

GEOLOGI DAN MINERALISASI ENDAPAN EPITERMAL SULFIDASI RENDAH DAERAH MANGKUALAM DAN SEKITARNYA, KECAMATAN CIMANGGU, KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN

Muchlis Setiawan^{*)}, Suprpto^{*)}, Agus Harjanto^{*)}

^{*)}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
Fax/Phone : 0274-487816;0274-486403

SARI - Lokasi penelitian terletak pada busur vulkanik menempati fisiografi Zona Bayah Jawa Barat dengan kondisi topografi yang berbukit-bukit bergelombang sedang-kuat. Stratigrafi daerah telitian tersusun atas Satuan lava Honje (Miosen Akhir/11,4mya), Satuan breksi Honje (Miosen Akhir), Satuan tufa Cipacar (Pliosen Awal/4,9 mya), dan Endapan aluvial (Holosen – Resen). Struktur geologi yang berkembang berupa sesar dan kekar dengan arah umum NW – SE dan N – S (struktur mayor), serta arah NE – SW (struktur minor). Struktur geologi diketahui sebagai jalur pergerakan fluida hidrotermal yang menyebabkan proses alterasi dan mineralisasi. Terdapat tiga zonasi alterasi di daerah telitian yaitu zona alterasi filik (kuarsa, serisit, pirit, \pm adularia dan kalsit), zona alterasi argilik (illite, smektit, monmorilonit, dan kaolinit), dan zona alterasi propilitik (klorit, mineral karbonat, \pm epidot). Proses mineralisasi di daerah telitian dirinci menjadi tiga siklus tahap hidrotermal yaitu tahap *Pre-Mineral Fluidized Breccia* (fase awal mineralisasi), tahap *Polyphasal Vein Development* (pengkayaan mineral bijih), dan tahap *Post-Mineral Fault Gouge* (tahap akhir mineralisasi). Tekstur pengisian berkembang pada tahap *Polyphasal Vein Development* dengan kandungan emas yang spesifik. Tekstur pengisian yang dijumpai antara lain *crustiform*, *crustiform-colloform*, *massive quartz*, *cockade*, dan *vuggy*. Berdasarkan parameter penciri endapan, karakteristik endapan termasuk tipe endapan epitermal sulfidasi rendah.

Kata Kunci : *Pre-Mineral Fluidized Breccia, Polyphasal Vein Development, Post-Mineral Fault Gouge, epitermal sulfidasi rendah*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Letak daerah telitian yang menempati pada busur magmatik merupakan potensi yang menunjukkan keberadaan endapan mineral bijih. Kondisi geologi yang berkembang sepanjang umur geologi melibatkan pembentukan gunungapi, intrusi, dan pensesaran berdampak pada proses alterasi dan mineralisasi. Proses ini melibatkan air meteorik dan air magmatik yang bercampur menjadi fluida hidrotermal, kemudian mulai bergerak dan mengasimilasi batuan samping sehingga batuan yang dilewatinya berubah.

Endapan bijih yang bernilai ekonomis seperti emas, perak dan tembaga merupakan komoditas utama pada endapan mineral di lokasi telitian. Menempati urat-urat kuarsa dan breksi hidrotermal dengan sebaran yang dikontrol oleh struktur geologi yang berkembang.

Maksud dan Tujuan

Penelitian di daerah telitian dimaksudkan untuk mengumpulkan data geologi seperti geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, dan unsur geologi lainnya sebagai data primer. Selanjutnya data-data di lapangan yang telah dikumpulkan diolah dan

diinterpretasikan dengan tujuan membangun model geologi serta mengetahui tipe endapan mineral di daerah telitian.

Lokasi dan Pencapaian Daerah Telitian

Lokasi penelitian secara administratif berada di daerah konsesi pertambangan PT. Cibaliung Sumberdaya yaitu di Desa Mangkualam – Padasuka, Kecamatan Cibaliung, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, terletak di ujung baratdaya Pulau Jawa, di sebelah timur Taman Nasional Ujung Kulon. Secara geografis daerah telitian berada pada 568463.564 mE - 572463.565 mE dan 9251763.565 mN - 9255763.565 mN (UTM zona 48S). Termasuk dalam peta rupa bumi digital Bakosurtanal lembar Cikarang 1109 - 2, skala 1 :100.000, dengan luas daerah penelitian 16 km². Lokasi telitian berjarak \pm 197 km dari Jakarta dan dapat dicapai dengan menggunakan kendaraan roda empat selama \pm 4 jam dari Jakarta, melalui jalanaspal menuju Kecamatan Cibaliung dan Cimanggu. Rute perjalanan yang bisa ditempuh adalah Jakarta – Serang – Pandeglang – Citeureup – Cibaliung (**Gambar 1**).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

HASIL PENELITIAN

Hasil dari penelitian adalah untuk dapat mengetahui persebaran litologi, struktur geologi yang bekerja, umur pengendapan, serta sejarah geologi pada daerah tersebut, dan mencoba untuk dapat memperkirakan paleogeografi pada daerah telitian. Selain itu dapat pula diketahui geohazard (potensi bencana) dan sumber daya alam yang terdapat pada daerah tersebut. Hasil ini kemudian dirangkum dalam peta geomorfologi, peta geologi, peta sebaran urat kuarsa dan struktur geologi, serta peta zonasi alterasi.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penentuan karakteristik minerali-sasi dan endapan bijih diperlukan berbagai aspek dan parameter. Parameter yang dibutuhkan antara lain jenis intrusi, batuan sampling, tipe ubahan/alterasi, mineral ubahan, mineral bijih utama, komoditi bijih logam, tekstur utama urat kuarsa, serta lingkungan pembentukannya.

GEOLOGI DAERAH TELITIAN

Daerah penelitian terdiri atas empat (4) satuan batuan (**Gambar 2** dan **Gambar 3**) yaitu satuan lava honje (Tmlh), satuan breksi honje (Tmbh), satuan tufa cipacar (Tptc) dan endapan aluvial (Qa)

Satuan Lava Honje (Tmlh)

Satuan lava Honje merupakan batuan tertua yang terdapat di daerah telitian. Kenampakan umum di lapangan andesit (**Gambar 4**) menunjukkan warna segar abu-abu kehitaman, sedangkan warna lapuk adalah coklat kekuningan – kuning kehijauan yang disebabkan oleh alterasi hidrotermal yang terjadi pada batuan. Struktur yang umum dijumpai pada batuan adalah masif, vesikuler – scoria, amigdaloidal, dan kekar (*sheeting joint*). Tekstur hipokristalin, afanitik – fanerik sedang (0,5 – 1 mm), bentuk butir mineral penyusun anhedral – subhedral, relasi inequigranular vitroferik, komposisi mineral tersusun atas hornblende (20%), piroksen (10%), kuarsa (5%), plagioklas (20%), ± klorit-epidot (10%), mineral opak (5%), dan massa dasar gelas (30%).

