

KARAKTERISTIK MINERALISASI ENDAPAN EMAS DAERAH TATELU, MINAHASA UTARATRIFATAMA RAHMALIA^{1,*}, WAHYU WIDODO², NURCAHYO INDRO BASUKI¹,
EDYA PUTRA³, ERNOWO²

1. Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung (ITB), Jl. Ganesha No.10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia
2. Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Sangkuriang, Dago, Bandung, Jawa Barat, Indonesia
3. Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP), Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*Email: trifatama.lia@gmail.com

Sari – Daerah Tatelu, Minahasa Utara terletak di busur magmatik Sulawesi Utara yang berpotensi memiliki lingkungan yang ideal untuk terbentuknya endapan mineral. Endapan emas merupakan salah satu prospek utama di daerah ini, namun karakteristik mineralisasinya masih belum dipahami dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi yang mengontrol mineralisasi pirit, kalkopirit, dan magnetit pada urat kuarsa, karakteristik mineralogi dan geokimia batuan yang berperan dalam proses mineralisasi. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis petrografi untuk mengetahui jenis litologi secara mikroskopis dan mengidentifikasi kehadiran mineral alterasi, analisis mineragrafi untuk mengetahui jenis mineral bijih, analisis geokimia bijih untuk mengetahui kadar dan hubungan antar unsur. Analisa petrografi menunjukkan bahwa litologi tersusun oleh tiga litologi utama yaitu tuff, andesit, dan breksi. Tekstur utama urat kuarsa masif kalsedonik, *crustiform*, *colloform*, dan *saccharoidal*. Identifikasi dan karakterisasi mineral bijih menunjukkan kehadiran magnetit, hematit, kalkopirit, dan pirit. Pada urat kuarsa tidak dijumpai butiran emas. Nilai unsur logam dasar (*base metal*) cukup kecil, yaitu 1-20 ppm tembaga (Cu), 3-51 ppm galena (Pb), 4-101 ppm seng (Zn). Selain kandungan unsur logam dasar tersebut, kehadiran logam mulia emas (Au) dengan nilai yang bervariasi 1-35,50 ppm dan perak (Ag) 1-13 ppm. Kadar Au akan cenderung memiliki pola atau tren meningkat seiring atau paralel dengan peningkatan nilai kadar pada unsur Ag. Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan mengenai karakter fisik, urat kuarsa, mineralogi, dan geokimia batuan, maka dapat disimpulkan bahwa potensi mineralisasi bijih di daerah penelitian berasal dari sistem tipe endapan epitermal sulfidasi rendah.

Kata kunci: alterasi, epitermal, analisis mineragrafi, geokimia, sulfidasi rendah, Lengan Magmatik Utara Sulawesi

Abstract – The Tatelu area, North Minahasa is located in the North Sulawesi magmatic arc which has the potential to have an ideal environment for the formation of mineral deposits. Gold deposits are one of the main prospects in this area, but the characteristics of mineralization are still not well understood. This study is aimed to identify geological condition that controlled vein-quartz mineralization pyrite, chalcopyrite, and magnetite mineralogy characteristic, and geochemical rocks induced the mineralization process. The methods applied in this research consists of petrographic analysis to identify microscopic lithology and hydrothermal alteration minerals, mineragraphic/ore microscopy analysis to identify types of ore minerals, ore geochemistry to determine elementals content and its correlation. Petrographic analysis indicated the lithology mainly composed by three main lithology; tuff, andesite, and breccia. Vein texture is mainly massive chalcedonic, crustiform, colloform and saccharoidal. Ore geochemistry shows base metal value relatively low: 1-20 ppm (Cu), 3-51 ppm (Pb), 4-101 ppm (Zn). Besides the base metal, the occurrence of precious metal indicated by various value of Au (1-35,50 ppm) and Ag (1-13 ppm). Au contents tend to have similar or increase trend if compare to Ag content. Identification and characterization of ore minerals show the presence of magnetite, hematite, chalcopyrite, and pyrite. Based on the characteristic of lithology, alteration, vein quartz, mineralogy and ore geochemistry, the mineralization in the research area is classified as a low-sulfidation epithermal.

Key words: Alteration, epithermal, mineragraphy analysis, geochemistry, low-sulfidation, North Sulawesi Magmatic Arc

1. PENDAHULUAN

Secara umum, Pulau Sulawesi lengan bagian utara telah lama dikenal sebagai salah satu daerah dengan banyak temuan jenis endapan mineral (Kavalieris dkk., 1992; Carlile dkk., 1990). Lokasi penelitian yang berada di daerah Tatelu yang termasuk ke dalam wilayah administrasi Kecamatan Dimembe, Minahasa Utara terletak di bagian timur dari lengan utara Pulau Sulawesi (**Gambar 1**). Daerah penelitian masuk ke dalam busur magmatik Sulawesi Utara yang secara tektonik terbentuk karena adanya tunjaman ganda, yaitu lajur tunjaman Sulawesi Utara di sebelah utara lengan utara Sulawesi dan lajur tunjaman Sangihe Timur di

sebelah timur dan selatan lengan utara. Kondisi geologi tersebut menyebabkan daerah penelitian berpotensi memiliki lingkungan yang ideal untuk terbentuknya endapan mineral yang bervariasi seperti porfiri, epitermal, dan sistem lainnya (Carlile dan Mitchell, 1994; Carlile dkk., 1990; Kavalieris dkk., 1992; Suprpto, 2006; van Leeuwen dan Pieters, 2011).

Daerah penelitian terdiri dari formasi Batuan Gunung api Muda (Qv) (**Gambar 2**) terdiri atas lava, bomb, lapilli dan abu dengan umur Holosen - Plistosen (Effendi dan Bawono, 1997).



Gambar 1. Lokasi penelitian yang terletak di daerah Tatelu, Kecamatan Dimembe, Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara ditunjukkan pada kotak berwarna merah, *insert*: pulau Sulawesi.

Sejauh ini, banyak publikasi ilmiah yang meneliti mengenai mineralisasi di lengan utara Pulau Sulawesi khususnya Provinsi Sulawesi Utara, yang berfokus pada Kabupaten Bolaang Mongondow dan sekitarnya (Harjanto dkk., 2016; Azarine dkk., 2021; dan Idrus dkk., 2021). Indikasi dan potensi dari endapan mineral emas yang ada di lokasi penelitian sebenarnya telah terbukti melalui maraknya penambangan rakyat di daerah tersebut. Meski demikian, penelitian di daerah Tatelu masih terbatas cakupannya, sehingga pemahaman mengenai karakterisasi endapan mineral di daerah tersebut masih sangat kurang. Oleh sebab itu, penelitian ini fokus untuk mengetahui karakteristik urat kuarsa, mineralisasi dan geokimia batuan yang berperan dalam proses mineralisasi di daerah penelitian. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam mengetahui potensi sumber daya mineral dan membuka peluang untuk penemuan endapan yang sama di daerah penelitian.

