

SKRIPSI

**ANALISIS KERAPATAN URAT KUARSA TERHADAP ALTERASI DAN
MINERALISASI Cu PADA PENAMPANG 080 PIT BATU HIJAU
SUMBAWA BARAT**

Disusun dan diajukan oleh

MAXI WILLIAM LAKABA

D061 19 1098



DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS KERAPATAN URAT KUARSA TERHADAP ALTERASI DAN
MINERALISASI Cu PADA PENAMPANG 080 PIT BATU HIJAU
SUMBAWA BARAT**

Disusun dan Diajukan Oleh :

MAXI WILLIAM LAKABA

D061 19 1098

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas
Teknik Universitas Hasanuddin dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T

NIP. 19731003 200012 2 001



Dr. Ir. Musri Ma'waleda, M. T

NIP. 19611231 198903 1 019

**Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**



Dr. Eng. Hendra Pahri, S.T., M.Eng

NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maxi William Lakaba
NIM : D0611910198
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Kerapatan Urat Kuarsa Terhadap Alterasi dan Mineralisasi Cu Pada Penampang 080 Pit Batu Hijau Sumbawa Barat

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa Pemetaan Geologi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 25 Juli 2024

Yang Menyatakan



Maxi William Lakab

ABSTRAK

MAXI WILLIAM LAKABA. *Analisis Kerapatan Urat Kuarsa Terhadap Alterasi dan Mineralisasi Cu Pada Penampang 080 Pit Batu Hijau Sumbawa barat, dibimbing oleh Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Musri Ma'waleda., M.T.*

Daerah penelitian secara administratif termasuk daerah Batu Hijau, Kecamatan Jereweh, Kabupaten Sumbawa Barat, Provinsi Sulawesi selatan dan secara astronomis terletak pada koordinat $116^{\circ} 52' 21''$ Bujur Timur dan $08^{\circ} 57' 55''$ Lintang Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kerapatan urat kuarsa terhadap alterasi dan mineralisasi Cu pada daerah penelitian. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pengumpulan data lapangan berupa 11 data pengeboran di daerah penelitian, dan data laboratorium berupa 4 sampel sayatan poles dan 4 sampel sayatan tipis. Data-data tersebut dianalisis berdasarkan analisis petrografi dan analisis assay. Hasil analisis yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa litologi yang berada pada daerah penelitian ialah Andesit, Diorit, Tonalit intermedit, dan Tonalit muda. Zona alterasi pada daerah penelitian ialah *pale green mica* dan *secondary biotit*. Zona Mineralisasi pada daerah penelitian adalah zona pirit, zona kalkopirit, dan zona bornit.

Kata Kunci : Kerapatan Urat Kuarsa, Alterasi, Mineralisasi

ABSTRACT

MAXI WILLIAM LAKABA *Vein Density Analysis of Cu Alteration and Mineralization in section 080 Batu Hijau Pit, West Sumbawa supervised by Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T. and Dr. Ir. Musri Ma'waleda., M.T.*

The research area administratively includes the Batu Hijau area, Jereweh District, West Sumbawa Regency, South Sulawesi Province, and astronomically located at coordinates 116° 52' 21" East Longitude and 08° 57' 55" South Latitude. This study aims to determine the relationship between quartz vein density and alteration as well as Cu mineralization in the research area. The method used in this research was field data collection in the form of 11 drilling data in the research area, and laboratory data in the form of 4 polished cut samples and 4 thin cut samples. These data were analyzed based on petrographic analysis and assay analysis.. The analysis results led to the conclusion that the lithology in the research area consists of Andesite, Diorite, Intermediate Tonalite, and Young Tonalite. The alteration zones in the research area are pale green mica and secondary biotite. The mineralization zones in the research area are pyrite zone, chalcopyrite zone, and bornite zone.

Keywords: *Vein Density, Alteration, Mineralization*

KATA PENGANTAR

Puji syukur patut dipanjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang senantiasa memberikan limpaham kasih dan berkat, pembuatan laporan Tugas Akhir dengan judul “*Analisis Kerapatan Urat Kuarsa Terhadap Alterasi dan Mineralisasi Cu Pada Penampang 080 Pit Batu Hijau Sumbawa Barat*” bisa berjalan dengan lancar tanpa ada halangan suatu apapun. Pada kesempatan ini, tak lupa kami ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, di antaranya:

1. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T sebagai penasehat akademik dan dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya serta memberikan bimbingannya selama ini
2. Bapak Dr. Ir. Musri Ma'walede, M.T. sebagai dosen pembimbing penulis yang memberikan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T. sebagai dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis
4. Bapak Safruddim, S.T., M.Eng. sebagai dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. Tere Wilhelm Haller Nicholas sebagai *Sponsor* dalam kegiatan praktik kerja lapangan
7. Bapak Bambang Wijanarko selaku *Manager Training Dan Development Training*
8. *Bapak* Gunawan Saputra selaku *Supten Training Support*
9. Bapak Andi Irawan, Agni Yuddha Wicaksono, Ivan Joeni, Fery selaku Tim *Training*
10. Bapak Wahyudi Malik selaku *User* Kegiatan Praktek Kerja Lapangan
11. Bapak Jan Sastrajaya selaku *Mentor* Kegiatan Praktek Kerja Lapangan
12. Ibu Sia Pamela Dita dan Bapak Dian Z. Hakim, Ruli A. Hasby, Bakhtiar Sadrihadi, Dahroni, Khairul Anwar, Endry Rizky R., Ian Kantona T., sebagai *mine geologists*

13. Bapak Adiwiranata Kusuma, Sapi'I, Erwin Prawinata, Hasanuddin, Restu Budiman, Supardianto, Suryadi, Chandra Arista, Dendi Saputra, Harry Zulman Jaya, Mansyah, dan Saharudin sebagai *Core Shed Geologist*.

14. Kedua Orang Tua penulis, yang tidak henti-hentinya memberikan penulis segala bentuk dukungan, baik berupa dukungan moril ataupun material

15. Pihak-pihak yang lain yang membantu dalam penyusunan proposal usulan penelitian ini

Di dalam menyusun dan merancang proposal ini, memiliki banyak kekurangan. Oleh karenanya, berbagai bentuk kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Semoga proposal ini bermanfaat khususnya bagi para pembaca. Akhir kata semoga proposal tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan lainnya

Gowa, 25 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Lokasi Penelitian.....	2
1.6 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gambaran Umum Perusahaan	4
2.2 Geologi Regional	5
2.2.1 Geomorfologi Regional.....	6
2.2.2 Stratigrafi Regional	7
2.2.3 Struktur Regional	9
2.2.4 Alterasi dan Mineralisasi Regional	10
2.3 Hidrotermal.....	14
2.4 Endapan Mineral	16
2.5 Ganesa Tembaga Porfiri.....	18
2.6 Proses Pemisahan Tembaga selama Kristalisasi Magma	18
2.7 Perubahan Geokimia Selama Pengendapan.....	19