Penyebaran batuan penyusun satuan lava Honje menempati bagian tengah hingga selatan daerah telitian dengan luasan sekitar 30% dari kapling penelitian. Berdasarkan data pemboran inti di daerah telitian menunjukkan bahwa ketebalan satuan ini bervariasi dan lebih dari 450 m. Penentuan umur satuan lava Honje di daerah telitian mengacu pada peneliti terdahulu yang dilakukan oleh Harijoko (2007).



Gambar 4. (A) Tekstur aliran pada andesit LP131; (B) Struktur skoria pada andesit LP129 dengan intensitas yang melimpah dan diameter lubang rata-rata >3 mm; (C) Struktur amigdaloidal pada andesit LP130 dengan mineral pengisi berupa mineral kuarsa, kalsit, dan mineral pirit

Hasil K-Ar *dating* pada perconton batuan dari satuan ini menunjukkan umur 11,4 juta tahun yang lalu, yaitu berumur Miosen Akhir pada skala waktu geologi. Hubungan stratigrafi antara satuan lava Honje dengan satuan breksi Honje merupakan hubungan stratigrafi melensa (*lenses*).

Satuan Breksi Honje (Tmbh)

Satuan breksi Honje tersusun atas batuan sedimen piroklastik yaitu breksi dengan fragmen utama berupa litik andesit. Merupakan batuan hasil dari aktivitas gunungapi yang memuntahkan material yang berasal dari pipa vulkanik (*volcanic vent*). Satuan breksi andesit ini termasuk dalam Formasi Honje dan mempunyai umur yang sama dengan satuan lava Honje.

Umumnya di lapangan breksi andesitik (**Gambar 5**) ini menunjukkan warna segar abu-abu, warna lapuk kuning kehijauan. Struktur sedimen di lapangan adalah masif. Tekstur pada breksi andesitik ini mempunyai ukuran butir pasir sedang – bongkah (0,25 – >256 mm), derajat pembundaran angular, terpilah buruk, kemas tertutup. Komposisinya tersusun atas fragmen

berupa litik andesit, matriks terdiri dari pecahan-pecahan andesit dan kuarsa berukuran pasir halus, sedangkan semen berupa silika.

Penyebaran batuan penyusun satuan breksi andesitik menempati bagian tengah daerah telitian dengan luasan sekitar 25% dari kapling penelitian. Berdasarkan data pemboran inti di daerah telitian menunjukkan bahwa ketebalan satuan ini bervariasi antara 300 – 450 m.

Umur satuan breksi Honje diperkirakan umur satuan ini antara Miosen Akhir – Pliosen Awal dan termasuk dalam anggota Formasi Honje (Sudana dan Santosa, 1992).

Kontak antara satuan breksi Honje dengan satuan andesit Honje menunjukkan hubungan stratigrafi melensa (*lenses*). Posisi stratigrafi satuan breksi Honje ini termasuk dalam Formasi Honje dan kedudukan satuan ini ekuivalen dengan satuan lava Honje.



Gambar 5. (1) Foto singkapan breksi andesitik di LP18 dengan struktur masif; (2) Foto parameter singkapan breksi andesitik LP18 menunjukkan adanya kekar gerus yang terisi mineral kuarsa; (3) Foto singkapan breksi andesitik di LP26; (4) Foto parameter singkapan breksi andesitik LP26 dengan fragmen utama litik andesit

Satuan Tufa Cipacar (Tptc)

Tersusun atas litologi berupa tufa (**Gambar 6**) dan sebagian kecil berupa tuf lapili. Merupakan satuan produk dari aktivitas vulkanik kuartar dan menutupi hampir sebagian besar batuan yang ada di daerah telitian.

Kenampakan di lapangan pada satuan tufa Cipacar adalah berwarna putih pada batuan yang masih segar dan berwarna putih kekuningan pada batuan yang sudah mengalami pelapukan. Menunjukkan struktur yang masif, tekstur *glassy*, dengan ukuran butir <2mm – 4 mm. Susunan komposisi mineral sialis berupa kuarsa, komposisi mineral tambahan berupa mineral opak dengan kehadiran keduanya adalah setempat-setempat pada batuan.

Tidak dijumpai adanya alterasi pada tubuh batuan tufa ini menunjukkan bahwa batuan terbentuk setelah proses mineralisasi sudah tidak berjalan lagi, sehingga dapat dikelompokkan dalam batuan *post-mineralization*.

Penyebaran satuan tufa Cipacar ini adalah memanjang bagian timur sampai tengah pada daerah telitian. Menempati satuan bentuklahan lereng sisa vulkanik topografi miring. Luasannya menempati 30% dari daerah telitian. Berdasarkan data pemboran inti di daerah telitian menunjukkan bahwa ketebalan satuan ini tidak lebih dari 70 m.

Penentuan umur satuan tufa Cipacar di daerah telitian mengacu pada peneliti terdahulu yang dilakukan oleh Harijoko (2007). Hasil K-Ar *dating* pada perconton batuan dari satuan ini menunjukkan umur 4,9 juta tahun yang lalu, yaitu berumur Pliosen Awal pada skala waktu geologi.

Kontak antara satuan tufa Cipacar dengan satuan lava Honje dan satuan breksi Honje dibawahnya menunjukkan kontak erosional atau kontak ketidakselarasan (*dis-conformity*).



Gambar 6. (1) dan (3) Foto singkapan tufa di LP39 dan LP57; (2) dan (4) Foto parameter singkapan tufa LP39 dan LP57

Endapan Aluvial (Qa)

Komposisi material endapan aluvial beragam terdiri atas pecahan andesit, basalt, rijang, kayu terkarsikan (*silicified wood*), kuarsa, kalsedon, breksi, tufa dan material organik (**Gambar 7**). Material ini mudah diidentifikasi dan menempati daerah dataran limpas banjir (*flood plain*) dan daerah gosong sungai (*point bar*) Sungai Citeluk. Bentuk dari material endapan aluvial bervariasi dari membundar hingga menyudut, sedangkan kondisi material segar – terlapukkan kuat.

