

SKRIPSI

**ALTERASI DAN MINERALISASI HIDROTERMAL
DAERAH GOSOWONG KABUPATEN HALMAHERA UTARA
PROVINSI MALUKU UTARA**

Disusun dan diajukan oleh:

**RIDHA KHOFIFAH UTARI SALAMPESSY
D061 18 1303**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN PEMETAAN GEOLOGI

GEOLOGI DAERAH PATIONGI KECAMATAN PATIMPENG KABUPATEN BONE PROVINSI SULAWESI SELATAN

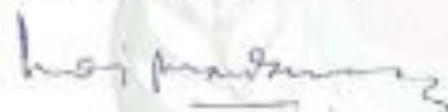
Disusun dan diajukan oleh

RIDHA KHOFIFAH UTARI SALAMPESSY
D061 18 1303

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanudin pada tanggal 5 Juli 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

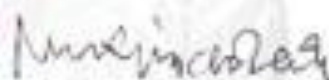
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil
NIP. 19800428200501 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Musri Mawaleda, M.T.
NIP. 19611231 198903 1 019

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Hendra Fakhri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Ridha Khofifah Utari Salampessy

NIM : D061 18 1303

Program Studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ALTERASI DAN MINERALISASI HIDROTERMAL DAERAH GOSOWONG KABUPATEN HALMAHERA UTARA PROVINSI MALUKU UTARA

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

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

Makassar, 13 Juni 2023

Yang menyatakan,



Ridha Khofifah Utari Salampessy

ABSTRAK

Daerah penelitian termasuk kedalam Kontrak Karya PT. Nusa Halmahera Minerals secara administratif di Daerah Gosowong, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara, tepatnya pada koordinat 127°30'00''BT - 127°41'54''BT dan 1°00'00''LU - 1°08'08''LU. Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui kondisi geologi, penyebaran zona alterasi, paragenesa pembentukan mineral bijih dan karakteristik tipe endapan hidrotermal daerah penelitian. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data pemboran inti batuan dari 4 sumur bor, yaitu RS01, RS02, RS03 dan RS04. Metode penelitian yang dilakukan berupa *core logging*, analisis petrografi, analisis mineragrafi dan *analysis spectra device* (ASD). Stratigrafi pada daerah penelitian terdiri atas 4 satuan batuan dari tua ke muda terdiri atas; satuan breksi basaltik, satuan breksi andesitik, satuan breksi dasitik dan satuan diorit. Alterasi pada daerah penelitian dibagi menjadi 3 zona alterasi, yaitu zona *clay + chlorite* (tipe argilik), zona *chlorite + clay* (tipe propilitik) dan zona *epidote + chlorite + clay* (tipe propilitik). Berdasarkan pengamatan hubungan antar mineral bijih terdapat 3 tahap pembentukan mineral bijih, diawali dengan pembentukan mineral *pyrite*, *chalcopyrite*, *arsenopyrite* dan *sphalerite*, kemudian terbentuk mineral *covellite* dan *chalcocite* dan selanjutnya terbentuk mineral oksida. Karakteristik endapan mineral pada daerah penelitian, yaitu bentuk endapan bijih berupa breksi hidrotermal, urat, urat-urat halus, *stockwork* dan sebaran, endapan bijih berupa As, Au, Cu, Fe, Zn, mineral bijih berupa *pyrite*, *chalcopyrite*, *arsenopyrite*, *sphalerite*, *covellite*, *chalcocite* dan mineral oksida, mineral *gangue* berupa *chlorite*, *epidote*, *clay*, *quartz* dan *carbonate*, serta tekstur khusus mineral berupa *open space filling* (*drusy* dan *vuggy*), *intergrowth* dan *replacement*. Berdasarkan karakteristik tersebut, endapan mineral pada daerah penelitian merupakan endapan mineral tipe epitermal sulfidasi rendah.

Kata kunci : Gosowong; Alterasi; Mineralisasi

ABSTRACT

The research area is the PT. Nusa Halmahera Minerals Contrak of Working, administratively Gosowong Area, Halmahera Utara Regency, Maluku Utara Province, at coordinates 127°30'00''BT - 127°41'54''BT dan 1°00'00''LU - 1°08'08''LU. The purpose of this study is to determine the geological conditions, the spread of alteration zone, the paragenesis of ore mineral formation and the characteristics of the type of hydrothermal deposits in the study area. The research is conducted using core drilling data from 4 drill holes, which are RS01, RS02, RS03 and RS04. The research methods are core logging, petrography analysis, mineragraphy analysis and spectral device analysis (ASD). Stratigraphy in the study area consists of 4 units, from old to youngest of; breccia basaltic units, breccia andesitic units, breccia dacitic units and diorite units. Alteration in the study area is divided into 3 alteration zones, clay + chlorite zone (argillic type), chlorite + clay zone (propylitic type), epidote + chlorite + clay (propylitic type). Based on observations of the relationship between ore minerals, there are 3 stages of ore mineral formation, starting with the formation of pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite and sphalerite minerals, then covellite and chalcocite minerals are formed and then oxide minerals are formed. Characteristics of mineral deposits in the study area, is the form of ore deposits in the form of hydrothermal breccia, vein, veinlets, stockwork and disseminated, ore deposits the form of As, Au, Cu, Fe, Zn, ore minerals in the form of pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, sphalerite, covellite, chalcocite and oxide minerals, gangue minerals in the form of chlorite, epidote, clay, quartz and carbonate, special textures in the form of open space filling (drusy and vuggy), intergrowth and replacement. Based on these characteristics, mineral deposits in the study area are low sulphidation type mineral deposits.

Keywords : *Gosowong; Alteration; Mineralization*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Bismillahirrahmanirrahim, puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun laporan skripsi yang berjudul “Alterasi dan Mineralisasi Hidrotermal Daerah Gosowong Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan laporan ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Strata 1 pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada pembuatan laporan ini penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan do'a dan semangat kepada penulis. Penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Giri Hartono, Senior Geost PT. Nusa Halmahera Minerals selaku Pembimbing Lapangan yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama masa kerja praktek.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil sebagai Dosen Pembimbing Utama dan penasehat akademik yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam proses penyusunan laporan penelitian ini.
3. Bapak Dr. Ir. Musri Mawaleda, M.T., sebagai Dosen Pembimbing Pendamping dalam penelitian ini telah banyak memberikan bimbingan dan masukan dalam penelitian ini.

4. Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T. dan Bapak Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah bersedia meluangkan waktunya memberikan ilmunya demi kesempurnaan laporan ini.
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala ilmu yang bermanfaat yang telah diberikan.
7. Seluruh Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan bantuan demi kelancaran pengurusan administrasi dalam penyusunan laporan ini.
8. Kedua orang tua tercinta, Ibunda Djandriaty Nasaru dan Ayahanda Zulkifli Salampeyy, yang selalu memberikan dukungan dan bantuan positif baik secara moril maupun materil kepada penulis.
9. Kepada Abang Rizha, Ade Ifha dan Dandi yang selalu memberikan motivasi, menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
10. Kepada teman-teman Xenolith - Teknik Geologi angkatan 2018 teman seperjuangan dalam segala medan yang telah menemani dan memberikan dukungan kepada penulis.
11. Seluruh anggota mahasiswa Teknik Geologi Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH) yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis.
12. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian laporan ini.
Dalam penyusunan proposal ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan

oleh penulis demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan. Akhir kata semoga laporan ini bermanfaat dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan ilmu pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan lainnya.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh.