2.8	Mineralogi Tembaga	19
BAB III METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN		21
3.1	Studi Literatur	21
3.2	Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	21
3.3	Pengumpulan Data	21
3.4	Analisis Data.....	22
3.5	Analisis Laboratorium	22
3.6	Penyusunan Laporan	22
BAB IV Hasil dan Pembahasan.....		24
4.1	Geologi Daerah Penelitian.....	24
4.1.1	Stratigrafi Daerah Penelitian.....	25
4.1.1.1	Satuan Andesit	26
4.1.1.1.1	Dasar Penamaan	26
4.1.1.1.2	Ciri Litologi	26
4.1.1.1.3	Umur.....	29
4.1.1.2	Satuan Diorit Kuarsa	29
4.1.1.2.1	Dasar Penamaan	29
4.1.1.2.2	Ciri Litologi	29
4.1.1.2.3	Umur.....	32
4.1.1.3	Satuan Tonalit Intermedit	32
4.1.1.3.1	Dasar Penamaan	32
4.1.1.3.2	Ciri Litologi	32
4.1.1.3.3	Umur.....	35
4.1.1.4	Satuan Tonalit Muda	35
4.1.1.4.1	Dasar Penamaan	35
4.1.1.4.2	Ciri Litologi	35
4.1.1.4.3	Umur.....	38
4.2	Kerapatan urat kuarsa dan Tipe urat kuarsa	38
4.3	Mineralisasi daerah penelitian	41
4.4	Alterasi Daerah Penelitian.	46
4.5	Hubungan kerapatan urat kuarsa terhadap mineralisasi	54

4.6	Hubungan kerapatan urat kuarsa terhadap mineralisasi	55
BAB V PENUTUP		57
5.1	Kesimpulan	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN		60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Peta geologi lembar Sumbawa, Nusa Tenggara Barat Skala 1:250.000	6
Gambar 2	Peta geologi PIT Batu Hijau PT Amman Mineral Nusa Tenggara	10
Gambar 3.	Penyebaran alterasi di daerah PIT Batu Hijau	13
Gambar 4.	Penyebaran mineralisasi di daerah PIT Batu Hijau	13
Gambar 5.	Skematik diagram dari jenis-jenis endapan hidrotermal	15
Gambar 6.	Kondisi geologi Batu Hijau yang terletak di sebelah barat daya Pulau Sumbawa (Garwin, 2002)	25
Gambar 7.	Peta geologi PIT Batu Hijau PT AMMAN MINERAL NUSA TENGGARA	25
Gambar 8.	Kenampakan megaskopis andesit	27
Gambar 9.	A) Fotomikrograf sayatan tipis nikol sejajar, B) fotomikrograf sayatan tipis nikol silang pada andesit dengan komposisi mineral <i>quartz</i> (Qz), <i>Sericite</i> (Sr), <i>chlorite</i> (Chl), dan <i>muscovite</i> (Mc).....	28
Gambar 10.	Kenampakan Megaskopis Diorit Kuarsa.....	30
Gambar 11.	A) Fotomikrograf sayatan tipis nikol sejajar, B) fotomikrograf sayatan tipis nikol silang pada diorit kuarsa dengan komposisi mineral <i>quartz</i> (Qz), <i>secondary biotite</i> (Bio), <i>actinolite</i> (Act), <i>plagioclase</i> (Plg), <i>muscovite</i> (Mc), dan <i>opaq</i> (Opq).....	31
Gambar 12.	Kenampakan megaskopis tonalit intermedit.....	33
Gambar 13.	A) Fotomikrograf sayatan tipis nikol sejajar, B) fotomikrograf sayatan tipis nikol silang pada tonalit intermedit dengan komposisi mineral <i>quartz</i> (Qz), <i>actinolite</i> (Act), <i>plagioclase</i> (Plg), <i>secondary biotite</i> (Bio), dan <i>opaq</i> (Opq).....	34
Gambar 14.	Kenampakan Megaskopis Tonalit Muda	36
Gambar 15.	A) Fotomikrograf sayatan tipis nikol sejajar, B) fotomikrograf sayatan tipis nikol silang tonalit muda dengan komposisi mineral <i>quartz</i> (Qz), <i>muscovite</i> (Mc), <i>plagioclase</i> (Plg), <i>secondary biotite</i> (Bio), dan <i>opaq</i> (opq)	37
Gambar 16.	Kerapatan urat kuarsa yang kehadirannya melimpah	39

Gambar 17.	Tipe urat A.....	40
Gambar 18.	Tipe urat AB	40
Gambar 19.	Tipe urat B	40
Gambar 20.	Tipe urat C.....	41
Gambar 21.	Tipe urat D.....	41
Gambar 22.	Mineral bornit pada tonalit intermedit	43
Gambar 23.	Mineral kalkopirit pada diorit kuarsa.....	44
Gambar 24.	Mineral pirit pada andesit.....	44
Gambar 25.	Penyebaran mineralisasi pada penampang 080	45
Gambar 26.	Penyebaran zoan alterasi biotit - kuarsa pada tonalit intermedit.....	47
Gambar 27.	Penyebaran zona alterasi serisit – klorit – kuarsa – kalsit pada andesit.....	50
Gambar 28.	Penyebaran alterasi pada penampang 080.....	48
Gambar 29.	Grafik Box Plot hubungan tipe urat kuarsa dengan kerapatan urat kuarsa.....	54
Gambar 30.	Grafik Box Plot hubungan alterasi dengan kerapatan urat kuarsa	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Diagram alir metode dan tahap penelitian.....	23
Tabel 2	Temperatur pembentukan zona biotit– kuarsa.....	48
Tabel 3	Temperatur pembentukan zona biotit– kuarsa.....	51
Tabel 4	Pembagian tipe altersi sesuai temperatur dan Ph Corbet dan Leach (1997)	52

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
%	Persen
±	Kurang lebih
// - Nikol	Nikol Sejajar
X – Nikol	Nikol Silang
Act	Aktinolit
AMNT	Amman Mineral Nusa Tenggara
Au	Emas
Ag	Perak
Bakosurtanal	Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional
BT	Bujur Timur
BIG	Badan Informasi Geospasial
C	Celcius
Cal	Kalsit
Chl	<i>Chlorite</i>
Cu	Temabaga
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
Dkk	Dan kawan-kawan
E	East
Fe	Besi
LS	Lintang Selatan
M	Meter
Mm	Milimeter
Mo	Molibdenum
Ms	<i>Muscovit</i>
N	<i>North</i>

NTB	Nusa Tenggara Barat
<i>Pb</i>	<i>Timbal</i>
<i>Rf</i>	<i>Rock Fragment</i>
S	Sulfur
Sr	<i>Sericite</i>
Tmcl	Batugamping Korall
Tml	Batugamping
Tms	Batupasir Tuffan
Tmv	Satuan Breksi Tuff
Tomd	Formasi Date
Tomm	Formasi Makale
Tpe	Batulempung Tuffan
Qhv	Satuan Lava Breksi
Ql	Terumbu Korall Terangkat
Qof	Satuan Breksi Tanah Merah
Qv	Satuan Breksi Andesit- Basalt
Qz	<i>Quartz</i>
Zn	Zink

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan eksploitasi pada proses penambangan tidak terlepas dari kondisi geologi dalam melakukan perencanaannya. Pemetaan geologi dilakukan secara berkesinambungan merupakan dasar dalam pembuatan model endapan mineral. Kegiatan pemetaan bor dilaksanakan setiap awal dimulai fase baru untuk memperbaharui data geologi sebelum proses pemboran dan peledakan (*drill & blasting*). Data-data tersebut berupa data mineralisasi, alterasi maupun litologi. Pekerjaan ini berhubungan dengan tugas seorang *geologist* khususnya pada bagian *Ore Control*. Kondisi litologi mempunyai pengaruh dalam proses pengeboran. Pemetaan lubang bor menghasilkan data jenis litologi, mineralisasi sulfida, total sulfida, mineral, dan alterasi (Garwin, 2002)

Sebaran mineral yang mengandung unsur Cu terdapat di daerah penelitian berupa mineral bornit dan kalkopirit dengan alterasi yang berkembang dicirikan oleh adanya urat urat kuarsa disekitarnya. Data-data tersebut di atas dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan persentasi tembaga (estimasi Cu).

