



## KONTROL STRUKTUR TERHADAP MINERALISASI PADA DAERAH NORTH WEST DI AREA TAMBANG BATU HIJAU, PT. NEWMONT NUSA TENGGARA

Taufiqul Hafizh<sup>1</sup>, Aton Patonah ST., MT<sup>2</sup>., Dr. Ir. Iyan Haryanto, MT<sup>3</sup>, Eddy Priowasono<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

\*Korespondensi: [taufiqulhafizh14@gmail.com](mailto:taufiqulhafizh14@gmail.com)

### ABSTRAK

Dalam proses alterasi dan mineralisasi, struktur geologi sangat bereperan dalam menyediakan jalur dan tempat untuk larutan hidrotermal mengendap. Semakin banyak struktur yang berkembang, maka kemungkinan semakin banyak juga cadangan endapan bijih yang akan terbentuk. Anomali – anomali kadar Cu dan Au pada muncul zona sesar Bromo, Merapi dan Katala pada daerah North West Tambang Batu Hijau PT. Newmont Nusa Tenggara merupakan salah satu bukti struktur geologi berperan penting dalam proses mineralisasi dan alterasi. Tujuan dari penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui struktur apa saja yang berkembang dan apa pengaruhnya terhadap mineralisasi khususnya endapan tembaga dan emas. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mengukur struktur yang berkembang pada daerah North West dengan Sesar Bromo, Merapi, dan Katala sebagai acuan utama. Data yang dikumpulkan adalah data kekar, sesar dan vein, kemudian data penyebaran tembaga dan emas. Hasil pengukuran struktur menunjukan bahwa, secara umum kekar, urat dan sesar yang berkembang didominasi oleh arah yang relatif orientasi barat laut – tenggara dengan arah kemiringan ke arah barat daya, yaitu dengan kemiringan rata – rata diatas 50°. Urat yang ditemukan berupa urat kuarsa, urat kuarsa-kalkopirit, dan urat kuarsa-pirit. Sesar Bromo, Merapi dan katala memotong seluruh struktur dan batuan pada tambang Batu Hijau. Penyebaran rata – rata nilai kadar tembaga pada daerah penelitian dibawah 0,5%, sedangkan penyebaran rata – rata kadar emas pada daerah penelitian dibawah 0,3 g/t. Hasil *overlay* antara penyebaran struktur dan anomali Cu dan Au yang muncul menunjukan bahwa, irisan antara struktur dan anomali Cu dan Au pada berada pada bagian *hanging wall* dari sesar Merapi, zona sesar Merapi dan zona sesar Katala. Anomali yang muncul berasosiasi dengan sesar minor yang terisi oleh hancuran feldspar dan tembaga, dengan arah relatif barat laut - tenggara, memiliki kemiringan 40°-70° ke arah barat daya, kemudian berasosiasi dengan struktur *Riedel P-Shear*, *R'-antithetic* dan *X-fracture*. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa, kemunculan anomali dipengaruhi oleh perkembangan pola struktur riedel yang berkembang pada mineralisasi akhir terjadi. Struktur bukaan *riedel* diperkirakan menjadi wadah atau tempat terbentuknya mineralisasi.

**Kata kunci :** Sesar Bromo, Sesar Merapi, Sesar Katala, Struktur *Riedel*, alterasi

### ABSTRACT

In the process of alteration and mineralization, geological structure was instrumental in providing a pathway and a place to settle the hydrothermal solution. The more structure develops, it's likely that more also reserve ore deposits that will be formed. Anomalies of Cu and Au can be found in the fault zone Bromo, Merapi and Katala in the North West area of Batu Hijau, these anomalies is one evidence of the geological structure plays an important role in the process of mineralization and alteration. The purpose of this research are to know what kind of structure that developed in this area and how it affects to content dan distribution of copper mineralization and gold. Methods in collectioning data are done by measuring the structure that developed in the North West region with Fault Bromo, Merapi, and Katala as the main reference. The data collected are joints, faults, veins, and distribution of copper and gold value. The measurement results showed that the structure, in general muscular, vein and fault developing are dominated by a relatively orientation northwest - southeast direction slope to the southwest, with the average slope is above 50°. In general, veins are filled by quartz, quartz-chalcopyrite and quartz-pyrite. In

general, the spread of the average value of the copper content in the research area below 0.5%, meanwhile the average gold grade in the research area below 0.3 g / t. The overlay results between structure and anomalies show that the slices between structure and anomalies Cu-Au can be found at hanging wall of Merapi fault, Merapi fault zone, and Katala fault zone. Anomalies that emerge associated with the Riedel Shear structure such as P-Shear, R'-antithetic, and X-Fracture. This result show that the occurrence of anomalies was influenced by the development of Riedel Structures that growing in the last mineralization. Riedel Structure is expected to became a container where the mineralization was formed.

