

# ALTERASI DAN MINERALISASI DAERAH KOMBONGAN DAN SEKITARNYA, KECAMATAN PAKENJENG, KABUPATEN GARUT, PROVINSI JAWA BARAT

<sup>1</sup>Fahreza Putra, <sup>1</sup>Agus Harjanto, <sup>1</sup>Heru Sigit Purwanto, <sup>1</sup>Sutarto, <sup>1</sup>Dwi Fitri Yudiantoro

1) Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta Jl. Padjajaran Condongcatur, Sleman, Yogyakarta 55283 (Kampus Pusat) Telp. 0274 486733, Fax. 486400

\*) Email: fahrezaputra354@gmail.com

## Abstract

*The research location administratively covers two sub-districts, named Pakenjeng District which consists of Wangunjaya, Jayamekar, Jatiwangi, Depok, Panyindangan Village, and Pamulihan District, namely Garumukti Village. Geographically it is located at the coordinates of the UTM WGS-84 zone 48S: X = 792500 mE-797000 mE; Y = 9175000 mN — 9178500 mN with an area of 4.5 x 3.5 Km<sup>2</sup>. The geomorphology are the form by Structural Hills (S1), Intrusion Hills (V1), Eroded Hills (D1), and River Bodies (F1). The lithology found is a product of a volcanic process consisting of: Jampang volcanic breccia unit (Early Miocene-Late Miocene), Jampang andesitic lava unit (Early Miocene-Late Miocene), Wayang Andesite Intrusion (Late Miocene), and Alluvial Deposit Unit (Holocene). The geological structure is in the form of layers dipping are relative to the north, fractures with the relative main stress of NNW-ESE, and faults which are grouped into Middle Miocene faults (Kombongan and Bojongboled Fault), Late Miocene faults (Cikandang, Depok, and Wayang Fault), and Pliocene faults (Cimipir and Ciawitali Fault). Hydrothermal alteration occurs intensely in the studied area, resulting in silicic (Quartz ± Pyrite), argillic (Kaolinite ± Illite ± Pyrite ± Muscovite ± Quartz), and propylitic alteration (Chlorite ± Albit ± Zeolite ± Cystobalite). Hydrothermal alteration is controlled by faults of Middle Miocene age. The mineralization found in the form of pyrite (FeS<sub>2</sub>), sphalerite (ZnS), galena (PbS), and chalcopyrite (CuFeS<sub>2</sub>) minerals which occupy the silicic alteration zone in the veins in the right slip fault zone of Kombongan and Bojongboled. The mineralized zone occupies the base metal horizon and is a type of low sulfidation (LS) deposit.*

**Keywords:** Kombongan; Bojongboled; alteration; mineralization; low sulfidation

## Abstrak

Lokasi penelitian secara administratif mencakup dua kecamatan yaitu Kecamatan Pakenjeng yang terdiri dari Desa Wangunjaya, Desa Jayamekar, Desa Jatiwangi, Desa Depok, Desa Panyindangan, dan Kecamatan Pamulihan yaitu Desa Garumukti. Secara geografis terletak pada koordinat UTM WGS-84 zona 48S: X= 792500 mE—797000 mE; Y= 9175000 mN—9178500 mN dengan luasan 4,5 x 3,5 Km<sup>2</sup>. Geomorfologi berupa Perbukitan Struktural (S1), Bukit Intrusi (V1), Perbukitan Terkikis (D1), dan Tubuh Sungai (F1). Litologi yang dijumpai merupakan produk hasil proses vulkanik yang terdiri atas: Satuan breksi vulkanik Jampang (Miosen Awal-Miosen Akhir), Satuan lava andesit Jampang (Miosen Awal-Miosen Akhir), Intrusi Andesit wayang (Miosen Akhir), dan Satuan Endapan Aluvial (Holosen). Struktur geologi berupa kedudukan lapisan yang relatif ke arah utara, kekar dengan tegasan utama relatif NNW-ESE, dan sesar yang dikelompokkan menjadi sesar berumur Miosen Tengah (Sesar Kombongan, Bojongboled), sesar berumur Miosen Akhir (Sesar Cikandang, Depok, dan Wayang) dan sesar berumur Pliosen (Sesar Cimipir dan Ciawitali). Alterasi hidrotermal terjadi secara intens di daerah telitian, menghasilkan altersi silisik (Kuarsa ± Pirit), argilik (Kaolinit ± Illit ± Pirit ± Muskovit ± Kuarsa), dan propilitik (Klorit ± Albit ± Zeolit ± Pirit ± Kristobalit). Alterasi hidrotermal dikontrol oleh sesar-sesar berumur Miosen Tengah. Mineralisasi yang dijumpai berupa mineral pirit (FeS<sub>2</sub>), sfalerit (ZnS), galena (PbS), dan kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>) yang menempati zona alterasi silisik pada urat di zona sesar mendatar kanan Kombongan dan Bojongboled. Zona mineralisasi daerah telitian menempati *base metal horizon* dan merupakan tipe endapan sulfidasi rendah (LS).

**Kata kunci:** Kombongan;Bojongboled; alterasi; mineralisasi; sulfidasi rendah

## PENDAHULUAN

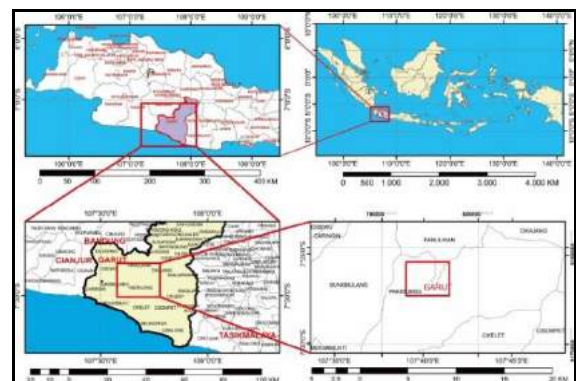
Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi sumber daya emas yang besar. Indonesai memiliki sumber daya

emas total sebesar 11,59 milyar ton bijih dan cadangan emas total sebesar 4,67 milyar ton bijih (Badan Geologi, 2018). Sumber daya mineral ini berasal dari

proses-proses geologi yang berhubungan dengan tataan tektonik akibat subduksi dan kolisi. Proses mineralisasi emas yang diakibatkan oleh adanya larutan hidrotermal yang melalui permeabilitas batuan baik permeabilitas primer maupun sekunder sehingga mengakibatkan terjadinya ubahan pada batuan atau proses alterasi baik secara komposisi kimia, mineral, maupun secara tekstur dari batuan asal yang dilewatinya (Pirajno, 2009). Jenis alterasi dan mineralisasi memiliki karakteristik dan sifat yang berbeda pada suatu daerah yang kemudian dicirikan dengan hadirnya himpunan mineral tertentu. Keterdapatan zona alterasi dan mineralisasi dapat dijadikan acuan dalam melakukan perencanaan eksplorasi bijih pembawa emas (Corbett, 2017).

Corbett (2017) mendefinisikan alterasi hidrotermal secara umum merupakan perubahan dalam mineralogi melalui interaksi antara batuan dinding dengan cairan hidrotermal yang terkait dengan proses mineralisasi. Pirajno (2009) menambahkan bahwa alterasi hidrotermal berasal dari sirkulasi larutan atau cairan hidrotermal yang kemudian menghasilkan perubahan fisika-kimiawi pada batuan tempatnya bersirkulasi. Ketika cairan ini bersentuhan dengan batuan, cairan ini memicu reaksi kimia yang cenderung

mendekati kesetimbangan kemudian melalui proses pelarutan dan presipitasi mengembangkan kumpulan mineral baru. Penerapan istilah sulfidasi yang berkenaan dengan endapan epitermal digunakan untuk menggambarkan keadaan oksidasi jenis belerang/sulfur aqueous dari larutan pembentuk bijih pada kedalaman yang dalam (Hedenquist, 1987; Hedenquist dan Lowenstern, 1994). Cairan yang membentuk kumpulan mineral bijih dapat mengubah status sulfidasi sebagai respons terhadap evolusi kimia baik dalam ruang maupun waktu (Einaudi, dkk., 2003). Berdasarkan tingkat sulfidasi yang terjadi, Pirajno (2009) membagi tipe endapaan epitermal menjadi epitermal sulfidasi tinggi dan epitermal sulfidasi rendah.



