
BWS2 (55.85)						O		O							I		I		
BWS3 (76.2)				I							I				I	I			
BWS4 (81.9)									O	O	I	IO			I	I			
BWS5 (90.95)										O	I	IO			I				
BWS6 (93.2)			IO	I					O			IO			I	I			
BWS7 (108.8)	IO		IO	I					O		I	I			I	I			
BWS8 (110)			I	I					O			I			I	I			
BWS9 (112.45)			I	I								I			I				
BWS10 (123.55)			I	I					O	O		I			I	I			
BWS11 (131.5)			IO	I							I	IO			I				
BWS12 (132)			I	I							I	I			I				
BWS13 (133.3)			IO	IO					O		I	IO			I	I			
BWS14 (143.75)	IO		IO	I					O		I	I			I	I			
BWS15 (151.7)			IO	IO								I			I				
BWS16 (160)	IO		I	IO					O			I	O		I	I			
BWS17 (167)	IO	I	IO	IO								I			I				
BWS18 (174.85)	IO		IO	I								I		O	I	I			
BWS19 (211)	I		IO	I					O			I			I	I			
BWS20 (219.15)	IO		I	I					O	O	I	I		O	I	I			
BWS21 (226)			I	I						O	I				I	I			
BWS22 (244)			I	I										O	I			O	
BWS23 (249)	IO		I	I							I			O	I				
BWS24 (270.4)	I		IO	I							I				I				
BWS25 (282.45)			I	I											I	I			
BWS26 (289.4)			IO	I					O		I	IO			I	I			O
BWS27 (305.2)			IO		I				O		I			O	I	I			
BWS28 (319.85)			I						O		I			O	I	I			
BWS29 (322.85)	IO		I	I					O	O	I	I			I	I			
BWS30 (338)			I	I					O		I				I	I			
BWS31 (414.85)	I		I	I							I				I				

BWS32 (436.05)	I	I	I	I	I			

Ket: K: kaolinit; Ep:epidot; Ad:adularia; Cl:klorit; Anh: anhidrit; Dik: dikit; Nac:nakrit; I:illit; mont:monmorilonit; qtz:kuarsa; ser: serisit; phe:phengit; pal:palygorskit; opak:mineral opak; Min lp: mineral lempung; Al: alunit; Dsp:diaspor.

Tabel 2. Detail hasil analisis PIMA kedalaman 55.85 m, 167m, 289.4, dan 319.85 m

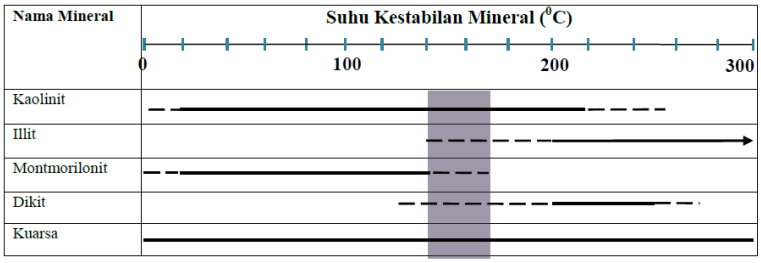
No. Conto	Kedalaman (m)	*Sample*	TSA A Mineral 1	TSA A *Group* 1	TSA W*eight* 1	TSA *Weight* 2	TSA *Group* 2	TSA *Weight*	TSA *Error*
1	55.85	16R-r1	Nacrite	kaolin	0.63	Dickite	Kaolin	0.37	53.287
		16R-r2	Nacrite	kaolin	0.65	Dickite	Kaolin	0.35	71.769
		16R-r3	Nacrite	kaolin	0.7	Dickite	Kaolin	0.3	79.034
2	167	32R-r1	Intchlorite	Mg(OH)-2	0.3	Ankerite	Carbonate	0.3	91.695
		32R-r2	Intchlorite	Mg(OH)-2	1	Null	Null	Null	131.076
		32R-r3	Intchlorite	Mg(OH)-2	0.79	Epidote	Ca (Al_FeOH)	0.21	172.31
3	289.4	45_R-r1	Illite	Al(OH)-1	1	Null	Null	Null	76.09
		45_R-r2	Illite	Al(OH)-1	0.51	Diaspore	OH-H2O	0.49	98.27
		45_R-r3	Illite	Al(OH)-1	1	Null	Null	Null	178.86
4	319.85	47R_r1	Illite	Al(OH)-1	1	Null	Null	Null	266.87
		47R_r2	Illite	Al(OH)-1	1	Null	Null	Null	1012
		47R-r3	Illite	Al(OH)-1	1	Null	Null	Null	76.32