**Keywords:** Bromo Fault, Merapi Fault, Katala Fault, alteration, Riedel Structure

## 1. PENDAHULUAN

Batu Hijau terletak di blok kerak benua yang relatif terangkat sejauh 30km dari mayor *arc-transverse*, pada zona patahan *oblique – slip*. Struktur mayor ini yang mengontrol distribusi dari endapan sedimen vulkanik pada masa *Miosen*, mengontrol lokasi kemunculan intrusi *neogen*, dan juga mengontrol posisi garis pantai dari pulau sumbawa (Maula and Levet, 1996; Garwin, 2002).

Struktur geologi pada batu hijau diperkirakan mengontrol kemunculan intrusi dan melokalisasi mineralisasi tembaga dan emas. Mineralisasi tembaga pada Batu Hijau berasosiasi dengan struktur yang berorientasi Utara-Selatan dan Timur laut. Tubuh utama intrusi tonalit, yaitu *intermediet* tonalit, dibatasi oleh struktur yang berarah utara-selatan. Distribusi intrusi tonalit muda memiliki arah *trend* yang searah dengan struktur berarah timur laut. Demikian pula dengan mineralisasi tembaga yang tinggi (0,5%) pada pit, memiliki orientasi relatif searah dengan struktur timur laut (Priowarsono, 2002).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Geologi Regional

Stratigrafi Batu Hijau terdiri dari 4 satuan batuan, dengan urutan stratigrafi dari batuan tertua ke batuan termuda yaitu *Volcanic Lithic Breccia*, Diorit, *Intermediate Tonalite*, dan Young Tonalite (Clode, dkk, 1999).

Batu Hijau terletak di blok kerak benua yang relatif terangkat sejauh 30km dari mayor *arc-transverse*, pada zona patahan *oblique – slip*. Struktur mayor ini yang mengontrol distribusi dari endapan sedimen vulkanik pada masa *Miosen*, mengontrol

lokasi kemunculan intrusi *Neogen*, dan juga mengontrol posisi garis pantai dari pulau sumbawa (Garwin, 2002).

Secara umum, terdapat 2 struktur utama yang berada pada Batu Hijau, yaitu zona patahan Bambu-Santong yang berarah relatif timur laut dan zona patahan Tongoloka-Batu Hijau yang berarah relatif barat laut yang meliputi Tongoloka – Puna, Tongoloka dan zona patahan Katala. Kedua sesar utama ini berpotongan pada Santong *diatreme*, 2 km ke arah barat laut dari Batu Hijau. Struktur ini di interpretasikan sebagai hasil dari tegasan berarah utara – selatan, berhubungan dengan tegasan kompresi pada saat subduksi dan tegasan relaksasi yang bersamaan dengan proses vulkanik-plutonik, yaitu lempeng yang mengalami konvergen hampir berarah orthogonal terhadap busur. *Offset* yang terdapat pada sesar – sesar ini terbilang cukup minor, hanya pada daerah Brang Pede dan Brang Katala ditemukan *offset* dengan maksimum *throw* sejauh 100 – 150 m. Tidak ada *offset* sesar yang signifikan pada endapan Batu Hijau, baik yang sudah di teliti melalui *logging* maupun pemetaan lapangan (Garwin,2000).

Sesar yang dipetakan biasanya *subparalel* dengan trend dari lokal intrusi. Sedangkan *strike* dari bidang perlapisan batuan vulkaniklastik secara umum searah dengan arah dari zona patahan proksimal. Sesar yang berarah utara – timur laut memiliki pergerakan *strike slip* hingga *oblique slip*, sedangkan sesar yang berarah barat laut memiliki pergerakan *dip slip* hingga *oblique slip* (Garwin,2000).

Zona patahan yang ditemukan pada sisi timur dan barat lembah Tongoloka memiliki lebar hingga 8 m, dan terdiri dari alterasi lempung/mika – pirit, *scaly clay*

*gouge*, dan urat *comb quartz*. Kehadiran urat *comb quartz* yang berarah barat laut dengan *dipping* yang curam pada zona patahan mendukung hipotesis sebelumnya, apabila urat – urat tersebut terbentuk akibat pengaruh dilatasi selama pergerakan sesar *dip-slip* (Garwin,2000).