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian (sumber: Peta Rupa Bumi Digital Badan Geospasial, Inageoportal)

Daerah Penelitian masuk ke dalam zona mineralisasi papandayan yang secara umum termasuk dalam zona Pegunungan selatan (Van Bemmelen, 1949) yang merupakan deretan pegunungan

memanjang berarah barat - timur. Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Yuningsih, dkk (2016) menyatakan bahwa telah terjadi mineralisasi di daerah Arinem berumur 9,4 sampai 8,8 juta tahun. Lokasi penelitian berada di Dusun Kombongan, Desa Wangunjaya dan sekitarnya, Kecamatan Pakenjeng, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Tepatnya pada koordinat X min : 792500 mE; X max : 797000 mE; Y min : 9175000 mN; Y max : 9178500 mN (koordinat UTM WGS-84 zona 48S).

## METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah pemetaan geologi permukaan atau *surface mapping*, pengambilan sampel batuan, sampel urat mineralisasi, dan dokumentasi berupa foto singkapan lapangan. Pemetaan permukaan atau *surface mapping* dilakukan dengan cara mengamati singkapan batuan serta struktur geologi yang ada (kekar dan sesar).

Metode pengambilan sampel batuan untuk analisis petrografi dilakukan dengan cara mengambil sampel batuan terpilih untuk mewakili semua komponen penyusun batuan pada bagian tertentu dari tubuh batuan baik yang masih segar maupun yang sudah teralterasi. Sampel yang diperoleh kemudian dibuat sayatan tipis dengan ketebalan 0,03 mm yang

kemudian dilapisi dengan kaca. Sayatan tipis dari sampel batuan kemudian dianalisis menggunakan mikroskop polarisasi di Laboratorium Petrografi dan Endapan Mineral Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Analisis ini dilakukan untuk melihat komposisi mineral non opak yang terkandung di dalam sampel batuan baik mineral primer maupun mineral sekunder, tekstur batuan, dan derajat alterasi pada sampel batuan teralterasi di bawah mikroskop polarisasi.

Untuk analisis mineralgrafi, metode yang dipakai adalah *selective sampling* yaitu dengan cara mengambil sampel batuan yang mengandung mineral bijih pada tubuh batuan maupun urat kuarsa secara terpilih. Sampel yang diperoleh kemudian dibuat sayatan poles untuk dianalisis di bawah mikroskop pantul di Laboratorium Petrografi dan Endapan Mineral Jurusan Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Analisis ini dilakukan untuk melihat kehadiran mineral opak dan mineral bijih pada sampel urat atau batuan termineralisasi.

Metode pengambilan sampel untuk analisis XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan dengan cara mengambil sampel batuan pada bagian tertentu yang mewakili tubuh

batuan teralterasi. Sampel yang diperoleh kemudian dihaluskan hingga menjadi bubuk berukuran 10  $\mu\text{m}$ . Sampel kemudian dianalisis di Laboratorium XRD (*X-Ray Diffraction*) Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta melalui pemancaran sinar X dengan voltase sekitar 18kW dan arus sekitar 35mA lalu dibiaskan oleh fasa kristalin. Intensitas dari pembiasan sinar X diukur sebagai fungsi dari sudut bias ( $2\theta$ ) dan kimia mineral. Penentuan jenis mineral kemudian dilakukan dengan melihat pola biasanya. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui komposisi keseluruhan mineral dalam sampel batuan teralterasi.

## **GEOLOGI REGIONAL**

Secara regional, fisografi daerah telitian masuk ke dalam Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat. Zona ini terdiri atas pegunungan yang berada di selatan Priangan. Satuan ini memanjang dari Teluk Winkup sampai Pulau Nusa Kambangan. Memiliki lebar rata-rata lima puluh kilometer, tetapi pada bagian ujung timur menyempit hingga beberapa kilometer di Pulau Nusa Kambangan. Secara keseluruhan mewakili sisi selatan dari Antiklin Jawa, menjadi blok yang miring beberapa derajat ke selatan (van Bemmelen, 1949).

Secara regional, daerah telitian masuk ke dalam stratigrafi Zona Pegunungan selatan Jawa Barat (Van Bemmelen, 1949). Kemudian oleh Martodjojo (1994) dalam Permana, dkk. (2015). Jawa Barat dibagi menjadi tiga mandala sedimentasi, yaitu Mandala Paparan kontinen, Mandala Cekungan Bogor, dan Mandala Banten berdasarkan ciri endapan di daerah tersebut selama Zaman Tersier. Alzwar, dkk. (1992) menyusun tatanan stratigrafi daerah Pegunungan Selatan Jawa Barat beserta batuan yang menyusunnya dari tua ke muda sebagai berikut: Formasi Jampang (Tomj), Formasi Bentang (Tmjb), Breksi Tufaan (Tpv), Batuan Gunungapi Tua Tak Teruraikan (Qtv), intrusi Diorit (Tmi-d), dan intrusi Andesit (Tpi-a) serta Endapan Aluvial.

Menurut Martodjojo dan Pulonggono (1994) dalam Gaffar (2017), Jawa Barat pada dasarnya memiliki tiga pola kelurusan struktur yang berkembang secara dominan. Tiga pola kelurusan ini yaitu Pola Meratus (NE-SW), Pola Sunda (N-S), dan Pola Jawa (W-E). Hilmi dan Haryanto (2008) mengusulkan sesar Pola Sumatera untuk mengelompokkan sesar-sesar berarah NW-SE.

Seluruh mineralisasi dan beberapa endapan emas yang ada di Jawa bagian

barat mengikuti jalur busur magmatik Sunda-Banda yang merupakan busur magmatik terpanjang yang ada di Indonesia. Endapan bijih di Jawa bagian barat menunjukkan logam mayor yang terbentuk dari kejadian selama Miosen-Pliosen (Yuningsih, 2014). Temuan mineralisasi di daerah Jawa Barat dengan cadangan mineral bijih yang besar salah satunya di daerah Pongkor yang hingga saat ini masih ditambang. Yuningsih (2014) menyatakan setidaknya ada tujuh lokasi area mineralisasi dengan tipe endapan epitermal Au-Ag prospek di Jawa Barat bagian selatan yaitu Pongkor, Cikidang, Cibaliung, Cisungsang, Cirotan, dan Cienam serta Arinem.

## HASIL

### Geomorfologi

Satuan geomorfologi daerah Kombongan dan sekitarnya terdiri atas empat satuan yaitu satuan yaitu Perbukitan Struktural (S1); Bukit Intrusi (V1); Perbukitan Terkikis (D1); dan Tubuh Sungai (F1) (Gambar 2).

Satuan geomorfologi Perbukitan Struktural (S1) memiliki morfologi perbukitan kemiringan lereng sebesar 4—400% atau  $2^0$ — $75^0$  yang termasuk ke dalam kelas agak landai sampai sangat curam dengan pola pengaliran *parallel* dan *subparallel* serta bentuk lembah V-U.

Satuan geomorfologi perbukitan struktural (S1) memiliki luasan sebesar 74% dari total luasan daerah telitian.

Satuan geomorfologi Bukit Intrusi (V1) memiliki morfologi bukit kemiringan lereng sebesar 28—200% atau  $15^0$ — $63^0$  yang termasuk kelas agak curam sampai sangat curam dengan arah kemiringan lereng ke segala arah. Satuan geomorfologi ini memiliki pola pengaliran *radial* serta bentuk lembah V. Satuan geomorfologi bukit intrusi (V1) memiliki luasan sebesar 3% dari total luasan daerah telitian.

Satuan geomorfologi Perbukitan Terkikis (D1) memiliki morfologi perbukitan dengan kemiringan lereng sebesar 4—50% atau  $2^0$ — $26^0$  yang termasuk kelas agak landai sampai curam dengan arah kemiringan lerengnya relatif ke tenggara. Satuan geomorfologi ini memiliki pola pengaliran *subparallel* serta bentuk lembah V-U. Satuan geomorfologi perbukitan terkikis (D1) memiliki luasan sebesar 20% dari total luasan daerah telitian.

Satuan geomorfologi Tubuh Sungai (F1) memiliki morfologi sungai dengan kemiringan lereng sebesar 8—>400% atau  $5^0$ — $85^0$  yang termasuk kelas landai sampai tegak dengan arah kemiringan lereng dan arah mengalir ke selatan. Satuan geomorfologi ini memiliki bentuk lembah

dominan V pada bagian utara dan U pada bagian paling selatan. Satuan geomorfologi tubuh sungai (F1) memiliki luasan sebesar 3% dari total luasan daerah telitian.

### **Stratigrafi**

Satuan litostratigrafi daerah telitian dari tua ke muda tersusun atas: Satuan breksi vulkanik Jampang; Satuan lava andesit Jampang; Satuan Andesit Wayang; Satuan endapan alluvia (Gambar 3).

