

## Zonasi Alterasi Hidrotermal Pada Endapan Tembaga-Emas Porfiri Berdasarkan Pemetaan Permukaan Dan Eksplorasi Geofisika Di Prospek Berambang

### Kecamatan Sekotong Lombok Barat Nusa Tenggara Barat

#### *(Hydrothermal Alteration Zonation in Copper-Gold Porphyry Deposition Based on Surface Mapping and Geophysical Exploration at Berambang Prospect, Sekotong Subdistrict, West Lombok, West Nusa Tenggara)*

Andi Faesal<sup>1</sup>, Arifudin Idrus<sup>1</sup>, Djoko Wintolo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

#### **Abstract**

The research sites are located in the village of Berambang, Sekotong District, West Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province. This area was dominated by volcanic rocks composed of dasitic volcanic rock, diatreme breccia, and diorite intrusion. Berambang area shows alteration in the form of potassic, propylitic, advanced argillic, and argillic alterations where in some places accompanied by pyritisation and stockwork structure, the type of mineralization in this area is a porphyry copper-gold type. In the potassic alteration zone there are minerals that have a strong anomaly response to the magnetic due to the presence of oxide minerals magnetite ( $Fe_2O_3$ ). Mineral sulfides such as pyrite ( $FeS_2$ ) and chalcopyrite ( $CuFeS_2$ ) will also provide significant anomalous responses that have an abundance of 2-5% in the potassic zone. In a propylitic alteration zone characterized by chlorite, calcite and epidote minerals that do not respond to magnetic anomalies, the presence of pyrite minerals, hematites and chalcopyrite with abundance of  $\leq 1\%$  will provide some magnetic anomaly in the propylitic zone. As for advanced argillic alteration zones characterized by mineral andalusite, alunite and quartz, there will not be any magnetic anomalies, the phenomena was due to the rarity of mineralization in this zone gives an insignificant anomalous impact. Meanwhile, for the argillic zone characterized by mineral illite, kaolinite and smectite will not have anomalous magnetic impact, very rare mineralization in the argillic zone so that the magnetic anomaly is not significant. From the floating Euler 3D shows an anomalous source from a depth of 0 meters to a depth of more than 400 meters.

**Keywords:** Porphyry, Alteration, Potassic, Hydrothermal, Stockwork, Euler, Berambang

#### **1. Pendahuluan**

Aktivitas-aktivitas vulkanisme dan magmatisme menjadi sumber mineralisasi pada beberapa daerah selatan Lombok sehingga berpotensi untuk cebakan emas. Siltoe (1972, dalam Sulutov, 1974) menjabarkan genesis Cu-Au porfiri dihubungkan dengan model tektonik lempeng. Dapat dikatakan bahwa endapan Cu-Au yang terdapat adalah hasil dari aktivitas penunjaman antara lempeng samudera dengan lempeng samudera (*plate subduction*) yang membentuk busur-busur kepulauan. Peta tektonik yang dibuat Carlile dan Mitchel (1994) menggambarkan penyebaran busur-busur magma Zaman Kapur Akhir hingga Pliosen dengan mineralisasi yang dikontrol oleh pola tektonik ini. Daerah selatan Lombok terutama daerah Sekotong banyak dijumpai adanya indikasi mineralisasi dan

alterasi yang terjadi pada batuan vulkanik dalam bentuk propilitik, argilik, dan silisik dimana di beberapa tempat disertai dengan piritisasi dan struktur stockwork (Widi dan Putra, 2015). Peneiliti lain yaitu Rompo *et al.* (2012) menyimpulkan bahwa tipe mineralisasi yang terdapat di bagian baratdaya pulau Lombok dimana daerah Sekotong termasuk didalamnya adalah tipe tembaga-emas porfiri dan emas-perak epitermal sedangkan daerah prospek Berambang yang berlokasi di kecamatan Sekotong menunjukkan kompleks mineralisasi tembaga-emas porfiri.