Makassar, Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------|
| HALAMAN SAMBUNG | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah | 3 |
| 1.6 Lokasi Penelitian | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Tatanan Geologi Regional Pulau Halmahera | 5 |
| 2.1.1 Gambaran Geologi Halmahera | 5 |
| 2.1.2 Straigrafi Regional..... | 7 |
| 2.1.3 Struktur Regional..... | 10 |
| 2.2 Tatanan Geologi Daerah Gosowong dan Sekitarnya..... | 13 |
| 2.2.1 Stratigrafi Daerah Gosowong | 14 |
| 2.2.2 Struktur Daerah Gosowong | 17 |
| 2.3 Alterasi Hidrotermal | 21 |
| 2.3 Zona Alterasi | 22 |
| 2.4 Endapan Hidrotermal..... | 27 |
| 2.5 Endapan Epitermal | 28 |
| 2.5.1 Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi (<i>High Sulphidation</i>) | 31 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2.5.2 | Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah (<i>Low Sulphidation</i>)..... | 33 |
| 2.6 | Mineralisasi Hidrotermal..... | 35 |
| BAB III | METODE PENELITIAN..... | 36 |
| 3.1 | Metode Penelitian..... | 36 |
| 3.1.1 | Tahap Persiapan..... | 37 |
| 3.1.2 | Tahap Pengambilan Data..... | 37 |
| 3.1.3 | Tahap Pengolahan Data..... | 37 |
| 3.1.4 | Tahap Analisis dan Interpretasi Data..... | 38 |
| 3.1.5 | Tahap Penyusunan Laporan..... | 38 |
| BAB IV | ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 40 |
| 4.1 | Stratigrafi Daerah Penelitian | 40 |
| 4.1.1 | Satuan breksi basaltik | 40 |
| 4.1.2 | Satuan breksi andesitik | 44 |
| 4.1.3 | Satuan breksi dasitik..... | 49 |
| 4.1.4 | Satuan breksi diorit..... | 54 |
| 4.2 | Karakteristik Alterasi dan Mineralisasi Daerah Penelitian..... | 55 |
| 4.2.1 | Zona Alterasi Hidrotermal Daerah Penelitian | 56 |
| 4.2.1.1 | Zona <i>Clay + Chlorite</i> (Tipe Argilik)..... | 56 |
| 4.2.1.2 | Zona <i>Chlorite + Clay</i> (Tipe Propilitik) | 58 |
| 4.2.1.3 | Zona <i>Epidote + Chlorite + Clay</i> (Tipe Propilitik) | 60 |
| 4.2.2 | Mineral Bijih Daerah Penelitian | 62 |
| 4.2.2.1 | Jenis Mineral Bijih..... | 62 |
| 4.2.2.2 | Tekstur Mineral Bijih Daerah Penelitian..... | 63 |
| 4.2.2.3 | Paragenesa Mineral Bijih Daerah Penelitian | 68 |
| 4.3 | Tipe Endapan Mineral Daerah Penelitian..... | 69 |
| BAB V | PENUTUP | 72 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 72 |
| 5.2 | Rekomendasi | 73 |
| | DAFTAR PUSTAKA | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Peta lokasi daerah penelitian..... | 4 |
| Gambar 2.1 | Peta Geologi Halmahera yang disederhanakan. Garis poligon Hitam mewakili PT. Wilayah Kontrak Karya (KK) Nusa Halmahera Minerals. Dimodifikasi dari PT. Nusa Halmahera Minerals, 2008..... | 6 |
| Gambar 2.2 | Interpretasi Struktur Halmahera dengan latar belakang interpretasi batimetri Asia Tenggara (SEA). Sumber : Global Ore Discovery (2010)..... | 13 |
| Gambar 2.3 | Geologi Gosowong <i>Goldfield A</i> . Skema kolom stratigrafi untuk Gosowong Goldfield (dimodifikasi dari Micklethwaite, 2010), B. Geologi yang disederhanakan dari Gosowong Goldfield yang menunjukkan distribusi endapan dan urat epitermal..... | 14 |
| Gambar 2.4 | Interpretasi struktural KK Gosowong yang menyoroti struktur dari generasi yang berbeda dan hubungan <i>overprinting</i> | 19 |
| Gambar 2.5 | Diagram hubungan antara suhu-pH dan jenis alterasi serta himpunan mineral-mineral pencirinya (Corbett & Leach, 1996 dalam Maulana, 2017)..... | 26 |
| Gambar 2.6 | Skema tipe endapan epitermal (Hedenquist dan Lowenstern, 1994 dalam Maulana, 2017)..... | 29 |
| Gambar 2.7 | Model skematik sistem endapan HS (Arribas dkk., 1995 dalam Maulana, 2017). (a) Proses awal ketika uap magma yang dominan mengakibatkan proses leaching pada batuan sampling dan membentuk alterasi argilik lanjutan. (b1) Tahap pengendapan bijih ketika emas diangkut dalam bentuk klorida kompleks. (b2) Tahap pengendapan bijih ketika emas tertransportasi dalam bentuk bisulfida kompleks | 33 |
| Gambar 2.8 | Model skematik dari sistem endapan <i>low-sulphidation</i> (Hedenquist dkk., 2000 dalam Maulana, 2017)..... | 34 |
| Gambar 3.1 | Diagram alir tahapan penelitian | 39 |
| Gambar 4.1 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>basaltic breccia</i> | 41 |
| Gambar 4.2 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>basalt porphyry</i> | 42 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 4.3 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>basaltic breccia</i> dengan kondisi teralterasi kuat yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 43 |
| Gambar 4.4 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>basalt porphyry</i> dengan kondisi teralterasi kuat yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> dan <i>epidote</i> | 43 |
| Gambar 4.5 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>andesitic breccia</i> (fragmen <i>andesite</i>) | 45 |
| Gambar 4.6 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>andesitic breccia</i> (fragmen <i>andesite</i> dan <i>dasite</i>)..... | 45 |
| Gambar 4.7 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>andesite porphyry</i> | 46 |
| Gambar 4.8 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>andesitic breccia</i> (fragmen <i>andesite</i>) dengan kondisi teralterasi sedang yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 47 |
| Gambar 4.9 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>andesitic breccia</i> (fragmen <i>andesite</i> dan <i>dasite</i>) dengan kondisi teralterasi kuat yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 48 |
| Gambar 4.10 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang yang terdapat pada litologi <i>andesite porphyry</i> dengan kondisi yang teralterasi lemah yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 48 |
| Gambar 4.11 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>dacitic breccia</i> (fragmen <i>dacite</i> dan <i>andesite</i>)..... | 49 |
| Gambar 4.12 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>dacitic breccia</i> (fragmen <i>dacite</i>)..... | 50 |
| Gambar 4.13 | Kenampakan <i>hand specimen</i> litologi <i>dacite porphyry</i> | 51 |
| Gambar 4.14 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>dacitic breccia</i> (<i>dacite</i> dan <i>andesite</i>) dengan kondisi teralterasi sedang yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 52 |
| Gambar 4.15 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>dacitic breccia</i> (fragmen <i>dacite</i>) dengan kondisi teralterasi sedang yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 53 |

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 4.16 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>dacite porphyry</i> dengan kondisi teralterasi lemah yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 53 |
| Gambar 4.17 | Kenampakan hand specimen litologi <i>diorite porphyry</i> | 54 |
| Gambar 4.18 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang pada litologi <i>diorite porphyry</i> dengan kondisi teralterasi sedang yang memperlihatkan mineral alterasi <i>chlorite</i> | 55 |
| Gambar 4.19 | <i>Hand specimen</i> alterasi <i>clay + chlorite</i> pada satuan breksi dasitik | 57 |
| Gambar 4.20 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang yang telah teralterasi <i>clay + chlorite</i> kuat pada satuan breksi dasitik | 57 |
| Gambar 4.21 | <i>Hand specimen</i> alterasi <i>chlorite + clay</i> pada satuan breksi andesitik | 59 |
| Gambar 4.22 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang yang telah teralterasi <i>chlorite + clay</i> sedang pada satuan breksi andesitik .. | 59 |
| Gambar 4.23 | <i>Hand specimen</i> alterasi <i>epidote+chlorite+clay</i> pada satuan breksi basaltik | 61 |
| Gambar 4.24 | Kenampakan sayatan tipis nikol sejajar dan nikol silang yang telah teralterasi <i>epidote + chlorite + clay</i> kuat pada satuan breksi basaltik | 61 |
| Gambar 4.25 | Struktur pada daerah penelitian (A) <i>Breccia hydrothermal</i> , (B) <i>Vein</i> , (C) <i>Veinlets</i> , (D) <i>Stockwork</i> | 64 |
| Gambar 4.26 | Tekstur <i>vuggy quartz</i> pada satuan breksi dasitik..... | 65 |
| Gambar 4.27 | Tekstur <i>drussy</i> pada satuan breksi andesitik | 66 |
| Gambar 4.28 | Kenampakan fotomikrograf mineral bijih pada sayatan poles yang memiliki tekstur <i>intergrowth</i> (A) Mineral <i>pyrite</i> dan mineral <i>sphalerite</i> , (B) Mineral <i>pyrite</i> dan mineral <i>arsenopyrite</i> | 66 |
| Gambar 4.29 | Kenampakan fotomikrograf mineral bijih pada sayatan poles dengan tekstur <i>replacement</i> , (A) Mineral <i>chalcopyrite</i> me- <i>replacement</i> mineral <i>pyrite</i> , (B) Mineral <i>covellite</i> me- <i>replacement</i> mineral <i>chalcopyrite</i> , (C) Mineral <i>chalcocite</i> me- <i>replacement</i> mineral <i>pyrite</i> , (D) Mineral oksida me- <i>replacement</i> mineral <i>pyrite</i> | 67 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Guilbert & Park, 1986 dalam Maulana, 2017) | 25 |
| Tabel 2.2 | Mineral alterasi penunjuk temperatur (Hedenquist, 1995) | 27 |
| Tabel 2.3 | Karakteristik endapan LS dan HS (Hedenquist dkk., 2000) | 30 |
| Tabel 2.4 | Karakteristik lapangan untuk membedakan tipe endapan epitermal (Corbett dan Leach, 1996) | 31 |
| Tabel 4.1 | Temperatur pembentukan zona alterasi <i>clay+chlorite</i> (modifikasi Hedenquist dkk., 1995)..... | 58 |
| Tabel 4.2 | Temperatur pembentukan zona alterasi <i>chlorite+clay</i> (modifikasi Hedenquist dkk., 1995)..... | 60 |
| Tabel 4.3 | Temperatur pembentukan zona alterasi <i>epidote+chlorite+clay</i> (modifikasi Hedenquist dkk., 1995) | 62 |
| Tabel 4.4 | Paragenesa mineral bijih lintasan "X" | 68 |
| Tabel 4.5 | Tipe endapan lintasan "X" (modifikasi Lindgren, 1993) | 70 |
| Tabel 4.6 | Kesebandingan karakteristik tipe endapan epitermal lintasan "X" | 70 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam dan sumber daya geologi, di tiap-tiap pulau yang ada di Indonesia selalu memiliki kekayaan sumber daya geologi yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan umat manusia. Kebutuhan manusia terhadap pemanfaatan sumberdaya alam, khususnya sumberdaya mineral yang merupakan salah satu aspek yang paling menjanjikan hal ini disebabkan karena sumberdaya mineral digunakan untuk mendukung kehidupan manusia dalam segala aspek. Oleh karena itu, eksplorasi sumberdaya mineral, khususnya endapan hidrotermal terus dilakukan dan dikembangkan dengan berpedoman pada disiplin ilmu geologi.

Dalam proses kegiatan penambangan tembaga dan emas, kondisi geologi bawah permukaan merupakan hal yang penting untuk diketahui dan dapat memudahkan dalam menentukan persebaran dan membuat suatu model endapan secara berkala. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan melakukan pemboran, yang dimana pemboran ini ditujukan untuk memperoleh data bawah permukaan, yaitu berupa data inti bor (*core*).

Core Logging adalah salah satu metode dalam pemetaan detail di bawah permukaan yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Metode ini digunakan dalam menginterpretasi pola penyebaran litologi, penyebaran zona alterasi dan zona

mineralisasi yang kemudian dipakai untuk membuat model sistem epitermal yang ada di bawah permukaan dalam suatu penampang timur-barat (lintasan “X”).

Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian yang lebih detail mengenai “Alterasi dan Mineralisasi Hidrotermal Daerah Gosowong Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara” agar dapat diperoleh data yang nantinya sebagai penunjang informasi geologi untuk mengetahui potensi yang terdapat pada daerah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana penyebaran litologi pada daerah penelitian?
2. Bagaimana penyebaran zona alterasi pada daerah penelitian?
3. Bagaimana paragenesa pembentukan mineral bijih pada daerah penelitian?
4. Bagaimana karakteristik tipe endapan hidrotermal daerah penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan penelitian mengenai alterasi dan mineralisasi hidrotermal Daerah Gosowong Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara. Adapun tujuan penelitian ini, yaitu :

1. Untuk mengetahui penyebaran litologi pada daerah penelitian.
2. Untuk mengetahui penyebaran zona alterasi pada daerah penelitian.
3. Untuk mengetahui paragenesa pembentukan mineral bijih pada daerah penelitian.
4. Untuk mengetahui karakteristik tipe endapan hidrotermal daerah penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

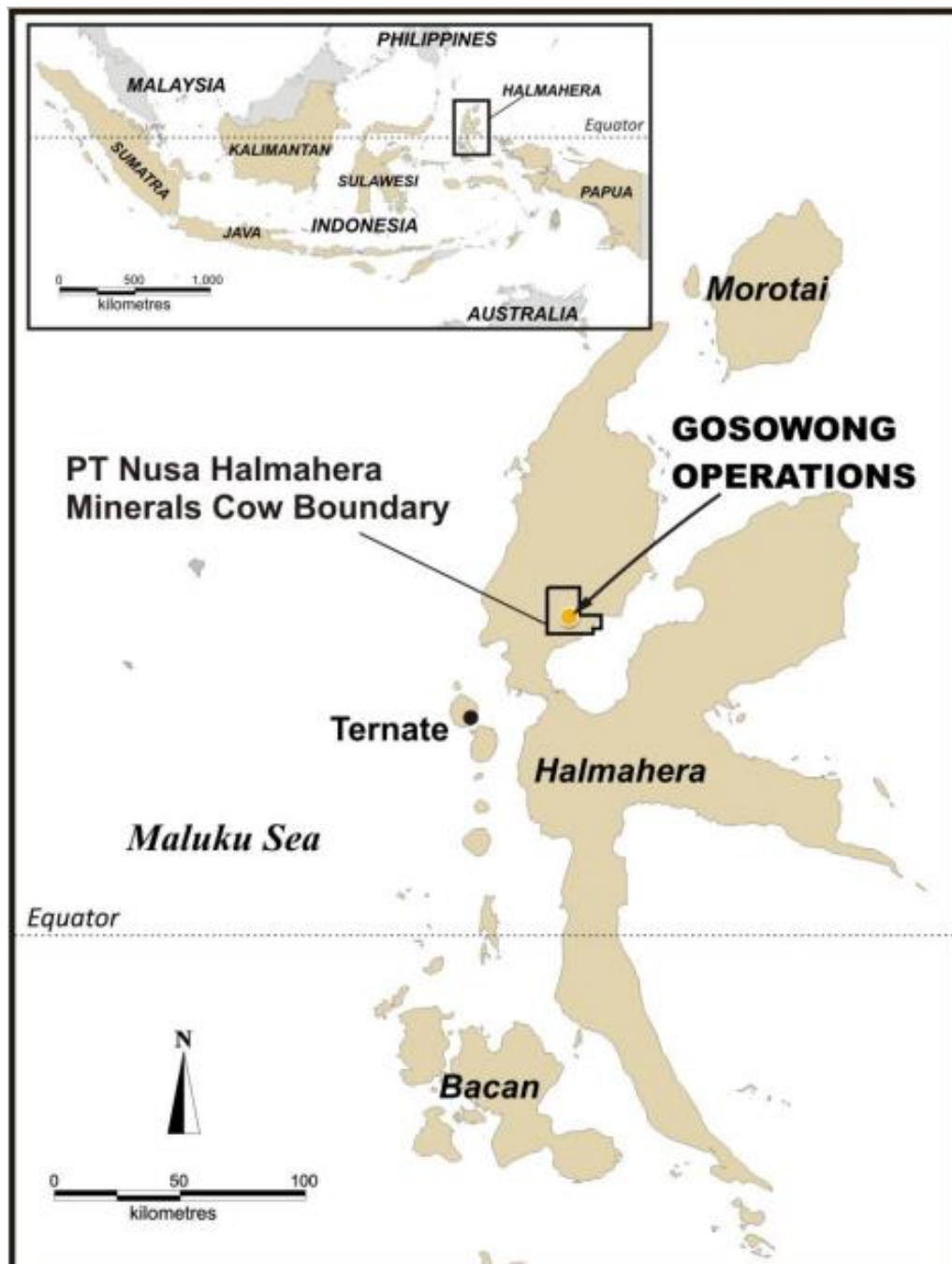
Adapun manfaat pada penelitian ini yakni memberikan pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu geologi yang berkaitan dengan alterasi dan mineralisasi pada batuan.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian yang akan dilakukan ini penulis membatasi pembahasan masalah pada identifikasi karakteristik alterasi dan mineralisasi hidrotermal, yaitu mengenai jenis mineral alterasi yang terbentuk, tipe alterasi, mineral bijih yang terbentuk, tekstur khusus mineral, paragenesa mineral bijih dan tipe endapan hidrotermal daerah penelitian dengan melakukan analisis laboratorium berupa analisis petrografi, mineragrafi dan *analytical spectral device* (ASD).

1.6 Lokasi Penelitian

Daerah penelitian masuk ke dalam Kontrak Karya (KK) PT. Nusa Halmahera Minerals yang terletak di Daerah Gosowong, Kabupaten Halmahera Utara, Provinsi Maluku Utara dan secara astronomis terletak pada koordinat 127°30'00"BT - 127°41'54"BT dan 1°00'00"LU - 1°08'08"LU dan secara geografis terletak sekitar 55 km di sebelah timur laut Kota Ternate. Perjalanan dari Bandar Udara Sultan Babullah, Kota Ternate, digunakan pesawat *Twin Otter* milik PT. Nusa Halmahera Minerals sekitar 15 menit menuju lapangan terbang di Kobok, kemudian digunakan bus milik PT. Nusa Halmahera Minerals menuju *site* di Gosowong selama 10 menit.



Gambar 1.1 Peta lokasi daerah penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

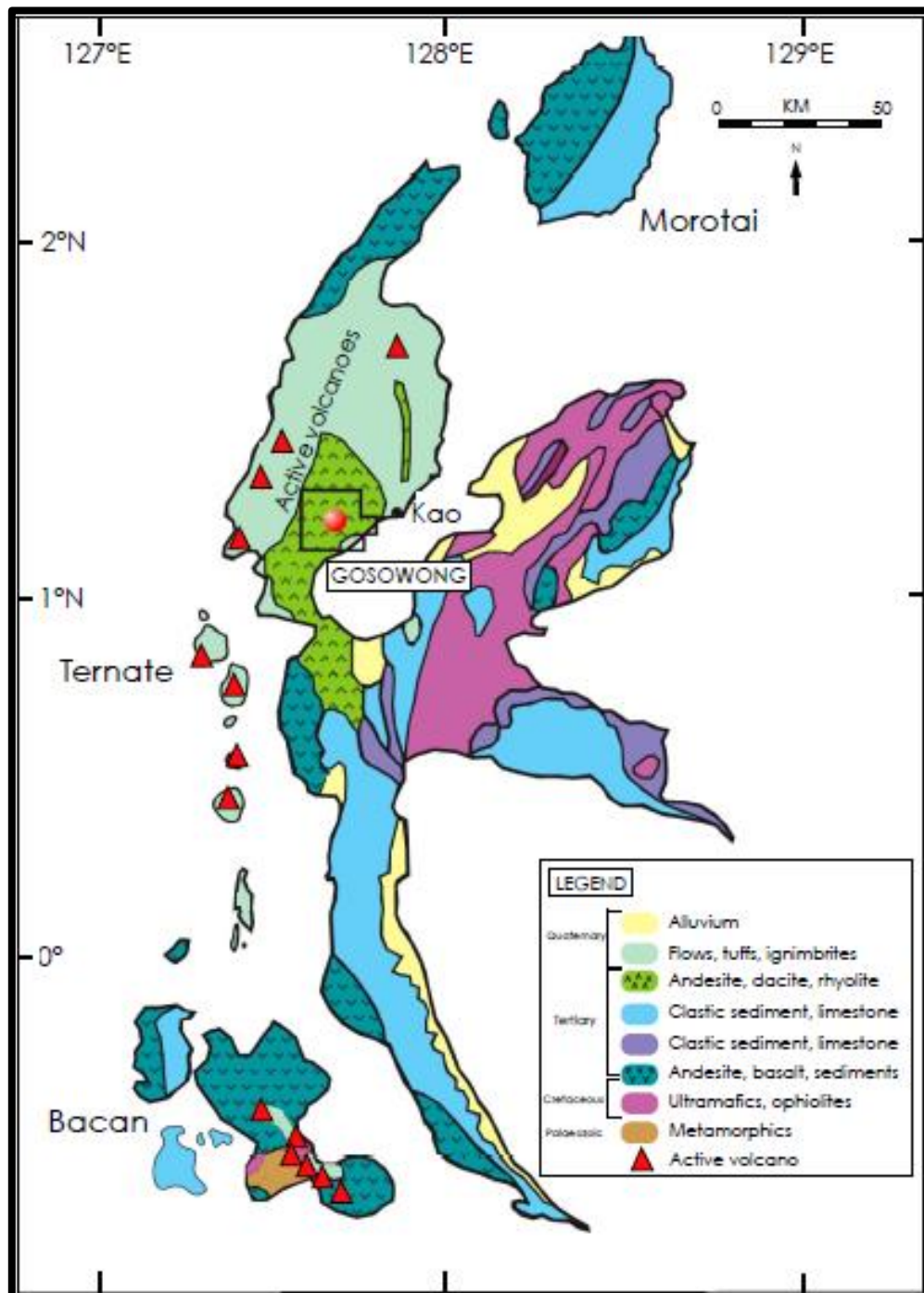
2.1 Tatanan Geologi Regional Pulau Halmahera

Pada pembahasan ini memberikan gambaran tentang tatanan geologi regional pulau Halmahera yang meliputi gambaran stratigrafi regional dan struktur regional di pulau Halmahera.