Dengan adanya data urat kuarsa, maka kita dapat melihat korelasi antara kerapatan uratk kuarsa terhadap mineralisasi dan alterasi pada PIT Batu Hijau PT. Amman Mineral Nusa Tenggara

1.2 Rumusan Masalah

Mineral bijih seperti bornit dan kalkopirit mengandung Cu dengan kadar yang berbeda-beda dimana kadar Cu (tembaga) di dalam mineral bornit lebih tinggi daripada mineral kalkopirit dan tersebar pada zona-zona ubahan hidrotermal. Proses pengeboran akan menghasilkan data-data geologi. Berdasarkan hal tersebut maka masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Zona Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian
2. Bagaimana hubungan kerapatan urat kuarsa yang dijumpai terhadap mineralisasi dan alterasi

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk menentukan hubungan kerapatan urat kuarsa dengan alterasi dan mineralisasi Cu . Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan zona alterasi dan mineralisasi yang terdapat pada daerah Pit Batu Hijau
2. Menentukan hubungan kerapatan urat kuarsa terhadap mineralisasi dan alterasi pit Batu Hijau

1.4 Batasan Masalah

Masalah yang akan di bahas pada penelitian ini terbatas pada penentuan hubungan kerapatan urat kuarsa terhadap mineralisasi dan alterasi melalui proses pemetaan lubang bor. Untuk mengetahui jenis litologi, zonasi alterasi dan mineralisasi.

1.5 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang merupakan daerah Pertambangan PT. Amman Mineral. Secara astronomis terletak pada $116^{\circ} 52' 21''$ Bujur Timur dan $08^{\circ} 57' 55''$ Lintang Selatan. Adapun secara geografis yaitu terletak di Pulau Sumbawa tepatnya yaitu di daerah Tongo Kecamatan Sekongkang Kabupaten Sumbawa Barat Provinsi Nusa Tenggara Barat (NTB). Dari kota Mataram (ibu kota provinsi NTB) daerah ini dapat ditempuh melalui jalur darat menuju Pelabuhan Kayangan Kabupaten Lombok Timur dengan waktu tempuh sekitar 120 menit sedangkan jarak tempuhnya kurang lebih kurang lebih 80 km, setelah tiba di pelabuhan Kayangan dapat melalui dua jalur untuk sampai di daerah Batu Hijau. Jalur pertama yaitu menggunakan *speed boat* milik PT. Amman Mineral ke *Port Benete* melalui selat

Alas dengan waktu tempuh 90 menit. Sedangkan jalur yang kedua yaitu menggunakan jasa angkutan penyeberangan menuju Pelabuhan Poto Tano kemudian dilanjutkan melalui jalur darat menuju *Gate* Benete dengan waktu tempuh 2 jam 30 menit. Daerah penambangan sendiri terletak dibagian timur *Port* Benete dengan jarak tempuh sekitar 25 km dan waktu tempuh yang digunakan yaitu kurang lebih 60 menit melalui jalur darat.

1.6 Manfaat penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mengetahui zona alterasi dan mineralisasi yang terdapat pada daerah pit batu hijau
2. Mengetahui hubungan antara kerapatan urat kuarsa dengan alterasi dan mineralisasi sulfida yang ada di daerah penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Perusahaan

2.1.1 Profil Perusahaan

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara (AMNT) adalah perusahaan tambang yang beroperasi di pulau Sumbawa tepatnya di kabupaten Sumbawa Barat, provinsi Nusa Tenggara Barat. PT. Amman Mineral Tenggara merupakan perusahaan nasional yang didirikan pada 2 November 2016 sebelumnya bernama PT. Newmont Nusa Tenggara Barat. PT AMNT memulai kegiatan produksi dan operasi di tahun 2000. PT. Amman Mineral Tenggara memiliki fasilitas lengkap untuk mendukung kegiatannya, termasuk diantaranya armada peralatan tambang yang besar, pabrik pengolahan dengan kapasitas 120.000 ton per hari, pembangkit listrik tenaga batu bara 112 MW, PT. Amman Mineral Tenggara berkomitmen untuk melaksanakan prosedur operasional terbaik dan berkelanjutan melalui penerapan teknologi ramah lingkungan paling maju pada masanya. Luas wilayah kontrak karya PT. Amman Mineral Tenggara mengalami beberapa kali reliquishment hingga menjadi 66.422 Ha pada tahun 2014. Sesuai amanat Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 tahun 2009, pada tahun 2017 PT. Amman Mineral Nusa Tenggara mengubah kontrak karya menjadi ijin usaha penambangan khusus (IUPK). Pada tahap awal, PT. Amman Mineral Tenggara mendapatkan ijin usaha penambangan khusus operasi produksi (IUPK-OP) yang meliputi wilayah batu hijau, Elang dan Rinti dengan luas keseluruhan 25.000 Ha. Dengan ditetapkannya IUPK-OP untuk PT. Amman Mineral Tenggara melalui keputusan Menteri ESDM, maka ketentuan-ketentuan kontrak karya antara pemerintah Republik Indonesia dan PT. Amman Mineral Nusa Tenggara yang ditandatangani tanggal 6 November 1986 menjadi bagian tidak terpisahkan dari keputusan menteri tersebut dan dinyatakan tetap berlaku sesuai ketentuan dalam peraturan Menteri ESDM nomor 15 tahun 2017.

PT. Amman Mineral Nusa Tenggara merupakan perusahaan tambang bijih tembaga dengan mineral ikutan emas yang dulunya didirikan oleh PT. Newmont

Nusa Tenggara pada tahun 1986 dan mulai beroperasi secara penuh pada tahun 2000. PT. Newmont Nusa Tenggara menemukan cebakan Batu Hijau dan pada bulan April 1986 telah selesai melakukan studi kelayakan, kemudian menandatangani Kontrak Karya (KK) dengan pemerintah Republik Indonesia pada tanggal 2 Desember 1986 untuk lahan seluas 1.127.134 Ha yang mencakup wilayah Sekotong, Pulau Lombok, Batu Hijau, dan Rinti di Pulau Sumbawa. PT. Newmont Nusa Tenggara (Sekarang menjadi PT. Amman Mineral Nusa Tenggara) kemudian melakukan beberapa kali penciptaan wilayah dan membagi wilayah tersebut menjadi 4 blok, yaitu blok Batu Hijau dengan luas 40.372 Ha, blok Lunyuk Utara dengan luas 2.722 Ha, blok Elang dengan luas 16.150 Ha, dan blok Rinti dengan luas 6.817 Ha. Tahun 1990.