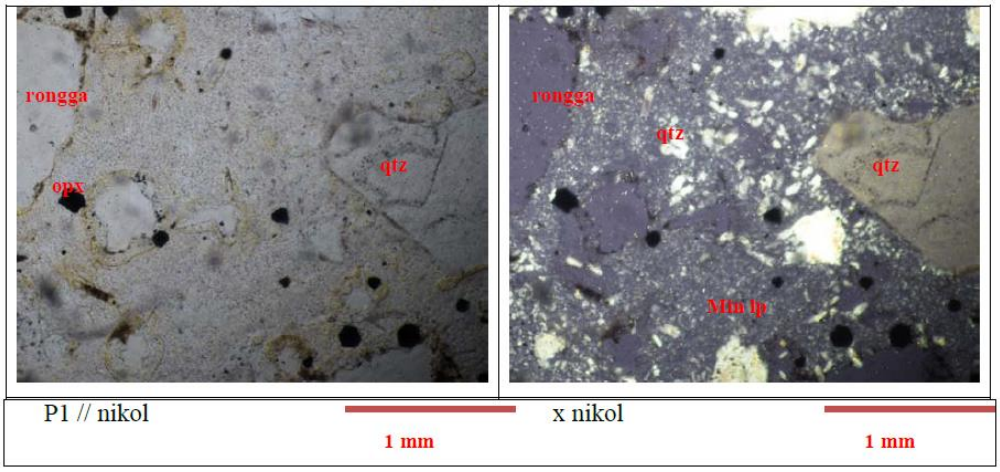
Keterangan:
TSA *(The spectral Assistant*)
TSA mineral 1: mineral dominan utama yang terdeterminasi
TSA mineral 2: mineral dominan utama yang kedua yang terdeterminasi
TSA *weight*: persentase mineral dominan yang terdeterminasi
TSA *error*: tingkat kepercayaan dalam terdeterminasi mineral, ditunjukkan dengan warna pada grafik.
SRSS (*standardized residual sum of squares*): nilai spektrum yang terdeterminasi dengan PIMA
SNR (*signal to noise ratio*): nilai yang menunjukkan spektrum terganggu dalam mendeterminasi mineral
Nilai SNR < 5: spektrum sangat terganggu untuk menginterpretasi mineral
Nilai SNR 5-10: spektrum agak terganggu untuk menginterpretasi mineral
Nilai SNR > 10: spektrum dalam kondisi yang baik untuk menginterpretasi mineral

Zona Argilik (Kaolinit- Dickite-Illit-Monmorilonit-Kuarsa)

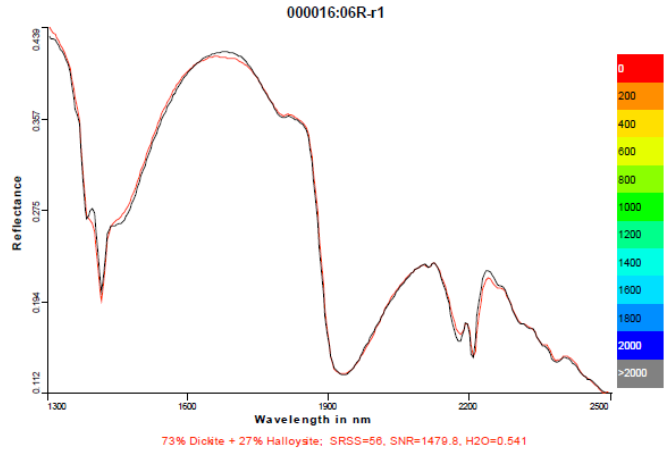
Zona argilik terdiri atas kumpulan mineral kaolinit (nakrit dan kaolinit), kuarsa, dan dikit dengan intensitas sangat tinggi (Gambar 3 dan Gambar 4). Halloysit hanya terdapat di bagian atas zona ini, yaitu antara kedalaman 6,6 m dan 81,9 m, dan oleh karena itu kemungkinan besar disebabkan oleh pelapukan. Didalam lubang bor X zona argilik berada di kedalaman 4,7- 90,95 m. Mineral pada zona ini terbentuk pada kisaran suhu 150-175 °C dan pH 4-6 (Tabel 3).

