

GEOLOGI DAN ANOMALI GEOKIMIA DAERAH TAKOME, KECAMATAN KAO TELUK KABUPATEN HALMAHERA UTARA, MALUKU UTARA

Doni Ronal S, Sapto Kis Daryono, Firdaus Maskuri
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 - Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah Kecamatan Kao, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara. Secara geografis terletak pada koordinat UTM 348000 mE – 352500 mE dan 117000 mN – 125000 mN dengan skala 1:12.500. Luas daerah penelitian yaitu 15,75 km² dengan panjang 4,5 km dan lebar 3,5 km. Stratigrafi daerah telitian, yaitu lava basalt (Miosen Akhir), lava andesit (Miosen Akhir), intrusi diorit (Miosen Akhir), intrusi andesit (Miosel Akhir), breksi vulkanik (Miosen Akhir – Pliosen Awal) dan endapan aluvial (Holosen). Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian terdiri dari sesar naik, sesar mendatar kanan dan kekar dengan arah relatif baratlaut – tenggara (N 289° E/53°, 296° E/60°), dan berarah utara - selatan (N013° E/77°).

Analisis geokimia yang dilakukan pada contoh dari daerah telitian berupa analisis kimia basah menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) terhadap sampel-sampel batuan terubah hidrotermal/termineralisasi digunakan untuk mendeteksi terutama kandungan unsur-unsur yang erat kaitannya dengan proses terjadinya cebakan bijih epitermal (Au, Ag, Cu, Pb, Zn dan Mo). AAS merupakan salah satu metode dalam *bulk composition of rock or minerals* (komposisi kimia keseluruhan dari batuan atau mineral). Alterasi hidrotermal pada daerah telitian dapat dikelompokkan pada tipe mineralisasi "epitermal sulfidasi rendah" dicirikan oleh kehadiran mineral pirit, kalkopirit serta kuarsa dan umumnya menunjukkan suhu pembentukan berkisar 200-2500 C.

Kata-kata kunci : geokimia, AAS, hidrotermal, epitermal sulfidasi rendah

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia terdiri dari jalur-jalur busur vulkanik dengan total panjang busur sekitar 7000 km dimana sebagian besar merupakan segmen-segmen yang mengandung endapan mineral (Carlile dan Michell, 1994). Ada enam jalur busur magmatik di Indonesia yang merupakan jalur utama mineralisasi logam. Salah satunya pada jalur Maluku.

Geokimia merupakan ilmu yang menggunakan prinsip dan teknologi dalam bidang kimia untuk menganalisis dan menjelaskan mekanisme di balik sistem geologi dalam hal ini mencakup mineralisasi hidrotermal. Mineralisasi hidrotermal kebanyakan terbentuk pada busur vulkanik-plutonik berasosiasi dengan zona subduksi, dengan umur yang hampir sama dengan vulkanismenya. Deposit ini terbentuk pada suhu < 3000C dan terletak pada kerak dengan kedalaman rendah, biasanya < 1km.

Eksplorasi geokimia bertujuan untuk mengkonsentrasikan pada pengukuran kandungan, distribusi, migrasi dan unsur-unsur yang berhubungan erat dengan bijih, dengan tujuan mendeteksi endapan bijih. Dalam pengertian yang lebih sempit eksplorasi geokimia adalah pengukuran secara sistematis satu atau lebih unsur jejak dalam batuan, tanah, sedimen sungai aktif, vegetasi, air atau gas, untuk mendapatkan anomali geokimia yaitu konsentrasi abnormal dari unsur tertentu yang kontras terhadap lingkungannya. Anomali yang dapat dihubungkan dengan bijih merupakan suatu anomali yang signifikan, sedangkan yang tidak dihubungkan dengan bijih disebut anomali non-signifikan.

Maksud dilakukan penelitian ini adalah untuk memahami mengenai anomali geokimia yang terdapat pada daerah telitian, serta untuk mengetahui distribusi unsur yang memiliki hubungan erat dengan endapan bijih. Sehingga dapat memudahkan dalam melakukan eksplorasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan anomali geokimia yang diharapkan berhubungan dengan endapan bijih yang terdapat pada daerah telitian sehingga dapat dilakukan tahapan eksplorasi lebih lanjut. Serta mengetahui geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, dan sejarah geologi daerah telitian. variasi kandungan unsur kimia, mineral bijih, dan tekstur. Berdasarkan aspek-aspek tersebut akan dapat dibuat zona - zona ubahan serta pola sebaran unsur kimia, sehingga dapat diketahui pola penyimpangan.

Lokasi daerah telitian terletak di lengan utara Pulau Halmahera, Provinsi Maluku Utara, Indonesia bagian timur, berjarak 35 Km dari kota pesisir Sofifi. Secara administratif lokasi daerah penelitian masuk dalam Desa Takome Kecamatan Kao Teluk. Secara geografis terletak pada koordinat N 350500 mE – 346082 mE dan 359804 mE 112400 – 119776 mE zona 52 N, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara pemetaan geologi permukaan dengan pengambilan contoh dan analisis geokimia contoh batuan. Secara umum metodologi penelitian dibagi menjadi 4 tahapan, yaitu: tahap pendahuluan, tahap pengambilan data, tahap analisis dan pengolahan data dan tahap penyusunan laporan dan penyajian data.

1. Tahap Pendahuluan

Tahap pendahuluan merupakan tahap dilakukannya persiapan penelitian berupa studi pustaka, penentuan lokasi penelitian, administrasi dan perijinan, layout peta topografi, analisis peta (topografi dan foto udara), serta persiapan alat lapangan berupa kompas geologi, Global Positioning System (GPS), palu geologi, lup geologi, larutan HCl, buku catatan lapangan, alat tulis, peta topografi 1: 12.500 dan perlengkapan lainnya. Persiapan materi dilakukan dengan mempelajari literatur yang berkaitan, interpretasi peta topografi dan bimbingan, hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi dasar sebelum peneliti melakukan penelitian di lapangan.