#### *Satuan Breksi Vulkanik Jampang*

Satuan breksi vulkanik Jampang pada daerah telitian ini didominasi oleh litologi breksi vulkanik, lava andesit, dan sedikit dijumpai lapili tuff. Deskripsi secara megaskopis yang dilakukan di lapangan menunjukkan warna segar abu-abu sampai abu-abu keputihan, warna lapuk krem sampai coklat karat, struktur masif, ukuran butir pasir sangat kasar sampai bongkah (1—>256 mm), derajat pembundaran menyudut, derajat pemilahan terpilah buruk, kemas terbuka, fragmen litik (andesit), kuarsa, K-feldspar, amfibol, matriks pasir halus sampai pasir kasar, tuff semen silika. Lapili tuff yang dijumpai menunjukkan struktur perlapisan, ukuran butir lapilus, bentuk butir runcing, derajat pemilahan buruk, kemas terbuka, komposisi mineral sialis: kuarsa, mineral feromagnesian: hornblend, mineral tambahan: lithik, debu halus,

klorit dan mineral lempung (Gambar 4). Satuan ini memiliki luasan 55 % dari total luasan daerah telitian. Dari hasil analisis variasi litologi penyusun berupa breksi, breksi tuff, lava andesit, dan lapili tuff; struktur masif dan autobreksia; dan tekstur batuan klastika gunungapi bentuk butir meruncing, ukuran butir pasir kasar sampai bongkah, dan kemas tertutup hingga terbuka yang dijumpai di lapangan menunjukkan bahwa satuan breksi vulkanik Jampang merupakan sedimen gunungapi yang menempati fasies proksimal berdasarkan model dari Bogie & Mackenzie (1998). Berdasarkan penanggalan  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  pada sampel lava basal Formasi Jampang dari Desa Jayamekar (daerah telitian) dan lava andesit Formasi Jampang dari Desa Pasirhuni ( $\pm 500$  meter sebelah timur daerah telitian) yang dilakukan oleh Titisari, dkk., (2016) menunjukkan umur 18,15; 11,65; dan 7,69 juta tahun atau terbentuk pada Kala Miosen Awal-Miosen Akhir.

#### *Satuan Lava Andesit Jampang*

Satuan lava andesit Jampang pada daerah telitian ini didominasi oleh litologi lava andesit, setempat lava basalt, dan sedikit breksi vulkanik,. Deskripsi secara megaskopis yang dilakukan pada litologi andesit di lapangan menunjukkan warna

segar abu-abu sampai abu-abu kehitaman, warna lapuk abu-abu muda sampai coklat, struktur masif, autobreksia, kekar melembar, komposisi mineral primer berupa hornblend, biotit, plagioklas, k-feldspar, kuarsa, dan gelas. Litologi basalt menunjukkan warna segar hitam, warna lapuk coklat, struktur masif dan vesikuler, komposisi mineral primer berupa plagioklas, piroksen, hornblend, dan gelas (Gambar 5). Sebagian besar litologi pada satuan ini telah mengalami alterasi hidrotermal dengan tingkat intensitas alterasi lemah sampai kuat. Alterasi yang terjadi ditandai oleh hadirnya mineral klorit, lempung, silika dan kalsit. Satuan ini memiliki luasan 41 % dari total luasan daerah telitian. Dari hasil analisis variasi litologi penyusun berupa lava andesit, lava basalt, dan sedikit breksi vulkanik; struktur kekar melembar, vesikuler, masif dan autobreksia yang dijumpai di lapangan menunjukkan bahwa satuan lava andesit Jampang merupakan batuan produk gunungapi yang menempati fasies proksimal berdasarkan model dari Bogie & Mackenzie (1998). Berdasarkan penanggalan  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  pada sampel lava basal Formasi Jampang dari Desa Jayamekar (daerah telitian) dan lava andesit Formasi Jampang dari Desa Pasirhuni ( $\pm 500$  meter sebelah timur

daerah telitian) yang dilakukan oleh Titisari, dkk., (2016) menunjukkan umur 18,15; 11,65; dan 7,69 juta tahun atau terbentuk pada Kala Miosen Awal-Miosen Akhir.

#### *Satuan Andesit Wayang*

Satuan Andesit Wayang pada daerah telitian ini disusun oleh litologi andesit. Deskripsi secara megaskopis yang dilakukan pada litologi andesit di lapangan menunjukkan warna segar abu-abu sampai abu-abu kehitaman, warna lapuk coklat, struktur masif dan kekar kolom, komposisi mineral primer berupa hornblend, piroksen, plagioklas, k-feldspar, kuarsa, dan gelas (Gambar 6). Satuan litodemik ini memiliki luasan 3 % dari total luasan daerah telitian. Satuan Andesit Wayang ini terdapat setempat di bagian barat daerah telitian yaitu di Gunung Wayang, Desa Pasirlangu dengan bentuk dimensi melingkar. Satuan ini menerobos satuan yang lebih tua dengan geometri diskordan. Satuan ini menempati satuan bentuk lahan bukit intrusi elevasi 500—825 meter di atas permukaan laut. Batuan intrusif Andesit Gunung Wayang berumur 7,37 juta tahun atau pada Kala Miosen Akhir berdasarkan penanggalan  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  (Titisari, dkk., 2016).

### *Satuan Endapan Aluvial*

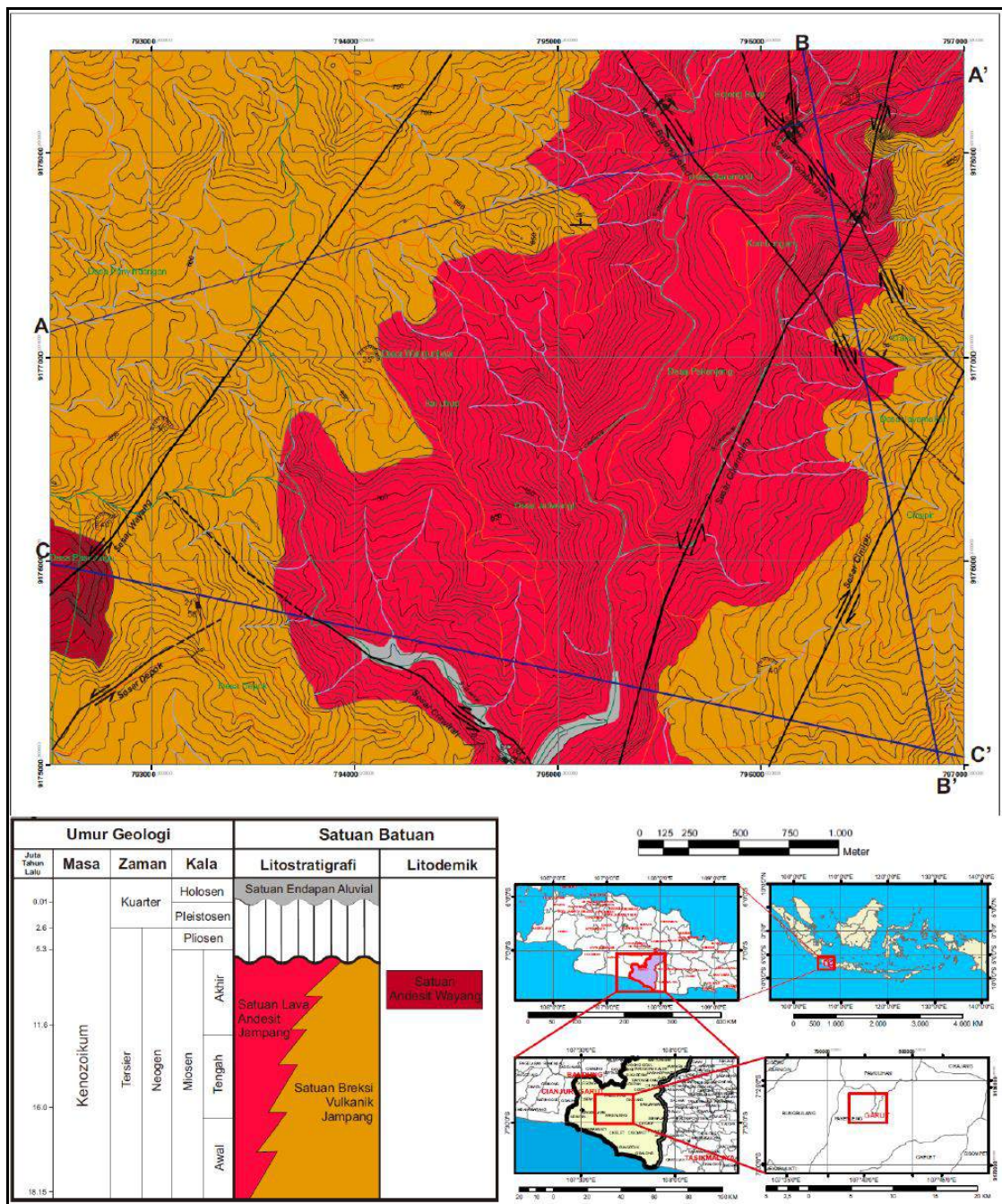
Satuan ini terusun atas material tak terkonsolidasi dengan dengan warna coklat berukuran lempung hingga bongkah. Satuan ini berasal dari rombakan batuan yang lebih tua dan mengendap di bagian tepi tubuh sungai akibat proses fluvial. Ketebalan satuan ini diperkirakan

1-9 meter. Satuan ini memiliki luasan 1 % dari total luasan daerah telitian dengan bentuk dimensi mengikuti alur Sungai Ciawitali dan sungai Cibatarua. Satuan menempati satuan bentuk lahan tubuh sungai. Satuan ini merupakan satuan termuda yang dijumpai di daerah telitian yaitu berumur holosen.