2.1.1 Gambaran Geologi Halmahera

Halmahera secara umum dapat dibagi menjadi dua domain geologi, timur dan provinsi bagian barat, yang mencerminkan sejarah geologis yang terpisah dari dua bagian pulau ini. Provinsi barat, dimana Gosowong berada, termasuk pulau tanah Morotai, Ternate, Tidore, Bacan dan Halmahera Barat dan mewakili busur vulkanik aktif yang terletak di atas zona subduksi yang mengarah ke timur (Gemmell, 2007) (Gambar 2.1).

Gunung api busur saat ini adalah kerucut *calc-alkaline stratiform* (terletak di barat laut dan Halmahera tengah dan di sebelah barat lengan barat, menghasilkan porfiritik lava basaltik hingga andesit dan piroklastik (Hall dkk., 1988), dengan *plagioclase, olivine, clinopyroxene, hornblende* dan fenokris *magnetite* dalam massa dasar seperti *glass* hingga granular yang bervariasi (Hakim dan Hall, 1991). Sekarang busur dapat dibagi menjadi segmen samudera normal dan segmen benua (Morris dkk., 1983)



Gambar 2.1 Peta Geologi Halmahera yang disederhanakan. Garis poligon hitam mewakili PT. Wilayah Kontrak Karya (KK) Nusa Halmahera Minerals. Sumber: PT. Nusa Halmahera Minerals, 2008

Segmen samudera normal, termasuk gunung berapi di barat laut dan tengah Halmahera, menghasilkan basalt dan andesit yang mirip secara petrografis, komposisi andesit yang disebabkan oleh adanya *acid glass* (Kuenen, 1935).

Pulau Bacan di selatan merupakan pengecualian karena lava yang dihasilkan di sini dianggap telah mengalami kontaminasi dengan kerak benua yang cukup besar dari bawah tanah ofiolitik yang ada di kerak benua Australia (Hall dkk., 1988).

2.1.2 Straigrafi Regional

Lengan barat laut terdiri dari empat busur vulkanik yang tumpang tindih, dihasilkan sebagai akibat dari subduksi lempeng laut Maluku di bawah Halmahera sejak Paleogen. Keempat formasi gunungapi-sedimen ini diberi nama Formasi Bacan (Paleogen), Formasi Gosowong (Miosen Atas), Formasi Kayasa (Pliosen) dan Formasi Vulkanik Kuartar di atasnya, yang saat ini sedang diendapkan (Olberg dkk., 1999). Formasi ini dipisahkan oleh ketidakselarasan sudut regional utama yang mewakili jeda yang signifikan (Marjoribanks, 1997).

Provinsi timur memiliki kompleks *basement* ofiolitik yang membentuk NE dan SE lengan pulau, secara tidak selaras dilapisi oleh sedimen Neogen, yang dapat ditelusuri ke provinsi barat dan di bawah vulkanik Pliosen melalui zona persimpangan yang membentuk depresi topografi antara dua provinsi (Hall dkk., 1988).

Basement ofiolitik, yang telah ditafsirkan sebagai kekurangan busur depan pra-Oligosen kompleks akresi, berisi irisan sedimen Mesozoikum dan Eosen tidak selaras dilapisi dengan baik oleh batuan sedimen dan vulkanik pertengahan Oligosen dan yang lebih muda, menunjukkan bahwa *basement* ofiolitik setidaknya harus berumur Eosen Akhir-Oligosen Awal dalam endapan material ditempatkan pada posisi proksimal (Darman dan Sidi, 2000) dan diperkirakan tidak selaras di

basement ofiolitik (Hall dkk., 1988). Busur depan Paleogen awal ini sekarang terletak di posisi busur belakang relatif terhadap busur hari ini di Halmahera barat (Hall dkk., 1988). *Basement* ofiolitik terdiri dari mafik dan batuan ultrabasa tergerus kuat dan terbreksikan, termasuk peridotit septonisasi, gabro, basal dan diabas (Sukanto dkk., 1981).

Pada akhir Eosen busur dan medan busur depan membentuk *basement* Halmahera terdeformasi sangat kuat, menyebabkan imbrikasi dan pengangkatan (Hall dkk., 1988). Penyebab deformasi tidak dapat ditentukan, tetapi dicurigai bahwa mungkin terkait dengan perubahan gerak Lempek Pasifik sekitar 40 Ma (Uyeda dan Ben-Avraham, 1972).

Inisiasi penunjaman menyebabkan penurunan cekungan di Halmahera timur, diikuti oleh pembentukan busur vulkanik di provinsi Barat, yang diwakili dalam stratigrafi sebagai perubahan pengendapan karbonat stabil di Halmahera tengah dan timur, melalui napal dan serpihan silisiklastik dan akhirnya serpihan vulkanik *calc-alkaline* di pertengahan Pliosen. Peningkatan jumlah serpih vulkanik muncul di stratigrafi, termasuk tufa vulkanik dan akhirnya lava *calc-alkaline*, menandai peningkatan aktivitas di busur dan pendangkalan dari cekungan sedimen (Hall dkk., 1988).

Batuan sedimen tertua berada dalam kelompok Buli, yang meliputi formasi berumur Kapur sampai Eosen, termasuk Batugamping Gau, Breksi Dogaga dan Formasi Paniti, Gowonli dan Sagea (Hall dkk., 1988). Formasi Gowonli (lengan SE) ditafsirkan sebagai endapan pengisi cekungan yang terletak di bagian depan busur aktif, dimana bagian bawah sekuen tersebut mengandung endapan material

vulkaniklastik kasar awal dalam posisi proksimal (Darman dan Sidi, 2000) dan diperkirakan tidak selaras pada *basement* ofiolitik.

Batugamping Gau (lengan NE) diinterpretasikan sebagai formasi karbonat laut dalam dengan diposisikan di cekungan laut khatulistiwa dengan material vulkaniklastik yang tergabung kecil berasal dari vulkanisme di cekungan laut khatulistiwa dengan material vulkaniklastik yang tergabung kecil berasal dari vulkanisme busur aktif di tepi cekungan (Hall dkk., 1988).

Batuan tertua yang diketahui dari lengan SW adalah Kapur hingga Eosen kelompok vulkanik, tersusun atas lava andesit basaltik hingga basaltik dengan tekstur trakitik.

Kontak tidak selaras pada akhir Eosen di bawah Paleogen akhir dan sedimen Neogen merupakan hasil dari mayor peristiwa imbrikasi dan *uplift* antara Eosen pertengahan dan Oligosen pertengahan (Hall ddk, 1988).

Formasi Batugamping Subaim yang secara tidak selaras menutupi kelompok Buli adalah batugamping yang masif atau berlapis baik dari terumbu atau material yang berasal dari terumbu dengan lapisan klastik yang langka (Darman dan Sidi, 2000). Di lengan SW dan zona tengah Batugamping Subaim hanya menunjukkan singkapan dan kerikil kecil pada sedimen yang lebih muda. Di lengan SE Gemaf konglomerat mendasari Batugamping Subaim. Formasi ini terdiri dari konglomeritik dari material ofiolitik dan pasir terpilah baik dari pesisir (Darman dan Sidi, 2000).

Subdansi selama Miosen Akhir dipicu oleh permulaan subduksi, dari *setting* untuk pengendapan yang sesuai dari Formasi Saolat di atas Batugamping Subaim

di lengan SE, urutan tebal batulempung gampingan fosil dan batugamping mikritik dengan perlapisan batupasir ofiolitik lokal (Darman dan Sidi, 2000). Bagian atas formasi tidak terlihat di lengan SE, tetapi batupasir Wassile secara selaras menutupi Formasi Saolat di lengan NE, batupasir turbidit dan unit konglomerat yang ditafsirkan sebagai bagian dari *upper-fan channel deposits* (Hall dkk., 1988).

Lengan SW dan zona tengah menampilkan stratigrafi yang berbeda dimana pertengahan Miosen diwakili oleh formasi Loku, satuan batulempung hingga satuan konglomeritik yang diendapkan sebagai aliran turbidit dari material turunan busur dan batugamping terumbu. Satuan di atasnya merupakan sekuen batupasir selaras, batulanau, konglomerat dan batulempung kaya organik yang diendapkan di kondisi laut yang dangkal (Darman dan Sidi, 2000). Reinisiasi vulkanisme di zona tengah diwakili oleh Formasi Vulkanik Tapaya dan Tafonga yang mengandung fragmen konglomerat dan batupasir meskipun bagian atas urutan didominasi basal ekstrusif dan andesit (Hall dkk., 1988). Periode deformasi dan pengangkatan selanjutnya oleh proses erosi pengendapan batugamping terumbu Kuartar, aluvium dan batuan vulkanik yang tidak selaras pada urutan yang mendasarinya.

2.1.3 Struktur Regional

Sifat deformasi lebih kompleks di provinsi barat daripada di timur, di mana sesar biasanya vertikal dan ketidakselarasan sudut utama hadir di dasar dari Batugamping Paleogen Akhir dan Neogen di atas *basement* yang terimbrikasi (Hall dkk., 1988). Pengangkatan signifikan *post*-Miosen diwakili oleh ketidakselarasan pada 1000 m di atas permukaan laut. Provinsi bagian barat lebih sulit ditentukan mengingat luasnya cangkupan vulkanik baru-baru ini, namun diduga bahwa