Endapan aluvial ini menempati ± 5% dari luas daerah penelitian. Pola sebaran endapan aluvial ini terdapat di sepanjang aliran Sungai Citeluk yang membentang dari barat laut – tenggara pada daerah

telitian dan dataran limpah banjir. Endapan aluvial ini menempati morfologi dataran limpah banjir. Endapan aluvial ini membentuk undak sungai. Pengamatan langsung di lapangan ketebalan satuan ini sekitar 0,5 - 2,5 meter.



Gambar 7. (1) Foto aluvial pada tubuh Sungai Citeluk; (2) Foto endapan aluvial pada dataran limpah banjir; (3) Foto aluvial pada gosong sungai; (4) Foto material endapan aluvial berupa kayu terkarsikan (*silicified wood*)

Endapan aluvial ini terbentuk pada kala Plistosen dan prosesnya masih terus berlangsung sampai sekarang ini. Penentuan umur ini berdasarkan peta geologi (dalam Peta Geologi Lembar Cikarang, Sudana dan Santosa, 1992). Berdasarkan pengamatan kondisi di lapangan maka dapat disimpulkan bahwa hubungan stratigrafi antara endapan aluvial dengan batuan dibawahnya adalah ketidakselarasan (*dis-conformity*).

STRUKTUR GEOLOGI

Hasil analisa kekar dan sesar menunjukkan adanya pola penyimpangan aliran sungai yang dikontrol oleh struktur-struktur ini. Kenampakan pembelokan sungai secara tiba-tiba dan posisi alur liar (*intermitten*) yang tegak lurus terhadap arah aliran sungai utama memperkuat indikasi kontrol struktur yang sangat dominan terhadap pola pengaliran di daerah telitian. Berdasarkan pola kelurusan struktur tersebut diperoleh beberapa arah umum dengan orientasi sebagai berikut :

- 1) Arah NW – SE, sebagai pola kelurusan sesar-sesar mendatar pada daerah telitian.
- 2) Arah NE – SW, sebagai pola kelurusan sesar-sesar mendatar dan sesar-sesar turun pada daerah telitian.

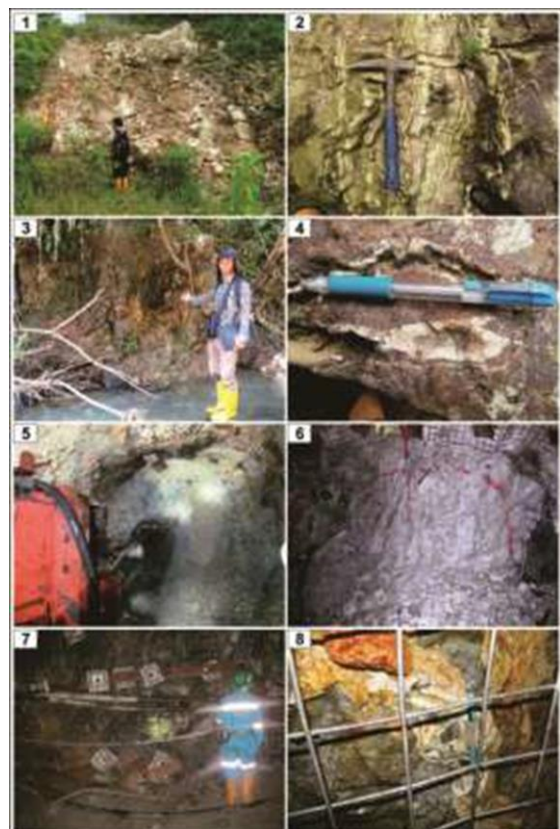
Kaitannya dengan kondisi struktur regional daerah Jawa Barat terhadap daerah telitian maka disimpulkan bahwa pola struktur dengan arah NW – SE merupakan struktur utama dan terbentuk paling awal. Pola struktur dengan arah NE – SW

terbentuk setelahnya dan memotong struktur dengan pola arah NW – SE. Pola struktur yang saling berpotongan ini menunjukkan bahwa di daerah telitian terjadi dua kali periode pensesaran.

Struktur sesar ini terekam pada satuan lava Honje dan satuan breksi Honje, sedangkan pada satuan tufa cipacar dan endapan aluvial tidak dijumpai struktur sesar. Data ini menunjukkan bahwa sesar diperkirakan berkembang di daerah telitian selama Miosen Akhir hingga Pliosen Awal.

ALTERASI HIDROTHERMAL

Alterasi hidrotermal di daerah telitian dikelompokkan menjadi tiga tipe alterasi/ubahan. Zona paling dalam yang berasosiasi dengan endapan mineral adalah zona alterasi filik (**Gambar 8**) dengan ditandai kehadiran himpunan mineral kuarsa, serisit, pirit, \pm adularia dan kalsit. Zona selanjutnya adalah zona dengan himpunan mineral illit, smektit, monmorilonit, dan kaolinit yang membentuk zona alterasi argilik (**Gambar 9**). Zona terakhir adalah zona dengan tipe ubahan mineral yang kaya akan plagioklas, hornblende, dan piroksen berubah menjadi himpunan mineral klorit, kalsit, dan \pm epidot yaitu zona alterasi propilitik (**Gambar 10**).



Gambar 8. (1) Urat kuarsa LP19 alterasi filik; (2) Close up kuarsa dan adularia dengan tekstur *crustiform – colloform*; (3) Urat kuarsa LP20; (4) Kuarsa yang menunjukkan tekstur *vuggy*; (5) Breksi hidrotermal

pada CBT_1111_RMU; (6) Urat kuarsa yang menunjukkan alterasi filik CBT_1016_XC6; (7) Breksi hidrotermal pembawa mineral bijih di DEC_CBT; (8) Tekstur *cockade* pada breksi hidrotermal



Gambar 9.(1) Foto singkapan alterasi argilik pada satuan andesit Honje LP34; (2) Foto singkapan alterasi argilik pada satuan andesit Honje L36; (3) Foto *close-up* mineral kaolinit LP46; (4) Foto *close-up* mineral illit pada LP80; (5) Foto *close-up* mineral smektit pada LP35; (6) Foto *close-up* mineral monmorilonit LP21 satuan breksi Honje