2. Tahap Pengambilan Data

Tahap ini merupakan tahap dilakukannya pencarian dan pengumpulan data primer maupun data sekunder. Kegiatan yang dilakukan pada tahap pengumpulan data primer adalah pemetaan geologi permukaan dengan skala 1:12.500. Detail kegiatan pada tahapan ini diantaranya adalah:

- Observasi geomorfologi, yang terdiri dari pengamatan morfologi dan bentang alam, pengamatan pola aliran sungai meliputi tipe genetik dan tingkat erosi sungai serta penentuan satuan geomorfologi.
- Observasi singkapan, meliputi deskripsi litologi mencakup hipotesis batuan, stratigrafi awal, kandungan mineral ubahan dan intensitas ubahan, serta pengambilan contoh batuan baik batuan yang telah berubah maupun batuan yang belum berubah untuk dilakukan analisis laboratorium.
- Observasi kenampakan struktur permukaan, meliputi pengukuran terhadap breksiasi, kekar tarik, kekar gerus, dan urat (vein) yang terdapat di daerah penelitian serta hipotesis mengenai kemenerusan sesar.
- Observasi potensi geologi berupa potensi yang berdampak positif dan negatif.
- Dokumentasi, pembuatan peta lintasan & lokasi pengamatan, peta geomorfologi, peta geologi, dan peta alterasi sementara.

3. Tahap Analisis dan Pengolahan Data

Tahapan ini merupakan tahapan dilakukannya analisis dan pengolahan data yang dilakukan di studio dan laboratorium disertai diskusi antara penulis dengan pembimbing, baik pembimbing formal maupun pembimbing yang tidak formal. Analisis dan pengolahan data ini harus berdasarkan atas konsep-konsep geologi dan juga didukung dari studi referensi tentang topik terkait. Adapun analisis yang dilakukan pada tahapan ini diantaranya:

- Analisis Geomorfologi
Terdiri dari penentuan satuan geomorfik secara genetik dan deskriptif pada daerah telitian mengacu pada van Zuidam (1983) dan Verstappen (1985). Serta tipe genetik dan pola aliran yang mengacu pada Howard (1967).
- Analisis Struktur Geologi
Tahap ini diawali dengan analisis pemerian unsure - unsur struktur yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi jenis, kedudukan, dan orientasi sekaligus dimensi dari unsur struktur yang ada. Sedangkan analisis selanjutnya merupakan analisis dinamika dan kinematika dengan menggunakan metode stereografi dengan program "Dips version 5.1". Penamaan struktur sesar didasarkan pada klasifikasi Rickard (1972).
- Analisis Petrografi
Analisis ini bertujuan untuk mengetahui nama dari setiap contoh batuan yang diperoleh selama di lapangan, dilihat dari tekstur, struktur dan komposisi mineral pada batuan yang terdapat pada daerah telitian, dengan mengacu pada klasifikasi Wiliam (1982). Sedangkan untuk menentukan jenis alterasi mengacu pada Corbett & Leach (1998).
- Analisis Kimia batuan
Metode analisis kimia yang digunakan adalah Atomic Absorption Spectrometry (AAS). Analisis ini dilakukan di laboratorium Kimia Analitik terhadap percontoh batuan/urat kuarsa terpilih untuk mendeteksi terutama kandungan unsur-unsur yang erat kaitannya dengan keterjadian cebakan bijih epitermal (Au, Ag, Cu, Pb, Zn dan Mo).

4. Pengolahan dan Analisis Data

Merupakan tahap akhir dari semua tahap yang ada. Data-data yang diperoleh baik di lapangan maupun dari hasil analisa laboratorium dianalisis dan diinterpretasikan serta disajikan dalam bentuk peta dan laporan.

Geologi Regional

Berdasarkan peta geologi lembar Ternate, Maluku Utara yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan pengembangan Geologi Bandung, fisiografi pulau Halmahera dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu Mandala Halmahera Timur, Halmahera Barat, dan Busur Kepulauan Gunung Api Kuarter. Secara umum geologi lengan timur dan barat Halmahera sangat berbeda bukan hanya secara tektonik tetapi juga evolusi formasi geologinya telah menghasilkan jalur yang sangat berbeda. Lengan timur Halmahera memiliki batuan ultrabasa sebagai batuan dasar dan batuan sedimen di atasnya dari Formasi Dodogadan Formasi iDorosagu yang berumur Eosen. Setelah ada jeda waktu sedimentasi sejak Eosen Akhir hingga Oligosen Awal, terjadi aktivitas vulkanik yang menghasilkan material vulkanik. Sementara itu terbentuk batuan sedimen dan batuan karbonat. Selama Kala Kuarter Halmahera Timur mengalami pengangkatan dan erosi.

Struktur Regional

Kepulauan Indonesia terletak di antara lempeng tektonik Australia, Eurasia, Filipina dan Pasifik. Laut Maluku di sebelah barat Halmahera merupakan zona tumbukan antara busur vulkanik Sangihe dan Halmahera. Lempeng laut Maluku menunjam ke arah timur di bawah lempeng laut Halmahera dan Filipina, sejak Paleogen dan telah menghasilkan empat busur vulkanik di lengan barat Halmahera). Keempat formasi gunung berapi-sedimen tersebut yaitu Formasi Bacan (Paleogen), Formasi Gosowong (Miosen Atas), Formasi Kayasa (Pliosen), dan Formasi Vulkanik Kuartar, yang tetap aktif sampai hari ini (Marjoribanks, 1997). Halmahera Timur dan Barat mewakili dua daerah tektonik yang berbeda. Perkembangan tektonik Halmahera Timur yang dapat dilihat diperkirakan dimulai antara Kapur Akhir sampai Awal Tersier. Sesar naik berarah Utara – Selatan di bagian tengah dan lengan selatan Halmahera. Di Halmahera tengah jalur lipatan sesar naik ini membentuk batas antara batuan dasar ofiolitik dibagian Timur dan batuan dasar busur vulkanik dibagian Barat. Dilengan Selatan, basemen vulkanik ini diterobos oleh sedimen Neogen. Sesar konjugate berarah Timurlaut – Baratdaya dan Barat – Baratlaut – Timur – Tenggara yang muncul diseluruh daerah ini. Set yang terakhir meliputi sesar transform yang berasosiasi dengan busur vulkanik aktif. Sesar normal listrik berarah Utara – Selatan dan Timur-Barat seperti pada urat kuarsa Gosowong dan Ruwait. Batuan berumur Pliosen dilengan utara didaerah Gosowong terlipat dengan arah Sumbu Timur – Barat.