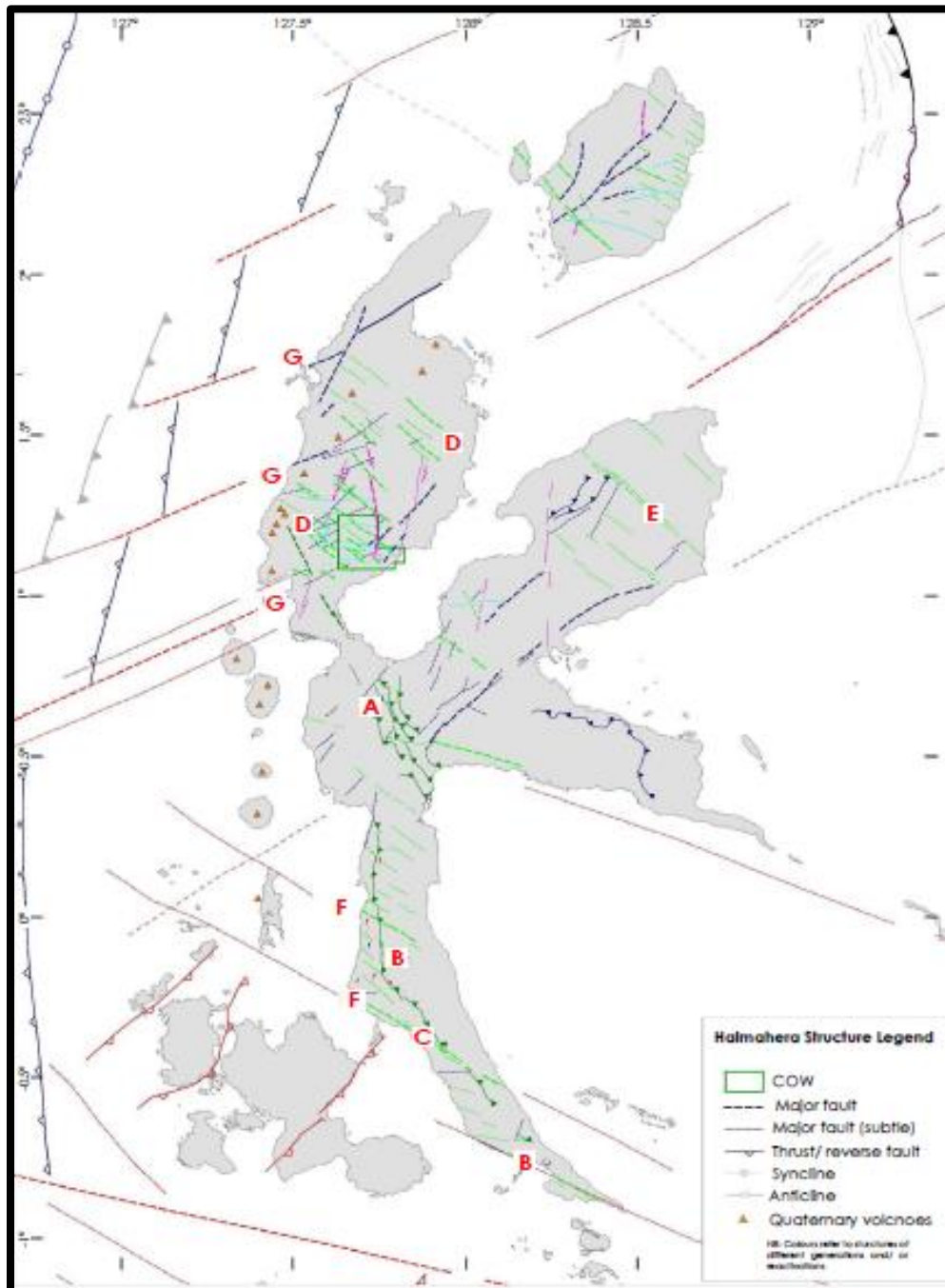
vulkanik Plistosen di pantai barat Halmahera tengah telah terlipat, biasanya menunjukkan kemiringan 40-60° (Hall dkk., 1988). Sebaliknya, gunung berapi busur aktif dan baru-baru ini aktif di Tidore dan Ternate sebagian besar tidak terbentuk.

Peristiwa deformasi besar mempengaruhi provinsi timur dan barat selama Plistosen, menyebabkan kemiringan blok-blok utama yang dibatasi patahan dan pelipatan dan dorong berada di leher sempit zona persimpangan antara keduanya, yang merupakan zona penting deformasi intens, dengan batuan Neogen yang terdeformasi kuat secara lokal. Beberapa singkapan dari Batugamping Subaim (Miosen Awal-Pliosen Awal, *reef* dan *fore-reef* hingga *back reef* dan laguna batugamping) telah terguling dan terguling secara lokal sebagai lembaran datar (Hall dkk., 1988).

Di selatan Ekor, sedimen, vulkaniklastik dan vulkanik telah terlipat menjadi rapat lipatan dengan *dipping limbs* dan *axes* tajam (70-90°), dengan *tren* umum ke utara. Kuartir Batugamping terumbu baru tidak selaras pada batuan yang lebih tua dan karena batuan Plistosen hadir di *basement* yang terdeformasi oleh gunung berapi Kuartir, seharusnya deformasi itu tidak lebih tua dari pertengahan Plistosen (Hall dkk., 1988). Ada beberapa penjelasan yang masuk akal untuk peristiwa deformasi ini tetapi salah satunya adalah peristiwa tektonik di salah satu yang ada atau berkembang margin lempeng di wilayah tersebut, misalnya di sepanjang sistem sesar Sorong di selatan Halmahera (Hall dkk., 1988). Penampang yang seimbang menunjukkan bahwa setidaknya ada 60 km timur-barat memperpendek antara Halmahera timur dan barat dalam zona persimpangan ini (Hall dan Nichols, 1990).

Struktur utama di Halmahera ditampilkan pada Gambar 2.2 hubungan dan pengamatan penting ditentukan oleh Global Ore Discovery (2010):

- A. Sabuk dorong lipat barat dari sedimen busur belakang Miosen di zona *suture* antara Halmahera timur dan barat di Halmahera tengah yang ditafsirkan tidak selaras ditindih oleh sekuen busur Pliosen.
- B. Sabuk dorong yang mendorong ke barat dari sedimen busur belakang Miosen mendorong vulkanik busur yang lebih tua sedimen vulkanik dan Miosen sebelum busur memanjang sepanjang lengan selatan Halmahera
- C. Sesar geser NW besar yang memisahkan sabuk dorong di atas
- D. Sesar NW yang signifikan dengan mudah ditafsirkan dalam urutan Pliosen dan sebagian diaktifkan kembali menjadi vulkanik Kuartar di lengan Utara Halmahera (Ungu tua garis *tren*)
- E. Zona geser NW yang berkembang lemah di Halmahera timur (misalnya di dalam lapisan ofiolit kompleks E),
- F. Beberapa kebetulan struktur NW dengan diskontinuitas batimetri NW di selatan Halmahera
- G. Preferensi perkembangan sesar NE utama di lengan utara Halmahera
- H. Sesar NE yang berkembang baik di Pliosen dan vulkanik Kuartar di lengan Utara Halmahera
- I. Kira-kira *co-linearitas* NE struktur dengan diskontinuitas batimetri NE yang signifikan



Gambar 2.2 Interpretasi Struktur Halmahera dengan latar belakang interpretasi batimetri Asia Tenggara (SEA). Sumber : Global Ore Discovery (2010)

2.2 Tatanan Geologi Daerah Gosowong dan Sekitarnya

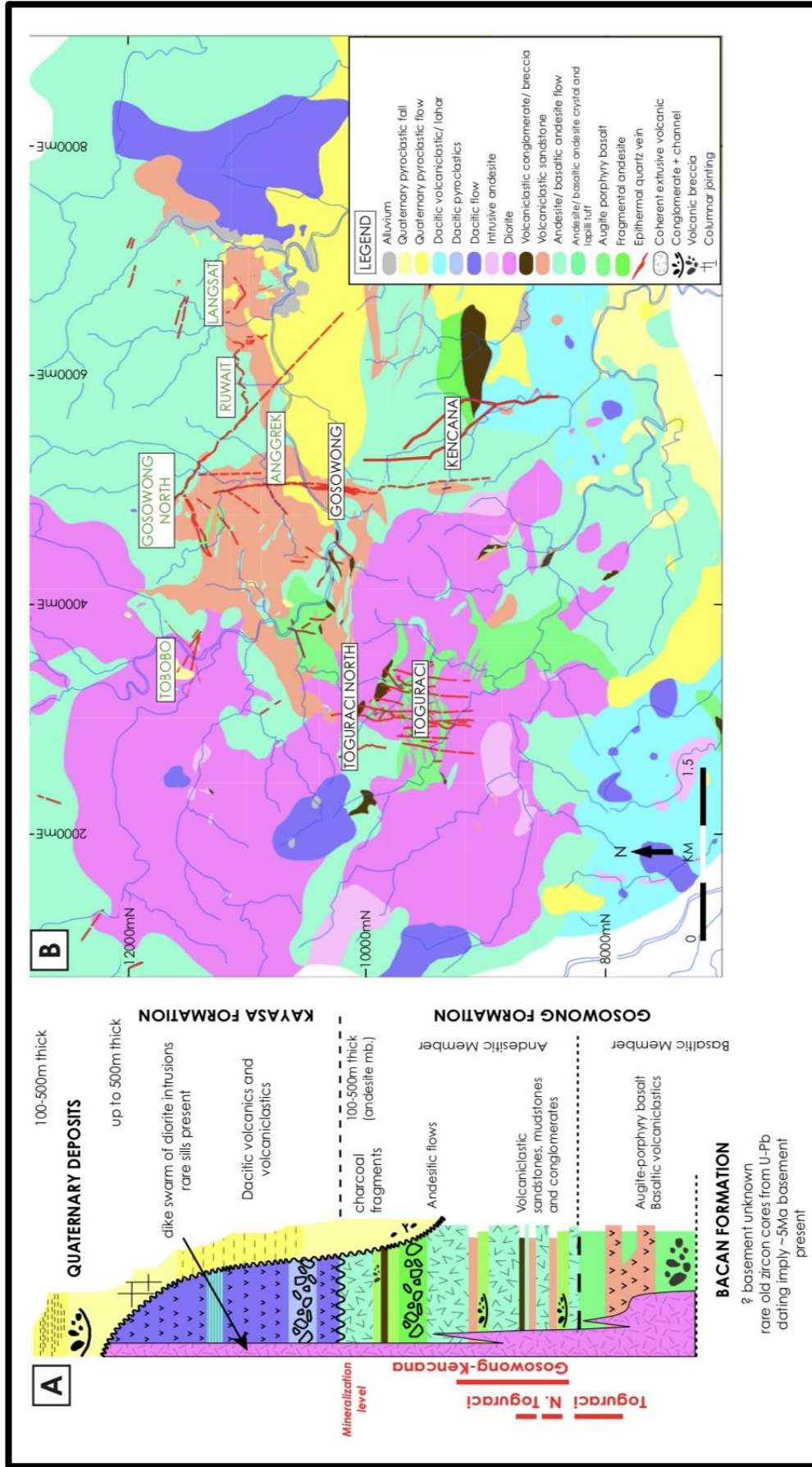
Pada pembahasan ini memberikan gambaran tentang tatanan geologi regional daerah Gosowong yang meliputi stratigrafi dan struktur daerah Gosowong.