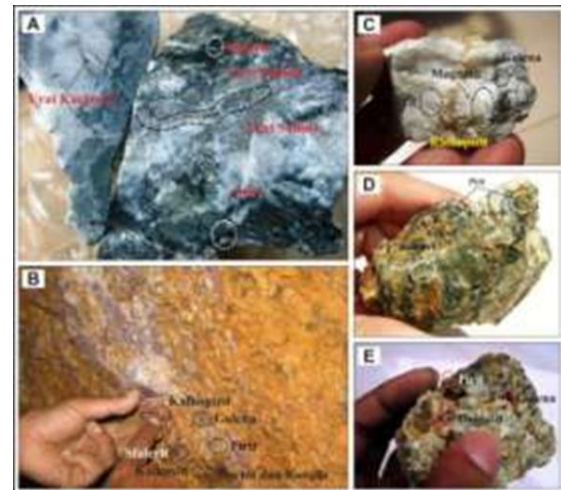


Gambar 10.(A) Andesit teralterasi propilitik LP14; (B) *Close-up* alterasi propilitik dengan kehadiran mineral klorit, pirit, kalkopirit, dan galena LP122; (C) *Hand specimen* breksi teralterasi propilitik dan kehadiran urat kuarsa LP169; (D) *Hand specimen* andesit yang menunjukkan alterasi propilitik LP106

MINERALISASI

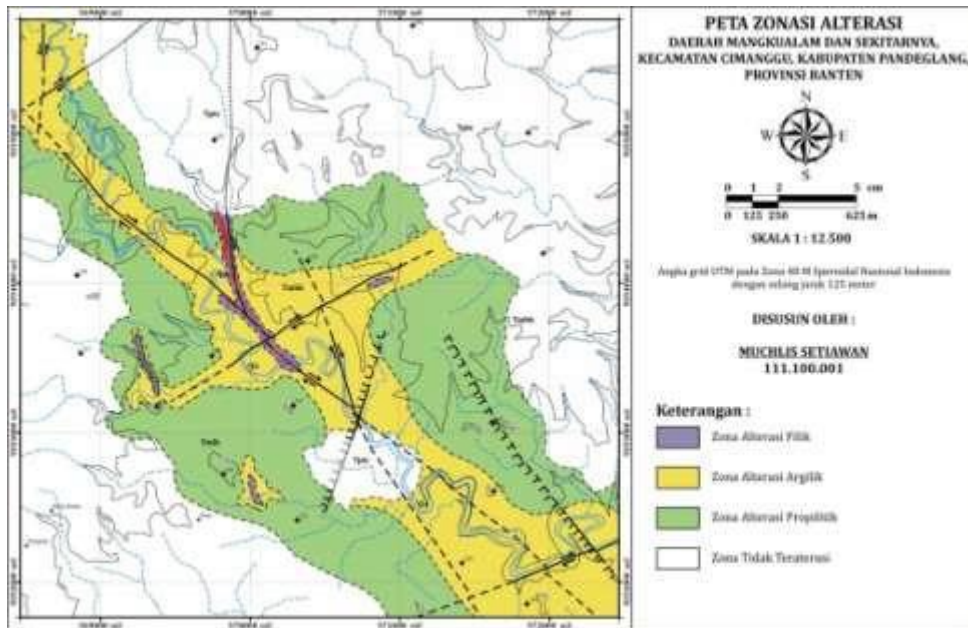
Mineralisasi di daerah teltian merupakan tipe urat (*veins*) dimana endapan bijih ekonomis terkumpul dalam urat kuarsa di dalamnya. Selain pada urat kuarsa, sendapan bijih juga terkonsentrasi dalam breksi hidrotermal dan pada batuan sampung (*host-rock*), akan tetapi mineralisasi yang terjadi pada batuan sampung tidak ditemukan dalam jumlah

yang signifikan. Endapan bijih yang ekonomis dalam urat kuarsa adalah emas, perak, dan logam dasar. Emas ditemukan dalam urat kuarsa dalam bentuk elektrum (Au,Ag) dan kavalerit (AuTe₂), sedangkan perak dalam bentuk elektrum (Au,Ag) dan argentit (Ag₂S). Logam dasar yang banyak dijumpai antara lain pirit (FeS₂), kalkopirit (CuFeS₂), galena (PbS), sfalerit (ZnS), kovelit (CuS), limonit (FeO(OH).nH₂O), dan hematit (Fe₂O₃) (**Gambar 11**). Konsentrasi endapan bijih ini terutama banyak ditemukan pada dinding *hanging-wall* Sesar Cikoneng 1 pada daerah telitian

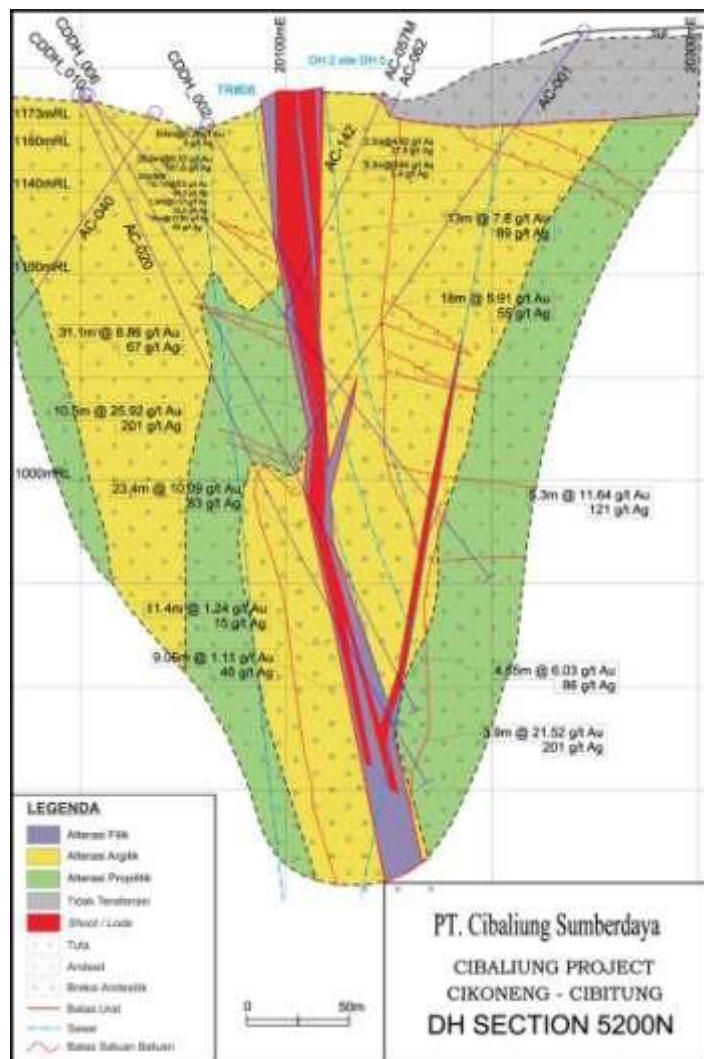


(**Gambar 12 dan Gambar 13**).