#### **Geologi Regional**

Pulau Lombok secara geologi berada pada busur Sunda yang merupakan kepulauan yang dibentuk oleh pegunungan vulkanik muda. Pulau Lombok merupakan bagian gugusan kepulauan Nusa Tenggara (van Bemmelen, 1949). Stratigrafi pulau Lombok pada dasarnya secara umum merupakan batuan Tersier (batuan tertua), dan batuan Kuartar (batuan termuda), serta didominasi batuan vulkanik dan alluvium dan

---

\* Korespondensi Penulis: ((Andi Faesal) Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
E-mail: [andi.esal@gmail.com](mailto:andi.esal@gmail.com)  
HP: 081299144148

batuan terobosan yang umurnya berkisar dari zaman Tersier sampai Kuartar (Mangga *et al.*, 1994). Pada kala Miosen Tengah terjadi kegiatan magma dengan ditandai munculnya sebuah retas dasit dan basalt yang menerobos Formasi Pengulung dan Formasi Kawangan. Terobosan batuan ini merupakan kegiatan purna-magmatik yang mengakibatkan proses ubahan dan mineralisasi bijih serta hadirnya urat-urat kuarsa pada batuan yang diterobosnya (Persaulian dan Noor, 2016). Pada Miosen Akhir, dalam kondisi cekungan memungkinkan terbentuknya endapan batuan batugamping Formasi Ekas pada Akhir Tersier atau Awal Kuartar.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang diterapkan pada penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu pekerjaan lapangan dan analisis laboratorium. Pekerjaan lapangan tersebut meliputi pemetaan geologi dan zona alterasi dengan skala 1:5.000, serta pengambilan contoh batuan yang teralterasi. Analisis laboratorium yang digunakan adalah meliputi analisis petrografi yang dilakukan pada 24 sampel, analisis mikroskopis bijih pada 4 sampel, analisis XRD (*X-ray Diffraction Analysis*) pada 12 sampel, dan data hasil analisis anomali geomagnetik

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Geologi Daerah Penelitian

Secara umum daerah penelitian dibagi menjadi 3 satuan morfologi yaitu satuan perbukitan vulkanik dan satuan dataran aluvial. Pada daerah penelitian ada 3 satuan batuan (Gambar 4.1) dari umur tertua hingga termuda adalah Satuan vulkanik dasitik, satuan breksi diatrema, satuan intrusi diorit. Satuan vulkanik dasitik dicirikan dengan batuan yang telah berubah menjadi alterasi argilik dan alterasi propilitik. Satuan breksi diatrema tersusun oleh breksi diatrema dan *dike* andesit, dicirikan dengan batuan yang telah berubah menjadi alterasi argilik. Satuan intrusi diorit yaitu batuan beku plutonik, dengan warna abu-abu, fanerik sedang-kasar, holokristalin, subhedral, inequigranular porfiritik. Struktur primer yang dijumpai pada satuan intrusi diorit yaitu *massive* dan beberapa menunjukkan pelapukan *spheroidal weathering*.

Struktur yang berkembang pada daerah penelitian salah satunya adalah Sesar Geser Berambang didasarkan pada lokasi penemuannya, yaitu disekitar Gunung Berambang. Ada 2 Sesar berarah timurlaut-baratdaya dan satu sesar berarah baratlaut – tenggara. Sesar berambang 1 yang berarah

baratlaut-tenggara adalah sesar yang pertama kali terbentuk diikuti oleh sesar Berambang 2 yang berarah timurlaut-baratdaya. Sesar Berambang 3 adalah sesar terakhir terbentuk yang merupakan sesar pengontrol mineralisasi di daerah penelitian.

### Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Bijih

Zona alterasi dan mineralisasi bijih pada daerah penelitian memiliki orientasi dan distribusi sesuai dengan persebaran struktur geologi yang ada (Gambar 4.2). Terdapat empat jenis alterasi hidrotermal pada daerah penelitian, yaitu alterasi potasik, alterasi propilitik, alterasi argilik lanjut dan alterasi argilik. pada Alterasi argilik batuan yang teralterasi antara lain vulkanik dasitik, diorit dan breksi diatrema. Kenampakan batuan singkapan teralterasi dilapangan dicirikan oleh batuan yang berwarna putih keabu-abuan yang menunjukkan kaya akan mineral lempung. Secara umum pada analisis XRD mineral lempung yang dapat diidentifikasi antara lain illit, kaolinit, smektit yang merupakan penciri alterasi argilik.