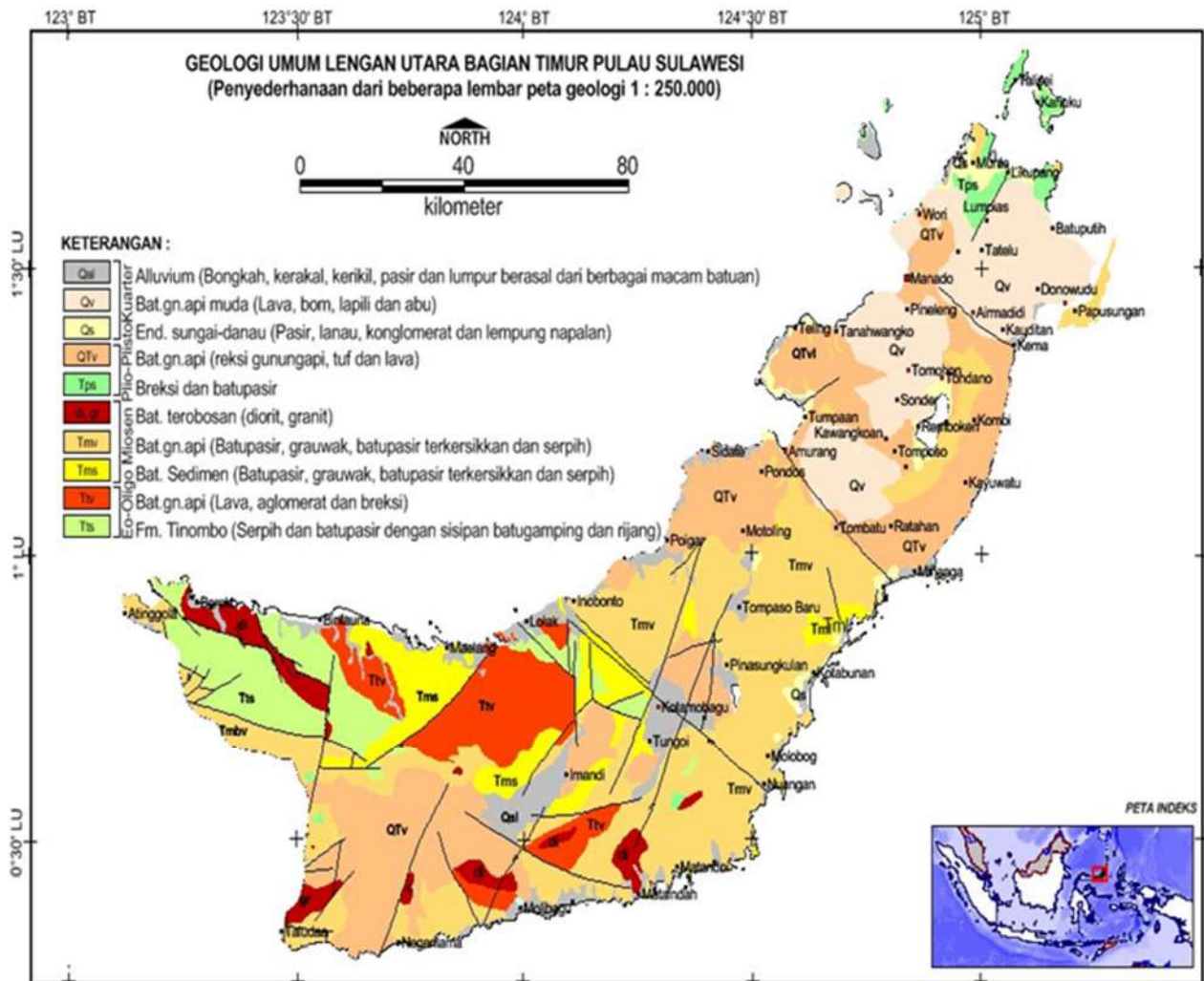
2. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peta geologi semi-detail dan sampel batuan. Pemetaan geologi permukaan dilakukan dengan luasan 2,5 km x 2,5 km yang fokus pada daerah Tatelu, Minahasa Utara. Pengambilan sampel batuan berasal dari singkapan bekas penambangan, kupasan dinding dan dari lubang penambangan. Total terdapat 79 sampel batuan dilakukan uji laboratorium (**Gambar 3**). Tiga metode analisis laboratorium yang digunakan dalam penelitian ini