Stratigrafi Regional

Secara rinci batuan penyusun masing-masing formasi diuraikan dari formasi yang tertua sampai formasi yang termuda adalah sebagai berikut :

1. Formasi Gosowong

Formasi Gosowong merupakan batuan tertua di daerah telitian dan terdiri dari dua paket batuan vulkanik submarin masif yang dibedakan dari komposisi dan posisi stratigrafinya, yaitu paket andesitik dan paket basaltik. Penentuan umur dengan metoda radiometri ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) dari basaltik andesit Formasi Gosowong menghasilkan umur dengan kisaran 2,6-5.4Ma (Vasconcelos, 1998). Dengan metoda isotop zirkon U-Pb menghasilkan umur $3,73 \pm 0.22$ Ma dari lava andesit Formasi Gosowong (CODES, tidak dipublikasikan).

a) **Paket andesitik** terdiri dari serangkaian lava pirik feldspar plagioklas berbutir halus, lava *aut obrecciated* dan satuan vulkaniklastik. Satuan vulkaniklastik termasuk konglomerat, batupasir dan batulumpur. Satuan lava berwarna abu-abu sampai kehijauan dan berbutir halus, dengan plagioklas dan fenokris mafik halus dalam massa dasar berbutir halus dan kristal plagioklas gelas dan oksida yang *interlocking*. Satuan vulkaniklastik bertipe polimiktik, didukung klastik *subrounded* dan terpilah baik. *Mudstone* vulkaniklastik dicirikan oleh hematit yang ditafsirkan merupakan paleooksidasi dari pengendapan di lingkungan laut dangkal.

b) **Paket basaltik** secara selaras mendasari paket andesitik. Dasar dari satuan basaltik sampai saat ini belum tertembus oleh pengeboran, sehingga satuan basaltik memiliki ketebalan yang signifikan yaitu lebih dari 650m. Satuan basaltik terdiri dari serangkaian lava pirik piroksen augit *intermediate* berbutir halus dan satuan vulkaniklastik. Endapan vulkaniklastik termasuk konglomerat dan batupasir. Satuan lava berwarna abu-abu gelap sampai kehijauan dan berbutir halus, dengan fenokris plagioklas-augit dalam massa dasar berbutir halus dan kristal plagioklas-augit-apatit, gelas dan oksida yang *interlocking*.

2. Formasi Kayasa

Formasi Kayasa diendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Gosowong. Majoribanks (1997) telah mengamati dari foto udara, dan terlihat kemiringan perlapisan Formasi Kayasa lebih landai dari Formasi Gosowong. Batuan vulkanik terdiri dari suatu seri lava dasit *intermediate*/menengah dengan tekstur pirik feldspar berukuran butir halus sampai sedang dan endapan vulkaniklastik. Batuan ini dicirikan oleh fenokris kuarsa dengan sedikit *subrounded* dan sebelumnya telah dikenal sebagai kuarsa andesit. Formasi Kayasa bertipe tidak teralterasi sampai teralterasi propilitik sedang (alterasi regional), sebaliknya terlihat jelas (pada kontak) dan teralterasi sangat kuat di Formasi Gosowong. Pendatingan dengan metoda radiometri ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$), umur Formasi Kayasa berada pada kisaran 3.7 Ma (Vasconcelos, 1998). Kedua Formasi di atas kemudian secara lokal diintrusi oleh andesit porfiri dan diorit kuarsa, yang kadang-kadang berasosiasi dengan mineralisasi emas-tembaga.

3. Endapan Kuartar

Suatu sekuen Kuartar dari unit piroklastik terbentuk di sepanjang dataran rendah di selatan daerah. Sekuen piroklastika terdiri dari kombinasi dari jatuhan subaerial dan kemungkinan aliran endapan dimana terdiri dari material dengan konsolidasi buruk, pemilahan buruk sampai baik, debu vulkanik masif sampai berlapis, *pumice*/batu apung (flame) dan fragmen vulkanik lainnya. Satuan ini tidak teralterasi/terubah dan tidak termineralisasi serta teramati secara luas di selatan daerah penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian termasuk dalam fisiografi Mendala Halmahera Barat yang mana morfologinya tersusun atas pegunungan berlereng terjal sampai curam yang merupakan cerminan dari batuan keras. Daerah penelitian telah mengalami perubahan morfologi, perubahan ini disebabkan oleh proses-proses geomorfologi yang berupa proses endogen dan eksogen. Secara endogen dipengaruhi oleh variasi litologi yang dominan. Sedangkan secara eksogen dipengaruhi oleh proses pelapukan batuan dan proses erosi. Terdapat dua sungai utama yang terdapat didaerah telitian yaitu Sungai

Dumdum dan Sungai Cibok, dan beberapa anak sungai mengalir ke sungai induk. Pola pengaliran pada daerah penelitian dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan klasifikasi A.D. Howard (1967) yaitu pola aliran subdendritik dan pola aliran subpararel. Dasar pembagian satuan geomorfologi daerah telitian penulis mengacu pada klasifikasi morfologi menurut modifikasi Van Zuidam, 1983 tentang Sistem Pemetaan Geomorfologi, diantaranya adalah (**Gambar 1**):

1. **Perbukitan Intrusi (V1)**

Satuan bentuk lahan ini menempati $\pm 18\%$ dari seluruh daerah telitian. Satuan bentuk lahan ini terletak pada bagian barat daerah telitian dengan morfologi berupa perbukitan bergelombang. Kemiringan lereng agam curam – curam (14% -55%) berdasarkan Van Zuidam, 1983. Memiiki pola pengaliran subdendritik dengan relief antara 125 – 450 mdpl. Litologi yang terdiri atas intrusi diorite, andesit dan aliran lava basalt dan andesit.

2. **Lembah Intrusi (V2)**

Satuan bentuk lahan ini menempati $\pm 32\%$ dari daerah telitian. Satuan bentuk lahan ini terletak di bagian tengah daerah telitian. Kemiringan lereng agam curam – curam (14% -55%) berdasarkan Van Zuidam, 1983. Memiliki pola aliran berupa subdendritik. Litologi peyusun didominasi oleh intrusi diorite, aliran lava basalt dan breksi vulkanik.

3. **Lereng Vulkanik (V3)**

Satuan bentuk lahan ini mencapai $\pm 47\%$ dari daerah telitian. Secara morfologi didominasi oleh lereng, dengan kemiringan lereng berkisar 3% - 13%, termasuk dalam kategori landai sampai miring. Pada satuan bentuk lahan ini dipengaruhi oleh adanya aktifitas vulkanime. Memiliki pola aliran subdendritik sampai subparalel.