Gambar 11.(A) Mineral bijih pada CBT_XC6_1016 yang berasosiasi dengan alterasi tipe filik; (B) Mineral bijih sulfida pada dinding *hanging wall* CBT_1106_RMU; (C), (D), (E) Foto *close up* mineral bijih pada urat



Gambar 12. Peta zonasi alterasi daerah telitian (Setiawan, 2014)



Gambar 13. Penampang sayatan alterasi berdasarkan korelasi beberapa titik bor (Kurniawan, 2008. PT. CSD)

PARAGENESA

Paragenesa dan sikuen tahap hidrotermal di daerah telitian merupakan geokronologi pembentukan urat kuarsa dan proses mineralisasi. Sikuen tahap hidrotermal di daerah telitian dibagi menjadi beberapa tahap, dibagi berdasarkan waktu pembentukan dan proses mineralisasi (Leach dan Corlett, 2000).

1) *Pre-Mineral Fluidized Breccia*

Tahap ini merupakan tahap awal proses mineralisasi di daerah telitian. Indikasi yang memperlihatkan fase ini adalah kehadiran breksiasi hidrotermal yang berdekatan dengan urat utama. Urat kuarsa pada tubuh breksiasi biasanya dijumpai dalam keadaan pecah-pecah dan kadang-kadang dijumpai mineral pirit dan mineral sulfida lainnya. Hal ini merupakan petunjuk awal mineralisasi yang biasa dijumpai pada sistem urat epitermal (Corbett dan Leach, 1998). Sebaran breksiasi hidrotermal ini dalam lingkup yang sempit (lokal pada beberapa tempat) dan tidak menerus dalam satu tubuh. Alterasi yang dijumpai dalam tubuh breksiasi hidrotermal adalah alterasi tipe propilitik dengan intensitas yang lemah.

2) *Polyphasal Vein Development*

Tahap ini merupakan tahap proses mineralisasi intensif terbentuk, melibatkan proses perkembangan urat-urat kuarsa hasil dari proses sirkulasi hidrotermal. Awalnya berkembang dari urat *stockwork*, perkembangan selanjutnya secara berurutan adalah urat masif, *crustiform* dan *crustiform-colloform* (dominasi awal oleh kuarsa-adularia kemudian berkembang dengan dominasi kuarsa-clay), dan terakhir adalah tahap pembentukan breksi dengan matriks berupa lempung. Pada tahap akhir ini mineral lempung dan mineral karbonat melimpah sedangkan mineral kuarsa dan adularia mulai sedikit. Sikuen ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan sistem hidrotermal yang awalnya didominasi oleh aliran fluida panas hidrotermal menjadi sistem hidrotermal dengan dominasi kondensat dingin atau uap air permukaan yang terpanaskan (Leach dan Corlett, 2000) (**Gambar 14**).

a) Urat *Stockwork*

Urat-urat *stockwork* biasa terbentuk pada batas tepi dari urat utama. Urat *stockwork* yang biasa dijumpai di daerah telitian terisi oleh mineral kuarsa, adularia, dan mineral karbonat. Dimensi urat ini kecil dengan lebar kurang dari 1 cm dan dapat dijumpai dalam bentuk yang sangat halus (*veinlets*). Urat *stockwork* dapat dijumpai pada litologi andesit dan litologi breksi

yang merupakan batuan samping dari urat kuarsa pembawa bijih emas dan perak di daerah telitian. Mineral bijih yang dijumpai dalam urat *stockwork* adalah mineral sulfida berupa pirit, namun sangat jarang. Kadar emas dalam urat *stockwork* pun juga kecil yaitu <0,5 g/t Au.

b) Urat Masif

Urat masif terdiri atas serat-serat kasar (*brecciated*) kuarsa, adularia, dan mineral karbonat, sedangkan kehadiran mineral sulfida seperti pirit dan kalkopirit relatif tidak ada. Tekstur urat yang kasar menunjukkan bahwa pertumbuhan dan pembentukan kristal mineral yang lambat, waktu pembentukan yang lama, dan suhu yang relatif tinggi. Urat masif (*brecciated*) terdiri atas pecahan-pecahan batuan samping yang terkumpul di dalamnya dan dijumpai pada tepi zona urat dekat dengan kontak batuan samping. Batuan samping keterdapatan urat masif merupakan batuan beku vulkanik andesit. Dalam urat masif jarang mengandung mineralisasi emas yang signifikan, kadar emas di dalamnya <2 g/t Au.

c) Urat *Crustiform*

Urat *crustiform* merupakan urat kuarsa dan/atau adularia yang berlapis dan bergelombang kasar. Tekstur *crustiform* mengindikasikan perubahan kondisi yang cepat dari aliran fluida hidrotermal yang berfluktuasi. Perubahan kondisi yang dimaksud adalah perubahan antara pendinginan yang cepat (membentuk gelombang lapisan halus), melalui proses pendidihan (*boiling phase*), dan pendinginan yang lambat (membentuk gelombang lapisan kasar). Kemunculan kuarsa setelah perlapisan mineral karbonat dalam urat menunjukkan kondisi pendidihan yang setempat-setempat sebagai respon dari pelepasan tekanan secara tiba-tiba. Mineralisasi emas terjadi dalam jumlah yang sedikit yaitu <3 g/t.

d) Urat *Crustiform-Colloform*

Kemunculan dari urat *crustiform-colloform* dengan pengisi mineral kuarsa dan adularia merupakan tahap awal, kemudian berkembang dengan mulai melimpahnya lapisan mineral-mineral lempung (smektit dan/atau klorit), mineral karbonat, dan setempat muncul kaolinit. *Colloform* merupakan indikasi dari deposit material amorf yang mengalami kristalisasi kembali dan

merupakan respon dari perubahan yang sangat cepat antara pendidihan (*boiling*) dan pendinginan (*quenching*). Walaupun adularia dapat terbentuk pada saat kondisi pendidihan maupun pendinginan, namun kehadiran mineral lempung seperti smektit dan kaolinit dan terutama mineral karbonat merupakan indikasi yang kuat dari endapan hasil pencampuran fluida panas hidrotermal dengan fluida dingin air permukaan. Pada beberapa singkapan urat, mineral-mineral sulfida dijumpai berasosiasi dengan lapisan tipis berwarna gelap dari kuarsa-adularia dengan kandungan kadar Au sebesar 10 – 20 g/t. Pada lapisan yang kaya akan mineral lempung juga dijumpai mineral sulfida terutama pirit, kalkopirit, dan sfalerit dengan kadar Au > 10g/t.

e) Breksi Matriks Lempung

Breksi dengan matriks lempung terbentuk sebagai proses breksiasi secara hidrolisis dimana pecahan-pecahan urat kuarsa dan adularia terkumpul dalam matriks lempung (terutama smektit dan kaolinit). Breksi ini terdiri atas breksi retas, rotasional, dan mosaik yang mengindikasikan peningkatan derajat pengkekar. Breksi ini merupakan jenis breksi dengan kandungan kadar emas yang tinggi (~5 – 30 g/t Au). Breksi yang kaya akan mineral lempung, kemudian terjadi penurunan jumlah kuarsa sehingga dapat disimpulkan pengurangan penetrasi aliran fluida hidrotermal ke atas yang disertai dengan berkurangnya kadar emas.