Tabel 3. Kisaran suhu untuk mineral terubah kaolinit, kuarsa, dikit, ilit, dan montmorillonit didasarkan pada Lawless dkk., 1994.





Gambar 3. Pada kedalaman 55,85 m sayatan tipis memperlihatkan mineral ubahan yaitu mineral lempung dan kuarsa sekunder. (opx= mineral opak, Min lp= mineral lempung, qtz= kuarsa)

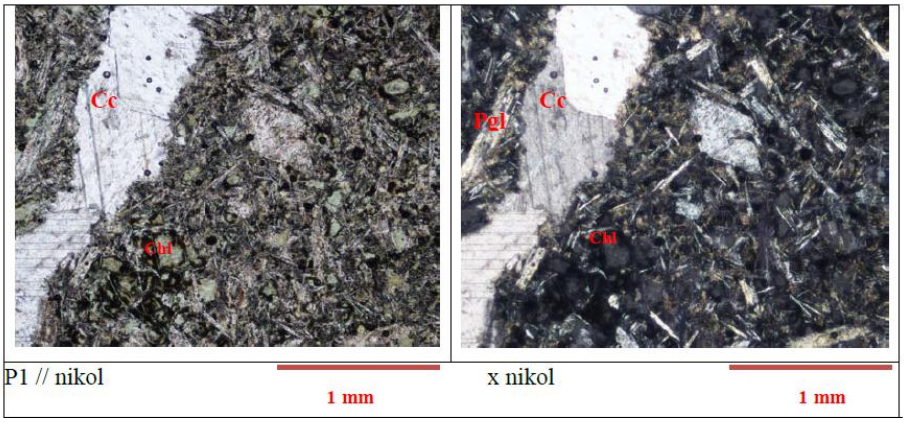


Zona propilitik (Klorit- Kalsit-Epidot)

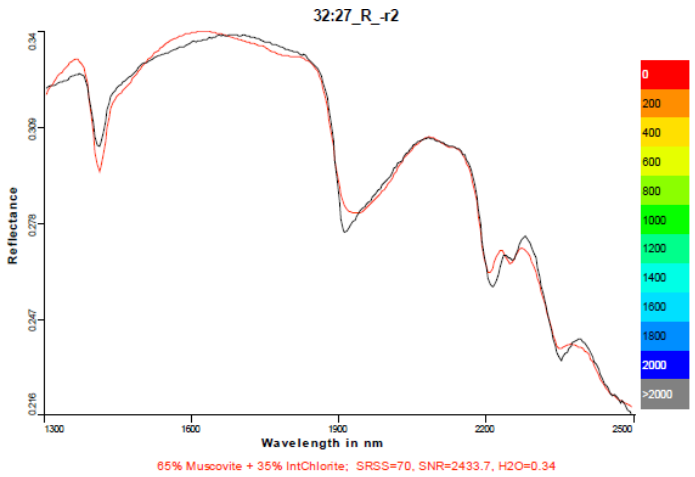
Zona alterasi propilitik merupakan tahap kedua dari zona alterasi di dalam lubang bor berupa andesit, tuf, *wackestone* foraminifera plantonik, dan diorit terdiri dari kumpulan mineral berupa kuarsa, kalsit dan epidot dengan intensitas rendah-sangat tinggi (Gambar 5 dan Gambar 6). Berdasarkan kestabilan suhu mineral ditemukan pada tahapan ini bervariasi 150-300^{o}C dengan pH netral 6-7 (Tabel 4).