4. **Tubuh Sungai (F1)** Tubuh sungai utama (Sungai Dumdum) memiliki lembah berbentuk “U”. Sungai ini memanjang dari utara ke selatan dengan dasar sungai berupa endapanaluvial dan bermuara ke laut dengan membawa material sedimen berukuran bongkah hingga lempung. Satuan ini menempati $\pm 3\%$ dari luas daerah telitian.

Geologi Daerah Takome

Penyusunan stratigrafi daerah telitian didasarkan pada kesamaan ciri litologi dominan yang ada di daerah telitian. Secara umum litologi penyusun daerah telitian berupa batuan vulkanik dan vulkanik klastik serta beberapa intrusi. Kesebandingan dalam pembagian satuan batuan tersebut telah peneliti sebandingkan dengan stratigrafi daerah terdekat yaitu stratigrafi daerah Gosowong dan sekitarnya, dimana tersusun atas basalt firik augit, vulkaniklastik, lava andesit-basaltik, batuan intrusi andesit-diorit, dasit-andesit kuarsa, dan piroklastik Kwarter (Marjoribanks, 1997, dalam Richard dan Priyono, 2004). Hubungan stratigrafi antar satuan batuan didasarkan pada posisi stratigrafi dan mengacu pada peneliti pendahulu. Dalam penentuan satuan batuan ini digunakan metode kesamaan ciri litologi dan dominasinya dalam sebaran horisontal dan vertikal. Dalam penamaan satuan mengacu pada Sandi Stratigrafi Indonesia (1996), dengan sistem penamaan tidak resmi (**Gambar 2**).

1. **Lava Basalt Gosowong**

Satuan lava basalt tersingkap di beberapa lokasi dan hampir menempati $\pm 8\%$ dari lokasi daerah telitian. Sebagian besar batuan telah mengalami ubahan komposisi mineral menjadi mineral lempung. Batuan ini diendapkan dengan mekanisme aliran yang dicirikan dengan ditemukannya *shetting joint*, menurut Bogie & Mackenzie (1988) dalam Bronto (2006), basalt yang secara fisik berupa lava masuk kedalam fasies proximal. Satuan ini diendapkan pada miosen akhir dan hubungan dengan satuan batuan sebelumnya tidak diketahui.

2. **Lava Andesit Gosowong**

Satuan lava andesit tersingkap di beberapa lokasi dan menempati $\pm 10\%$ dari lokasi daerah telitian. Kenampakan dilapangan dijumpai adanya urat kuarsa serta urat halus yang terisi oleh kalsit dan klorit, memiiki struktur berupa autobreksia serta kekar kolom. Satuan lava andesit memiliki hubungan berangsur dengan satuan lava basalt yang berada dibawahnya.

3. **Satuan Breksi Vulkanik Gosowong**

Satuan breksi vulkanik Gosowong tersingkap di beberapa lokasi dan menempati $\pm 40\%$ dari lokasi daerah telitian. Pada umumnya satuan batuan ini telah terubah, namun di beberapa lokasi pengamatan satuan ini belum terubah dan tersingkap dengan baik. Ketebalan satuan batuan ini belum bisa teridentifikasi dengan baik. Satuan ini diendapkan pada miosen akhir dan hubungan stratigrafi selaras dengan satuan batuan yang ada dibawahnya.

4. **Intrusi Diorit**

Sebaran dari satuan intrusi diorit pada daerah telitian cukup luas. Satuan intrusi diorit tersingkap di beberapa lokasi dan menempati $\pm 45\%$ dari lokasi daerah telitian. Pada pengamatan dilapangan dijumpai intrusi ini menerobos lava basalt Gosowong dengan ditemukannya kenampakan dilapangan berupa xenolith lava basalt pada satuan tubuh intrusi diorite. Berdasarkan rekonstruksi pada penampang geologi diperkirakan intrusi ini menerobos semua batuan sebelumnya, sehingga dapat diasumsikan umur batuan intrusi diorit ini Pliosen Awal (Marjoribanks, 1997, dalam Richard & Priyono, 2004). Pada daerah telitian hamper semua satuan batuan termasuk intrusi diorit mengalami ubahan hidrotermal, diperkirakan terjadi intrude berikutnya yang tidak tersingkap dipermukaan, Menurut peneliti pendahulu Marjoribanks (1997) dalam Richard & Priyono (2004) menatakan bahwa formasi diatas kemudian secara local diintrusi oleh andesit porfiri da diorite kuarsa. Diperkirakan intrusi andesit inilah yang terakhir mengintrusi dan tidak tersingkap dipermukaan.

5. **Endapan Aluvial** Satuan ini merupakan material lepas akibat dari aktivitas sungai dan endapan hasil rombakan dari batuan disekitarnya. Satuan endapan alluvial ini tersebar pada sepanjang daerah aliran sungai utama diantaranya S.

Dumdum. Ditinjau dari keberadaannya yang mengalami kontak langsung dengan beberapa singkapan satuan breksi vulkanik Gosowong serta satuan intrusi diorite dan andesit maka dapat ditarik kesimpulan bahwa satuan ini menumpang secara tidak selaras di atas satuan breksi vulkanik Gosowong. Jenis ketidakselarasannya adalah *disconformity*, dimana diyakini bahwa kontak diantaranya berupa bidang erosional. Diperkirakan umur satuan batuan ini holosen-resent.

Struktur yang bekerja di daerah telitian dan sekitarnya berkaitan dengan aktivitas vulkanik dan tektonik regional. Struktur yang terbentuk pada daerah penelitian adalah kekar dan sesar. Kekar di daerah penelitian berupa kekar gerus (*shear fracture*) sebagai hasil dari *compression stress*, dan kekar tarik (*tension joint*) sebagai hasil dari *tensional stress*. Dalam kaitannya dengan alterasi hidrotermal di daerah telitian, keberadaan beberapa sesar menjadi sangat penting sebagai jalur utama fluida hidrotermal yang mengubah batuan disampingnya sehingga pada akhirnya akan sangat mempengaruhi bagaimana pola sebaran dari beberapa tipe alterasi hidrotermal. Hasil dari analisa kekar yang terdapat pada daerah telitian menunjukkan arah umum gaya yang bekerja relatif berarah NW – SE.