Kekar yang ditemukan pada daerah ini memiliki karakteristik menerus, *planar* dan permukaannya halus. Lebar dari tiap tipe kekar ini  $\leq 1\text{mm}$ . Kekar yang berkembang memiliki orientasi yang bervariasi dan memiliki  $\text{dip} > 75^\circ$ . Zona yang memiliki intensitas kekar yang tinggi berada pada *equigranular quartz diorite plutonic, tonalite stock* dan *dike*, dan pada sekitar patahan. Formasi kekar di interpretasikan selaras dengan pembentukan pusat porfiri (Garwin,2000).

Urat kuarsa hadir pada daerah sekitar pusat porfiri endapan Batu Hijau. Terdapat 2 populasi utama urat yang telah diketahui, yaitu urat “A” dan “B” dan urat bertipe *comb* hingga masif. Urat “A” dan “B” pada Batu Hijau memiliki orientasi yang berarah relatif timur laut. Kemudian tipe terakhir yang terbentuk adalah urat “D”. Urat ini dapat mengindikasikan alterasi mineral batuan dindingnya. Urat “D” dicirikan oleh kehadiran mineral pirit yang dominan (Garwin,2000).

### 3. METODE

Dalam pengambilan data lapangan, dilakukan pengamatan litologi dan alterasi, pemetaan struktur serta mengkorelasikan data struktur dengan data kadar Cu-Au. Pemetaan struktur bertujuan untuk mengetahui jenis, dimensi, dan mineral pengisi dari struktur tersebut dan akan di analisis dengan membandingkan struktur yang berkembang terhadap model sesar mendatar *Riedel Shear*. Data kadar Cu-Au di buat peta konturnya untuk memudahkan dalam mengkorelasikan data struktur dan anomali Cu-Au.

Dengan mengkombinasikan data struktur dengan kadar Cu-Au dapat terlihat pada bagian mana anomali tersebut berkembang dan berada pada struktur bagaimana, yang

selanjutnya akan dihubungkan dengan model sesar mendatar yang telah dibuat.

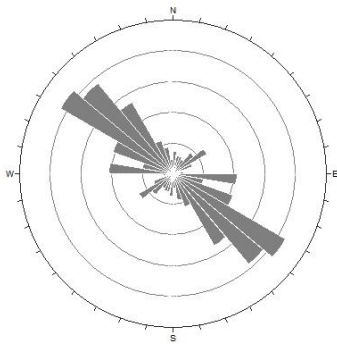
### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil deskripsi menunjukkan bahwa batuan yang ditemukan merupakan batuan beku Andesitik. Batuan ini memiliki warna segar abu – abu, warna lapuk coklat terang – hijau kuning, memiliki ukuran butir afanitik, derajat kristalisasi holokristalin, bentuk kristal *subhedral – anhedral, inequigranular*, mesokratik, tidak terlihat adanya struktur batuan beku atau masif, kandungan mineral utama secara megaskopis Plagioklas 15%, Kuarsa 3%, Alkali Feldspar 2%, sedangkan mineral sekundernya klorit, epidote, kalsit, dan malachite. Pada batuan ini terdapat mineral kalkopirit dan pirit. Batuan ini termasuk ke dalam zona alterasi Propilitik yang dicirikan oleh mineral klorit dan epidote (Lowel dan Gilbert, 1970)(Gambar 1.1).



**Gambar 1.1** Kenampakan andesit dan kekar di lapangan pada sekitar zona sesar katale

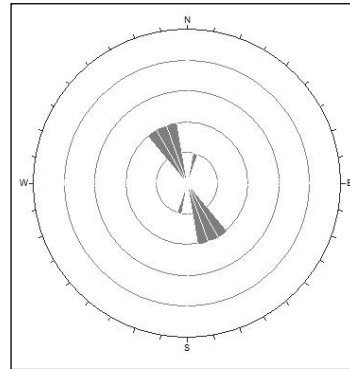
Secara keseluruhan, kekar yang berkembang pada daerah penelitian didominasi oleh kekar dengan arah orientasi barat laut – tenggara dengan arah kemiringan ke arah barat daya, dengan kemiringan rata – rata diatas  $50^\circ$ . Kekar yang berkembang memiliki panjang berisar antara 5 – 30 m. Kekar ini diperkirakan dibentuk oleh hasil dari tekanan dari penerobosan magma fase terakhir (Tonalit Muda) dan tektonik regional yang pada saat itu hampir berlangsung secara bersamaan (Gambar 1.2).