2.2.1 Stratigrafi Daerah Gosowong

Empat formasi gunungapi-sedimen yang ditumpangkan hadir di daerah tersebut, terdiri dari Formasi Bacan (Paleogen), Formasi Gosowong (Miosen Atas untuk induk mineralisasi Gosowong *Goldfield*), Formasi Kayasa (Pliosen), dan Formasi Vulkanik (Olberg dkk., 1999) (Gambar 2.3 A). Pada skala kabupaten, litologi didominasi oleh andesit berumur Miosen Atas-Pliosen hingga vulkanik dan vulkaniklastik andesit basaltik serta intrusi diorit (Gambar 2.3).

Formasi Gosowong merupakan rangkaian perselingan batuan vulkanoklastik, ignimbrit dan batuan vulkanik yang koheren, terjadi sebagai aliran atau intrusi. Komponen Formasi Gosowong adalah sebagai berikut :

Satuan aliran massa vulkanogenik andesit basaltik hingga basaltik dengan ukuran butir batulanau hingga konglomerat bongkah tersingkap di ujung utara Gosowong (merupakan bagian dari batupasir vulkaniklastik jingga pucat yang ditunjukkan pada Gambar 2.3 B). Ini biasanya dilapisi dengan baik, kompeten dan menampilkan gradasi normal, dari dasar konglomeritik yang halus ke atas hingga puncak batulanau (Olberg, 2001). Batupasir memiliki ketebalan stratigrafi minimum 350 m, dengan beberapa lapisan individu melebihi 30 m, dibandingkan dengan ketebalan maksimum 150 m untuk Vulkaniklastik Gosowong. Jenis endapan ini merupakan gejala dari *sub-aqueous setting* sedang hingga dalam, dengan masuknya sedimen vulkanik dalam jumlah besar dari badan *proximal volcanic* (McPhie dkk., 1993).



Gambar 2.3 A. Skema kolom stratigrafi dalam Micklethwaite, 2010, B. Geologi yang menunjukkan distribusi endapan dan urat epitermal

Diatas satuan aliran massa adalah batuan vulkaniklastik yang terdiri dari berbagai litologi, termasuk batulempung turunan andesit, batulanau, polimik halus hingga batupasir berbutir kasar dan konglomerat. Perlapisan di batuan vulkaniklastik terjadi kira-kira dengan arah *strike* ke timur dengan kemiringan sedang ke selatan. Ketebalan lapisan berkisar dari beberapa cm hingga puluhan meter dan formasi ini memiliki ketebalan rata-rata total 150 m. Beberapa kontak intrusi menampilkan kontak metamorf dengan batuan disekitarnya dan kontak *peperitic* dapat diamati terutama antar vulkanik dan batulempung, yang biasanya memiliki matriks yang kaya akan *hematite*, diinterpretasikan sebagai satuan *airfall* kaya mafik yang telah mengendap melalui lajur air.

Abu hematitik juga terdapat dalam litologi lain melalui Formasi Gosowong, dimana ia membentuk matriks breksi andesitik, menunjukkan redistribusi dan erosi lapisan abu hematisasi asli. Di beberapa area *pit* Gosowong, horizon batulempung hematitik dapat dilacak sepanjang *strike grading* menjadi konglomerat dengan dukungan matriks abu hematit (Olberg, 2001).

Setting pengendapan umum dari batuan vulkaniklastik dianggap regresif, lingkungan *sub-aqueous* dangkal. Tidak pasti apakah lingkungannya laut dangkal atau lakustrin, meskipun kurangnya material karang dan batugamping mungkin lebih sugestif dari *setting* lakustrin (Olberg, 2001). *Setting* pengendapan yang berbeda antara aliran massa batupasir dan batuan vulkaniklastik mewakili pendangkalan lingkungan *sub-aqueous*. Regresi ini biasa menunjukkan penurunan muka air, pengangkatan cekungan atau kombinasi kedua dari kedua proses tersebut. Tepat di atasnya batuan vulkaniklastik adalah serangkaian batuan vulkanik yang

koheren, kemungkinan diendapkan di lingkungan *sub-aerial*, menunjukkan regresi yang hampir sempurna (Olberg, 2001). Batuan vulkanik ini dominan andesitik-dasitik dengan ditandai kurangnya material vulkaniklastik yang diselingi. Aliran individu memiliki ketebalan hingga 10 m, dengan ketebalan total 350 m. margin alirannya biasa mengalami autobreksiasi. Kurangnya material vulkaniklastik dapat mengindikasikan pertumbuhan kubah *sub-aerial* yang cepat dan efusif (Olberg, 2001).

Formasi Kayasa Pliosen memiliki komposisi yang mirip dengan Formasi Gosowong. Formasi Kayasa didominasi oleh andestik feldspar-porfiritik abu-abu tua hingga lava basaltik dan breksi dan autobreksi. Breksi memiliki komposisi andesitik dan basaltik, berwarna abu-abu terang hingga gelap dan bertekstur afanitik hingga faneritik dengan matriks berbutir halus hingga sedang.

Disebelah timur dan utara endapan Gosowong, batuan vulkanik Tersier ditutupi oleh ignimbrit baru-baru ini, yang secara lokal dikenal sebagai piroklastik Dufadufa (Gambar 2.3 B). Satuan *sub-aerial*, endapan aliran ini membentuk selimut dengan tutupan (pasca-erosi) maksimum 60 m pada punggung bukit. Satuan ini mengikuti *post-date* mineralisasi epitermal dan porfiri, tidak menunjukkan mineralisasi atau alterasi bijih.

2.2.2 Struktur Daerah Gosowong

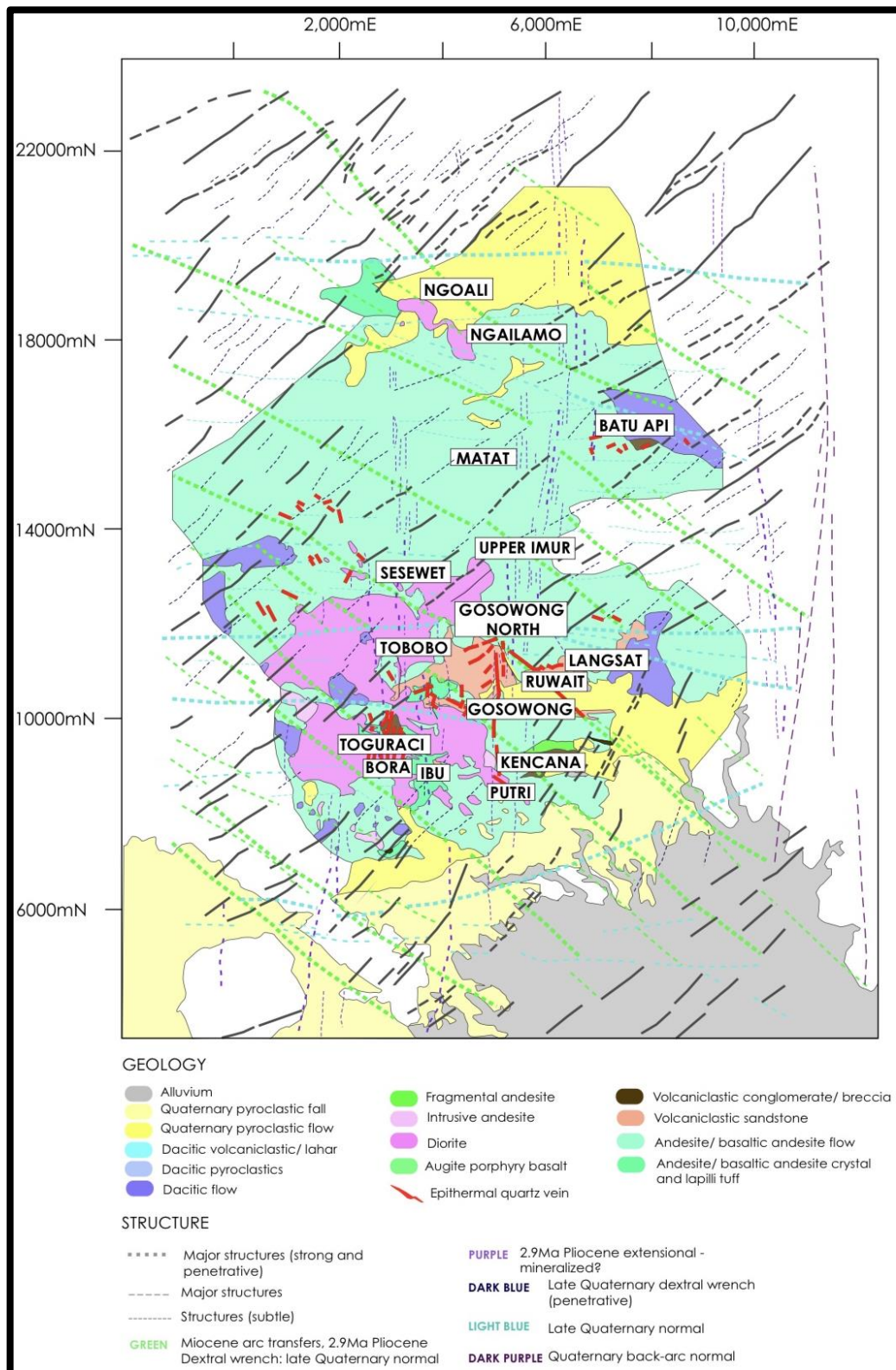
Formasi Gosowong terjadi sebagai *inlier* dalam Formasi Kayasa. Formasi Gosowong dan Formasi Kayasa diperkirakan terekspos di inti kubah memanjang berarah NNE, terbentuk selama intrusi magma ke atas yang kuat, dengan susunan sesar berarah utara-selatan dan kekar yang terbentuk sebagai struktur akomodasi

selama pengangkatan (Gemmell, 2007). Pada akhir Pliosen, kedua formasi tersebut diintrusi secara lokal oleh beberapa fase *plagioclase-phyric* basaltik-andesitik (Richards dan Priyono, 2004).