Pada alterasi argilik lanjut batuan yang teralterasi adalah batuan vulkanik dasitik dan diorit. Kenampakan batuan singkapan yang teralterasi dilapangan dicirikan oleh batuan yang berwarna abu-abu hingga keputihan dengan spot-spot mineral lempung berwarna putih yang merupakan mineral plagioklas yang teralterasi. Mineral lempung atau mineral sangat halus dapat diidentifikasi secara detail menggunakan analisis XRD. Secara umum mineral lempung yang dapat diidentifikasi antara lain illit, kaolinit, smektit, alunit, anhiderit, andalusit dan smektit. Kehadiran illit, kaolinit dan smektit pada alterasi argilik lanjut karena mengalami *overprinting* dengan alterasi argilik. Berdasarkan kumpulan mineral alterasi yang dicirikan oleh kuarsa, alunit dan andalusit maka kumpulan mineral alterasi termasuk jenis alterasi argilik lanjut sesuai dengan klasifikasi Corbett dan Leach (1996).

Alterasi propilitik batuan yang teralterasi antara lain intrusi diorit dan batuan tonalit. Kenampakan batuan singkapan teralterasi dicirikan oleh batuan yang berwarna abu-abu kehijauan sebagai indikasi kandungan mineral klorit. Mineral lempung atau mineral sangat halus dapat diidentifikasi secara detail menggunakan analisis XRD. Secara umum mineral lempung yang dapat diidentifikasi antara lain klorit, kalsit, epidot. Berdasarkan kumpulan mineral alterasi yang didominasi oleh klorit, kalsit, epidot maka kumpulan alterasi termasuk jenis alterasi propilitik sesuai dengan klasifikasi Corbett dan Leach (1996).

Alterasi potasik dijumpai sangat sedikit pada daerah penelitian, dimana batuan yang teralterasi adalah diorit kuarsa dengan tekstur porfiritik.

Kenampakan singkapan batuan berwarna abu-abu terang, holokristalin, dan adanya mineralisasi pada batuan. Secara petrografis secara umum menunjukkan warna abu-abu kehijauan-kekuningan, holokristalin, tekstur equigranular, mineral penyusun berupa plagioklas, kuarsa berbentuk anhedral, piroksen yang sedikit berubah menjadi aktinolit. Mineral sekunder berupa silika hadir mengisi *fracture* batuan (*quartz veint*), biotit sekunder dan epidot. Pada analisis bulk XRD ditemukan mineral biotit dan k-feldspar, sedangkan pada analisis lempung pada XRD didapatkan mineral smektit, klorit, dan illit, karena alterasi potasik mengalami *overprinting* dengan alterasi argilik dan propilitik. Kehadiran mineral kuarsa, aktinolit, biotit dan magnetit menandakan jenis alterasi yang berkembang adalah alterasi potasik sesuai dengan klasifikasi Corbett dan Leach (1996).

Pengamatan mineral bijih sayatan poles dilakukan pada conto batuan berdasarkan kandungan mineral sulfida yang terlihat secara megaskopis. Pengamatan dilakukan pada batuan yang teralterasi potasik dan propilitik dengan 4 conto batuan permukaan. pengamatan sayatan poles tidak dilakukan pada alterasi argilik dan argilik lanjut dikarenakan kandungan mineral sulfidanya relatif rendah. Berdasarkan pengamatan terhadap 4 conto batuan tersebut didapatkan hasil mineral bijih golongan sulfida di daerah penelitian berupa pirit, kalkopirit, kalkosit, dan oksida berupa magnetit dan hematit.