**Gambar 2.1** Rosette kekar secara seseluruhan

Kemudian, urat yang ditemukan berupa urat kuarsa, urat kuarsa-kalkopirit, dan urat kuarsa-pirit. Secara umum urat yang ditemukan memiliki orientasi yang berarah barat laut – tenggara, dengan kemiringan berkisar antara  $30^{\circ}$ - $80^{\circ}$ . Menurut Chris Clode (1999) urat kuarsa terbentuk pada alterasi awal, yaitu pada saat intrusi pertama terjadi, yaitu intrusi batuan diorit. Sedangkan urat kuarsa-kalkopirit dan urat kuarsa-pirit, terbentuk pada transisi akhir, yaitu pada saat intrusi tonalit muda terjadi. Struktur major yang menjadi kajian utama adalah sesar Katala, Bromo dan Merapi. Ketiga sesar ini berada pada bagian barat laut tambang Batu Hijau, memiliki arah relatif barat laut yang memanjang ke arah tenggara dan memotong seluruh batuan dan struktur yang ada di tambang Batu Hijau. Ketiga sesar ini memiliki kemiringan ke arah barat daya, dengan besar kemiringan yang bervariasi. Sesar katala memiliki kemiringan sebesar  $75^{\circ}$ , merapi  $65^{\circ}$  dan bromo  $60^{\circ}$  (Gambar 1.3). Hasil observasi lapangan pada sesar katala, bromo dan merapi, tidak nampak adanya slicken side, dan struktur ini diisi oleh breksiasi, mengandung hancuran feldspar, pirit dan juga clay (Gambar 1.4). Lebar rekahan pada zona sesar berkisar antara 20 cm – 300 cm. Ketiga struktur ini diperkirakan merupakan *oblique* turun. Hal ini dapat ditentukan dari hukum perpotongan dan perbandingan dengan model sesar mendatar. Secara umum seluruh sesar memotong batuan intrusi yang umumnya berkisar antara Miosen Tengah – Pliosen Tengah, artinya struktur ini terbentuk setelah batuan sekitarnya terbentuk.

Unsur sesar turun dapat dihubungkan dengan tekanan yang dihasilkan oleh terobosan batuan intrusi yang berarah vertikal, sehingga akan terbentuk sesar normal.

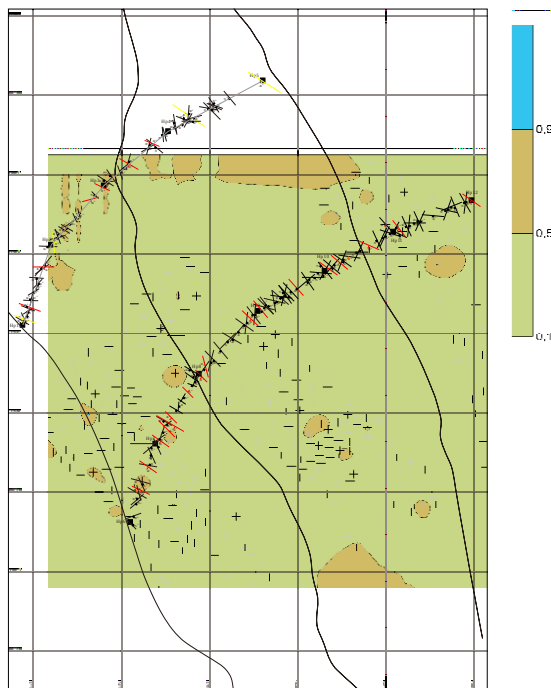


**Gambar 1.3** Rosette sesar secara seseluruhan



**Gambar 1.4** Zona sesar katala dan infill berupa pirit-feldspar-clay

Hasil *overlay* antara penyebaran struktur dan anomali Cu dan Au (Gambar 1.5) menunjukkan bahwa, irisan antara struktur dan anomali Cu dan Au pada berada pada bagian *hanging wall* dari sesar Merapi, zona sesar Merapi dan zona sesar Katala. Anomali yang muncul berasosiasi dengan sesar minor yang terisi oleh hancuran feldspar dan tembaga, dengan arah relatif barat laut - tenggara, memiliki kemiringan  $40^{\circ}$ - $70^{\circ}$  ke arah barat daya, kemudian berasosiasi dengan struktur *Riedel P-Shear*, *R'-antithetic* dan *X-fracture*. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa, kemunculan anomali dipengaruhi oleh perkembangan pola struktur riedel yang berkembang pada mineralisasi akhir terjadi. Struktur bukaan *riedel* diperkirakan menjadi wadah atau tempat terbentuknya mineralisasi.