Urutan kejadian geologi pada daerah telitian dimulai pada kala miosen akhir, dapat diinterpretasikan bahwa daerah telitian memiliki dua periode tektonik. Periode pertama ditandai dengan pembentukan gunung api tersier ada bagian barat hingga utara daerah telitian, dan periode kedua dimulai dengan struktur geologi dimana sesar yang berkembang memotong semua batuan yang terdapat pada daerah telitian. Pada awal miosen akhir terjadi ekstrusi pada gunung api di utara daerah telitian, dimulai dengan pengendapan lava basalt Gosowong yang diikuti dengan lava andesit Gosowong serta produk terakhir berupa breksi vulkanik Gosowong. Pada Pliosen awal terjadi intrusi setempat pada bagian barat daerah telitian yang kemudian di intrusi oleh diorite dan diinterpretasikan sebagai tahap akhir dari intrusi selanjutnya. Proses alterasi dan mineralisasi diperkirakan pada saat mulai berlangsungnya intrusi diorit dan intrus terakhir (?) yang menerobos melalui rekahan serta zona-zona lemah yang terbentuk setelah pengendapan.

Ditinjau dari dampak yang diperoleh, potensi geologi daerah penelitian dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Potensi Geologi Positif Berdasarkan beberapa aspek seperti nilai ekonomis, pengaruh terhadap kehidupan rakyat banyak, dan genesa bahan galian, pada daerah telitian terdapat berbagai jenis bahan galian golongan B, dan C. Bahan galian golongan B pada daerah telitian yaitu berupa bahan galian logam emas (Au).
2. Potensi Geologi Negatif merupakan bencana geologi yang terdapat di daerah penelitian. Bencana geologi yang terjadi pada daerah telitian dan sekitarnya yaitu gerakan tanah. Gerakan tanah terjadi akibat kemiringan lereng yang curam dan termasuk daerah jalur patahan aktif yang rentan terhadap proses erosi dan struktur geologi.

Alterasi Hidrotermal

Secara umum tipe alterasi di daerah telitian terbagi atas beberapa zona alterasi berdasarkan pengamatan secara megaskopis dan mikroskopis, peneliti tidak melakukan analisa ASD guna mengetahui mineral lempung yang dominan dalam penentuan zona, dalam hal ini mengacu pada Corbett and Leach, 1998, diantaranya:

1. **Tipe Alterasi Argilik**, keberadaan alterasi argilik pada daerah penelitian mempunyai pelampiran yang cukup luas yaitu berada di zona sekitar ditemukannya silisifikasi di lapangan. Penyebaran tipe alterasi argilik di sebelah tengah, timur laut dan tenggara setelah alterasi silisifikasi daerah penelitian relatif sejajar dengan arah kedudukan urat mineralisasi, hal ini disebabkan karena fluida hidrotermal yang membentuk tipe alterasi argilik daerah tersebut intensif bekerja menerobos permeabilitas primer batuan dan permeabilitas sekunder dengan hadirnya urat-urat kuarsa (*veinlets*) yang mengisi kekar - kekar di lapangan. Tipe ini berasosiasi dengan urat kuarsa yang dicirikan dengan hadirnya berupa kuarsa (SiO₂) dan kalsedon (SiO₂) yang bisa dihasilkan dari devitrifikasi abu vulkanik serta berasosiasi dengan *stockwork* yang terisi oleh mineral silika. Mineral kuarsa dan kalsedon menunjukkan warna putih bening dan pada beberapa tempat keabuan, menunjukkan berbagai tekstur pengisian (*open space* dan *vug infilling*).
2. **Tipe Alterasi Propilitik**, singkapan - singkapan yang menunjukkan tipe alterasi klorit propilitik ditemukan di sebelah barat dan timur daerah penelitian dimana ditemukan urat mineralisasi. dilihat dari hasil pengamatan secara mikroskopis didapat mineral sekunder yang hadir berupa serisit, klorit dan mineral silika serta mineral opak. Serisit hadir mengubah plagioklas sedangkan klorit mengubah sebagian besar mineral piroksen.

Karakteristik Mineralisasi

Karakteristik mineralisasi disusun berdasarkan asumsi hadirnya larutan hidrotermal pembawa mineralisasi yang mengalir melalui permeabilitas sekunder. Sebagian fluida mengisi ruang/rekahan (*open space filling*) yang tersedia sehingga menghasilkan endapan fluida. Sebagian fluida bereaksi dengan batuan vulkanik, breksi vulkanik dan batupasir (ketiganya sebagai *wallrock*) yang mengubah mineral primer sebagai mineral sekunder. Proses tersebut terjadi pada bagian bawah dari sistem sulfidasi rendah yang membawa zat volatil (termasuk unsur logam di dalamnya), hal ini menyebabkan fluida didominasi oleh H₂S sebagai sumber sulfur yang paling besar yang juga melarutkan garam (terutama NaCl) pada temperatur 200 – 250 oC dan kedalaman 50 – 1000 m (Corbett dan Leach, 1996). Karakteristik mineralisasi daerah telitian terlihat di **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik Mineralisasi daerah Telitian

Komponen Pendekat	Karakteristik Endapan
Batuan sampling	Basal, andesit, breksi vulkanik, intrusi diorit
Kontrol struktur	Sesar dan kekar
Pola Mineralisasi	<i>Open space filling</i> dan <i>vug filling</i>
Temperatur pembentukan	120° C- 300° C
Tekstur urat	<i>Comb, vuggy, disseminated, spotted, banded, colloform, chalcedony, massive chalcedony, crustiform, bladed</i>
Tipe alterasi	Argilik, propilitik, silisifikasi
Logam dasar	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo
Mineral bijih	Pirit, kalkopirit, magnetit

Geokimia Batuan

Pada dasarnya geokimia mempelajari tentang distribusi unsur kimia dalam mineral, bijih maupun batuan. Khusus mengkonsentrasikan pada pengukuran kelimpahan, distribusi, dan migrasi unsur-unsur bijih atau unsur-unsur yang berhubungan erat dengan bijih, dengan tujuan mendeteksi endapan bijih. Terdapat beberapa metode dalam melakukan analisa untuk mengetahui unsur geokimia pada suatu batuan. Namun peneliti menggunakan dua metode analisa, diantaranya:

1. *Fire Assay*

merupakan metode analisis kuantitatif untuk menentukan kadar logam dalam batuan dan produk metalurgi seperti emas, perak dan golongan logam platina. Metode *fire assay* melibatkan reagen kimia kering atau fluks. Penentuan kadar dilakukan secara gravimetri berdasarkan berat logam dalam keadaan murni (Haffty 1977). Dalam menentukan kandungan emas dan perak dalam bijih dengan metoda *fire assay* memerlukan sample lebih banyak dan membutuhkan waktu lebih lama dibanding metoda Spektrometri Serapan Atom (SSA), sehingga ekstraksi logam emas dan perak metoda *fire assay* akan mendekati sempurna (Eric, 1984).