3) *Post-Mineral Fault Gouge*

Proses geologi menyebabkan perkembangan struktur geologi berupa sesar dan kekar. Perkembangan sesar yang baru kemudian memotong urat-urat yang sudah terbentuk sebelumnya sehingga membentuk material berukuran lempung pada daerah perpotongan sesar dengan urat. Sesar yang memotong urat biasanya terisi oleh mineral lempung itu sendiri terutama adalah mineral smektit dan mineral sulfida.

Sesar-sesar baru yang memotong urat yang sudah ada menyebabkan perubahan dimensi urat yang terpotong dan menjadikan semakin lebar dimensinya (*jog structure*). Perubahan dimensi dari urat menyebabkan penambahan nilai kadar emas yang signifikan terutama pada *shoot* Cikoneng dan *shoot* Cibitung. Hal ini bisa diamati dengan jelas di lokasi produksi tambang bawah tanah yaitu di CBT_1016_XC6C_STH. Masalah yang timbul dalam proses produksi

pada area urat yang terpotong sesar ini adalah ketidakstabilan lubang bukaan tambang karena mineral lempung (terutama smektit) yang mengisi celah sesar yang baru mempunyai sifat yang ekspansif apabila terkena air sehingga harus disangga dengan *steelset (supporting)* (**Tabel 1**).

Tabel 1. Kadar Au dalam urat (*veins*)

Tipe Urat	Kadar Au dalam urat (g/t Au)
<i>Stockwork</i>	<0,5
Masif	<2
<i>Crustiform</i>	<3
<i>Crustiform – Colloform</i>	~1 – >30
Breksi matriks lempung	~5 – 30

ARAH DAN SEBARAN URAT KUARSA

Kekar dan sesar merupakan rekahan/celah yang dapat terisi oleh mineral akibat proses hidrotermal. Kekar menyediakan ruang akomodasi yang lebih kecil daripada sesar, oleh karena itu struktur sesar sangat erat kaitannya dalam proses mineralisasi. Hasil pengamatan pada beberapa lokasi pengamatan di daerah telitian, penulis membuat analisis mengenai arah umum (*trend*) dari urat kuarsa. Data yang digunakan antara lain adalah urat kuarsa yang di jumpai di LP19, LP23, LP29 (terdapat 2 urat kuarsa dengan kedudukan yang berbeda), LP64, LP79, LP105, dan LP121.

Arah umum dari kedudukan urat kuarsa menunjukkan terdapat dua arah yang dominan, yaitu dominan arah baratlaut – tenggara (NW – SE) dan timurlaut – baratdaya (NE – SW) dengan rincian sebagai berikut :

1. Arah baratlaut – tenggara (NW – SE) adalah arah kuarsa yang diamati pada LP19, LP23, LP29a, LP105, dan LP121.
2. Arah timurlaut – baratdaya (NE – SE) adalah arah kuarsa yang diamati pada LP29b dan LP79

KARAKTERISTIK TIPE ENDAPAN

Berdasarkan data dan parameter-parameter tipe endapan seperti jenis intrusi, batuan sampling (*host rock*), tipe ubahan/alterasi, mineral ubahan, mineral bijih utama, komoditi bijih logam, tekstur utama urat kuarsa, serta lingkungan pembentukan, maka penulis menyimpulkan bahwa tipe endapan mineral pada daerah telitian termasuk dalam tipe endapan epitermal sulfidasi rendah (*epithermal low-sulphidation*) (**Tabel 2**).

Tabel 2.Karakteristik tipe endapan

Intrusi	Andesit Porfiritik
Host rock	Lava andesit
Tipe ubahan	Filik, argilik, dan propilitik
Mineral ubahan	Serisit, kaolinit, smektit, monmorilonit, kaolinit, illit, klorit, epidot, dan mineral karbonat
Mineral bijih utama	Kalkopirit, galena, sfalerit
Komoditi logam	Au, Ag, Cu, Pb, Zn
Tekstur utama	Urut, <i>stockwork</i> , dan breksi hidrotermal
Lingkungan pembentukan	Lingkungan gunungapi Miosen (Kompleks <i>Dome Bayah</i> dan Gunung Honje)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data di lapangan dan data sekunder yang dianalisis dan diinterpretasikan maka hasil penelitian di daerah Mangkualam dan sekitarnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Daerah telitian termasuk dalam fisiografi Zona Bayah. Berdasarkan pendekatan geologi lapangan maka geomorfologi daerah telitian dapat dibagi menjadi tiga bentuk asal yaitu vulkanik, struktural, dan fluvial.
2. Stratigrafi di daerah telitian dari tua ke muda dapat dikelompokkan menjadi empat satuan batuan yaitu Satuan lava Honje (Miosen Akhir/11,4mya), Satuan breksi Honje (Miosen Akhir), Satuan tufa Cipacar (Pliosen Awal/4,9 mya), dan Endapan aluvial (Holosen – Resen).
3. Struktur geologi yang dijumpai di daerah telitian adalah kekar dan sesar. Struktur geologi ini adalah faktor penting pengontrol sebaran urat kuarsa pembawa bijih. Sesar di daerah telitian mempunyai arah umum NW – SE sebagai arah utama dan arah umum NE – SW sebagai arah minornya. Perkiraan terhadap waktu pembentukan sesar adalah pada Kala Miosen Akhir berdasarkan pendekatan waktu pembentukan satuan lava Honje, proses tektonik, dan data $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ *dating* mineral adularia pada urat kuarsa menunjukkan umur mineralisasi di daerah telitian berkisar 11,18 – 10,65 juta tahun yang lalu.
4. Alterasi di daerah telitian dibagi menjadi zona alterasi filik dengan ditandai kehadiran himpunan mineral kuarsa, serisit, pirit, \pm adularia dan kalsit. Zona selanjutnya adalah zona dengan himpunan mineral illit, smektit, monmorilonit, dan kaolinit yang membentuk zona alterasi argilik. Zona terakhir adalah zona

dengan tipe ubahan mineral yang kaya akan plagioklas, hornblende, dan piroksen berubah menjadi himpunan mineral klorit, kalsit, dan \pm epidot yaitu zona alterasi propilitik.