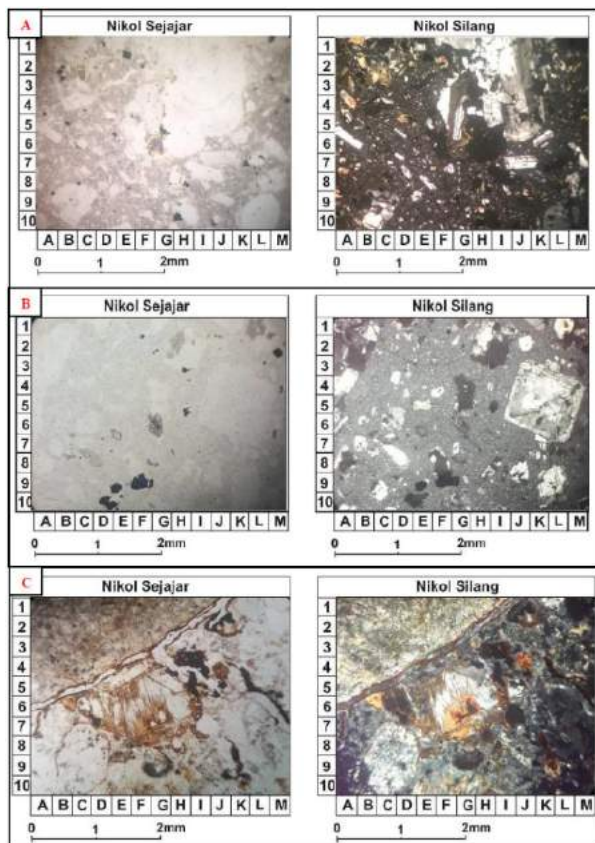


**Gambar 2.** Kenampakan geomorfologi Perbukitan Struktural (S1), Bukit Intrusi (V1), Perbukitan Terkikis (D1), dan Tubuh Sungai (F1) azimuth foto N019°E

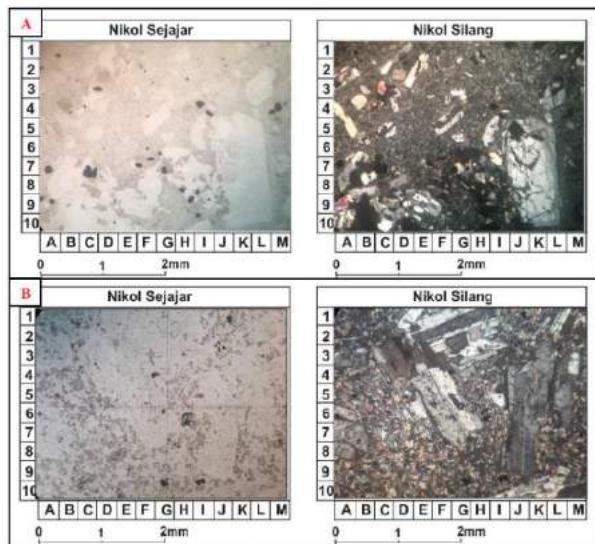




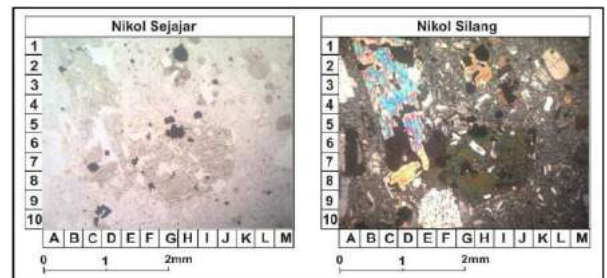
Gambar 3. Peta Geologi dan Stratigrafi daerah telitian. Umur mengacu kepada Titisari (2016)



**Gambar 4.** Analisis petrografis satuan breksi vulkanik Jampang. (A) Andesit (Williams, 1954) dari fragmen breksi Satuan Breksi Vulkanik Jampang. (B) Andesit (Williams, 1954) dari fragmen breksi dari Satuan Breksi Vulkanik Jampang. (C) Lithik Tuff (Pettijohn, 1975) Satuan Breksi Vulkanik Jampang.



**Gambar 5.** (A) Analisis petrografis litologi andesit (Williams, 1954) dari satuan Lava Andesit Jampang. (B) Analisis petrografis litologi basalt teralterasi (Williams, 1954) dari satuan Lava Andesit Jampang.



**Gambar 6.** Analisis petrografis litologi andesit (Williams, 1954) dari satuan Andesit Wayang

## Struktur Geologi

Struktur geologi yang didapatkan di lapangan berupa kedudukan lapisan batuan, kekar, dan sesar. Kedudukan lapisan batuan yang dijumpai merupakan kedudukan kontak litologi breksi dengan lava dan kedudukan sisipan batupasir pada satuan breksi. Kedudukan lapisan batuan dijumpai di Sungai Ciawitali, Desa Depok, di Desa Depok, dan di Desa Jayamekar serta di Desa Wangunjaya. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan di lapangan didapatkan nilai *strike/dip* masing-masing yaitu  $N265^{\circ}E/29^{\circ}$ ,  $N225^{\circ}E/29^{\circ}$ ,  $N290^{\circ}E/34^{\circ}$ , dan  $N270^{\circ}E/38^{\circ}$

Struktur geologi berupa kekar di daerah telitian sebagian besar telah terisi mineral kuarsa. Kekar yang dijumpai di lapangan berupa kekar gerus dan kekar tarik. Dari hasil analisis stereografis yang dilakukan, didapatkan arah tegasan utama yaitu relatif utara baratlaut-timur menenggara NNW-ESE sampai baratlaut-tenggara NW-SE.

Struktur sesar di daerah telitian banyak ditemukan di bagian utara daerah telitian dan sesar dengan pergerakan mendatar. Sesar di daerah telitian memiliki



dua arah dominan yaitu sesar dengan arah timur laut – barat daya (NE-SW) dan barat laut – tenggara (NW-SE).

Sesar Kombongan (NW-SE) merupakan sesar dengan arah pergerakan mendatar kanan (*dextral*) dengan nama *Reverse Right Slip Fault* yang berada di Dusun Kombongan.

Sesar Bojongboled (NW-SE) merupakan sesar dengan arah pergerakan mendatar kanan (*dextral*) dengan nama *Right Slip Fault* yang berada di Dusun Bojongboled.

Sesar Ciawitali (NW-SE) merupakan sesar dengan arah pergerakan mendatar kiri (*sinistral*) dengan nama *Reverse Left Slip Fault* yang berada di perbatasan antara Desa Jatiwangi dengan Desa Depok.

Sesar Cikandang (NE-SW) merupakan sesar dengan arah pergerakan mendatar kiri (*sinistral*) dengan nama *Normal Left Slip Fault* yang berada di sepanjang Sungai Cikandang.

Sesar Cimipir (NE-SW) merupakan sesar dengan arah pergerakan mendatar kanan (*dextral*) dengan nama *Right Slip Fault* yang berada di Dusun Cimipir, Desa Jayamekar.

Sesar Depok (NE-SW) merupakan sesar dengan arah pergerakan *oblique* kiri turun dengan nama *Normal Left Slip Fault* yang berada di Desa Depok.

Sesar Wayang (NE-SW) merupakan sesar dengan arah pergerakan *oblique* kiri

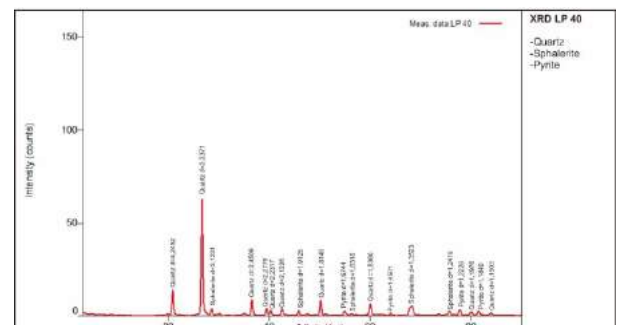
turun dengan nama *Reverse Left Slip Fault* yang berada di Gunung Wayang, Desa Depok.