Beberapa generasi dan kelompok orientasi fitur struktural diidentifikasi dalam Gosowong *goldfield* oleh Global Ore Discovery (2010), terdiri dari struktur N-, NW-, NE- dan E-*trending* (Gambar 2.4). Struktur berarah utara dan barat laut adalah yang paling signifikan untuk mineralisasi epitermal sulfidasi rendah.

Struktur berarah N- awal adalah struktur ekstensional berumur 2,9 Ma Pliosen dalam Formasi Gosowong, terbentuk dan terkotak-kotak di antara struktur mayor berarah NW pada putaran dekstral (Gambar 2.4). ditafsirkan untuk mencerminkan reaktivasi dangkal busur Miosen dan inversi busur N- ke NNE-*trending*, struktur busur paralel. Struktur sesar normal berarah N- ini disimpulkan memiliki potensi Au epitermal sulfidasi rendah yang signifikan dan mungkin curam atau menurun bervariasi ke timur atau barat, tergantung pada geometrinya perpanjangan struktur N-*trending* Miosen. Mungkin telah mengalami kebalikannya reaktivasi pada akhir Pliosen awal hingga Pleistosen dan pada akhir Kuarters-*sekarang* selama pemendekan ke arah timur, masing-masing berasosiasi dengan lipatan Kayasa dan putaran dekstral NE Halmahera Utara.

Struktur berarah barat laut adalah fitur struktural yang paling menonjol di dalam KK Gosowong (garis *tren* hijau, Gambar 2.4) dan telah disorot sebelumnya dan bervariasi terlibat dalam mineralisasi Au epitermal sulfidasi rendah di Gosowong *Goldfield* (Fitzgerald dan Leonard, 1999; Olberg, 2001; Richards dkk., 2005; Micklethwaite, 2010; dan pekerja lainnya).



Gambar 2.4 Interpretasi struktur KK Gosowong

Miosen busur dan zona transfer-akomodasi busur-inversi diaktifkan kembali sebagai 2.9 Ma Pliosen struktur putaran dekstral pada akhir pertengahan Pliosen ke utara memendek (3,5 - 2,9 Ma). Mereka ditafsirkan telah mengkotakkan reaktivasi ekstensional dari N- ke NNE-*trending*, Miosen busur dan inversi busur, busur-paralel struktur sebagai epitermal sulfidasi rendah, termineralisasi Au, ekstensional, sesar normal berarah N pada tingkat Formasi Gosowong. Mungkin mengalami reaktivasi terbalik transpersif pada Pliosen akhir-Plistosen awal (Majoribanks, 1997). Kemudian diaktifkan kembali dengan rotasi blok yang signifikan di busur belakang vulkanik Kuartar, kompartementalisasi batuan vulkanik-vulkaniklastik Kuartar yang kontras. Akhirnya, mungkin kembali diaktifkan lagi sebagai struktur *transpressive-reverse* Kuartar akhir-sekarang selama ke timur memendek dengan periode putaran dekstral NE Halmahera utara.

Olberg (2001), mengusulkan rotasi sistem 20-30° pasca-mineral, ke arah selatan dari *vein zone* Gosowong berdasarkan interpretasi sebagai berikut: (1) geometri kemiringan selatan dari sisa potongan epitermal sulfidasi rendah terkait tutup argilik lanjutan di selatan *vein* Gosowong. Dalam interpretasi Global Ore Discovery (2010), itu dipotong oleh struktur NW yang biasanya diaktifkan kembali tepat di sebelah selatan tambang; (2) *ore* yang terjun ke selatan di dalam saluran alterasi yang terjun ke S dan gradien termal S-*dipping* yang semuanya ditafsirkan telah berotasi dari orientasi sub-horizontal asli yang konsisten dengan *dip-slip*, formasi menganga di timur-*dipping* struktur kabupaten (Olberg, 2001); dan (3) padalanan ke selatan dari interpretasi zona tekstur dan mineralogi epitermal sulfidasi rendah dalam pemetaan permukaan.

2.3 Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal adalah perubahan komposisi mineral dari suatu batuan akibat adanya interaksi antara larutan hidrotermal dengan batuan tersebut. Proses alterasi akan menyebabkan berubahnya mineral primer menjadi mineral sekunder yang kemudian disebut dengan mineral yang teralterasi (*alteration minerals*). Alterasi hidrotermal merupakan proses yang kompleks karena terjadi perubahan secara mineralogi, kimia dan tekstur oleh akibat adanya interaksi larutan hidrotermal dengan batuan sampling (*wall rock*) yang dilaluinya pada kondisi fisika-kimia tertentu (Pirajno, 1992 dalam Maulana, 2017).

Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal adalah suhu, kimia fluida (pH), komposisi batuan sampling, durasi aktivitas hidrotermal dan permeabilitas (Corbett dan Leach, 1996 dalam Maulana, 2017).

1. Suhu merupakan hal yang paling penting dalam proses alterasi karena hampir semua reaksi kimia yang terjadi diakibatkan oleh adanya kenaikan suhu.
2. Permeabilitas dari suatu batuan akan menentukan intensitas pengaruh larutan hidrotermal terhadap batuan dan kecepatan presipitasi mineral-mineral baru. Batuan yang memiliki permeabilitas kecil akan menyebabkan tingkat pengaruh alterasi yang tidak signifikan.
3. Komposisi kimia awal dari batuan yang terkena larutan hidrotermal akan menentukan komponen-komponen yang akan terbentuk akibat proses alterasi.

4. pH dan komposisi fluida mempunyai pengaruh yang sangat besar dalam menentukan tingkat kecepatan dan jenis mineral-mineral hidrotermal yang terbentuk.

2.3 Zona Alterasi

Suatu zona yang memperlihatkan adanya penyebaran himpunan mineral-mineral tertentu yang terbentuk dari hasil proses alterasi disebut sebagai zona alterasi (*alteration zone*). Beberapa ahli telah melakukan pengelompokan alterasi berdasarkan parameter yang berbeda-beda, namun pada intinya pengelompokan tersebut untuk mempermudah dalam mempelajari proses alterasi yang terjadi (Lowell dan Guilbert, 1970; Thompson dkk., 1996 dalam Maulana, 2017).

Adapun macam macam alterasi yang umum dijumpai pada endapan hidrotermal yaitu antara lain:

a) Potasik

Jenis alterasi ini dicirikan oleh kehadiran mineral ubahan berupa biotit sekunder, k-feldspar, kuarsa, serisit, dan magnetit. Biotit sekunder hadir akibat reaksi antara mineral-mineral mafik terutama hornblende dengan larutan hidrotermal yang kemudian menghasilkan biotit, feldspar, maupun piroksen. Selain itu, tipe alterasi ini dicirikan oleh melimpahnya himpunan muskovit-biotit-alkali feldspar-magnetit. Anhidrit sering hadir sebagai aksesori, serta sejumlah kecil albit dan titanit (*sphene*) atau rutil.

Alterasi potasik terbentuk pada daerah yang dekat dengan batuan beku intrusif porfiri, fluida yang panas ($>300^{\circ}\text{C}$), salinitas tinggi, dan dengan karakter magmatik yang kuat. Alterasi ini diakibatkan oleh penambahan unsur potasium (K)

pada proses metasomatis dan disertai dengan banyak atau sedikitnya unsur kalsium dan sodium di dalam batuan yang kaya akan mineral aluminosilikat. Mineralisasi yang umumnya dijumpai pada zona ubahan potasik ini terbentuk menyebar tempat mineral tersebut merupakan mineral-mineral sulfida yang terdiri atas pirit maupun kalkopirit dengan rasio yang relatif sama.

b) Filik

Tipe alterasi ini biasanya terletak pada bagian luar dari zona potasik terutama pada endapan tembaga porfiri. Batas zona alterasi ini berbentuk *circular* yang mengelilingi zona potasik yang berkembang pada intrusi pada endapan tembaga porfiri. Zona ini dicirikan oleh kumpulan mineral serisit (mika halus) dan kuarsa sebagai mineral utama dengan mineral pirit yang melimpah serta sejumlah anhidrit. Mineral bijih yang dijumpai berupa kalkopirit, tembaga dan *native gold* (emas). Mineral serisit terbentuk pada proses hidrogen metasomatis yang merupakan dasar dari alterasi serisit yang menyebabkan mineral feldspar yang stabil menjadi rusak dan teralterasi menjadi serisit dengan penambahan unsur H⁺, menjadi mineral filosilikat atau kuarsa. Zona ini tersusun oleh himpunan mineral kuarsa-serisit-pirit, dengan kehadiran pirit yang sangat melimpah yang umumnya tidak mengandung mineral-mineral lempung atau alkali feldspar. Zona ini terbentuk akibat influks air yang memiliki suhu yang lebih rendah dan fluida asam-netral, salinitas beragam, pada zona permeabel, dan pada batas dengan urat.

c) Argilik

Zona ini terdiri atas mineral lempung argilik seperti kaolinit dan montmorillonit. Kehadiran zona ini menandakan semakin intensnya kehadiran

influks air meteorik yang memiliki suhu dan nilai pH yang lebih rendah. Himpunan mineral pada tipe argilik terbentuk pada temperatur 100°–300°C (Pirajno, 1992), fluida asam-netral, dan salinitas rendah.

d) Argilik lanjut (*advanced argillic*)

Pada sistem epitermal sulfidasi tinggi (fluida kaya asam sulfat), ditambahkan istilah *advanced argillic* yang dicirikan oleh kehadiran himpunan mineral pirofilit-diaspor-andalusit-kuarsa-turmalin-enargit-luzonit (untuk suhu tinggi, 250°–350°C), atau himpunan mineral kaolinit-alunit-kalsedon-kuarsa-pirit (untuk suhu rendah <180°).

e) Propilitik

Dicirikan oleh kehadiran klorit disertai dengan beberapa mineral epidot, illit/serisit, kalsit, albit, dan anhidrit. Terbentuk pada temperatur 200°–300°C pada pH mendekati netral, dengan salinitas beragam, umumnya pada daerah yang mempunyai permeabilitas rendah.