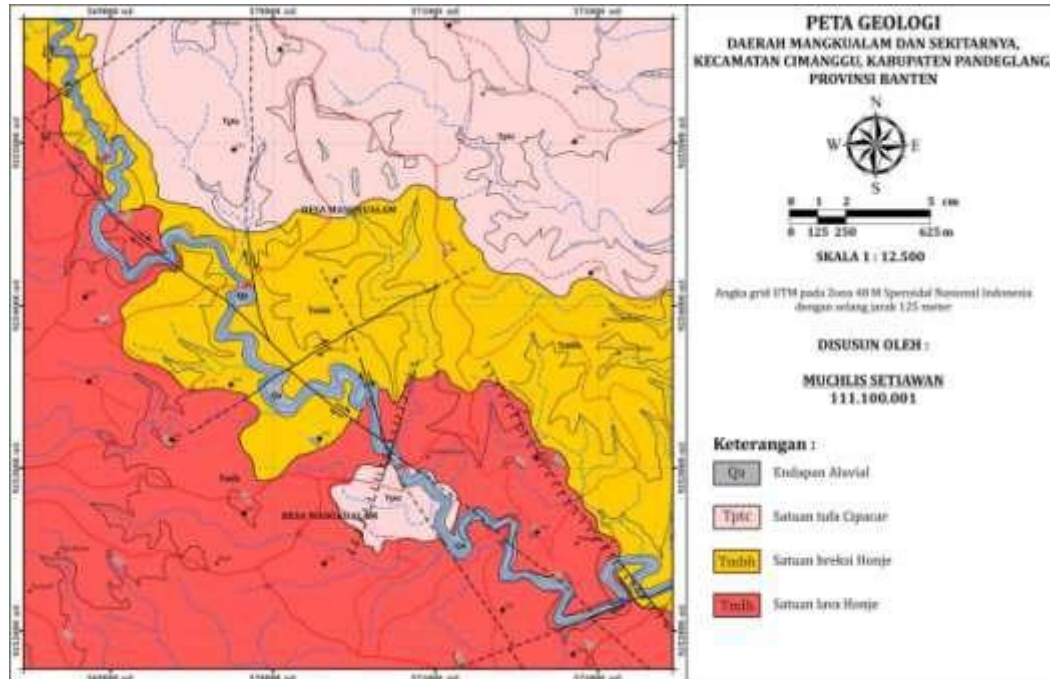
5. Mineralisasi bijih di daerah telitian antara lain electrum (Au,Ag), kalaverit (AuTe₂), pirit (FeS₂), kalkopirit (CuFeS₂), galena (PbS), sfalerit (ZnS), kovelit (CuS), limonit (FeO(OH).nH₂O), dan hematit (Fe₂O₃).
6. Tekstur pada urat kuarsa yang sering dijumpai antara lain *stockwork*, *massive quartz*, *crustiform*, *crustiform-colloform*, *cockade*, dan *vuggy quartz*. Berdasarkan data *assay* laboratorium menunjukkan pada tekstur *crustiform-colloform* mempunyai kadar yang paling tinggi yaitu mencapai 30g/t Au.
7. Berdasarkan data dan parameter-parameter tipe endapan seperti jenis intrusi, batuan sampling (*host rock*), tipe ubahan/alterasi, mineral ubahan, mineral bijih utama, komoditi bijih logam, tekstur utama urat kuarsa, serta lingkungan pembentukan, maka penulis menyimpulkan bahwa tipe endapan mineral pada daerah telitian termasuk dalam tipe endapan epitermal sulfidasi rendah (*epithermal low-sulphidation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Angeles, Ciceron A, Sukmandaru Prihatmoko dan James S. Walker (2002). *Geology and Alteration-Mineralization Characteristics of the Cibaliung Epithermal Gold Deposit, Banten, Indonesia*. Resource Geology, 52, 4, xxx-xxx.
- Basuki, A., Aditya S., D., Sinambela, D., (1994). *The Gunung Pongkor Gold Deposit, West Java, Indonesia*. Jurnal of Geochemical Exploration 50, 371 – 391.
- Bemmelen, van R. W., (1949). *The Geology of Indonesia, V.IA*. The Hague: Martinus Nijhoff.
- Bogie, I., and Mackenzie K. M., (1998). *The Application of Facies Model to an Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia*. Proceeding 20th New Zealand Geothermal Workshop.
- Buchanan, L. J., (1981). *Precious Metal Deposits Associated with Volcanic Environment in the Southwest*, dalam Dickson, W. R., dan Payne W. D., eds., *Relation to Tectonic to Ore Deposits in the Southern Cordillera* : Arizona Geological Society Digest, vol. 14, hal. 237-262.
- Corbett, G. J. & Leach, T. M., (1996). *Southwest Pacific Rim Gold / Copper System: Structure, Alteration and Mineralization*,

A workshop presented for the Society of Exploration Geochemist, Townsville.