## Alterasi

Proses alterasi hidrotermal yang terjadi di daerah telitian telah membentuk himpunan mineral ubahan yang dikelompokkan menjadi tiga zona alterasi hidrotermal yaitu alterasi:

### Silisik (*Kuarsa±Pirit*)

Zona alterasi silisik tersusun atas himpunan mineral sekunder Kuarsa±Pirit (Gambar 7). Tingkat intensitas alterasi dari zona silisik yang dijumpai di lapangan memiliki intensitas kuat—total (>70% mineral sekunder hingga mengubah seluruh mineral primer dan tekstur primer sudah tidak nampak lagi). Zona alterasi ini menempati luasan sebesar satu (1%) persen dari total luasan daerah telitian (Gambar 10). Zona alterasi ini tersingkap di sungai, lembah, dan lereng dengan nilai elevasi 425—650m.

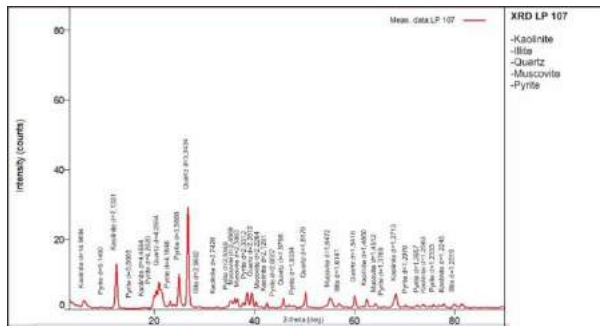


**Gambar 7.** Hasil analisa X-Ray Diffraction zona alterasi silisik

### Argilik

(*Kaolinit±Illit±Pirit±Muskovit±Kuarsa*)

Zona alterasi argilik tersusun atas himpunan mineral sekunder Kaolinit ± Illit ± Pirit ± Muskovit ± Kuarsa (Gambar 8). Tingkat intensitas alterasi dari zona argilik yang dijumpai di lapangan memiliki intensitas sedang—total (50% mineral sekunder hingga mengubah seluruh mineral primer dan tekstur primer sudah tidak nampak lagi). Zona alterasi ini tersingkap di sungai, lembah, lereng, dan bukit dengan nilai elevasi 450—650m (Gambar 10).



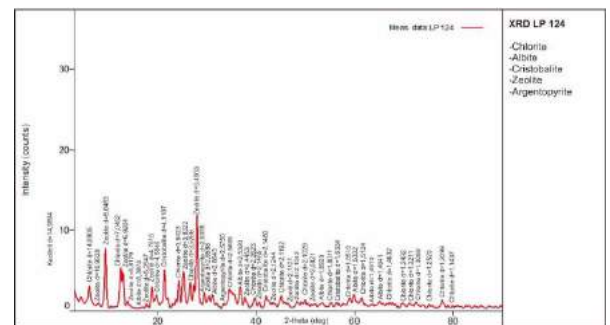
**Gambar 8.** Hasil analisa X-Ray Diffraction zona alterasi argilik

### Propilitik

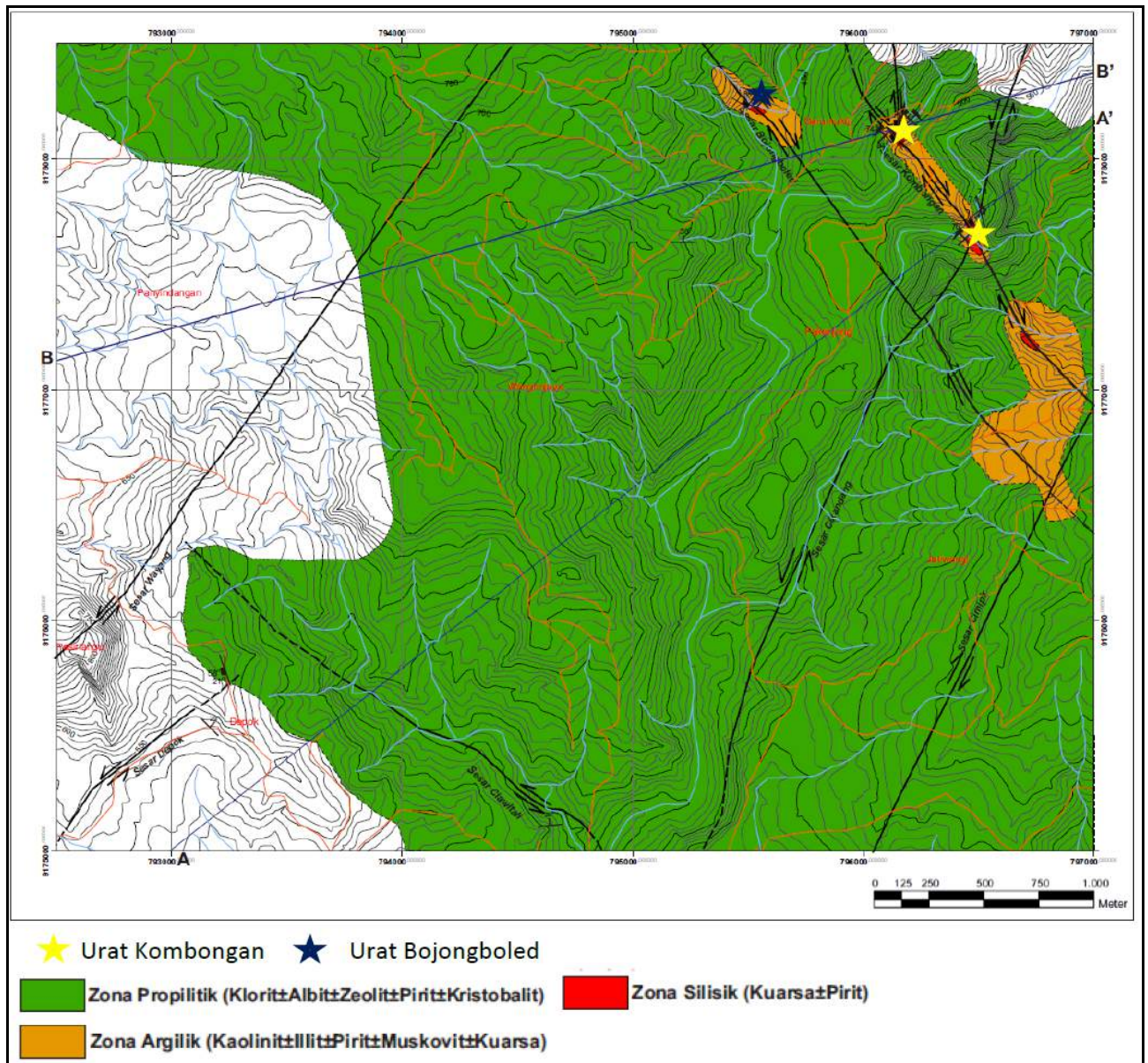
(Klorit±Albit±Zeolit±Pirit±Kristobalit)

Zona alterasi propilitik tersusun atas himpunan mineral sekunder Klorit ± Albit ± Zeolit ± Pirit ± Kristobalit (Gambar 9). Tingkat intensitas alterasi dari zona propilitik

yang dijumpai di lapangan memiliki intensitas beragam dari lemah—kuat (<25%—>75% mineral sekunder). Zona alterasi ini menempati luasan sebesar 73% dari total luasan daerah telitian (Gambar 10). Zona alterasi ini tersingkap di sungai, lembah, lereng, dan bukit dengan nilai elevasi 275—750m.



**Gambar 9.** Hasil analisa X-Ray Diffraction zona alterasi propilitik



**Gambar 10.** Peta Alterasi dan Mineralisasi daerah Kombongan dan sekitarnya

## Mineralisasi

Mineralisasi yang dijumpai umumnya berasosiasi dengan urat kuarsa-sulfida (*quartz-sulfide vein*) dan sedikit pada tubuh batuan dinding (*wall rock*). Mineral bijih yang dijumpai di daerah telitian berupa kalkopirit, pirit, galena dan sfalerit (Gambar 11 dan 12). Tekstur urat yang dijumpa berasosiasi dengan urat kuarsa-sulfida (*quartz-sulfide vein*) merupakan tekstur *primary growth* (*massive*,

*colloform*, *crustiform*, *sacharoidal*, dan *comb* (Gambar 13).