Tabel 4. Jangkauan suhu mineral ubahan serisit, kalsit, dan kuarsa berdasarkan klasifikasi Lawless, dkk., 1994

Nama Mineral	Suhu Kestabilan Mineral (^{0}C)
	0 100 200 300
Klorit	
Epidot	
Kalsit	
Adularia	
anhidrit	



Gambar 5. Pada kedalaman 167 m, sayatan andesit memperlihatkan mineral ubahan berupa urat kalsit dan Klorit dan amigdaloidal. Cc= kalsit, Chl= klorit, Pgl= plagioklas



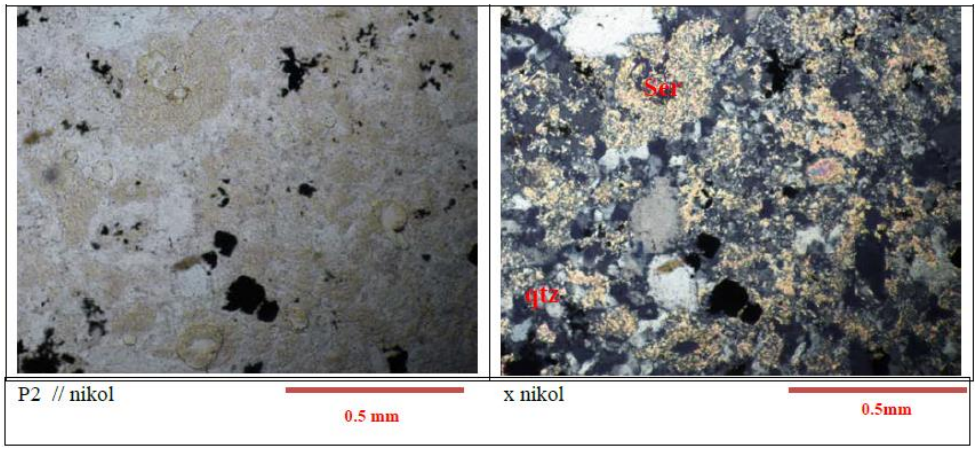
Gambar 6. PIMA kedalaman 167 cm

Zona Filik (Serisit-Kalsit-Kuarsa)

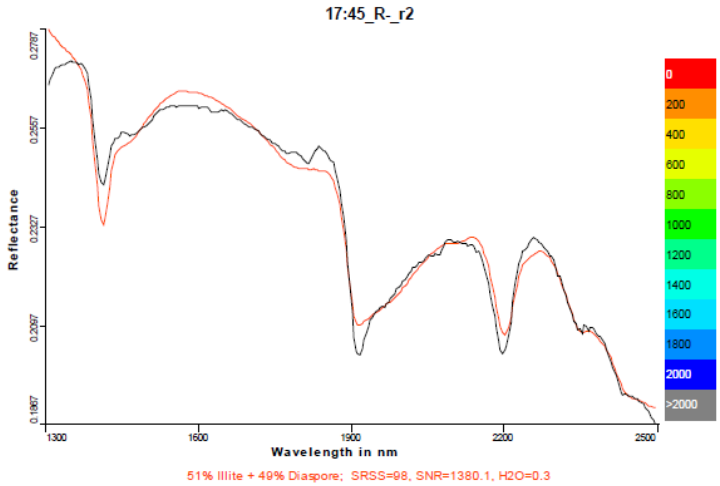
Zona filik ditandai oleh hadirnya kumpulan mineral berupa serisit, kuarsa, serta kalsit (Gambar 6 dan Gambar 7). Jenis batuan yang mengalami alterasi adalah tufa dan andesit yang mempunyai kekuatan alterasi sedang hingga sangat kuat. Berdasarkan kisaran kestabilan suhunya, mineral-mineral tersebut terbentuk pada suhu 290-300^{o}C dan pH 4-6 (Tabel 5).