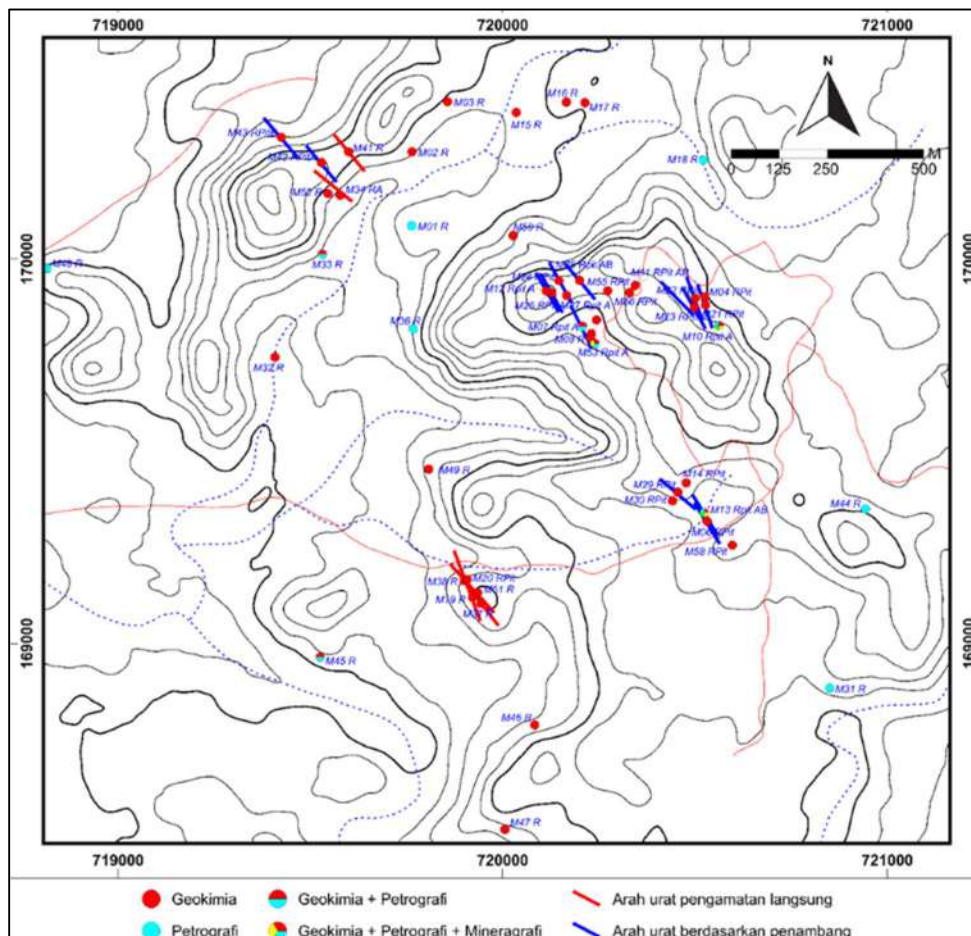
yaitu analisis petrografi, mineragrafi, geokimia AAS-*fire assay*. Tiga belas sampel batuan digunakan untuk untuk analisis petrografi yang dilakukan di laboratorium PSDMBP (Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi) Bandung. Sampel batuan yang diamati kemudian diidentifikasi jenis batuanya dan dihitung persentase permineralnya. Sebanyak 6 (enam) sampel batuan dan urat kuarsa diambil untuk analisis mineragrafi yang dilakukan di laboratorium Geomin PT. Aneka Tambang.

Analisis mineragrafi dilakukan untuk dilakukan untuk mengetahui jenis mineral bijih, tekstur mineral bijih, asosiasi mineral bijih serta paragenesanya. Tiap sampel diambil fotomikrografinya kemudian dianalisis pertumbuhan primer (*primary growth*) kristal-kristalnya. Analisis kimia dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) dilakukan pada 60 sampel batuan di laboratorium PSDMBP. Metode ini digunakan untuk menghitung kuantitas unsur-unsur logam emas (Au) dengan berbagai elemen lain seperti perak (Ag), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) yang ada dalam semua sampel batuan.

Hasil dari pengukuran dengan metode AAS ini kemudian diplot dalam diagram *scatter plot* antara unsur Au dibandingkan dengan unsur Ag, Cu, Pd dan Zn untuk mengetahui bagaimana hubungan antara karakteristik pengendapan unsur Au dengan unsur-unsur lainnya.



Gambar 2. Peta geologi umum lengan utara bagian timur Pulau Sulawesi (Effendi dan Bawono, 1997 dan Apandi dan Bachri, 1997). Litologi daerah Tatalu berisi Batuan Gunungapi Muda (Qv).



Gambar 3. Titik pengambilan sampel batuan untuk berbagai analisis laboratorium yang berbeda serta lokasi pengamatan urat kuarsa yang diindikasikan oleh garis merah (pengamatan langsung) dan biru (pengamatan terdahulu oleh penambang).

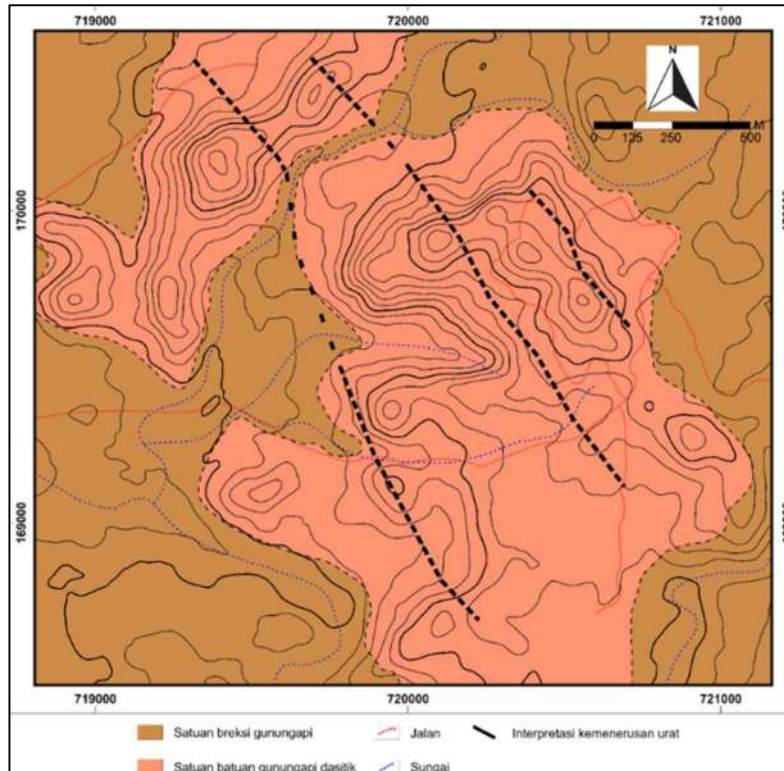
3. HASIL

3.1 Karakteristik Fisik Batuan

Berdasarkan pemetaan geologi dan analisis petrografi, dijumpai beberapa variasi litologi yaitu tuff, andesit, dan breksi. Sebaran litologi tersebut dapat dilihat pada peta geologi daerah penelitian (**Gambar 4**). Tabulasi deskripsi analisa petrografi dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Litologi tuff di dalam sayatan tipis menunjukkan