### Pirit ( $FeS_2$ )

Mineral pirit merupakan mineral bijih yang paling umum dijumpai di zona mineralisasi pada daerah telitian. Mineral ini hadir dalam urat kuarsa secara desiminasi maupun terkonsentrasi mengisi rongga pada tekstur *vuggy* urat kuarsa dan juga hadir secara desiminasi pada batuan dinding (*wall*



rock). Mineral ini terbentuk sebagai kristal halus hingga kasar dengan ukuran hingga 3 mm dengan bentuk subhedral sampai euhedral (Gambar 11 dan 12).

#### *Kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>)*

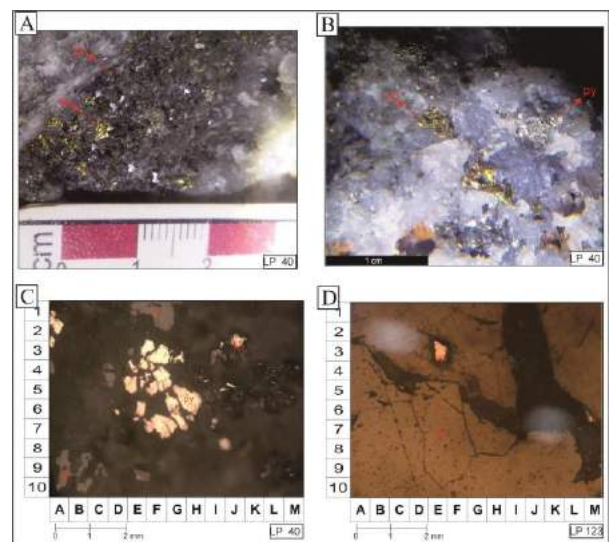
Mineral kalkopirit merupakan mineral bijih hanya dijumpai di beberapa lokasi pada daerah telitian yaitu di zona Sesar Kombongan dan Bojongboled. Mineral ini hadir dalam urat kuarsa secara desiminasi maupun terkonsentrasi mengisi rongga pada tekstur *vuggy* urat kuarsa dan kerap dijumpai berasosiasi dengan mineral bijih lain seperti galena dan sfalerit. Mineral ini umumnya memiliki ukuran halus hingga 5 mm dengan bentuk kerystal yang tidak begitu teramati (Gambar 11).

#### *Sfalerit (ZnS)*

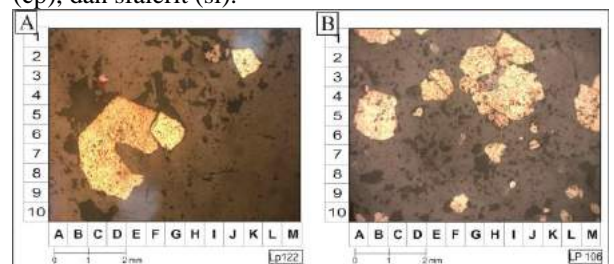
Mineral sfalerit merupakan mineral bijih yang ditemukan pada zona alterasi silisik di banyak lokasi namun dalam jumlah yang relatif sedikit dibandingkan mineral bijih lain. Mineral ini hanya teramati hadir dalam urat kuarsa secara desiminasi maupun terkonsentrasi mengisi rongga pada tekstur *vuggy* urat kuarsa dan kerap dijumpai berasosiasi dengan mineral bijih pirit, kalkopirit dan galena. Mineral ini umumnya memiliki ukuran halus hingga 4 mm dengan bentuk kerystal yang tidak begitu teramati (Gambar 11 dan 12).

#### *Galena (PbS)*

Mineral galena merupakan mineral bijih yang ditemukan pada zona alterasi silisik di banyak lokasi dalam jumlah yang relatif banyak dibandingkan mineral bijih lain. Mineral ini hanya teramati hadir dalam urat kuarsa secara desiminasi maupun terkonsentrasi mengisi rongga pada tekstur *vuggy* urat kuarsa dan dijumpai berasosiasi dengan mineral bijih pirit, kalkopirit dan sfalerit (Gambar 11). Mineral ini umumnya memiliki ukuran halus hingga kasar 7 mm dengan bentuk kristal yang mengotak.

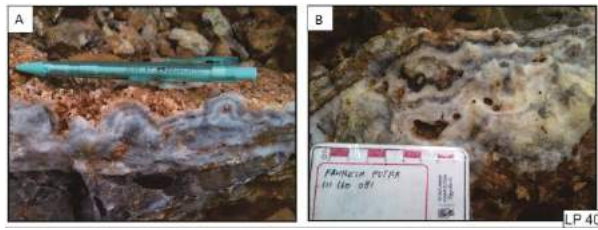


**Gambar 11.** Kenampakan mineral bijih pada urat kuarsa di zona Sesar Kombongan (A) Kenampakan mineral bijih kalkopirit dan galena. (B) Mineral kalkopirit dan pirit. (C) Analisis mineralgrafi menunjukkan hadirnya mineral kalkopirit (cp), galena (gn), pirit (py), dan sfalerit (sl). (D) Analisis mineralgrafi menunjukkan hadirnya mineral kalkopirit (cp), dan sfalerit (sl).



**Gambar 12.** Analisis mineralgrafi sampel menunjukkan hadirnya mineral pirit (py) dan sfalerit

(sl). Terlihat mineral pirit menggantikan mineral sfalerit pada bagian tepi.



**Gambar 13.** (A) Kenampakan silika dengan tekstur *crustiform-colloform*, *comb* dan *dogteeth*. (B) Kenampakan silika dengan tekstur *crustiform-colloform*, *sacharoidal* dan *drusy* sebagai penciri tekstur pengisian.

## PEMBAHASAN

### Alterasi Hidrotermal

Proses alterasi hidrotermal yang terjadi menyebabkan sebagian besar litologi di daerah telitan telah berubah. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa yang berperan sebagai batuan dinding atau *wall rock* dari alterasi hidrotermal daerah telitian merupakan batuan vulkanik yang digolongkan ke dalam satuan breksi vulkanik Jampang dan satuan lava andesit Jampang. Intrusi andesit berperan sebagai sumber panas atau *heat source* dari proses alterasi hidrotermal yang terjadi di daerah telitian.

Sebaran batuan teralterasi yang ditemukan di lapangan dipengaruhi oleh struktur geologi berupa sesar dan kekar dan menempati luasan sebesar delapan puluh persen dari total luasan daerah telitian.

Zona alterasi silisik diinterpretasikan merupakan alterasi fase akhir menggantikan zona alterasi propilitik dan argilik. Zona alterasi ini berasosiasi dengan urat (*vein*) kuarsa dengan tekstur *primary growth* (*massive*, *colloform*, *crustiform*, *sacharoidal*,

dan *comb*), urat mineral bijih, dan logam dasar berharga (kalkopirit, sfalerit, galena, dan pirit). Zona alterasi silisik mengalterasi batuan dari dua satuan batuan yaitu satuan breksi vulkanik Jampang dan satuan lava andesit Jampang dengan pola *pervasive*. Berdasarkan Hedenquist, dkk. (2000), zona alterasi silisik ini terbentuk pada kisaran temperatur 100—230 °C.

Zona alterasi argilik diinterpretasikan menggantikan zona alterasi propilitik. Zona alterasi ini berasosiasi dengan urat (*vein*) kuarsa dengan tekstur *primary growth* (*massive*, *colloform*, *crustiform*, *sacharoidal*, dan *comb*), urat mineral bijih, dan logam dasar berharga (kalkopirit, sfalerit, galena, dan pirit). Zona alterasi argilik mengalterasi batuan dari dua satuan batuan yaitu satuan breksi vulkanik Jampang dan satuan lava andesit Jampang dengan pola *pervasive*. Berdasarkan himpunan mineral yang didapatkan, zona alterasi ini memiliki dua mineral lempung yang memiliki temperatur yang sangat berbeda, oleh karena itu penulis mengasumsikan terdapat dua zona temperatur pembentukan yang berbeda akibat tahap alterasi yang terjadi lebih dari satu kali. Kisaran pembentukan himpunan mineral pada tahap awal antara 200—250 °C dan pada tahap akhir antara 100—180 °C yang didasarkan pada kisaran pembentukan mineral menurut Hedenquist, dkk. (2000).

Zona alterasi propilitik merupakan zona alterasi fase awal dan paling luar dari

zona alterasi yang lainnya. Zona alterasi propilitik mengalterasi batuan dari dua satuan batuan yaitu satuan breksi vulkanik Jampang dan satuan lava andesit Jampang dengan pola *non-pervasive* hingga *pervasive*. Berdasarkan Hedenquist, dkk. (2000) dan Corbett (2017), zona alterai propilitik ini terbentuk pada kisaran temperatur 175—310 °C.