Gambar 1.5 Hasil *Overlay* struktur dengan anomali bench 35 Cu

## 5. KESIMPULAN

Batuan yang ditemukan pada daerah penelitian merupakan batuan beku andesitik dan termasuk ke dalam alterasi propilitik yang dicirikan oleh kehadiran mineral sekunder klorit, epidot dan kalsit yang dominan.

Kekar yang berkembang pada daerah penelitian didominasi oleh kekar dengan arah orientasi barat laut – tenggara dengan arah kemiringan ke arah barat daya, dengan kemiringan rata – rata diatas  $50^{\circ}$ . Urat yang ditemukan berupa urat kuarsa, urat kuarsa-kalkopirit, dan urat kuarsa-pirit. Secara umum urat yang ditemukan memiliki orientasi yang berarah barat laut – tenggara, dengan kemiringan berkisar antara  $30^{\circ}$ - $80^{\circ}$ . Sesar yang ditemukan memiliki arah relatif barat laut yang memanjang ke arah tenggara dan memotong seluruh batuan dan struktur yang ada di tambang Batu Hijau. Ketiga sesar ini memiliki kemiringan ke arah barat daya, dengan besar kemiringan yang bervariasi.

Hasil perbandingan dengan model *Riedel* menunjukkan bahwa, pola struktur yang berkembang mencakup R-syn, R'-antithetic, P-Shear, X-Fracture. Tidak ditemukannya T-fracture, dan Y-shear merupakan salah satu indikasi bahwa perkembangan pola *Riedel Shear* pada daerah penelitian tidak berkembang hingga fase akhir.

Hasil korelasi struktur dengan anomali Cu-Au menunjukkan bahwa kemunculan anomali kemungkinan dipengaruhi oleh perkembangan pola struktur *riedel* yang berkembang pada saat mineralisasi akhir terjadi. Struktur bukaan yang dihasilkan *riedel shear* diperkirakan menjadi wadah atau tempat terbentuknya mineralisasi. Kemungkinan, struktur yang memiliki trend dengan arah yang sama dengan P-Shear dan R-syn, memiliki kandungan tembaga yang cukup besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima banyak kasih kepada Pembimbing Penulis yang telah membimbing penelitian ini. Selain itu, penulis ucapkan terima kasih pula kepada Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjajaran dan PT Pertamina EP yang telah membantu dan mengizinkan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, E. M. 1951. *The Dynamics of faulting : 2nd ed.* Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Clode, C., Proffett, J., Mitchell, P., and Munajat, L., 1999. *Relationship of intrusion, wallrock alteration and mineralization in the Batu Hijau Copper-Gold Porphyry Deposit.* PACRIM Congress 1999.
- Corbett, G.J. dan Leach, T.M., 1996, *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration, and Mineralization:* SEG Special Publication No. 6.
- Davis, G. H., 1996. *Structural Geology of Rock and Region*, 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Davis G.H, Bump A.P, dkk. 2000. Conjugate Riedel deformation band shear zones. *Journal of Structural Geology* 26. The Department of Geosciences, The University of Arizona, Tucson, Arizona 85721, USA
- Garwin, Steve. 2000. *The Setting, Geometry And Timing Of Intrusion Related Hydrothermal Systems In The Vicinity Of Batu Hijau Porphyry Copper-Gold Deposit*, Sumbawa, Indonesia.
- Hamilton, W.B., 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*, U.S. Geological Survey Professional Paper. Pp 345.
- Haryanto, Iyan. 2003. *Diktat Geologi Struktur*. Geologi Unpad, Jatinangor.
- Lowell, J.D. dan Guilbert, J.M., 1970, *Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposits*: *Economic Geology*, volume ke-65.
- Mitchell, P.A., Proffett, J.M., dan Dilles, J.H., 1998, *Geological review of the Batu Hijau porphyry copper-gold deposit, Sumbawa, Indonesia*: Laporan internal PT. Newmont Nusa Tenggara. Tidak dipublikasikan.
- Priwasono, E. dan Maryono, A. 2002. Structural Relationship and Their Impact on Mining at The Batu Hijau Mine, Sumbawa, Indonesia. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI ke-31*.