2. *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)*

Analisis kimia basah menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrometry (AAS)* terhadap sampel-sampel batuan terubah hidrotermal/terminalisasi digunakan untuk mendeteksi terutama kandungan unsur-unsur yang erat kaitannya dengan proses terjadinya cebakan bijih epitermal dan porfiri (Au, Ag, Cu, Pb, Zn dan Mo). AAS merupakan salah satu metode dalam *bulk composition of rock or minerals* (komposisi kimia keseluruhan dari batuan atau mineral).

Berikut adalah tahapan dalam melakukan uji analisa geokimia dari pengambilan sampel dilapangan sampai uji laboratorium:

1. Tahapan Pengambilan Sampel

Tahapan pengambilan sampel dilapangan dilakukan dengan menggunakan dua cara yang berbeda, hal ini bergantung pada kenampakan batuan serta kondisi yang ada dilapangan.

a. Metode Uji Parit (*Trenching*)

Metode ini berguna untuk menemukan bahan galian dan untuk memperoleh data-data mengenai keadaan tubuh batuan (*orebody*) yang bersangkutan, seperti ketebalan, sifat-sifat fisik, keadaan batuan di sekitarnya, dan kedudukannya (arah kemenerusan urat).

b. Metode Chipping

Metode ini digunakan untuk pengambilan contoh pada endapan bijih yang keras dan seragam, dimana pembuatan paritan sangat sukar karena kerasnya batuan. Contoh diambil dengan cara dipecah dengan palu geologi dalam ukuran-ukuran yang seragam dan tempat pengambilan tersebut dibuat secara teratur di permukaan batuan. Jarak dari setiap titik pengambilan baik secara horisontal dan vertikal dibuat sama (seragam) dan besarnya tergantung dari endapannya sendiri.

2. Hasil Analisa Geokimia

Berdasarkan dari hasil analisa yang didapat dari beberapa lokasi pengamatan yang terdapat pada daerah telitian yang dianalisa dengan menggunakan metode ini, dalam hal ini peneliti menggunakan metode AAS, terdapat beberapa unsur kimia yang ditemukan dengan nilai yang variatif. Hasil yang didapat dari analisa geokimia kemudian didapat suatu penyimpangan atau anomali geokimia pada unsur yang telah di analisa. Interpretasi geokimia pada daerah telitian dan sekitarnya, mengindikasikan adanya konsentrasi atau anomali Au-Ag di sebelah utara daerah penelitian. Anomali epitermal sulfida rendah berkembang pada wilayah tersebut (**Gambar 3 dan Gambar 4**). Kehadiran tekstur kuarsa kristalin, kriptokristalin dan analisis geokimia Au yang melimpah mendekati model mineralisasi sistem epitermal sulfida rendah (Morrison et al, 1990) dimana mineralisasi Au, berasosiasi dengan argenit dan Ag, berkaitan dengan electrum yang banyak terdapat pada tekstur banded crustiform dan colloform. Kehadiran Pb mengindikasikan adanya galena dan Zn mengindikasikan sfalerit (Buchanan, 1981).

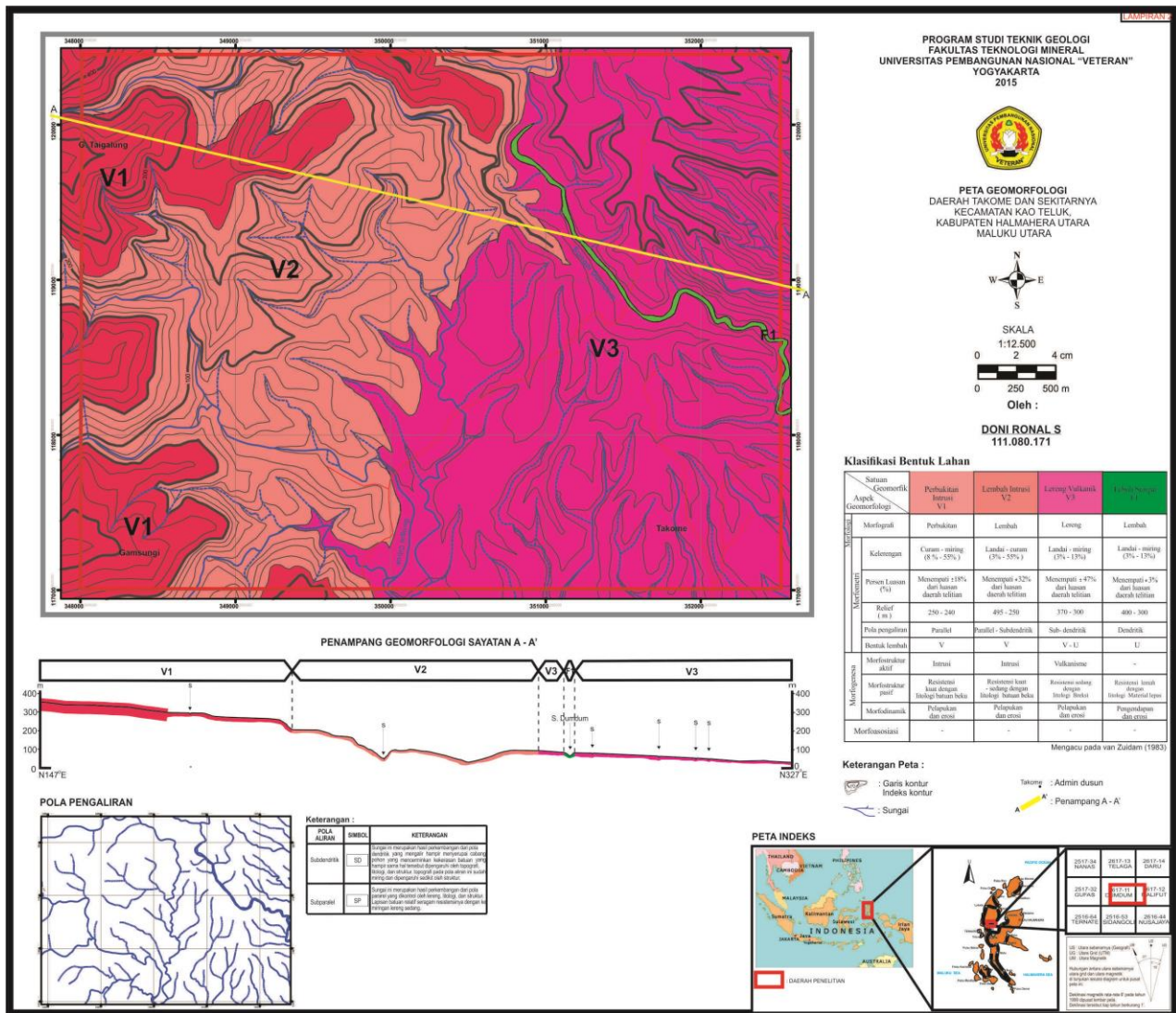
KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