2.2 Geologi Regional

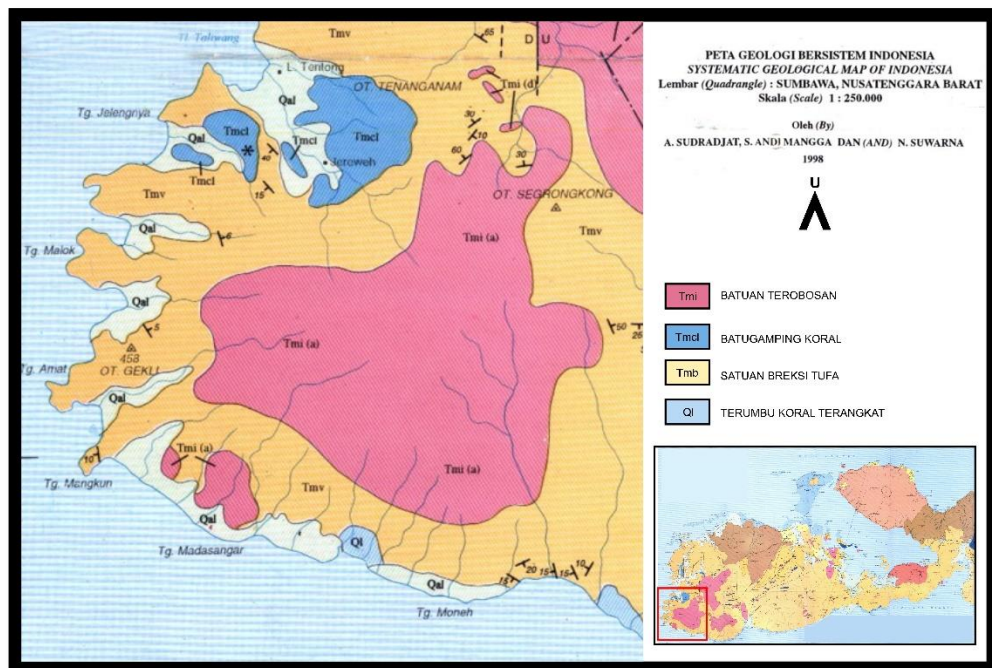
Pulau Sumbawa terletak pada busur kepulauan Banda, yang merupakan kelanjutan dari Zona Solo. Busur yang berarah timur – barat merupakan hasil tumbukan lempeng antara lempeng Indo – Pasifik dengan tepi benua dari lempeng Australia (Irianto,1995).

Bagian baratdaya Pulau Sumbawa terbentuk oleh kompleks produk gunungapi plutonik yang berumur Tersier Awal, sedangkan bagian utara pulau ini ditutupi oleh produk hasil letusan gunungapi Kuartar maupun yang masih aktif hingga sekarang, yang menerus ke arah timur dari Pulau Lombok, Sumbawa dan Flores. Pada bagian barat pantai ditutupi oleh sedimen epiklastik (breksi laharik) dan endapan aluvial yang terbentuk dari gundukan vulkanik.

Bagian utara Pulau Sumbawa terdiri dari jalur gunungapi vulkanik kuartar, dengan puncak tertinggi mencapai 2851 meter di atas permukaan laut, yaitu Gunung Tambora. Di bagian selatan didominasi oleh batuan tersier awal yang berupa satuan batuan vulkanik, aliran lava, sisipan batugamping dan beberapa batuan intrusi, dengan fisiografi berupa punggung – punggung kasar dan tak teratur, yang disayat oleh sistem perkembangan berarah timurlaut – baratdaya dan timurlaut – tenggara dengan ketinggian bukit berkisar antara 800 – 1400 meter di

atas permukaan laut. Di daerah pantai ditutupi oleh batuan sedimen epiklastik dan aluvial. Struktur regional berarah barat–barat laut dan utara yang ditunjukkan oleh kelurusan citra satelit, foto udara, survei udara magnet.

Batuan tertua yang tersingkap di barat daya Pulau Sumbawa adalah batuan yang berumur Miosen Akhir yang terdiri dari batuan – batuan piroklastik dan aliran lava andesitik yang termetamorfkan secara regional menjadi *lower greenschist facies*. Di samping itu pula terdapat batugamping dalam jumlah sedikit. Batuan di atas kemudian diintrusi oleh basalt, dacite tonalite, diorit kuarsa yang diperkirakan berumur Miosen Tengah.



Gambar 1 Peta Geologi Lembar Sumbawa, Nusa Tenggara Barat Skala 1 : 250.000 (Sudrajat, dkk., 1998)

2.2.1 Geomorfologi Regional

Geomorfologi daerah Batu Hijau merupakan tubuh gunung api purba yang telah mengalami proses eksogenik dan erupsi pada tingkat lanjut, yang terletak pada

pusat erupsi. Hal ini dicirikan dengan terdapatnya zona hidrotermal, yang berpusat pada suatu tubuh batuan terobosan berbentuk stock yang dikelilingi oleh batuan vulkanik yang tersusun dari perselingan antara batuan piroklastik dan lava, dengan pusat lubang erupsi yang sudah tidak diketahui lagi letaknya (Sudrajat, 1998).

Daerah Batu Hijau termasuk dalam bentang alam vulkanik, yaitu bentang alam yang proses pembentukannya dikontrol oleh proses keluarnya magma dari dalam bumi. Bentang alam vulkanik biasanya selalu dihubungkan dengan gerak – gerak tektonik yang biasa terjadi pada zona penunjaman.

Dari hasil pengamatan peta, pola aliran daerah Batu Hijau adalah radial memancar yang dikontrol oleh kondisi litologi batuan beku, yaitu berbentuk kerucut dengan struktur – struktur patahan di sekitarnya. Hulu sungai berada pada ketinggian 550 meter di atas permukaan laut, dengan slope gradien besar, badan sungai berbentuk V dan pada umumnya berstadium muda. Mayoritas sungai merupakan sungai tetap dengan air selalu mengisi badan sungai sepanjang tahun, sementara sebagian lagi merupakan sungai yang hanya terisi air setelah terjadi hujan (*ephemeral stream*) yang biasanya terdapat pada alur – alur perbukitan.

2.2.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi daerah penelitian secara umum tersusun oleh batuan sedimen, batuan vulkanik dan batuan terobosan. Batuan yang tertua berumur miosen akhir sedangkan batuan terobosan diperkirakan berumur miosen tengah bagian akhir (Sudrajat, 1998).

Berikut adalah stratigrafi daerah penelitian yang tersusun dari mulai umur tua ke muda menurut Sudrajat, (1998) :

1. Batuan Sedimen

a. Batugamping (Tml)

Satuan batugamping ini terdiri dari batupasir dan batupasir gampingan serta rombakan gunungapi gampingan. Satuan ini berumur miosen awal.

b. Batupasir Tuffan (Tms)

Satuan batupasir tuffan, batulempung, tuff dan breksi dengan lensa batugamping. Satuan ini berumur miosen awal.

c. Batugamping Koral (Tmcl)

Satuan batugamping koral terdiri dari batugamping koral dan batugamping yang mengandung koral dan pada bagian bawah mengandung rijang. Satuan ini berumur miosen tengah.

d. Terumbu Koral Terangkat (Ql)

Satuan terumbu terangkat terdiri dari batugamping yang tersusun dari terumbu karang dan pecahan batugamping koral. Di beberapa tempat mengandung kepingan batuan hasil gunungapi bersusunan andesit, andesit piroksen dan andesit berongga. Pada bagian bawah satuan ini mengandung konglomerat, batupasir dan lapisan tipis magnetit. Satuan ini berumur miosen akhir sampai dengan pliosen.

e. Batulempung Tuffan (Tpe)

Satuan batulempung tuffan terdiri dari batulempung tuffan dengan sisipan lapisan batupasir dan kerikil hasil rombakan batuan gunungapi. Satuan ini berumur tersier akhir.