### Analisa Geofisika

Anomali medan magnet lokal menunjukkan anomali medan magnet yang kontras terdiri dari klosur positif dan klosur negatif. Tingkat warna merah tinggi menunjukkan anomali paling signifikan pada daerah penelitian. Anomali medan magnet diperkirakan akibat adanya mineral-mineral logam pada batuan pembawa mineral bijih. Dari anomali magnetik lokal yang diperoleh, selanjutnya dilakukan analisis untuk memperoleh estimasi lokasi sumber anomali dengan pemodelan inversi. Pemodelan dilakukan melalui penerapan dekonvolusi Euler 3D terhadap data anomali magnetik lokal. Dengan memberlakukan indeks struktur model sumber medan magnet. Indeks struktur dipilih dengan mempertimbangkan homogenitas sumber anomali yang timbul oleh adanya konsentrasi mineral magnetik yang mengandung logam dari endapan hidrotermal. Perkiraan lokasi sumber anomali ini digunakan sebagai pendekatan terhadap interpretasi keberadaan sumber anomali dari zona mineralisasi

Hasil pemodelan diperoleh nilai estimasi sumber anomali medan magnet, berupa titik lokasi koordinat sumber anomali. Hasil plotting sebaran titik estimasi sumber anomali magnetik

menunjukkan pada bagian tengah tempat adanya alterasi potasik menunjukkan kedalaman sumber anomali lebih dari 400 meter. Pada bagian tersebut terdapat kelompok-kelompok fokus sumber yang berdekatan. Pengelompokan sumber anomali tersebut menunjukkan zona cadangan mineral logam hidrotermal, hal ini kemungkinan berkaitan dengan zona alterasi potasik.

### Hubungan Antara Alterasi, Mineralisasi dan Anomali Geofisika

Proses hidrotermal pada fase tertentu akan menghasilkan kumpulan mineral tertentu tergantung dari temperatur dan pH fluida dan disebut sebagai himpunan mineral (Guilbert dan Park, 1986). zona alterasi potasik (kuarsa-biotit-aktinolit-magnetit), zona klorit-epidot-kalsit (disebandingkan dengan zona propilitik), zona kuarsa-alunit-andalusit (disebandingkan dengan zona argilik lanjut) dan zona kaolinit-illit-smektit (disebandingkan dengan zona argilik).

Pada zona alterasi potasik terdapat mineral yang memiliki respon anomali yang kuat terhadap magnetik karena adanya mineral oksida magnetit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Mineral sulfida seperti pirit ( $\text{FeS}_2$ ) dan kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ) juga akan memberikan respon anomali signifikan yang memiliki kelimpahan 2-5% di zona potasik. Pada zona alterasi propilitik dicirikan mineral klorit, kalsit dan epidote yang tidak memberikan respon anomali magnetik, keberadaan mineral pirit, hematit dan kalkopirit yang memiliki kelimpahan  $\leq 1\%$  akan memberikan sedikit anomali pada zona propilitik. Zona alterasi argilik lanjut yang dicirikan mineral andalusit, alunit dan kuarsa tidak akan memberikan anomali magnetik. jarangya mineralisasi di zona ini memberikan dampak anomali yang tidak signifikan. Zona argilik yang dicirikan mineral illit, kaolinit dan smektit tidak akan memberikan dampak anomali magnetik, sangat jarangya mineralisasi pada zona argilik sehingga anomali magnetik tidak signifikan.

Mineral sulfida pirit ( $\text{FeS}_2$ ) dan kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), dan mineral oksida hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang berkembang di zona alterasi potasik menunjukkan kontras anomali geomagnetik yang signifikan dengan intensitas medan magnet tinggi. Pada floating Euler 3D menunjukkan sumber anomali dari kedalaman 0 meter sampai kedalaman lebih dari 400 meter. Pada zona alterasi argilik dan argilik lanjut anomali magnetik tidak begitu signifikan, hal ini dikarenakan di zona tersebut mineralisasi bijih sangat rendah.