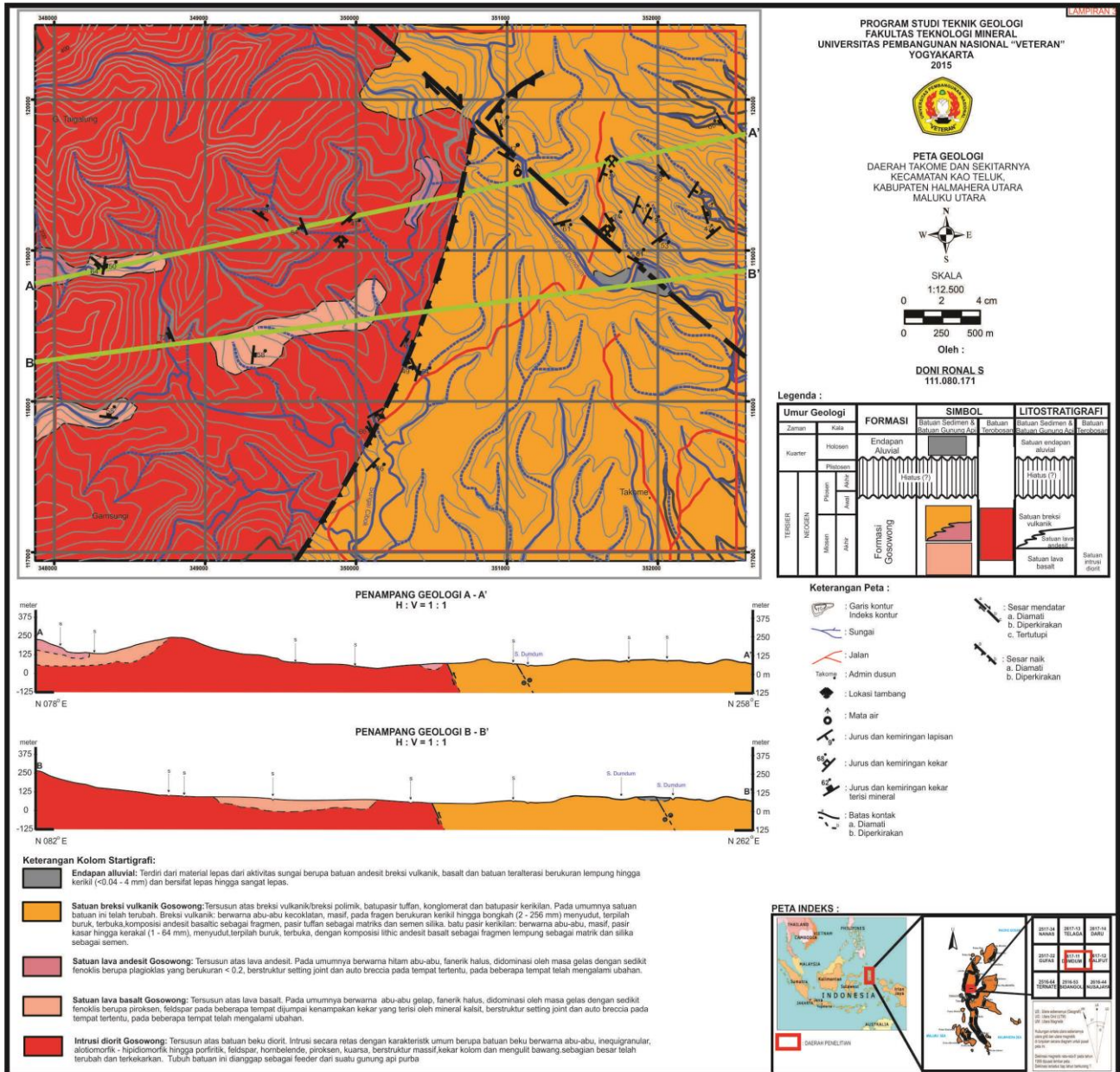
1. Geomorfologi, daerah penelitian dapat dibagi ,menjadi 4 subsatuan geomorfik yang terdiri dari: subsatuan perbukitan intrusi (V1), subsatuan lembah intrusi (V2), lereng vulkanik (V3) dan tubuh sungai (F1). Pola pengaliran yang berkembang yaitu pola subdendritik dan subparalel..
2. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian terdiri dari sesar naik berarah relative timur laut-baratdaya, sesar mendatar kanan orde 2 berarah baratlaut-tenggara dan kekar dengan arah relatif barat-timur dan timurlaut-baratdaya.
3. Terdapat dua jenis jenis alterasi yang ditemukan di daerah penelitian, yakni alterasi argilik dengan suhu pembentukan mineral pada temperature 100o-200o C dengan pH fluida berkisar 4-6, alterasi propilitik dengan suhu pembentukan mineral 200^o-250^o C dengan pH fluida berkisar 5-6.
4. Berdasarkan data lapangan dan analisa geokimia dengan metode Atomic Absorption Spectrometry (AAS) tipe mineralisasi daerah telitian adalah "epitermal sulfida rendah".
5. Penelitian tentang mineralisasi emas pada daerah telitian telah diidentifikasi dengan mengkaji satuan batuan, analisis petrografi, dan analisis kimia unsur Au, Ag dan Cu tetapi belum cukup memberikan informasi utuh dan detil mengenai keberadaan mineralisasi tersebut, sehingga disarankan adanya penelitian lebih lanjut dan rinci untuk mendapatkan gambaran yang mendekati kebenaran tentang kondisi geologi, geokimia dan bentuk geometri bawah permukaan melalui investigasi geofisika.