2. Batuan Vulkanik

a. Satuan Lava Breksi (Qhv)

Satuan lava breksi ini terdiri dari lava, lahar, tuff dan abu gunungapi yang berkomposisi andesit. Batuan terutama bersusunan calc-alkali dan terdiri dari andesit hornblende dan augit-hornblende yang keduanya berupa batuapung dan andesit berbatuapung serta andesit augit berbiotit.

b. Satuan Breksi Andesit – Basalt (Qv)

c. Satuan breksi andesit – basalt terdiri dari breksi gunungapi, lahar, tuff, abu dan lava yang berkomposisi andesit dan basalt.

d. Satuan Breksi Tuff (Tmv)

e. Satuan Breksi Tuff Terdiri dari breksi dengan komponen andesit, bersisipan tuff, kadang – kadang mengandung lahar, lava andesit dan basalt. Umumnya berstruktur bantal dengan sisipan rijang. Satuan batuan setempat

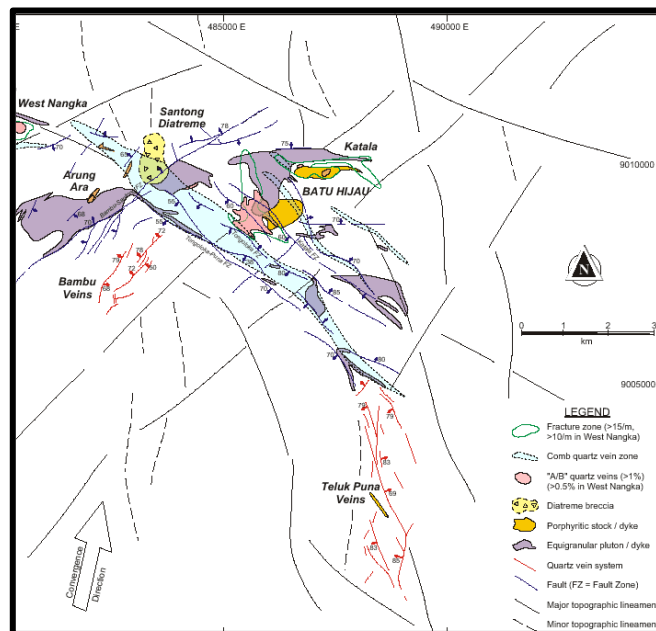
terpropilitkan, termineralkan dan terkersikkan, terlihat urat kuarsa dan kalsit.

Satuan ini berumur miosen.

- f. Satuan Breksi Tanah Merah (Qot)
 - g. Satuan breksi tanah merah terdiri dari breksi gunungapi yang berkomposisi andesit, hasil letusan Gunung Tanah Merah. Umur satuan ini adalah kuartar.
3. Batuan Terobosan
- Merupakan batuan terobosan yang terdiri dari andesit, basalt, dasite serta batuan yang tidak teruraikan yang sebagian besar batuan beku lelehan. Satuan ini menerobos batuan berumur miosen awal. Pada batuan dasit dan andesit biasanya mengandung pirit.

2.2.3 Struktur Geologi Regional

Berdasarkan interpretasi Garwin (2002), ada dua periode tektonik yaitu periode kompresi yang memiliki arah tegasan relatif barat laut-tenggara dan periode relaksasi yang memiliki arah tegasan relatif barat daya-timur laut. Secara umum struktur geologi yang berkembang di area penambangan berupa sesar (*fault*), berarah barat daya – timur laut yang dicirikan oleh adanya struktur patahan Bambu-Santong dan Tongoloka Puna-Katala yang berarah barat laut - tenggara. Apabila dilihat dari database terjadi longsoran di Batu Hijau, control struktur mayor berupa patahan di areal tambang sangatlah berpengaruh terhadap longsoran besar di areal tambang, adapun struktur patahan tersebut diantaranya Patahan Katala, Bromo, Tongoloka-Puna, Kelimutu yang umumnya berarah barat laut - tenggara. Berikut permodelan struktur dari Departemen Geoteknik PT. Amman Mineral Nusa Tenggara



Gambar 2 Peta geologi PIT Batu Hijau PT Amman Mineral Nusa Tenggara (Garwin,2002)

2.2.4 Alterasi dan Mineralisasi Regional

Perkembangan proses alterasi dan mineralisasi hidrotermal berdasarkan waktu perkembangannya dibagi menjadi lima tahap (Clode, dkk., 1999; dalam Imai, dkk., 2005), yaitu:

1. Tahap Awal

Alterasi pada tahap awal terdiri dari biotisasi, pembentukan magnetit dan plagioklas sekunder, pembentukan urat *stocwork* dan terjadi mineralisasi. Pada tahap ini berkembang urat dengan komposisi biotit±serabut-serabut kuarsa dan mika (biotit-serisit) yang disertai biotisasi mineral mafik dan masadasar. Mineralisasi tembaga dan emas berasosiasi dengan kelimpahan urat tipe A (tebal < 1 cm, komposisi magnetit±kuarsa (kuarsa berasosiasi dengan bornit, digenit, kalkosit, dan kalkopirit), kontak tidak rata dengan batuan samping, dan terputus-putus) dan AB (tebal 2 cm dengan komposisi bornit±kalkopirit dan mulai terbentuk *center-line*). Alterasi awal ini bersifat pervasif di dalam dan bagian proksimal tubuh intrusi tonalit.

2. Tahap Transisi

Alterasi transisi terdiri dari oligoklas/albit-serisit-klorit-kuarsa yang berasosiasi dengan urat tipe B (tebal 2 cm dengan komposisi kuarsa kasar, kalkopirit±bornit disepanjang *vuggy center-line* dan kontak tegas dengan batuan samping), beberapa diikuti oleh pembentukan urat tipe C (tebal <1 cm dengan komposisi kalkopirit±kuarsa, masif).

3. Tahap Akhir

Alterasi tahap akhir dicirikan dengan penggantian feldspar dengan serisit. Disertai pembentukan urat tipe D (tebal 0,5 – 2 cm, terdiri dari kuarsa dan pirit masif dan selubung alterasi serisit dan smektit, serta memotong urat tipe A, B, dan C).

4. Tahap Paling Akhir

Alterasi pada tahap ini dicirikan dengan penggantian feldspar oleh smektit yang berasosiasi dengan serisit dan klorit. Mineralisasi terjadi dengan terbentuknya mineral sulfida yakni antara lain sfalerit, galena, tenantit, pirit, dan kalkopirit.

5. Tahap Alterasi Zeolit

Alterasi pada tahap ini terjadi pada kondisi suhu rendah dengan mekanisme pengisian ruang (*open-space filling*) oleh stilbit atau laumontit±kalsit.

Menurut Mitchell (1998) membagi zona alterasi pada daerah penelitian berdasarkan karakteristik alterasi dan asosiasi mineral ubahan menjadi 5 zona alterasi, yaitu:

1. Zona Biotit Parsial

Zona ini terbentuk pada batuan tonalit yang dicirikan dengan hadirnya mineral biotit yang mengubah sebagian mineral hornblenda disamping masih ditemukannya hornblenda yang belum berubah dan berbentuk prismatic. Penyebaran zona ini mengikuti pola penyebaran batuan tonalit muda.