Tabel 5. Jangkauan suhu mineral ubahan serisit, kalsit, dan kuarsa berdasarkan klasifikasi Lawless et al, 1994

Nama Mineral	Suhu Kestabilan Mineral (^{0}C)
	0 100 200 300
Serisit	
Klasit	
Kuarsa	



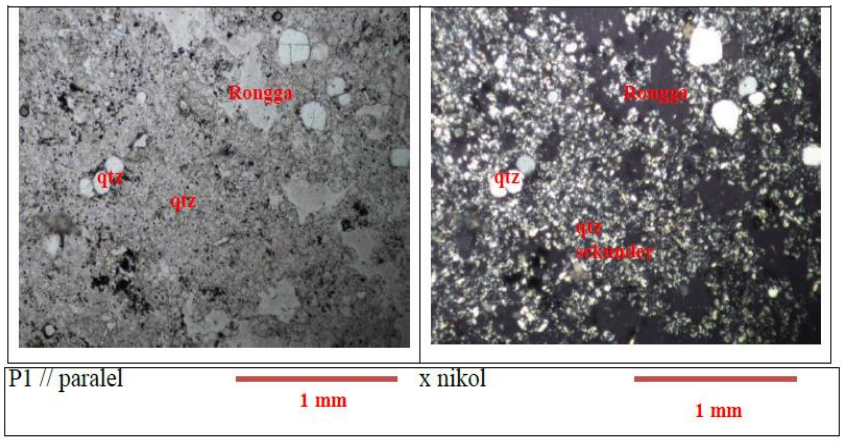
Gambar 6. Pada kedalaman 289,4 m sayatan tipis memperlihatkan mineral ubahan berupa serisit (Ser) dan kuarsa sekunder (qtz)



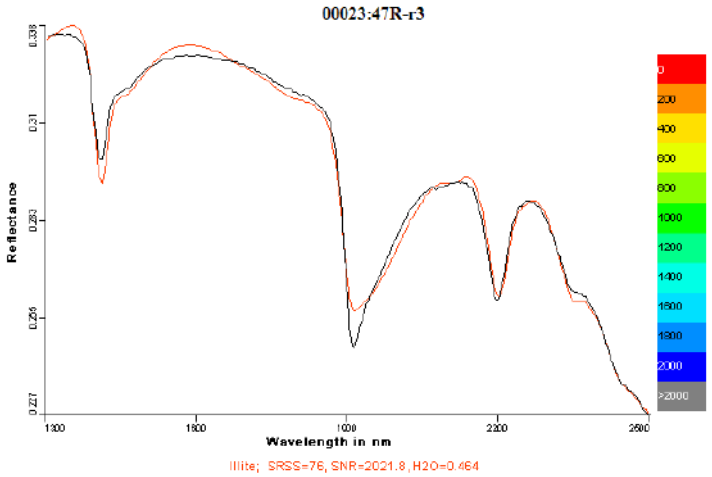
Gambar 7. PIMA kedalaman 284,9 m.

Zona Silifikasi (Kuarsa sekunder)

Sumber silika dalam proses silisifikasi diperkirakan berasal dari cairan yang bereaksi dengan batuan, sehingga menghasilkan pengendapan larutan kaya silika yang menggantikan mineral atau mengisi rongga pada batuan (Gambar 8 dan 9).



Gambar 8. Pada kedalaman 319,85 m sayatan tipis memperlihatkan massa dasar yang tersilifikasi pada batuan asal tuf. (qtz: kuarsa).



Gambar 9. PIMA kedalaman 319,85 m

PENUTUP

Pada sumur BWS H01 menunjukan empat zona mineralisasi yaitu kumpulan mineral Serisit-Kalsit-Kuarsa (Zona Filik), kumpulan mineral Klorit-Kalsit-Epidot (Zona Propilitik), kumpulan mineral Kaolinit-Dickite-Illite- Monmorilonit- Kuarsa (Zona Argilik), dan kumpulan kuarsa skunder (Zona Silisifikasi). Sistem mineralisasi di Sumur BWS H 01 epitermal sulfida rendah dengan sisa epitermal sulfida tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas saran, kontribusi, kajian, dan diskusinya kepada seluruh pihak yang membantu penulisan kepada Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi.

DAFTAR PUSTAKA

Balaram, V., & Sawant, S. S. (2022). Indicator elements and portable analytical instruments in mineral exploration studies. *Minerals*, *12*(4), 394.

Bemmelen, R. W. van. (1949). *The geology of Indonesia. Vol. IA: General geology of Indonesia and adjacent archipelagoes*. The Hague: Martinus Nijhoff.

Chang, Z., & Yang, Z. (2012). Evaluation of inter-instrument variations among short wavelength infrared (SWIR) devices. *Economic Geology Journal*.