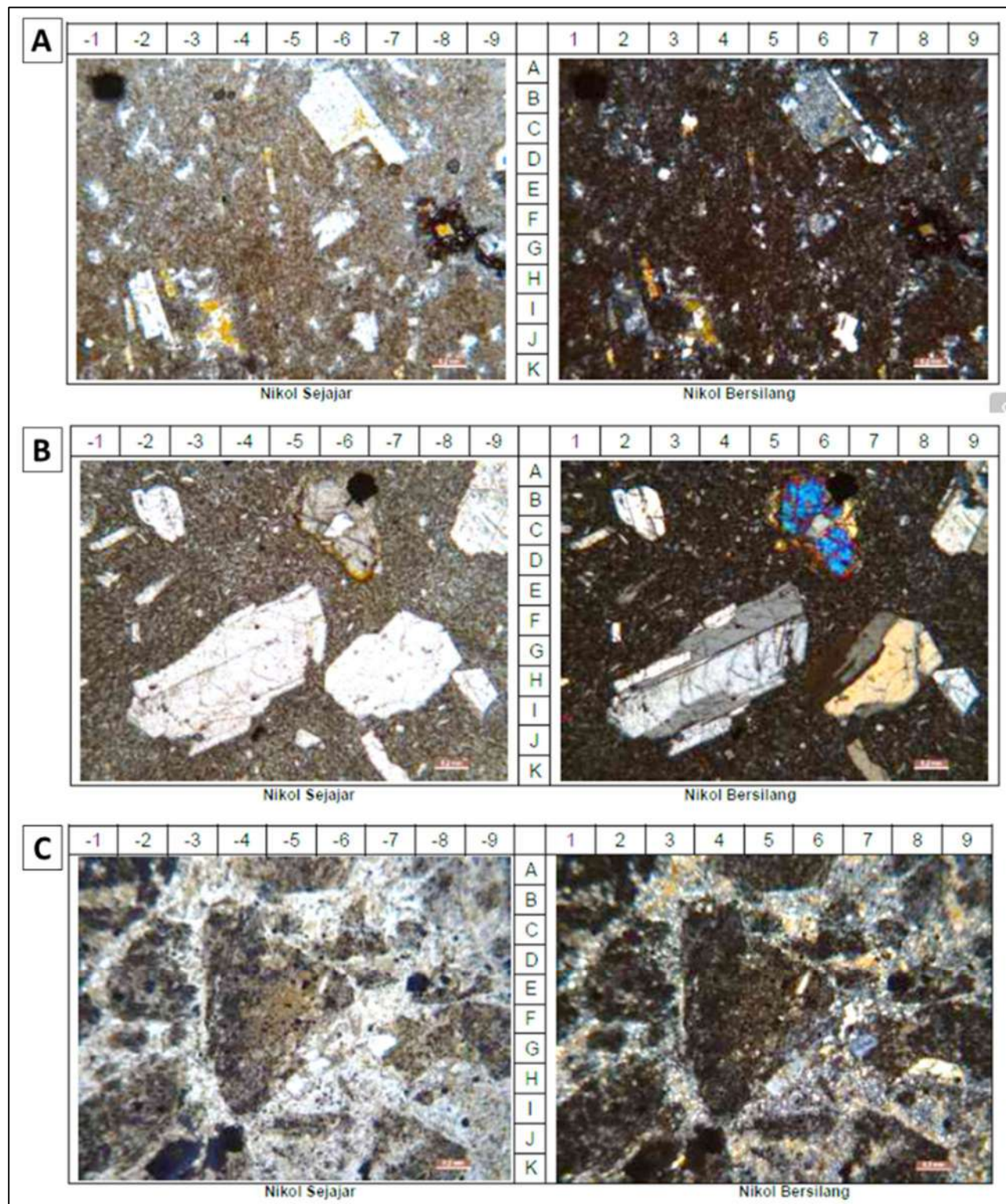
struktur vesikuler, tekstur piroklastik, hipokristalin, berukuran butir sangat halus hingga 2 mm, bentuk kristal euhedral hingga anhedral, disusun oleh mineral plagioklas, kuarsa, serisit, gelas, klorit, dan opak. Sebagian besar batuan telah mengalami ubahan dapat dilihat dari beberapa mineral tidak terlihat jelas bentuk kristalnya, terdapat pula relik hornblenda (**Gambar 5**).



Gambar 4. Peta geologi dan interpretasi kemenerusan arah urat kuarsa.

Tabel 1. Tabulasi hasil interpretasi data petrografi.

No.	Kode Sampel	Nama Batuan	Komposisi Mineral (%)
1.	AMD21M001 R	Andesit trakitik	Mineral plagioklas (56), gelas (15), ortoklas (10), piroksen (8), lempung (6), klorit (1), epidot (1), opak (3).
2.	AMD21M007 RPitB	Andesit berubah filik	Mineral plagioklas (37), kuarsa (34), serisit (15), gelas (10), klorit (1), opak (2), relik hornblenda (1).
3.	AMD21M010 RPitB	Andesit berubah filik	Mineral kuarsa (54), serisit (25), gelas (10), plagioklas (6), klorit (2), opak (2) dan relik hornblenda (1).
4.	AMD21M013 RPitB	Breksi hidrotermal	Mineral kuarsa (45), lempung (15), gelas (10), plagioklas (7), klorit (7), opak (4), fragmen litik (18).
5.	AMD21M018 R	Andesit	Mineral plagioklas (60), gelas (15), ortoklas (10), piroksen (10), klorit (1), opak/oksida besi (4).
6.	AMD21M031 R	Andesit	Mineral plagioklas (67), gelas (15), piroksen (10), ortoklas (5), klorit (1), opak (4).
7.	AMD21M033 RA	Tuf kristal berubah	Mineral kuarsa (55), lempung (20), gelas (10), plagioklas (7), ortoklas (2), klorit (3), opak (2), relik hornblenda (1).
8.	AMD21M036 R	Tuf kristal berubah	Mineral plagioklas (39), kuarsa (28), serisit (18), gelas (10), klorit (2), relik hornblenda (1), opak (2).
9.	AMD21M039 R	Andesit	Mineral plagioklas (67), gelas (15), piroksen (7), ortoklas (4), klorit (2), opak (5).
10.	AMD21M044 R	Andesit	Mineral plagioklas (67), gelas (15), piroksen (6), ortoklas (5), klorit (1), opak (5).
11.	AMD21M045 R	Tuf kristal berubah	Mineral kuarsa (30), plagioklas (20), lempung (15), gelas (10), ortoklas (6), klorit (5), opak (3), relik hornblenda (1), fragmen batuan (10).
12.	AMD21M048 R	Tuf kristal berubah	Mineral plagioklas (32), lempung (20), gelas (16), kuarsa (9), ortoklas (3), hornblenda (5), klorit (2), opak (3), fragmen litik (10).
13.	AMD21M053 RPitB	Andesit berubah filik	Mineral plagioklas (33), kuarsa (25), lempung (15), karbonat (10), gelas (8), ortoklas (3), klorit (2), opak (3), relik hornblenda (1).