2. Zona Biotit Sekunder

Zona ini dicirikan dengan hadirnya biotit dan magnetit yang berasosiasi dengan urat kuarsa, dan hornblenda yang berubah menjadi biotit. Mineral plagioklas

relatif stabil namun dapat teralterasi menjadi biotit, kalsit, anhidrit, dan K-Feldspar pada bagian tepi dan belahan. Alterasi ini berasosiasi dengan mineral porfiri tingkat tinggi seperti bornit, digenit, magnetit, serta secara bergradasi keluar menjadi kalkopirit dan pirit.

3. Zona *Pale Green Mica* (PGM)

Zona ini merupakan tingkat alterasi transisi yang dicirikan dengan kehadiran mika hijau yang mengandung klorit dan serisit. Klorit hadir mencetak ulang biotit sekunder dan berasosiasi dengan kalkopirit dan urat tipe B.

4. Zona Klorit – Epidot

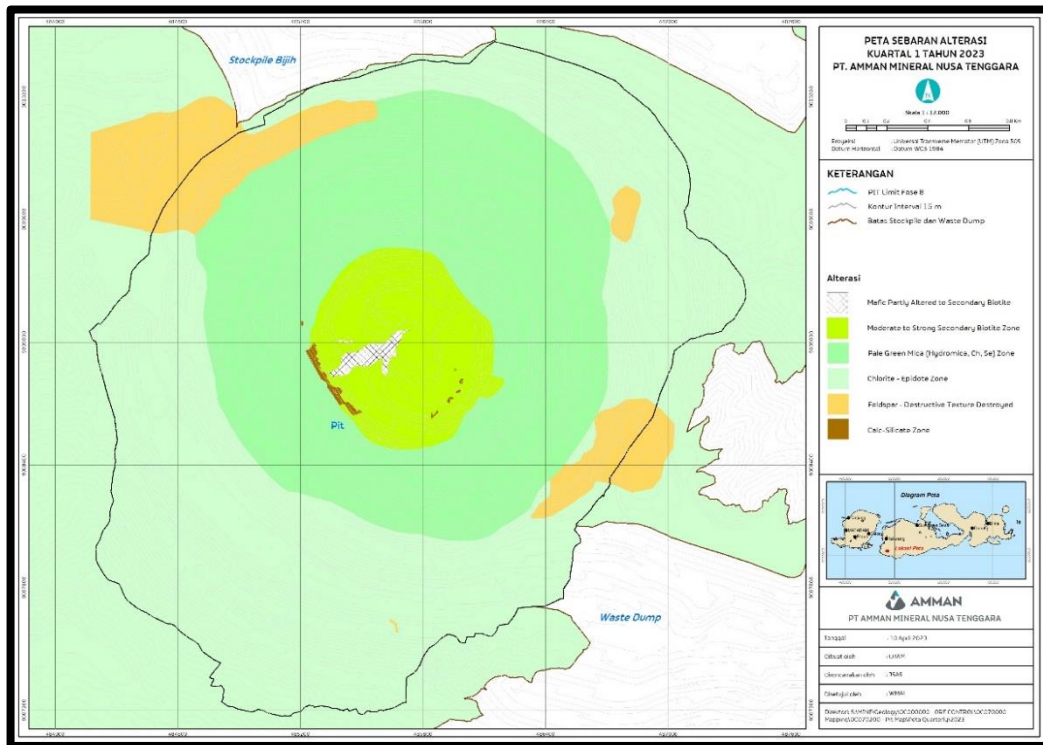
Zona ini dicirikan dengan hadirnya klorit yang berasosiasi dengan epidot serta pirit, kalsit dan magnetit. Plagioklas berubah menjadi mineral kalsit dan epidot, sementara mineral mafik berubah menjadi biotit.

5. Zona Feldspar Hancuran

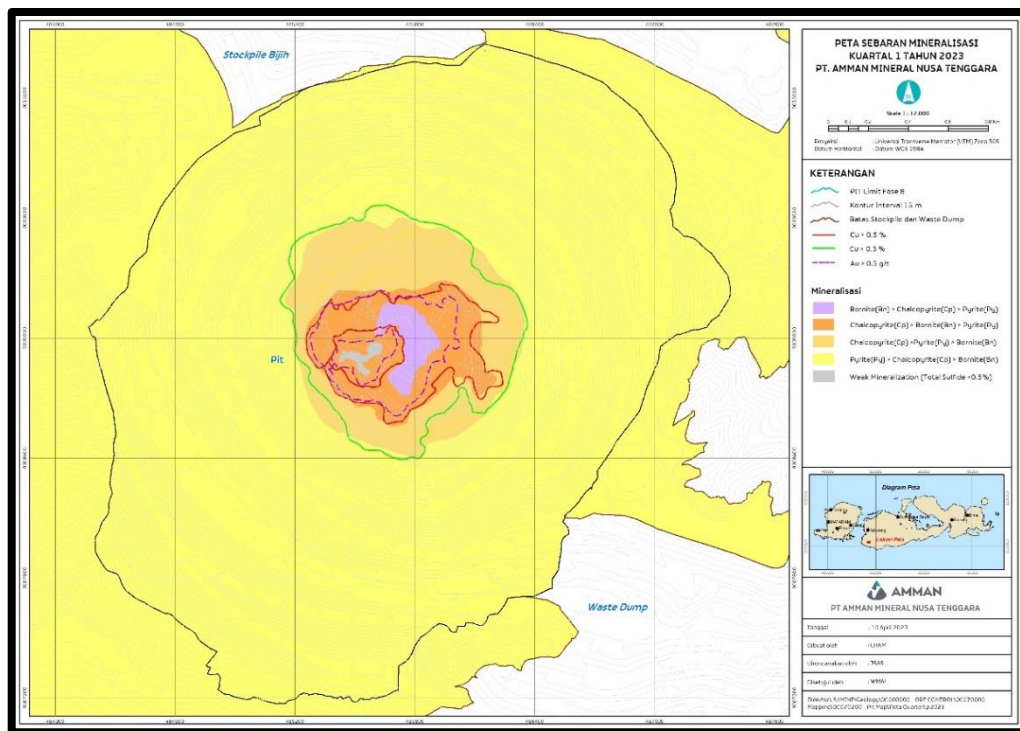
Zona ini terbentuk paling luar dan dicirikan dengan hadirnya mineral lempung, serisit, andalusit dan pirofilit. Selain itu biotit dan magnetit terubahkan dan berasosiasi dengan urat yang berisi pirit.

Menurut Imai dan Ohno (2005) volume mineralisasi tembaga dan emas terbesar serta tubuh bijih utama berasosiasi dengan Satuan Tonalit Intermedier yang berbatasan langsung dengan tonalit tua. Tubuh bijih daerah Batu Hijau secara umum berbentuk silindris/pipa dan hampir vertikal dengan dimensi 600 hingga 800 meter secara lateral dan hampir 1000 meter secara vertikal. Zona tubuh bijih tersebar sepanjang kontak batuan intrusiv dan disertai dengan jalinan urat (*stocwork*).

Mineralisasi tembaga dan emas di daerah Batu Hijau secara signifikan dan ekonomis berasosiasi dengan mineral bijih utama yakni bornit dan kalkopirit yang berhubungan dengan urat kuarsa porfiri tipe A dan B serta sejumlah logam juga diendapkan pada oleh sistem porfiri lain sekitar daerah penelitian. Urat pirit tipe D dan urat kuarsa yang berasosiasi dengannya mengandung jumlah tembaga yang relatif sedikit, namun setempat membawa emas dan mineral sulfida logam dasar yang ekonomis (Garwin, 2002).