### Karakteristik dan Tipe Endapan Berambang

Empat zona alterasi pada daerah penelitian yaitu zona kuarsa-biotit- aktinolit-magnetit (zona potasik), zona kuarsa-alunit-andalusit (argilik lanjut), zona klorit-epidot-kalsit (zona propilitik) dan zona kaolinit-illit-smektit (zona argilik) menunjukkan adanya perubahan temperatur dan pH dari larutan hidrotermal. Berdasarkan pengelompokan mineral alterasi hidrotermal menurut Corbett dan Leach (1996) dapat diketahui perkiraan tahapan zona alterasi. Tahapan zona alterasi pada daerah penelitian diawali dengan terbentuknya zona kuarsa-biotit-magnetit yang terbentuk pada temperatur tinggi sekitar 300 - 360°C, dan pada pH 7 – 8. Tahapan ini kemudian diikuti oleh pembentukan zona klorit-epidot-kalsit pada bagian luar dari zona potasik, pada kisaran temperatur 290 - 340°C dan pada pH 5 – 6, yang menandakan adanya proses pendinginan sistem hidrotermal. Tahap selanjutnya yaitu pembentukan zona kuarsa-alunit-kaolinit yang terbentuk pada kisaran temperatur 280 - 320°C dan pada pH 4 – 6. Lalu, akibat semakin banyaknya influx fluida meteorik yang masuk ke dalam rekahan yang terbentuk akibat aktivitas sesar, terbentuklah zona kuarsa-kaolinit-illit yang mempunyai kisaran temperatur 130 - 210°C dan pH 4 – 6. Keempat zona alterasi ini menunjukkan adanya perubahan secara mineralogi akibat perubahan temperatur dan pH lautan hidrotermal.

Breksi diatrema terekspose di beberapa tempat salah satunya di Berambang sebagai tanda tahap akhir aktivitas utama alterasi hidrotermal (Rompo *et al.*, 2012). Tubuh breksi umumnya berbentuk seperti pipa atau massa silinder tidak teratur, dengan diameter beberapa meter sampai beberapa ratus meter. Breksi diatrema ini biasanya, memiliki fragmen-fragmen yang lebih *rounded* jika dibandingkan dengan fragmen pada breksi hidrotermal, serta memiliki semen silika. Dari awal terbentuk, breksi diatrema umumnya memiliki porositas dan permeabilitas yang baik, mereka dapat berfungsi sebagai saluran untuk mineralisasi, dan dapat membentuk tubuh bijih penting.

Endapan porfiri dicirikan oleh adanya *stockwork* (tersebar-acak) dalam massa batuan yang besar yang berhubungan dengan proses alterasi dan mineralisasi pasca terjadinya intrusi porfiritik (Garwin, 2000). Kehadiran tekstur *stockwork* pada batuan serta mineral sulfida pada uratnya menjadi indikasi utama sistem porfiri. Pada daerah penelitian ditemukan beberapa struktur *stockwork* yang secara dekat berhubungan dengan intrusi tonalit dan mineralisasi bijih dan berhubungan dengan alterasi potasik yang sudah mengalami *overprinted*.

Secara petrografis menunjukkan warna abu-abu kehijauan, holokristalin, tekstur equigranular mineral penyusun berupa plagioklas (45%), kuarsa (15%) berbentuk anhedral, piroksen (10%) yang sedikit berubah menjadi aktinolit. Mineral sekunder berupa silika (10%) hadir mengisi *fracture* batuan (*quartz veint*), biotit sekunder (4%), epidot (2%) dan sirit (1%).

Kenampakan sayatan poles dari analisis mikroskopis bijih menunjukkan sayatan batuan berwarna abu-abu, dengan ukuran mineral bijih < 0,05– 1,1 mm, hubungan antar kristal (mineral bijih) euhedral – anhedral, dimana kalkopirit mengisi rongga pada kalkosit, dan tekstur penggantian, dimana magnetit mulai menggantikan pirit dan hematit. Batuan tersebut tersusun oleh pirit, kalkosit, magnetit, kalkopirit, dan mineral pengotor (*gangue mineral*)