Gambar 5. A). Fotomikrograf: Tuf, struktur vesikuler, tekstur porfiritik, hipokristalin, disusun oleh mineral plagioklas (A-C,6), kuarsa (J,6), serisit (C,6), gelas (C, 1), klorit (J, -4), opak (A-B, -1), dan relik hornblende (F, -8). B). Fotomikrograf: Andesit, bertekstur porfiritik, hipokristalin, disusun oleh mineral plagioklas (F-J,2-5), ortoklas (H,9), piroksen (A-C, 5-6), gelas (F, 1), klorit (E, -6), dan opak (A, -6). C). Fotomikrograf: Breksi, bertekstur piroklastik, disusun oleh fragmen batuan (B-I, -4 -6), mineral kuarsa (A, 7), plagioklas (H, 5), gelas (A, 1), lempung (A, 3), klorit (F, -7), dan opak (J, -4)

Komposisi utama batuan andesit di dalam sayatan tipis (petrografi) berupa plagioklas, kuarsa, ortoklas, piroksen, gelas, epidot, dan klorit. Mineral-mineral tersebut membentuk tekstur porfiritik (**Gambar 5**).

Litologi breksi di dalam sayatan tipis menunjukkan struktur vesikuler, tekstur piroklastik, berukuran butir sangat halus hingga 2 mm, bentuk butir menyudut tanggung hingga membundar tanggung, disusun oleh fragmen batuan, mineral kuarsa, plagioklas, gelas, lempung, klorit, dan opak (**Gambar 5**).

3.2 Karakteristik Urat Kuarsa

Zona urat Tatelu memiliki arah umum baratlaut –

tenggara. Beberapa contoh sampel (**Gambar 6**) merupakan urat-urat kuarsa yang terdapat pada lokasi pengamatan. Tekstur urat yang berkembang pada daerah penelitian yaitu; tekstur pertumbuhan primer (*primary growth*). Tekstur pertumbuhan primer yang dijumpai di lokasi penelitian terdiri dari tekstur masif kalsedonik, *crustiform*, *colloform*, dan *saccharoidal* (**Gambar 6**) Kuarsa merupakan komponen utama penyusun endapan sistem hidrotermal. Urat kuarsa memiliki peran peting dalam pembentukan tekstur yang dapat digunakan untuk penentuan proses pembentukan dan korelasi tekstur dengan mineral bijih (Dong dkk., 1995).

a) Tekstur masif kalsedonik menunjukkan kilap

- seperti lilin dan umumnya berserat secara mikroskopik serta pertumbuhan dan pembentukan kristal kasar yang lambat.
- b) Tekstur *crustiform* ditandai dengan lapisan-lapisan dengan orientasi sejajar dengan dinding urat dan terbentuk dengan tekstur dan warna yang berbeda.
 - c) Tekstur *colloform* menunjukkan lapisan kuarsa dan sulfida yang bergelombang, biasanya lapisan abu-abu gelap sampai hitam merupakan tempat akumulasi mineral bijih.
 - d) Tekstur *saccharoidal* merupakan tekstur yang ditandai adanya kristal mineral yang berbentuk seperti gula yang sering dijumpai pada zona rekahan (Morrison dkk., 1995).

3.3 Karakteristik Mineralisasi

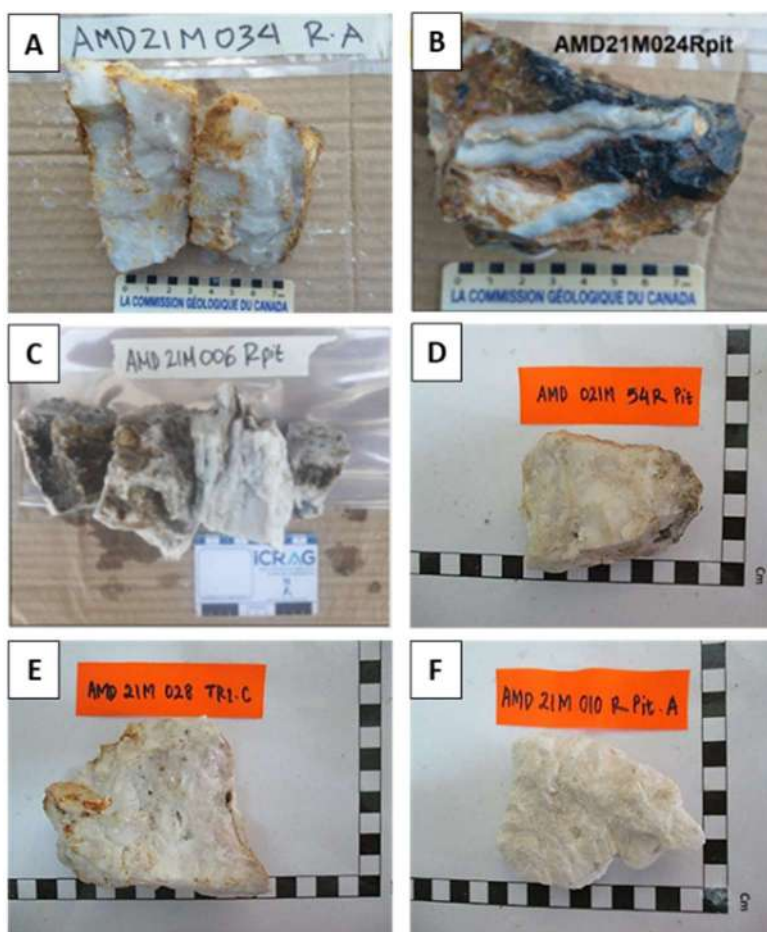
Mineralisasi yang ditemukan di daerah penelitian tidak cukup beragam. Mineral bijih yang berkembang terbagi menjadi mineral sulfida dan mineral oksida. Mineral bijih yang termasuk dalam golongan sulfida antara lain pirit (FeS_2) dan kalkopirit (CuFeS_2). Pada urat kuarsa tidak dijumpai butiran emas (Au). Mineral bijih yang termasuk dalam golongan oksida antara lain magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3) (**Gambar 7**).

- a) Pirit (FeS_2), memiliki warna kuning pucat dengan kilap logam, tidak tembus cahaya atau opak, belahan tidak jelas, isometrik. Secara mikroskopis pirit berwarna krem pucat hingga kuning, relief tinggi, isotropik, berbutir halus, keterdapatannya jarang dan sebagai mineral tunggal dan tidak berikatan dengan sulfida lainnya.