Clark, R. N., King, T. V. V., Klejwa, M., Swayze, G. A., & Vergo, N. (1990). High spectral resolution reflectance spectroscopy of minerals. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *95*(B8), 12653–12680.

Clark, R. N. (1999). Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy. In A. N. Rencz (Ed.), *Manual of Remote Sensing: Volume 3: Remote sensing for the Earth sciences* (pp. 3–58). John Wiley and Sons.

Cloutier, J., Piercey, J. S., & Huntington, J. (2021). Mineralogy, mineral chemistry and SWIR spectral reflectance of chlorite and white mica. *Minerals*, *11*(5), 1–16.

Corbett, G. J., & Leach, T. M. (1997). *Southwest Pacific Rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization* (2nd ed.). Society of Economic Geologists.

Embry, A. F., & Klovan, J. E. (1971). A Late Devonian reef tract on Northeastern Bank Island. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*.

Francos, N., Notesco, G., & Ben-Dor, E. (2021). Estimation of the relative abundance of quartz to clay minerals using the visible–near-infrared–shortwave-infrared spectral region. *Applied Spectroscopy*, *75*(8), 882 892.

Huang, J., Chen, H., Han, J., Deng, X., Lu, W., & Zhu, R. (2018). Alteration zonation and short wavelength infrared (SWIR) characteristics of the Honghai VMS Cu-Zn deposit, Eastern Tianshan, NW China. *Ore Geology Reviews*, *100*, 263–279.

Hunt, G. R., & Ashley, R. P. (1979). Spectra of altered rocks in the visible and near infrared. *Economic Geology*, 1613–1629.

Hunt, G. R. (1977). Spectral signatures of particulate minerals in the visible and near infrared. *Journal of Geophysics*, *42*, 501–513.

Lawless, J. V., White, P. J., Bogie, I., Paterson, L. A., & Cartwright, A. J. (1994). Important hydrothermal minerals and their significance. Geothermal and Minerals Service Division, Kingston Morrison Limited.

Lorenzo, R. A., Ocampo-Duque, W., & Landin, J. M. (2016). *Low-cost geochemical surveys for environmental studies in developing countries: Testing a field portable XRF instrument under quasi-realistic conditions*.

Pusat Sumber Daya Geologi. (2010). *Laporan akhir Lumajang-Blitar*. Pusat Sumber Daya Geologi. (Unpublished report).

Rachmawati, D. (2023). Analisis inklusi fluida untuk eksplorasi mineral di sumur uji pemboran BWS H01, Desa

Sumberboto Kecamatan Wonotirto, Blitar, Jawa Timur. *Jurnal Inovasi Pertambangan dan Lingkungan*, *3*(2), 71–78.

Savitri, K. P., Hacker, C., Van der Meer, F. D., & Sidik, R. P. (2021). VNIR-SWIR infrared (imaging) spectroscopy for geothermal exploration: Current status and future directions. *Geothermics*, *96*.

Sjarifudin, M. Z., & Hamidi, S. (1992). *Geologi lembar Blitar, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Sirisokha, S., Setijadji, L. D., & Warmada, I. W. (n.d.). Mineral potential mapping using geographic information systems (GIS) for gold mineralization in West Java, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, *7*(1), 61.

Setijadji, L. D., Kajino, S., Imai, A., & Watanabe, K. (2006). Cenozoic island arc magmatism in Java Island (Sunda Arc, Indonesia): Clues on relationships between geodynamics of volcanic centers and ore mineralization. *Resource Geology*, *56*(3), 267–292.

Sutarto, S., Idrus, A., Harijoko, A., Setijadji, L. D., & Meyer, F. M. (2015). Veins and hydrothermal breccias of the Randu Kuning porphyry Cu-Au and epithermal Au deposits at Selogiri area, Central Java, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, *7*(2), 85–96.

Xiao, B., Chu, G., & Feng, Y. (2022). Short-wave infrared (SWIR) spectral and geochemical characteristics of hydrothermal alteration minerals in the Laowangou Au deposit: Implications for ore genesis and vectoring. *Ore Geology Reviews*, *139*(Part A).