Gambar 3 Penyebaran Alterasi di daerah PIT Batu Hijau



Gambar 4 Penyebaran Mineralisasi di daerah PIT Batu Hijau

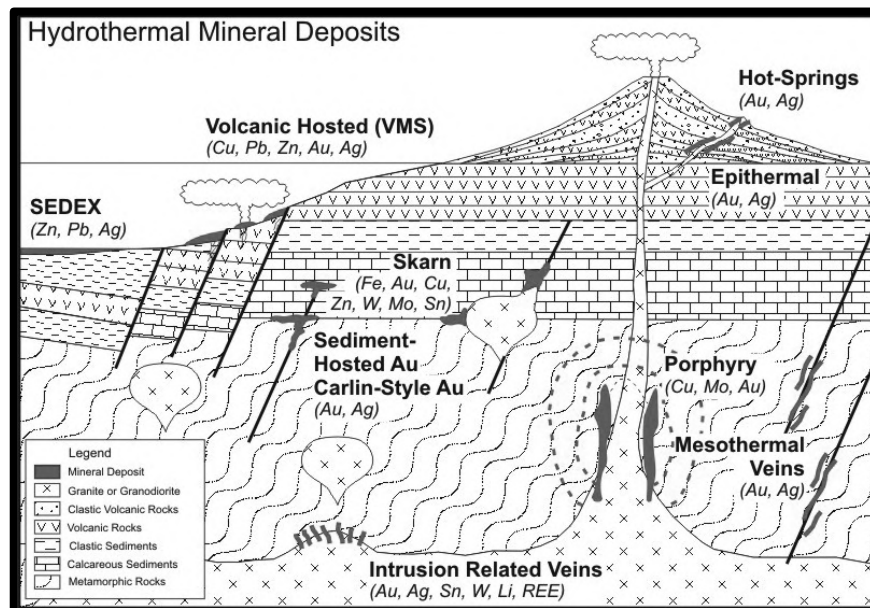
2.3 Hidrotermal

Larutan hidrotermal adalah larutan panas dengan suhu 50 sampai 500°C yang berasal dari sisa cairan magma dari dalam bumi yang bergerak ke atas dan kaya akan komponen-komponen (kation dan anion) pembentuk mineral bijih dan terbentuk pada tekanan yang relatif tinggi (Bateman, 1950).

Larutan sisa magma ini mampu mengubah mineral yang telah ada sebelumnya dan membentuk mineral-mineral tertentu. Secara umum, cairan sisa kristalisasi magma tersebut bersifat silika yang kaya alumina, alkali, dan alkali tanah yang mengandung air dan unsur-unsur volatil. Larutan hidrotermal terbentuk pada bagian akhir dari siklus pembekuan magma dan umumnya terakumulasi pada litologi dengan permeabilitas tinggi atau pada zona lemah (Maulana, 2017).

Endapan hidrotermal merupakan jenis endapan bijih yang sangat penting karena endapan ini merupakan salah satu sumber utama dari bijih emas dan tembaga serta logam ekonomis lainnya. Terdapat beberapa hal penting yang berperan dalam pembentukan endapan bijih hidrotermal, yaitu: sumber air (*water source*), asal-usul komponen bijih, proses transportasi dari bijih, permeabilitas, penyebab, dan pengendapan bijih. Sumber dari logam pada larutan hidrotermal yaitu;

- Batuan dan material sedimen yang dilalui oleh larutan hidrotermal,
- Berasal dari magma itu sendiri,
- Kombinasi di antara keduanya seperti pada *geothermal system*.



Gambar 5 Skematik diagram dari jenis-jenis endapan hidrotermal.

Sumber: <http://solidusgeo.com/wordpress/home-3/deposits/>

Larutan hidrotermal erat kaitannya dengan aktivitas gunung api, baik aktif maupun yang baru saja aktif (*recently active*) maupun dengan tubuh intrusi. Larutan hidrotermal juga sering dijumpai berasosiasi dengan sebuah sistem panas bumi (*geothermal system*) (Pirajno. 2009).

Secara umum proses pembentukan *ore* atau mineralisasi bijih pada endapan jenis hidrotermal dipengaruhi oleh beberapa faktor pengontrol, meliputi (Pirajno, 2009) :

1. Larutan hidrotermal yang berfungsi sebagai larutan pembawa mineral,
2. Zona lemah yang berfungsi sebagai saluran untuk melewati larutan hidrotermal,
3. Tersedianya ruang untuk pengendapan larutan hidrotermal,
4. Terjadinya reaksi kimia dari batuan induk/*host rock* dengan larutan hidrotermal yang memungkinkan terjadinya pengendapan mineral bijih (*ore*),
5. Adanya konsentrasi larutan yang cukup tinggi untuk mengendapkan mineral bijih (*ore*).

Endapan hidrotermal dicirikan dengan adanya endapan tipe urat atau *vein type deposit*, yang merupakan daerah tempat mineralisasi bijih terjadi dan membentuk tubuh yang diskordan (memotong tubuh batuan yang ada di sekelilingnya). Kebanyakan urat-urat terbentuk pada zona-zona patahan atau mengisi rongga-rongga pada batuan atau daerah rekahan. Banyak endapan yang bernilai ekonomis tinggi seperti emas, tembaga, perak, logam dasar (Pb-Zn-Cu) dan arsenik, merkuri dan mineral-mineral logam ekonomis lainnya yang berasosiasi dengan mineral-mineral pengotor (*gangue mineral*), seperti kuarsa dan kalsit pada batuan sampingnya (*country rocks*) dalam bentuk struktur urat. Kehadiran urat-urat ini merupakan salah satu penciri utama dari jenis endapan hidrotermal (Maulana, 2017).

Hal lain yang sangat penting dalam mengenali endapan bijih tipe hidrotermal adalah kehadiran kumpulan mineral tertentu pada batuan yang dilalui oleh larutan hidrotermal sebagai respons akibat adanya reaksi antara larutan dengan batuan samping. Kumpulan mineral tersebut hadir dalam bentuk zona dan antara zona yang satu dengan yang lainnya dibatasi dengan adanya kehadiran mineral-mineral khas. Proses ini disebut dengan alterasi hidrotermal dan daerah pengaruh interaksi larutan tersebut dengan batuan samping disebut dengan zona alterasi (*alteration zone*) (Maulana, 2017).

2.4 Endapan Mineral

Berdasarkan komposisi mineralogi endapan hidrotermal terbagi menjadi 3 yaitu epitermal, mezotermal dan hipotermal atau tipe porfiri (Riyanto, B. 1988).

Endapan hipotermal terletak paling dekat dengan tubuh intrusi, diendapkan pada suhu 450°C-372 °C. Mesotermal terletak agak jauh dengan tubuh intrusi dalam temperatur 372 °C -300 °C. Kedua jenis hidrotermal tersebut termasuk ke dalam hidrotermal temperatur tinggi. Sedangkan Epitermal terletak jauh dari tubuh intrusi dengan suhu pengendapan 200-100 °C dan termasuk ke dalam hidrotermal temperatur rendah (Maulana, 2017).