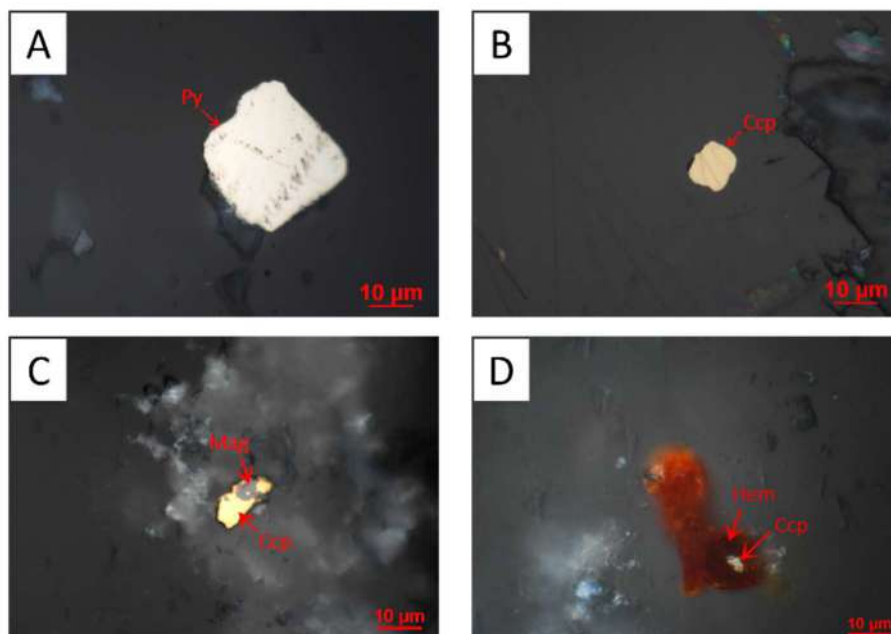
- b) Kalkopirit (CuFeS_2), berwarna kuning gelap dengan kilap logam, tidak tembus cahaya atau opak, belahan tidak ada. Secara mikroskopis mineral kalkopirit berwarna kuning, relief rendah, isotropik, berbutir halus sampai sangat halus, dijumpai setempat dan tidak melimpah, serta sebagian lain tergantikam oleh hematit karena proses oksidasi.
- c) Magnetit (Fe_3O_4), mineral ini juga hanya ditemukan pada sayatan mineragrafi, warna abu-abu kecoklatan, relief tinggi, isotropik, dijumpai sebagai mineral tunggal, sebagian berubah menjadi hematit,
- d) Hematit (Fe_2O_3), berwarna kemerahan dengan kilap tanah, tidak tembus cahaya atau opak, tidak ada belahan. Secara mikroskopis mineral hematit berwarna abu-abu terang, anisotropik, refleksi ganda lemah, dijumpai sebagai ubahan pada magnetit dan kalkopirit.

3.4 Karakteristik Geokimia Bijih

Analisis AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) dilakukan di Laboratorium PSDMBP (Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi) Bandung. Total batuan yang dianalisis sebanyak 60 conto (**Tabel 2**). Grafik *scatter plot* yang menggambarkan hubungan antara konsentrasi emas (Au) dengan berbagai elemen lain seperti perak (Ag), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) (**Gambar 8**). Tabel korelasi juga ditampilkan untuk memberikan informasi korelasi antara unsur-unsur tersebut (**Tabel 3**).



Gambar 6. Tekstur urat kuarsa yang dijumpai pada lokasi penelitian a. masif kalsedonik; b. *colloform banded* dengan *centered line*; c. *saccharoidal*; d. masif kalsedonik e. *saccharoidal*; f. masif kalsedonik.



Gambar 7. Fotomikrograf: a. pirit (Py) yang nampak dengan bentuk euhedral; b. kalkopirit (Ccp) yang nampak dengan bentuk euhedral; c. magnetit (Mag) dengan bentuk subhedral inklusi pada mineral kalkopirit (Ccp); d. kalkopirit (Ccp) yang digantikan hampir seluruhnya oleh hematit (Hem) pada bagian *rim* mineralnya.

Korelasi antara Au dan Ag sebesar 0.64 menunjukkan korelasi positif yang cukup kuat. Hal ini menunjukkan ketika konsentrasi Au meningkat, konsentrasi Ag cenderung juga meningkat. Ini terlihat dari *scatter plot*, dimana titik-titik data cenderung membentuk garis diagonal yang naik dari kiri bawah ke kanan atas (**Gambar 8**).

Korelasi negatif ditunjukkan pada hubungan Au dan Cu sebesar -0,12; Au dan Pb dengan nilai sebesar -0,16; Au dan Zn sebesar -0,33. Hal ini terjadi ketika konsentrasi Au meningkat, konsentrasi Cu, Pb, dan Zn cenderung menurun. Pada *scatter plot*, titik-titik data yang terdistribusikan tidak memiliki pola yang jelas.

Kehadiran logam mulia emas (Au) dan perak (Ag) pada tipe endapan epitermal seperti ini merupakan karakter yang mencirikan gendapan epitermal sulfida rendah (Hedenquist dkk., 2000; Sillitoe dan Hedenquist, 2003).

4. PEMBAHASAN

Litologi di daerah penelitian terdiri atas tiga satuan batuan yaitu; litologi yaitu tuff, andesit, dan breksi yang merupakan bagian dari Batuan Gunungapi Muda (Qv). Litologi di daerah penelitian terdiri dari dua satuan batuan, yaitu satuan batuan gunungapi dasitik dan satuan breksi gunungapi. Satuan batuan gunungapi dasitik teramati mempunyai kondisi batuan yang telah berubah dengan intensitas tinggi, sedangkan satuan breksi gunungapi umumnya tersingkap pada tepi/dasar sungai dalam kondisi segar, dengan kata lain batuan ini menjadi penutup dari batuan gunungapi dasitik karena tidak menunjukkan adanya gejala ubahan seperti halnya yang terjadi pada satuan gunungapi dasitik.

Karakter tekstur urat yang dijumpai pada lokasi

penelitian berupa tekstur masif kalsedonik, *crustiform*, *colloform*, dan *saccharoidal*. Pada umumnya semua tekstur tersebut mencirikan endapan sulfidasi rendah (Hedenquist., dkk 1996). Mineralisasi yang berkembang pada tekstur masif kalsedonik dan *saccharoidal* berupa pirit, kalkopirit, magnetit, dan hematit dalam jumlah yang minor.