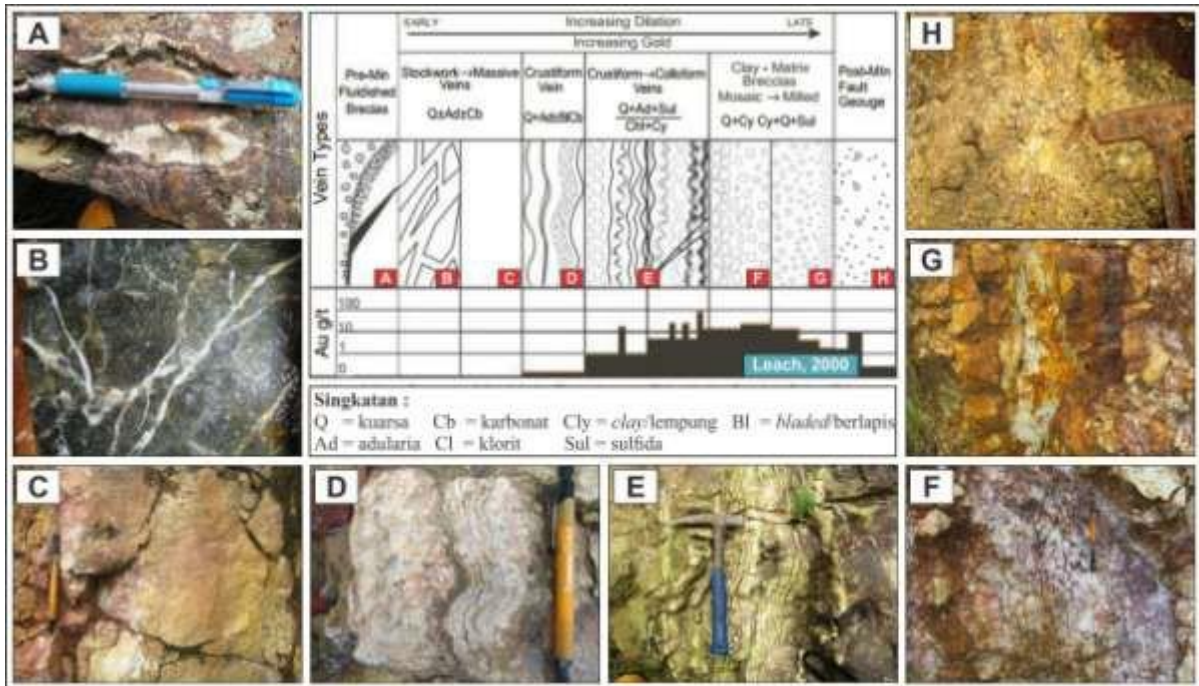
- Harijoko, A., Sanematsu, K., Duncan, R. A., Prihatmoko, S. dan Watanabe, K., (2004). *Timing of The Mineralization and Volcanism at Cibaliung Gold Deposit, Western Java, Indonesia*. Resour. Geol., 54, 187-195.
- Hedenquist, J. W., (1987). *Mineralization Associated with Volcanic Related Hydrothermal System in the Circum Pacific basin*. Hal 515. In : M. K. Horn, Trans. Fourt Circum – Pacific Energy and Mineral Resources.
- Howard, A. D., (1967). *Drainage Analysis in Geologic Interpretation*. A Summation: AAPG Bulletin V. 51, P. 2246-2259.
- Leach, T. M. And Corbett, G. J., (1995), *Characteristics of low sulphidation gold-copper systems in the Southwest Pacific*. Pacific Rim Congress, vol. 95, hal 19-22.
- Lingrend, W. (1933). *Mineral Deposit*. USA : McGraw-Hill Book Company. Inc.
- Marcoux, E., dan Milesi, J., P. (1994). *Epithermal Gold Deposit in West Java, Indonesia : Geology, age and crustal source*. J. Geochern. Explor., 50, 393-408.
- Pirajno, F., (1992), *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concept for the Exploration Geologist*. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris.
- Rickard, M. J., (1972). *Fault Classification Discussion : Geological Society of America Bulletin*. Vol. 83, hal 2545-2546.
- Sudana, D., dan Santosa, S., (1992). *Geology of the Cikarang Quadrangle, Java*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Williams, H., Turner F. J., and Gilbert C. H., (1954). *Petrography an Introdition to the Study of Thin Sections*. W. H. Freeman and Company, San Fransisco.
- Zuidam, van R. A., (1983). *Applied Geomorphological Surveys and Natural Hazard Zoning*. International for Aerospace Surface and Earth Science (ITC), Enschede, the Netherland



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Mangkualam Dan Sekitarnya

UMUR GEOLOGI		SATUAN BATUAN	TEBAL	SIMBOL SATUAN BATUAN	PEMERIAN	FASIES LINGKUNGAN PEMBENTUKAN (Bogie & Mackenzie, 1998)
HOLOSEN	PLISTOSEN	Endapan Aluvial	2,5 m		Endapan Aluvial (Qa), terdiri atas material tidak terkonsolidasi berukuran lempung - bongkah, hasil pengendapan batuan asal yang mengalami pelapukan dan erosi. Material berupa pecahan andesit, breksi, rijang, fosil kayu, kuarsa, tufa, dan batuapung.	Distal
PLIOSEN	AKHIR	Satuan tufa Cipacar	70 m		Satuan tufa Cipacar (Tptc), terdiri atas vitrik tuf dan lapili tuf. Vitrik tuf tersusun atas dominasi debu vulkanik, lapili tuf tersusun atas litik andesit, batuapung, dan mineral opak, serta tidak mengalami alterasi. Tergolong dalam batuan <i>post-mineralization</i> .	Medial
MIOSEN	AKHIR	Satuan breksi Honje	300 - 425 m		Satuan breksi Honje (Tmbh), tersusun atas breksi vulkanik dengan fragmen litik andesit dengan matriks batupasir berukuran sedang. Struktur masif dan kompak. Sebagian besar telah teralterasi propilitik dan secara setempat teralterasi argilik. Merupakan salah satu <i>hostrock</i> endapan hijau dan tergolong batuan <i>pre-mineralization</i> .	Central - Proximal
		Satuan lava Honje			Satuan lava Honje (Tmlh), tersusun atas andesit. Pada beberapa titik pengamatan menunjukkan tekstur aliran dan <i>shilling joint</i> . Struktur masif, skoria, amigdaloidal, dan autobreksia. Merupakan <i>hostrock</i> dari endapan bijih di daerah telitian. Teralterasi propilitik dan argilik. Termasuk batuan <i>pre-mineralization</i> .	

Gambar 3. Kolom Stratigrafi Daerah Mangkualam Dan Sekitarnya



Gambar 14.(A) Urat breksiasi yang mengindikasikan tahap awal dimulainya proses mineralisasi (*pre-mineralization*); (B) Urat *stockwork* sebagai fase awal terjadinya mineralisasi; (C) Urat masif sebagai awal pembentukan urat, mengindikasikan pembentukan yang lambat, tekanan tinggi dan temperatur yang tinggi; (D) Urat *crustiform*, mengindikasikan perubahan kondisi yang cepat dari aliran fluida hidrotermal yang berfluktuasi (dari suhu fluida yang panas menjadi dingin); (E) Urat *crustiform-colloform*, indikasi peralihan sistem urat yang kaya mineral kuarsa dan/atau adularia menjadi didominasi mineral lempung (smektit dan kaolinit); (F) dan (G) Tahap breksiasi dengan matriks berupa mineral lempung lanjutan dari proses pengkayaan mineral bijih terutama pada urat; (H) Tahap akhir setelah proses mineralisasi berhenti dan urat-urat yang sudah ada dipotong oleh sesar-sesar yang baru, didominasi oleh mineral lempung terutama smektit dan mineral sulfida, kadar Au relatif tinggi.