Model mineralisasi porfiri terdiri dari cebakan hidrotermal yang muncul sebagai stockwork atau disseminated berasosiasi dengan intrusi porfiritik yang

bersifat felsik hingga intermediet. Karakteristik mineralisasi berupa kehadiran pirit (FeS_2) sebagai mineral sulfida yang dominan (terutama pada endapan porfiri Cu, Cu-Mo dan Cu-Au-Ag), yang menunjukkan tingginya porsi sulfur yang terdapat dalam endapan dan berasosiasi dengan alterasi potasik. Untuk mengidentifikasi mineralisasi porfiri secara geologi adalah dengan cara mengenali bijih porfirinya dimana bijih porfiri kaya emas biasanya berwarna abu-abu hingga hitam dari mineral biotit sekunder dan magnetit dalam kuarsa. Dalam urat kuarsa yang membentuk stockwork biasanya terdapat mineral kalkopirit dan magnetit juga bornit. Mineral emas biasanya berukuran halus dan tidak dapat terlihat dengan mata telanjang muncul bersamaan dengan mineral bornit (Pringgoprawiro, 2001).

Secara keseluruhan morfologi badan bijih suatu endapan porfiri memiliki variasi yang tinggi (atau bahkan irregular), berbentuk seperti selinder atau seperti mangkuk terbalik. Pada suatu endapan secara individual dalam 3D dapat berukuran ratusan sampai dengan ribuan meter. Tubuh bijih dicirikan dengan keberadaan zona-zona (baik zona alterasi maupun mineralisasi), dimana zona-zona tersebut terbentuk akibat dari posisi (letak) spasial maupun perbedaan umur.

Proses mineralisasi dan alterasi pada endapan hidrotermal berawal dari adanya migrasi cairan sisa magma yang mengandung unsur sulfida dari sumbernya ke batuan induk melalui rongga batuan atau rekahan-rekahan yang dipengaruhi oleh struktur geologi. Cairan yang menginjeksi dan berdifusi tersebut dipengaruhi oleh adanya pengaruh tekanan dan temperatur yang kemudian mengubah komposisi mineral-mineral pada batuan induk yang dilaluinya atau mengalami alterasi. Tahap selanjutnya terjadi eksolusi fluida magmatik berupa pembentukan tekanan gas dan penurunan tekanan, hal ini memungkinkan batuan mengalami rekahan-rekahan pada batuan induk yang rapuh sehingga cairan mudah menginjeksi. Setelah itu, terjadi tahap pendinginan yang merupakan awal pembentukan mineral-mineral atau tahap pengendapan. Mineralisasi ini terjadi dari hasil perubahan atau penurunan temperatur secara cepat akibat cairan sisa tersebut bersentuhan atau mengalami kontak dengan daerah yang didominasi oleh air meteorik (Pringgoprawiro, 2001).

2.5 Ganesa Tembaga Porfiri

Endapan tipe porfiri merupakan endapan yang terbentuk akibat asosiasi antara larutan hidrotermal dengan aktivitas batuan beku intrusif yang mineral-mineral sulfida dan oksidanya terbentuk dari larutan hidrotermal pada suhu yang tinggi. Batuan intrusif umumnya bertekstur porfiritik dan sering berasosiasi dengan batuan vulkanik yang sejenis. (Maulana, 2017).

Endapan tembaga porfiri membentuk daerah dan cadangan yang sangat luas (umumnya mencapai ratusan sampai ribuan bahkan miliaran meter kubik) sehingga mempunyai umur penambangan yang panjang dan tingkat produksi yang tinggi, namun memiliki kandungan *grade* yang rendah hingga menengah. Mineral bijih primer secara spasial dan genetiknya berhubungan dengan intrusi batuan asam sampai dengan intermediate yang bertekstur porfiritik. Tubuh bijih pada umumnya dikontrol oleh struktur geologi dan mempunyai bentuk konsentrik (*concentric*).

2.6 Proses Pemisahan Tembaga Selama Kristalisasi Magma

Kandungan tembaga dalam magma berkomposisi basal sekitar 200 ppm, sebaliknya dalam magma ultrabasa dan granit kandungannya hanya 20 ppm. Selama diferensiasi magma basal kandungan Fe, Co dan Ni cenderung terbentuk duluan dalam fraksinasi kristalisasi, sedangkan tembaga belum terbentuk dalam silikat atau dalam bentuk lain dan cenderung menjadi konsentrasi residu dalam fraksi larutan. Tembaga akan dengan cepat terbentuk tergantung pada tekanan parsial sulfur (fugacity sulphur) dalam larutan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pemisahan tembaga dalam larutan intermediet tidak terjadi dengan baik pada kondisi fugacity S_2 (fS_2) rendah. Demikian juga dengan pembentukan tembaga sebagai elemen *chalcophile* berlangsung pada kondisi pH tertentu. (Maulana, 2017).

2.7 Perubahan Geokimia Selama Pengendapan

Pendinginan larutan hidrothermal dan reaksi dengan batuan sampling meningkatkan kandungan K, Na dan Ca dari larutan klorida. Replacement plagioklas pada temperature tinggi oleh ortoklas dihalikan dari substitusi Ca dan Na menjadi K. Alterasi dan presipitasi kuarsa (silisifikasi) diikuti oleh pembentukan molibdenit dan kemudian pada temperature lebih rendah diikuti oleh logam dasar sulfida lainnya. Pengendapan logam sulfida dalam jumlah tertentu tergantung pada keaktifan logam dan sulfur dalam larutan. Alterasi batuan sampling umumnya dipergunakan dalam menginterpretasi lingkungan kimia-fisika endapan bijih. Perubahan ini telah didiskusikan pada zona alterasi-mineralisasi model Lowell-Guilbert, 1970. Zonasi tersebut menunjukkan bahwa fluida pembawa bijih mulai berjalan keluar dari stok porfiri pada suhu 500°-700°C. Pada beberapa daerah tembaga porfiri, pola-pola struktur membantu dalam menentukan pola pengendapan bijih hidrothermal. Bukti pada batuan dapat menunjukkan beberapa tingkatan pengendapan. Umumnya bukti yang pertama pada endapan porfiri menunjukkan alterasi yang menghasilkan K-feldspar, biotit dan kumpulan Cu-Fe-S dengan kadar sulfur rendah. Proses kimia yang penting dalam alterasi adalah hidrasi, dehidrasi, metasomatis kation dan metasomatis anion. Dalam hal ini, yang paling penting adalah hidrolisis atau metasomatis ion H. (Maulana, 2017).

2.8 Mineralogi Tembaga

Secara mineralogi, bijih tembaga dibagi menjadi empat grup mineral yaitu mineral native, sulfida, oksida dan kompleks. Setiap kelompok ini mempunyai proses tersendiri dalam hal metalurgi untuk menghasilkan tembaga yang bernilai ekonomi. Ada sekitar 165 mineral tembaga yang diketahui sampai saat ini, Adapun mineral-mineral gangue dari bijih tembaga antara lain matriks batuan itu sendiri, kuarsa, kalsit, dolomit, siderit, rodokrosit, barit dan zeolit. Pada umumnya tembaga tidak berasosiasi dengan mineral seperti emas, perak dan molibdenum. Pada beberapa tempat biasanya dijumpai pula sebagai by product dari bijih Zinc, timah

dan perak. Bijih tembaga ini banyak dijumpai pada intrusi monzonit kuarsa dan batuan relasinya yakni yang mempunyai basic sebagai batuan intrusi (Bateman, 1942).