Mineralisasi sangat jarang dijumpai tetapi cukup baik terlihat pada sampel urat kuarsa masif (M10R Pit A dan M013R Pit A) berupa *spotted* pirit berukuran halus dan kalkopirit dengan inklusi magnetit yang berukuran halus, setempat terdapat sebagian pirit dan kalkopirit sudah berubah menjadi hematit pada bagian rimnya.

Hasil analisis geokimia batuan menunjukkan adanya nilai unsur Au tertinggi pada sampel M006R Pit dengan nilai 30,02 ppm Au, terdapat pada urat kuarsa tekstur *saccharoidal* yang diambil pada lubang bekas penambangan sedangkan hasil dari singkapan batuan pada kode sampel M034 RA memiliki nilai Au sebesar 13,67 ppm Au, terdapat pada sampel masif kuarsa.

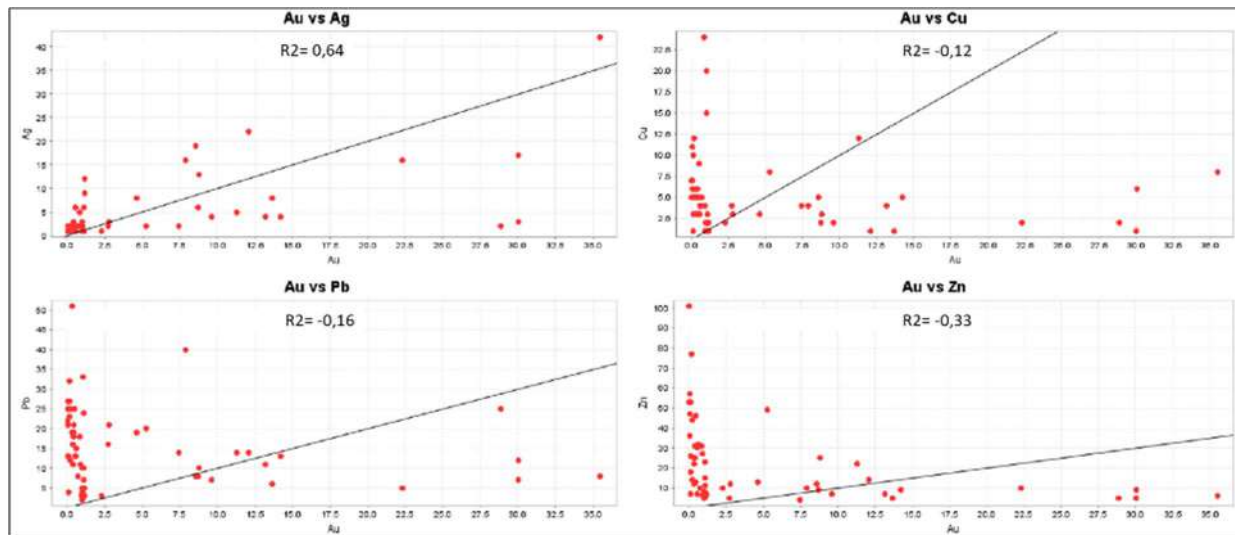
Korelasi positif antara Au dan Ag menunjukkan bahwa memiliki sumber atau proses pengendapan yang sama, yang menyebabkan Ag sering ditemukan bersama dalam konsentrasi yang tinggi. Korelasi negatif dengan Cu, Pb, dan Zn menunjukkan bahwa elemen-elemen ini memiliki sumber atau kondisi pengendapan yang berbeda dengan Au, atau menunjukkan adanya proses geokimia yang berbeda yang mempengaruhi distribusi unsur tersebut. Analisis ini bisa berguna untuk memahami proses mineralisasi dan unsur Ag dapat dijadikan *path finder* dalam pencarian potensi emas (Au) yang terdapat di lokasi penelitian.

Tabel 2. Hasil analisis geokimia batuan dengan metode AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*)

No	Kode Conto	Cu	Pb	Zn	Ag	Au
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	AMD 21 M003 R	3	16	12	1	0,357
2	AMD 21 M003 RB	5	8	10	2	0,701
3	AMD 21 M004 R Pit	3	21	12	3	2,78
4	AMD 21 M005 R Pit	1	14	14	22	12,07
5	AMD 21 M006 R Pit	1	7	5	17	30,02
6	AMD 21 M007 R Pit A	5	8	12	19	8,57
7	AMD 21 M009 R Pit A	2	5	10	16	22,3
8	AMD 21 M009 R Pit B	24	18	31	5	0,839
9	AMD 21 M010 R Pit A	4	40	10	16	7,89
10	AMD 21 M011 R Pit A	5	12	14	1	0,196
11	AMD 21 M011 R Pit B	7	13	36	1	0,032
12	AMD 21 M012 R Pit A	12	14	22	5	11,28
13	AMD 21 M013 R PIT A	4	11	7	4	13,18
14	AMD 21 M013 R PIT B	8	20	49	2	5,27
15	AMD 21 M014 R Pit	3	19	25	2	0,315
16	AMD 21 M019 RA	2	7	7	4	9,59
17	AMD 21 M020 R Pit	2	3	10	1	2,28
18	AMD 21 M022 R Pit	2	8	9	6	8,71
19	AMD 21 M023 R Pit	3	19	13	8	4,61
20	AMD 21 M024 R Pit	8	8	6	42	35,5
21	AMD 21 M025 R Pit A	5	13	9	4	14,22
22	AMD 21 M025 R Pit B	4	16	5	2	2,73
23	AMD 21 M026 R Pit	4	14	4	2	7,44
24	AMD 21 M027 R Pit A	6	12	9	3	30,05
25	AMD 21 M028 Tr1A	4	11	27	2	0,879
26	AMD 21 M028 Tr1B	2	2	8	2	0,983
27	AMD 21 M028 Tr1C	6	21	47	2	0,054
28	AMD 21 M028 Tr1E	11	27	57	1	0,043
29	AMD 21 M028 Tr1G	10	13	53	1	0,108
30	AMD 21 M028 Tr1H	9	25	31	1	0,495
31	AMD 21 M029 R Pit	2	25	5	2	28,88
32	AMD 21 M030 R Pit	6	25	44	1	0,202
33	AMD 21 M033 RB	6	18	31	3	0,411
34	AMD 21 M034 RA	1	6	5	8	13,67
35	AMD 21 M035 Tr2B	1	33	7	1	1,053
36	AMD 21 M035 Tr2D	3	11	25	1	0,402
37	AMD 21 M035 Tr2E	4	15	32	2	0,601
38	AMD 21 M035 Tr2F	1	3	6	12	1,149
39	AMD 21 M035 Tr2G	4	13	30	6	0,545
40	AMD 21 M035 Tr2H	3	10	25	13	8,79
41	AMD 21 M037 R	20	5	7	2	0,997
42	AMD 21 M038 R	2	24	6	1	1,08
43	AMD 21 M041 RA	3	19	13	2	0,423
44	AMD 21 M041 RB	2	4	5	1	1,02
45	AMD 21 M041 RC	3	23	18	2	0,126
46	AMD 21 M042 R Pit A	1	3	6	2	0,926
47	AMD 21 M043 R Pit A	1	4	7	<LD	0,101
48	AMD 21 M045 R	7	22	53	1	0,022
49	AMD 21 M046 R	10	32	26	1	0,135
50	AMD 21 M047 R	12	27	77	1	0,165
51	AMD 21 M050 RA	5	25	101	1	0,019
52	AMD 21 M050 RB	5	51	22	1	0,344
53	AMD 21 M050 RC	15	10	8	3	1
54	AMD 21 M050 RD	3	13	7	>LD	0,549
55	AMD 21 M051 R	2	5	15	1	1,08
56	AMD 21 M052 R	2	10	23	<LD	1,08
57	AMD 21 M053 R Pit A	<LD	3	6	6	1,12
58	AMD 21 M054 R Pit	2	5	7	9	1,16
59	AMD 21 M057 RA	3	7	11	<LD	1,08
60	AMD M057 RC	5	21	46	1	0,437