### **Mineralisasi Hidrotermal**

Mineralisasi di daerah telitian merupakan bagian dari mineralisasi utama urat Arinem yang berarah N 340 °E hingga N 010° E dengan panjang sekitar 5.900 meter. Zona utama mineralisasi ekonomis pada urat terlihat pada ketinggian 365–530 meter di atas permukaan laut dan rata-rata lebarnya tiga hingga lima meter (Yuningsih, 2012). Mineralisasi yang dijumpai terkonsentrasi pada zona-zona urat atau *vein* yang dikontrol oleh Sesar Kombongan dan Bojongboled (gambar 10). Mineralisasi umumnya memiliki pola desiminasi atau tersebar dan sebagian kecil mengisi rongga pada tekstur *vuggy infilling/drusy* di urat kuarsa dan batuan sampling di sekitar urat. Mineralisasi yang terjadi pada urat kuarsa di daerah telitian terjadi dari 9,4 hingga 8,8 juta tahun yang lalu atau pada kala Miosen Akhir (Yuningsih, 2012). Umur mineralisasi di daerah telitian ini sama dengan mineralisasi yang berada di daerah Cineam yang berjarak sekitar 30 km sebelah timurlaut daerah telitian.

Keterdapatn unsur logam berharga di daerah telitian berupa emas (Au), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn). Keterdapatn unsur tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) dibuktikan oleh hadirnya mineral pembawa unsur-unsur tersebut yang dapat diamati di lapangan berupa mineral kalkopirit, galena, dan sfalerit. Kenampakan mineral-mineral tersebut juga dapat diamati dari hasil analisis mineralgrafi sayatan poles dari conto urat yang diambil. Keterdapatn unsur emas (Au) dibuktikan oleh adanya pertambangan emas rakyat tradisional pada zona Sesar Kombongan di Dusun Kombongan. Menurut penuturan seorang penambang tradisional pada tambang rakyat di Dusun Kombongan, dari urat kuarsa terpilih seberat sekitar 100 kg rata-rata dapat menghasilkan emas hingga seberat 1 gram setelah dilakukan pengolahan secara tradisional. Kadar emas tersebut setara dengan 10 ppm.

### **Tipe Endapan Epitermal**

Berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis-analisis laboratorium yang dilakukan, didapatkan data-data yang kemudian digunakan sebagai petunjuk untuk menentukan tipe endapan yang terdapat di daerah telitian. Penentuan tipe endapan dilakukan dengan beberapa parameter pendekatan. Parameter yang digunakan antara lain: alterasi, asosiasi mineral, logam ekonomis, struktur, tekstur, mineral penyerta,



dan bentukan mineralisasi yang mengacu pada White (1991); Corbett dan Leach (1997); dan Pirajno (2009) (Tabel 1).

### Zonasi epitermal

Mineralisasi yang dijumpai di daerah telitian sebagian besar merupakan mineral logam dasar yaitu: galena (PbS), sfalerit (ZnS), kalkopirit (CuFeS<sub>2</sub>), dan pirit (FeS<sub>2</sub>) (Gambar 11 dan 12). Mineral *gangue* yang dijumpai sebagian besar merupakan mineral kuarsa, pirit, dan klorit. Dalam model zonasi epitermal yang diacu, mineral bijih galena, sfalerit, dan kalkopirit serta mineral *gangue* pirit dan klorit masuk dalam zona *basemental horizon*.

Tekstur urat yang dijumpai di daerah telitian sebagian besar merupakan tekstur akibat proses *infilling* atau pengisian. Tekstur yang dijumpai antara lain: *crustiform*, *colloform*, *comb*, *sacharoidal* dan *vuggy quartz* (Gambar 13). Menurut Morrison (1990), berdasarkan proses kejadiannya menggolongkan tekstur-tekstur tersebut ke

dalam tekstur pertumbuhan primer (*primary growth texture*). Kemudian berdasarkan zona pembentukannya, tekstur *crustiform*, *comb* dan *sacharoidal* masuk ke dalam zona super *Crystalline Superzone* (X). Sedangkan tekstur *colloform* masuk ke dalam zona super *Crustiform-Colloform Superzone* (CC). Penulis menginterpretasikan daerah telitian berada pada posisi zona super *Crystalline Superzone* (X) dan sebagian kecil zona super *Crustiform-Colloform Superzone* (CC) bagian paling bawah.

Berdasarkan zonasi mineral *gangue* / mineral penyerta, mineral bijih, dan tekstur urat yang ditemukan. Penulis memasukkan daerah telitian dalam sistem mineralisasi epitermal ke dalam zona mineralisasi *basemental horizon* berdasarkan model Morrison, dkk. (1990) modifikasi dari Buchanan (1981).

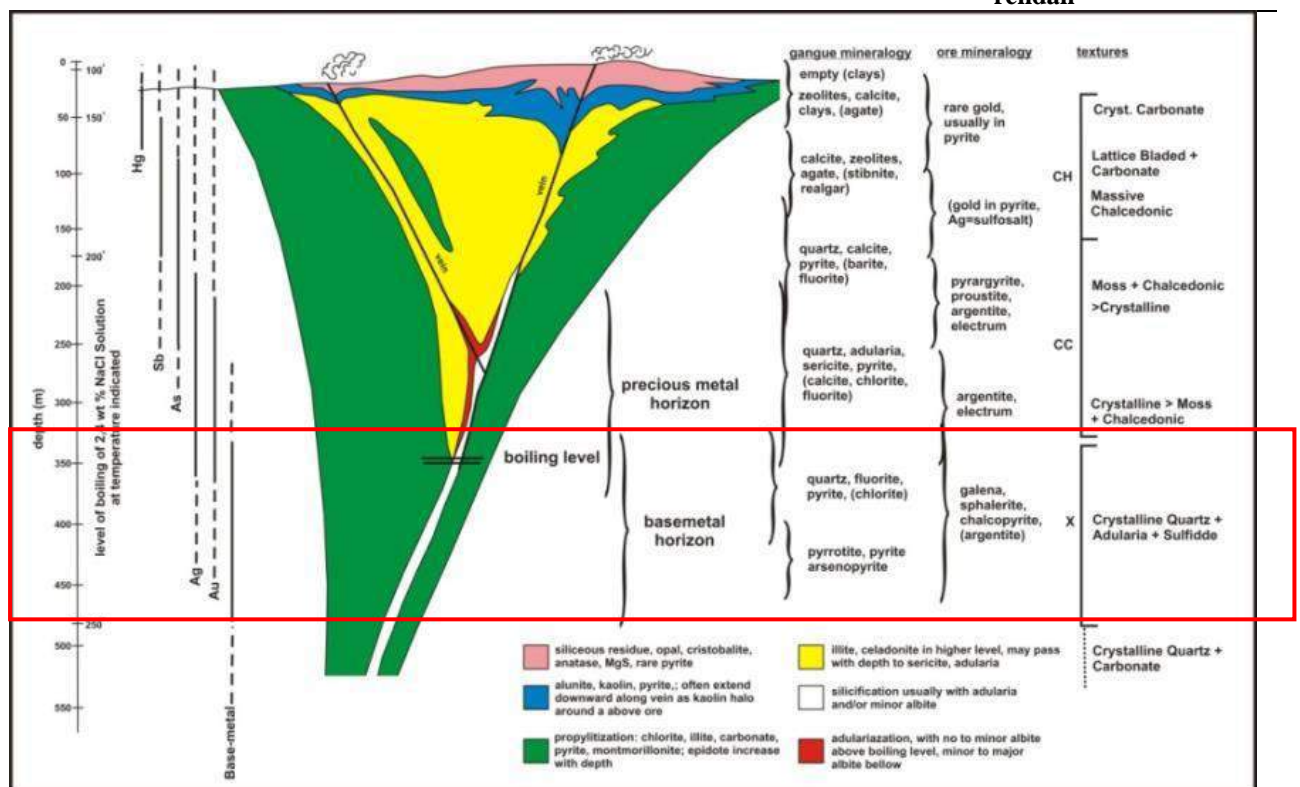
**Tabel 1.** Perbandingan karakteristik tipe endapan epitermal sulfidasi rendah, sulfidasi tinggi dan karakteristik daerah telitian berdasarkan Penulis (2022); simpulan White (1991); Corbett dan Leach (1997); dan Pirajno (2009)