DAFTAR PUSTAKA

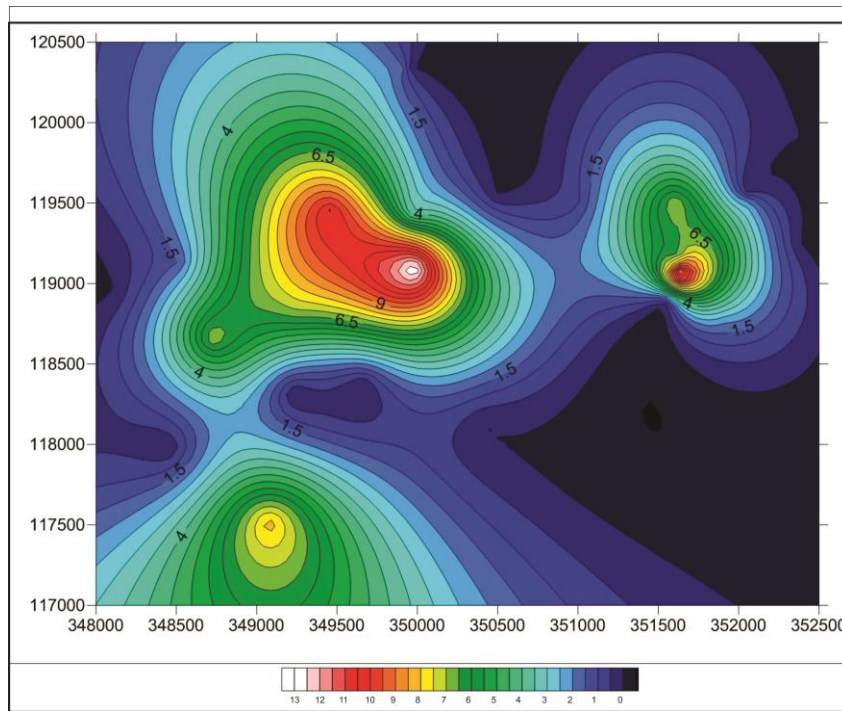
- Buchanan L.J., 1981. *Precious metal deposits associated with volcanic environments in the southwest*, in Dickson, W.R and Payne, W.D, eds, *Relations of tectonics to ore deposits in the southern Cordillera*: Arizona Geological Society Digest, v.14, p. 237-262.
- Cock G, 2004. *Kayu Manis – SG*. PT Nusa Halmahera Minerals, unpublished internal memorandum.
- Corbett, Greg J and Leach, Terry M, 1996. *Southwest pacific rim gold-copper system: structure, alteration, and mineralization*, Manual Kursus Singkat Eksplorasi di Baguio, Philippines
- Fitzpatrick N, 2009. *Sampling protocol for intersections expecting significant grade*. PT Nusa Halmahera Minerals, unpublished internal memorandum.
- Hall R, 2002. *Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations*. Journal of Asian Earth Sciences, volume 20, pp353-431.
- Joyce A.S, 1984. *Geochemical Exploration*, Australian Mineral Foundation, Glenside, South Australia, 183 p.
- Levinson, AA, 1980. *Introduction to exploration geochemistry*. Applied Publishing Ltd., Wil- mette, IL, 2nd ed., p. 625.
- Lipton IT, 2001. *Measurement of bulk density for resource estimation*, in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice (Ed: A C Edwards), pp57–66.
- Marjoribanks R, 1997. *Geological interpretation of the Gosowong region, Halmahera Island, Indonesia*. Internal report prepared for PT Nusa Halmahera Minerals.
- Noel C. W and Hedenquist J. W, 1995. *Epithermal gold deposits: styles, characteristics and exploration*. Published in SEG Newsletter, No. 23, pp.1, 9-13.
- Vasconcelos P, 1998. *40Ar/39Ar analyses, Gosowong prospect area, Halmahera*. Unpublished report for P.T. Nusa Halmahera Minerals.



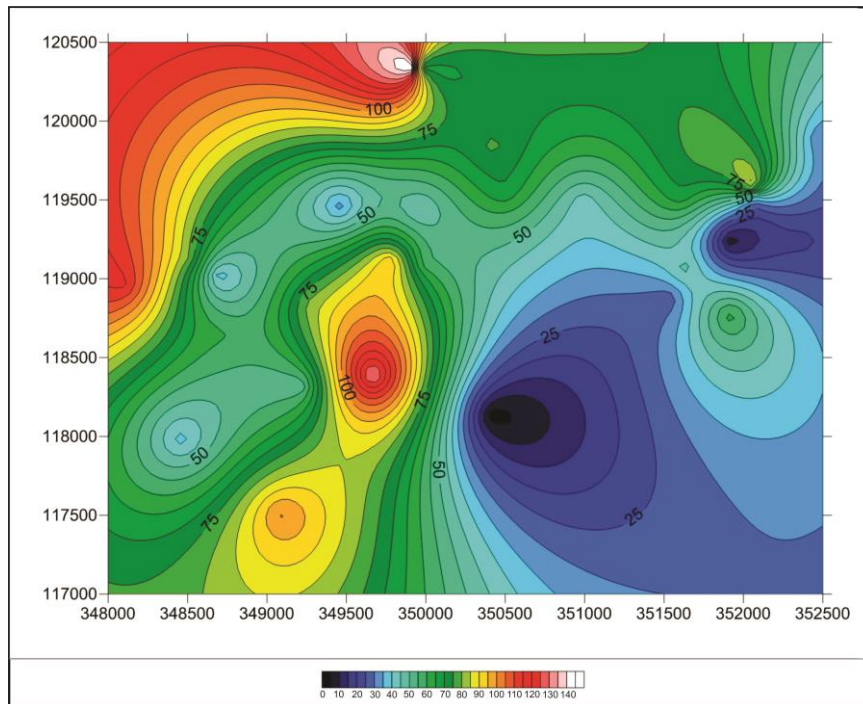
Gambar 1. Peta Geomorfologi



Gambar 2. Peta Geologi Takome



Gambar 3. Anomali geokimia unsur Au



Gambar 4. Anomali geokimia unsur Cu