### 4. Kesimpulan

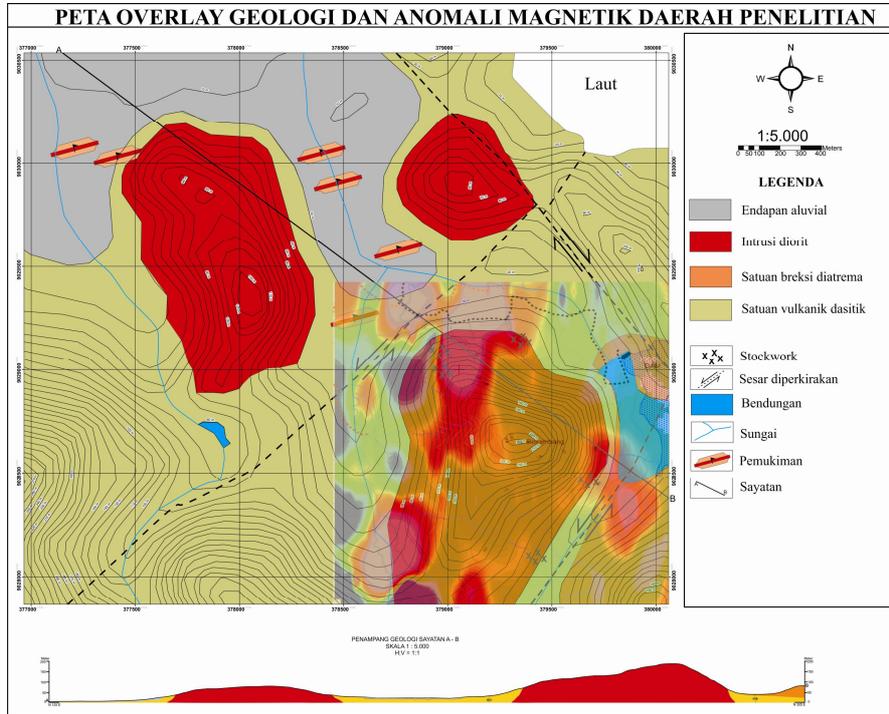
Adapun kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan pembahasan :

1. Alterasi hidrotermal dicirikan oleh alterasi argilik (kaolinit-illit-smektit), alterasi argilik lanjut (alunit-kuarsa-andalusit), propilitik (klorit-epidot-kalsit) dan potasik (kuarsa-biotit-aktinolit-magnetit), sedangkan mineralisasi dicirikan oleh kehadiran dari mineral sulfida; pirit ( $\text{FeS}_2$ ), kalkopirit ( $\text{CuFeS}_2$ ), kalkosit ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), dan mineral oksida magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), dan hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).
2. Zona endapan mineral logam teridentifikasi dari perubahan kontras anomali magnetik yang signifikan ditunjukkan oleh anomali magnetik lokal akibat adanya mineral-mineral logam pada batuan yang membawa mineral bijih logam dibawah permukaan. Daerah zona potasik merupakan zona yang memiliki anomali magnetik signifikan dengan intensitas tinggi karena kehadiran magnetit sekunder, pirit dan kalkopirit di zona tersebut.
3. Hubungan spasial antara alterasi, mineralisasi dan anomali geomagnetik adalah anomali magnetik lokal menunjukkan zonasi alterasi argilik, alterasi argilik lanjut dan alterasi propilitik tidak menunjukkan kontras anomali yang tinggi karena mineralisasi sulfida tembaga yang rendah. Sedangkan pada zonasi alterasi potasik menunjukkan kontras anomali yang signifikan dengan intensitas tinggi karena kehadiran magnetit sekunder, hematit dan tingginya mineralisasi sulfida tembaga. Pada zona alterasi potasik, dekonvolusi euler 3D menunjukkan sumber anomali berasal dari kedalaman 0 - >400 meter, hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian terdapat deposit tembaga-emas porfiri.