Tabel 3. Tabel korelasi antara Au dengan unsur lainnya. Hubungan positif (warna merah muda)

Korelasi 60 sampel	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
Au	1	0,64	-0,12	-0,16	-0,33
Ag	0,64	1	-0,08	-0,19	-0,26
Cu	-0,12	-0,08	1	0,19	0,35
Pb	-0,16	-0,19	0,19	1	0,41
Zn	-0,33	-0,26	0,35	0,41	1



Gambar 8. Grafik scatter plot hubungan antara Au (emas) dengan unsur lainnya.

5. KESIMPULAN

Endapan mineral yang berkembang di daerah penelitian termasuk ke dalam tipe endapan epitermal sulfida rendah dengan *host rock* berupa batuan dasit yang sudah sangat lapuk yang berasosiasi dengan batuan vulkanik berupa tuf, breksi, dan andesit. Tekstur urat kuarsa yang berkembang berupa masif kalsedonik, *crustiform*, *colloform*, dan *saccharoidal* yang berasosiasi dengan mineral-mineral sulfida seperti pirit, kalkopirit, magnetit, dan hematit. Hasil analisis data geokimia menunjukkan adanya indikasi mineralisasi emas (Au) yang signifikan, oleh karena itu perlu dilakukan pemetaan lanjutan yang lebih detail, dan melakukan studi geofisika dan pengeboran dalam pada pada lokasi-lokasi yang telah dipilih berdasarkan hasil analisis geologi permukaan dan data geokimia untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang keadaan geologi vertikal. Tipe endapan mineralisasi pada lokasi pengamatan merupakan endapan epitermal sulfidasi rendah (*epithermal low sulphidation*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar besarnya kepada Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) telah memberikan izin menggunakan data eksplorasi untuk dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Apandi, T., dan Bachri, S. (1997): Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
Azarine, A., Azzaman, M. A., Idrus, A. (2021): Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Endapan Emas Tipe Carlin pada Blok Yance dan Leon, Kecamatan Ratatokok, Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara, *Jurnal Geomine*, vol. 9, no. 3, p. 239-253.
Carlile, J. C., dan Mitchell, A. H. G. (1994): Magmatic Arcs and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia, in Mineral Deposits of Indonesia, Discoveries of the Past 25 Years, *Journal of*

Geochemical Exploration, vol. 50, p. 91-142.

Carlile, J. C., Digdowirogo, dan Darius, K. (1990): Geological Setting, Characteristics and Regional Exploration for Gold in The Volcanic Arcs of North Sulawesi, Indonesia, in Epithermal Gold Mineralization of the Circum-Pacific: Geology, Geochemistry, Origin and Exploration, *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 35, p. 105-140.

Effendi, A. C., dan Bawono, S. S. (1997): Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Guoyi Dong, Morrison, G. dan Jaireth, S. (1995): Quartz textures in epithermal urats, Queensland: classification, origin, and implication. *Economic Geology*, 90 (6), pp. 1841-1856.

Harjanto A., Sutanto, Sutarto, Subandrio, A., Suasta, I. M., Salam, J., Hartono, G., Suputra, P., Basten, I. G., Fauzi, M., and Rosdiana. (2016): Alterasi Hidrotermal di Dumoga Barat, Kabupaten Bolaang Mongondow, Sulawesi Utara, *Eksplorium*, vol. 37, no. 1, p. 27-40.

Hedenquist, J. W., Izawa, E., Arribas, A., White, N. C. (1996): Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristic, and Exploration, *Society of Economic Geologist*, p. 165-182.

Hedenquist, J. W., Arribas, A., dan Gonzales, U., E. (2000): Exploration for Epithermal Gold Deposits, *Economic Geology*, p. 245-278.

Idrus, A., Fadlin, Hartono, dan H. G. (2021): Eksplorasi Geokimia untuk Menentukan Daerah Prospek Mineralisasi Emas Tipe Urat Epitermal: Studi Kasus di Daerah Tompasso, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara, *Eksplorium*, vol. 42, no. 1, p. 13-30.

Kavalieris, I., van Leeuwen, T. M., dan Wilson, M. (1992): Geologic Setting and Styles of Mineralization, North Arm of Sulawesi, Indonesia, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, vol. 7, p. 113-129.

- Morrison, G. W., Guoyi, D., dan Jaireth, S. (1995): Textural Zoning in Epithermal Quartz Veins, *Klondike Exploration Services*.
- Silitoe, R. H., dan Hedenquist, J. W. (2003): Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore Fluid Composition, and Epithermal Precious Metal Deposits, *Society of Economic Geologist*, vol. **10**, p. 315-343.
- Suprpto, S. J. (2006): Geokimia Regional Sulawesi Bagian Utara Sampel Endapan Sungai Aktif – 80 Mesh, *Journal Geology Indonesia*, vol. **1**, no. 2, p. 73-82.
- Van Leeuwen, T. M., dan Pieters, P. E. (2011): Mineral Deposits of Sulawesi, in *Sulawesi Mineral Resources*.