Parameter	Sulfidasi rendah	Sulfidasi tinggi	Daerah Telitian
<b>Alterasi</b>	Umumnya alterasi netral berdekatan dengan struktur, didominasi oleh lempung-lempung serisit/illit → propilitik	Karakteristik zona alterasi asam pervasif dari: kuarsa residual( <i>vuggy</i> ) → alunit (argilik lanjut) → mineral-mineral kaolin → mineral-mineral illit (klorit) → propilitik	Alterasi silisik (kuarsa, illit), argilik (illit, kaolinit), dan propilitik
<b>Asosiasi mineral</b>	Pirit % rendah Galena, sfalerit, kalkopirit	Pirit % tinggi Enargit-luzonit	Pirit Galena, sfalerit, kalkopirit
<b>Logam ekonomis</b>	AuAg Pb, Zn, Cu As,Te,Hg,Sb di kedalaman dangkal	AuCu As Te di kedalaman dangkal	AuAg? Pb, Zn, Cu
<b>Mineral gangue / penyerta</b>	Kuarsa, kalsedon, kalsit, rodokrosit, adularia, barit, lempung	Kuarsa, lempung, alunit, barit	Kuarsa

<b>Tekstur umum</b>	<i>Vein</i> , pengisian rongga, tekstur <i>banded</i> , <i>vein</i> breksia, <i>drusy cavities</i> , tekstur <i>colloform</i> , <i>lattice</i> , <i>comb</i> , dan <i>cockade</i>	Tekstur penggantian batuan dinding, <i>drusy cavities</i> , breksi hidrotermal, <i>vein</i> tekstur <i>banded</i> , <i>drusy cavities</i> , tekstur <i>colloform</i> , <i>crustiform</i> , <i>sacharoidal</i> dan <i>comb</i>
<b>Bentukan mineralisasi</b>	Umum sebagai urat-urat dengan fasa kristalin di kedalaman, <i>banded</i> di kedalaman yang dangkal	<i>Hosted</i> matriks hingga terbreksiakan dalam alterasi batuan dinding yang kompeten
<b>Struktur</b>	<i>vein</i> dengan rekahan terbuka, breksi dan <i>stockwork</i> Urat-urat didominasi oleh kuarsakarbonat	<i>vein</i> dengan rekahan terbuka, dan <i>stockwork</i> Urat-urat didominasi oleh kuarsa

## Kesimpulan

## Epitermal sulfidasi rendah



**Gambar 14.** Posisi daerah telitian dalam sistem mineralisasi epitermal masuk ke dalam zona mineralisasi *basemetal horizon* berdasarkan model Morrison (1990) modifikasi dari Buchanan (1981).

## KESIMPULAN

Berdasarkan data-data dan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Geomorfologi daerah Kombongan dan sekitarnya terdiri atas empat satuan geomorfologi yaitu Perbukitan Struktural, Bukit Intrusi, Perbukitan Terkikis, dan Tubuh Sungai.

- Stratigrafi daerah Kombongan dan sekitarnya tersusun atas tiga satuan litostratigrafi dan satu satuan litodemik. Urutan stratigrafi dari tua ke muda yaitu satuan breksi andesit Jampang yang menjari dengan satuan lava andesit Jampang (Miosen Awal-Miosen Akhir); satuan litodemik Andesit Wayang (Miosen Akhir); dan

endapan aluvial (Resen) yang terendapkan secara tidak selaras diatas satuan yang lebih tua.

- Struktur geologi daerah Kombongan dan sekitarnya terdiri atas perlapisan batuan, struktur kekar, dan sesar dengan arah barat laut-tenggara (NW-SE) dan timur laut-barat daya (NE-SW).
- Alterasi di daerah Kombongan dan sekitarnya terdiri atas tiga tipe. Berturut-turut dari fase awal hingga akhir yaitu tipe alterasi Propilitik (Klorit  $\pm$  Albit  $\pm$  Zeolit  $\pm$  Pirit  $\pm$  Kristobalit); Argilik (Kaolinit  $\pm$  Illit  $\pm$  Pirit  $\pm$  Muskovit  $\pm$  Kuarsa); dan Silisik (Kuarsa  $\pm$  Pirit)
- Mineralisasi di daerah Kombongan dan sekitarnya terdiri atas mineral logam pirit ( $\text{FeS}_2$ ), sfalerit ( $\text{ZnS}$ ), galena ( $\text{PbS}$ ), dan kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ) serta mineral pembawa unsur  $\text{Au}\pm\text{Ag}?$ .
- Tipe endapan mineralisasi di daerah Kombongan dan sekitarnya termasuk ke dalam tipe epitermal sulfidasi rendah.
- Zona mineralisasi daerah Kombongan dan sekitarnya masuk ke dalam horison logam dasar.

#### DAFTAR PUSTAKA

Alzwar, M., N. Akbar, dan M. Bachrif. 1992. *Peta Geologi Regional Lembar*

*Garut-Pameumpeuk*. Bandung: Puslitbang Geologi Bandung.

Badan Geologi. 2018. Indonesian Minerals Yearbook 2018. Bandung: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Bogie, I. dan K. M. Mackenzie. 1998. "The Application of A Volcanic Facies Models to An Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia" dalam *Proceedings of 20th New Zealand Geothermal Workshop*, (hal. 265-276). New Zealand.

Corbett, G. J. dan Terry Leach. 1997. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*. Short course manual, A workshop presented for the Society of Economic Geologist, Townsville.

Corbett, G. J.. 2017. *Epithermal Gold-Silver and Porphyry Copper-Gold Exploration*. Corbett Short Course Manual (tidak diterbitkan)

Einaudi, Marco T., Jeffrey W. Hedenquist, dan E. Esra Inan. 2003. "Sulfidation state of Fluids in Active and Extinct Hydrothermal System: Transition from Porphyry to Epithermal Environments" dalam *Society of Economic Geologists: Special Publication 10* (hal:285—313).

Gaffar, Eddy Zulkarnaini. 2017. "Struktur Geologi Bawah Permukaan Di Garut Selatan Berdasarkan Data Elektromagnetik" dalam *Ris.Geo.Tam Vol. 27, No.2* (hal:123-131). Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

- Hedenquist, Jeffrey W., Antonio Arribas, Eliseo Gonzales. 2000. "Exploration for Epithermal Gold Deposits" dalam *SEC; Rmiezos Vol. 13 Chapter 7* (hal:245—277).
- Hilmi, Faesal., Iyan Haryanto. 2008. "Pola Struktur Regional Jawa Barat" dalam *Bulletin of Scientific Contribution, Volume 6, Nomor 1, Agustus 2008* (hal:57—66)
- Morrison, Gregg., Dong Guoyi, Sabhash Jaireth. 1990. *Textural Zoning in Epithermal Quartz Veins*. Australia: Klondike Exploration Services.
- Permana, H., E.Z. Gaffar, Sudarsono, H. Nurohman, dan S. Indarto. 2015. "Struktur dan Tektonik Lereng Selatan Kaldera Purba Garut-Bandung, Garut Selatan, Jawa Barat" dalam *Bencana Geologi dan Perubahan Iklim* (hal:51-62). Bandung: Pusat Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Pirajno, Franco. 2009. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Australia: Springer.
- Titisari, Anastasia D., D. Phillips, Priyatna, dan Eko P. Setyarahardja. 2016. "<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Geochronology of Volcanic and Intrusive Rocks in the Papandayan Metallic Prospect Area, West Java, Indonesia" dalam *Resource Geology Vol 67, No. 1* (hal 53—71).
- Van Bemmelen, R.W. 1949. *The Geology of Indonesia, Vol. 1 A*. Amsterdam: Government Printing Office, The Hauge.
- Yuningsih, E. T. dan Matsueda, H.. 2014. "Genesis and Origin of Te-Bearing Gold-Silver-Base Metal Mineralization of Arinem Deposit, Western Java, Indonesia" dalam *Journal of Mineralogical and Petrological Science, 109, 2*, (hal:49—61).
- Yuningsih, E.T., Matsueda, H., dan Rosana, M.F.. 2014. "Epithermal Gold-Silver Deposits in Western Java, Indonesia: Gold-silver-selenidetelluride mineralization" dalam *Indonesian Journal on Geoscience, 1 (2)* (hal:71—81).
- Yuningsih, E.T., Setyaraharja, E.P., Prayatna, Matsueda, H.. 2014. *Exploration of gold deposits at the Papandayan Prospect, western Java, Indonesia* (tidak dipublikasikan).
- Yuningsih, Euis Tintin. 2016. "Host Rock And Mineralized Ores Geochemistry of Batarhuni Vein, Arinem Deposit, West Java—Indonesia" dalam *Bulletin of Scientific Contribution, Volume 14, No.3, Desember 2016* (hal:223—232).