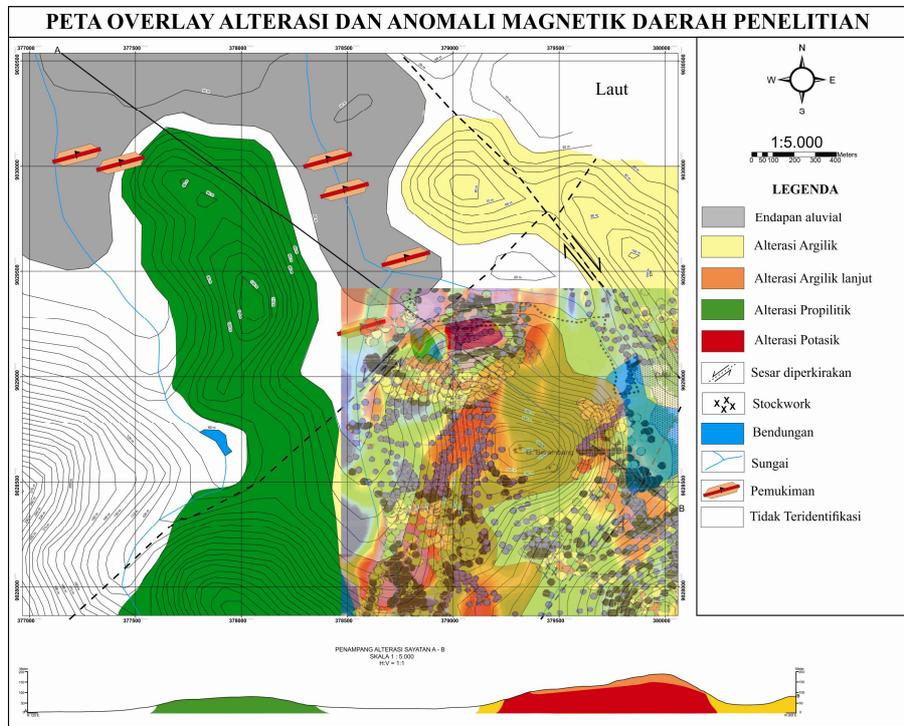
## Daftar Pustaka

- Carlile, J. C. dan Mitchell, A. H. G., 1994. Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 50, pp 91–142.
- Corbett, G.J. dan Leach, T.M., 1996. *Southwest Pacific Rim Gold- Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization*, SEG Special Publication No.6
- Garwin, S.L., 2000. *The Setting, Geometry and Timing of Intrusion-Related Hydrothermal Systems in The Vicinity of Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposits, Sumbawa, Indonesia*. Disertasi Doktor di University of Western Australia
- Guilbert, J.M. dan Park, C.F. Jr., 1986. *The Geology of Ore Deposits*. W.H. Freeman and Company: New York
- Mangga S.A, Atmawinata S, Hermanto B, dan Amin T.C, 1994. *Geology of the Lombok Sheet, Nusatenggara, Sheet 1807, Scale 1:250,000*. Geological Research and Development Centre
- Parsaulian, F.S., dan Noor, D., 2016. Geologi dan Mineralisasi Sulfida Daerah Pelangan dan Sekitarnya Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat Nusa Tenggara Barat. *jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Geologi Univeristas Pakuan*. [Vol 1](#), No 1
- Rompo, I., Rowe, A. Dan Maryono, A., 2012. Porphyry Cu-Au and Epithermal Au-Ag Mineralization system in South West Lombok. *Proceedings of Banda and Eastern Sunda Arcs MGEI Annual Convention*, pp 283-296
- Sulutov, A., 1974. *Copper Porphyry*, Miller Freeman Publication Inc. San Francisco
- Van Bemmelen R.W, 1949. *The Geology of Indonesia. Vol. 1A. General Geology*. Government Printing Office, Martinus ijhoff, The Hague, Netherlands.
- Widi, B N., dan Putra, E., 2015. Prospeksi Mineral Logam di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Prosiding Hasil Kegiatan Sumber daya Geologi*. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Bandung, pp 19-31.

### Lampiran - Lampiran



Gambar 1 Peta overlay geologi dengan anomali magnetik daerah penelitian



Gambar 2 Peta overlay alterasi dengan anomali magnetik daerah penelitian