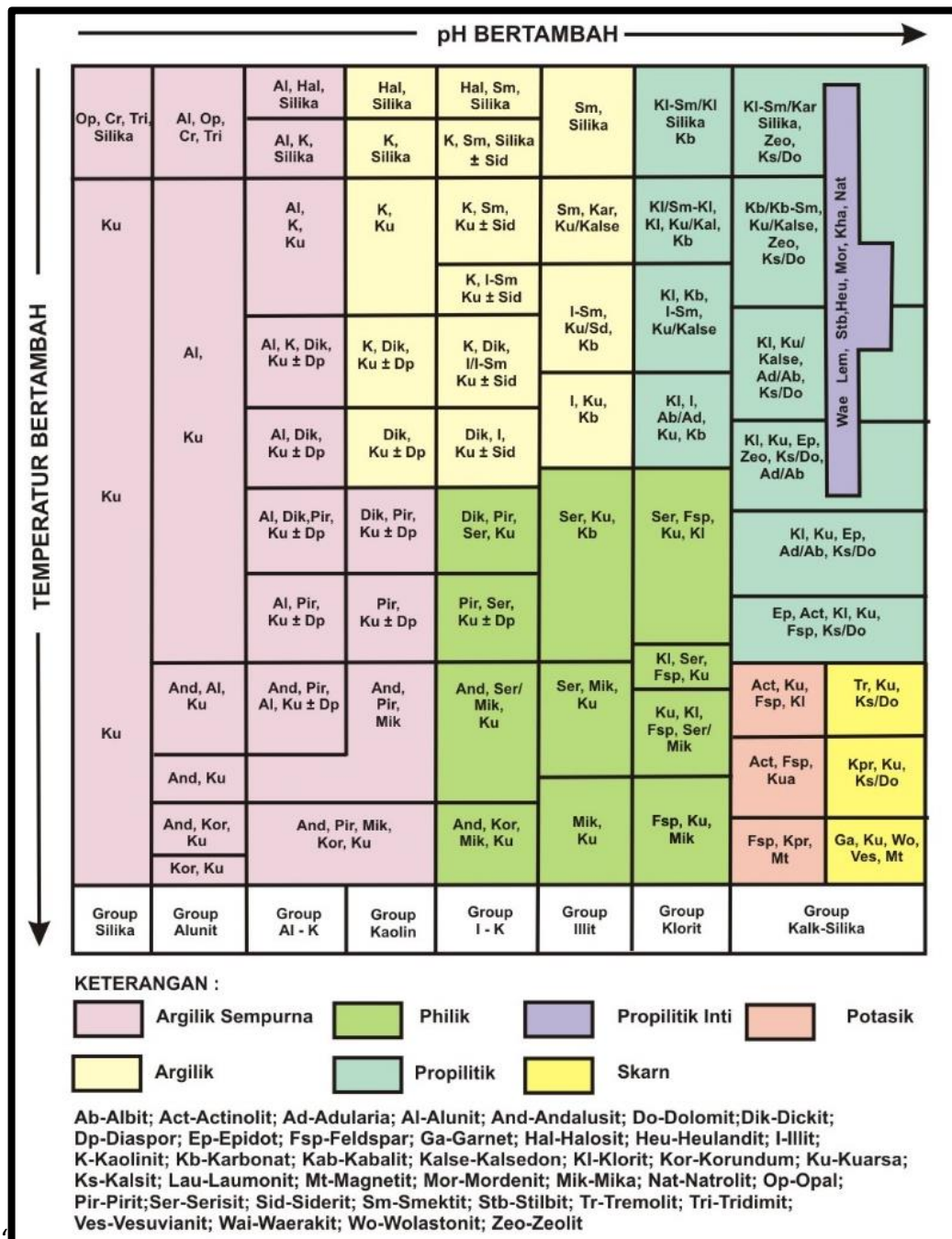
f) Propilitik dalam (*inner propilitic*)

Tipe alterasi ini dijumpai pada sistem epitermal sulfidasi rendah (fluida kaya klorida, pH mendekati netral), umumnya menunjukkan zona alterasi seperti pada sistem porfiri, tetapi menambahkan istilah *inner propylitic* untuk zona pada bagian yang bersuhu tinggi (>300°C) yang dicirikan oleh kehadiran epidot, aktinolit, klorit, dan illit.

Tabel 2.1 Tipe-tipe alterasi berdasarkan himpunan mineral (Guilbert & Park, 1986 dalam Maulana, 2017)

| Tipe | Mineral Kunci | Mineral Asesori | Keterangan |
|------------------------------|---|--|--|
| Argilik | Smektit, monmorilonit, illite-smektit, kaolinit | Pirit, klorit, kalsit, kuarsa | Suhu 100-300°C, salinitas rendah, pH asam-netral |
| Propilitik | Klorit, epidot, karbonat | Albit, kuarsa, kalsit, pirit, lempung, oksida besi | Suhu 200-300°C, salinitas bervariasi, pH mendekati netral, permeabilitas rendah |
| Potasik | Adularia, biotit, kuarsa | Klorit, epidot, pirit, illit-serisit | Suhu >300°C, salinitas tinggi dekat dengan intrusi |
| Filik | Kuarsa, serisi, pirit | Anhidrit, pirit, kalsit, rutil | Suhu 230-400°C, salinitas beragam, pH asam-netral, zona tembus air pada batas urat |
| Serisitik | Serisit (illit), kuarsa, muskovit | Pirit, illit-serisit | |
| Silifikasi | Kuarsa, serisi, pirit | Pirit, illit-serisit, adularia | |
| Argilik lanjut (suhu rendah) | Kaolinit, alunite | Kalsedon, kristobalit, kuarsa, pirit | Suhu 180°C, pH asam |
| Argilik lanjut (suhu tinggi) | Pirofilit, diaspor, andalusit | Kuarsa, turmalin, energit, luzonit | Suhu 250-350°C, pH asam |

Corbett dan Leach (1996) mengemukakan bahwa komposisi batuan sampling mempunyai peran yang sangat penting dalam mengontrol mineralogi alterasi. Mineralogi *skarn* yang dicirikan dengan kehadiran mineral-mineral karbonat akan terbentuk pada batuan karbonatan, sementara kehadiran kumpulan mineral adularia dan K-feldspar menunjukkan lingkungan batuan yang kaya akan kandungan potasium (K). Paragonit (Na-mika) akan hadir pada proses alterasi pada batuan yang kaya akan mineral dengan kandungan sodium (Na) seperti albit. Kehadiran muskovit menegaskan proses alterasi yang terjadi pada batuan kaya akan unsur potasik (K). Jenis alterasi juga mempunyai hubungan yang erat dengan temperatur dan pH dari batuan dan larutan hidrotermal. Gambar 2.5 memberikan gambaran hubungan dari ketiga hal tersebut.

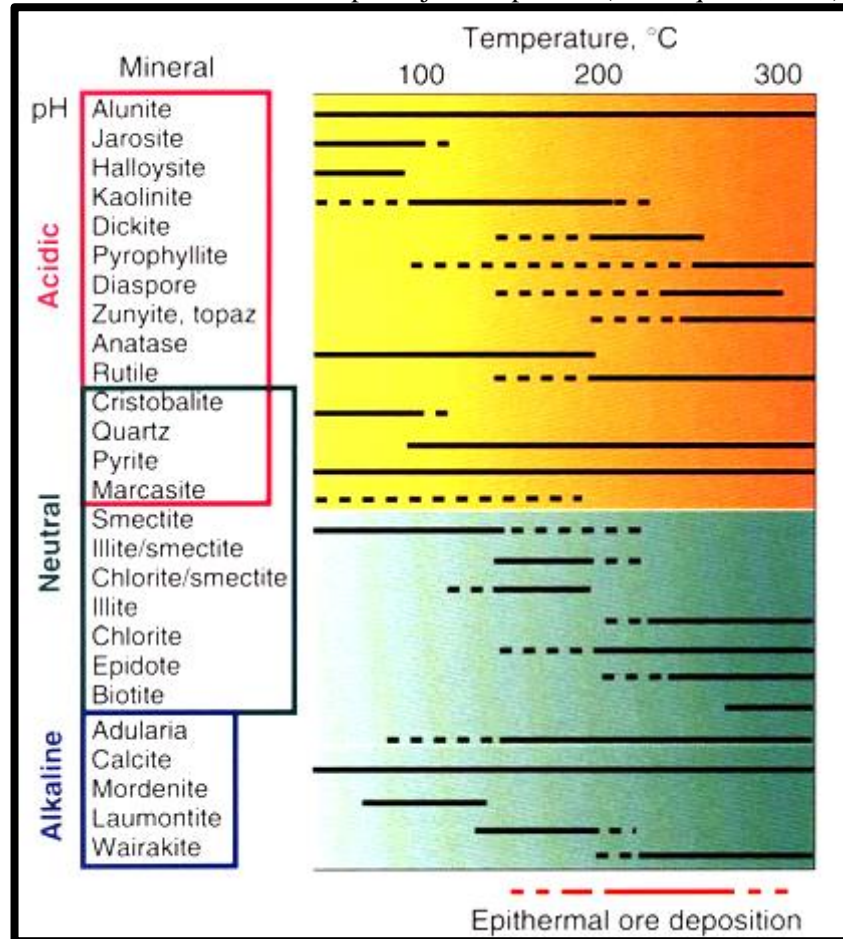


Gambar 2.5 Diagram hubungan antara suhu-pH dan jenis alterasi serta himpunan mineral-mineral pencirinya (Corbett & Leach, 1996 dalam Maulana, 2017)

Kehadiran mineral-mineral hasil dari proses alterasi juga seringkali sangat bermanfaat dalam memberikan petunjuk tentang kondisi suhu dan tekanan dimana mereka terbentuk dibawah permukaan. Hedenquist (1995) menjelaskan beberapa

mineral-mineral hasil alterasi yang dapat dijadikan petunjuk untuk menentukan kondisi suhu dimana proses hidrotermal terbentuk (Maulan, 2017).

Tabel 2.2 Mineral alterasi penunjuk temperatur (Hedenquist, 1995)



2.4 Endapan Hidrotermal

Larutan Hidrotermal adalah larutan panas dengan suhu 50-500°C yang berasal dari sisa cairan magma yang berasal dalam bumi yang bergerak keatas dan kaya akan komponen-komponen (kation dan anion) pembentukan mineral bijih 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

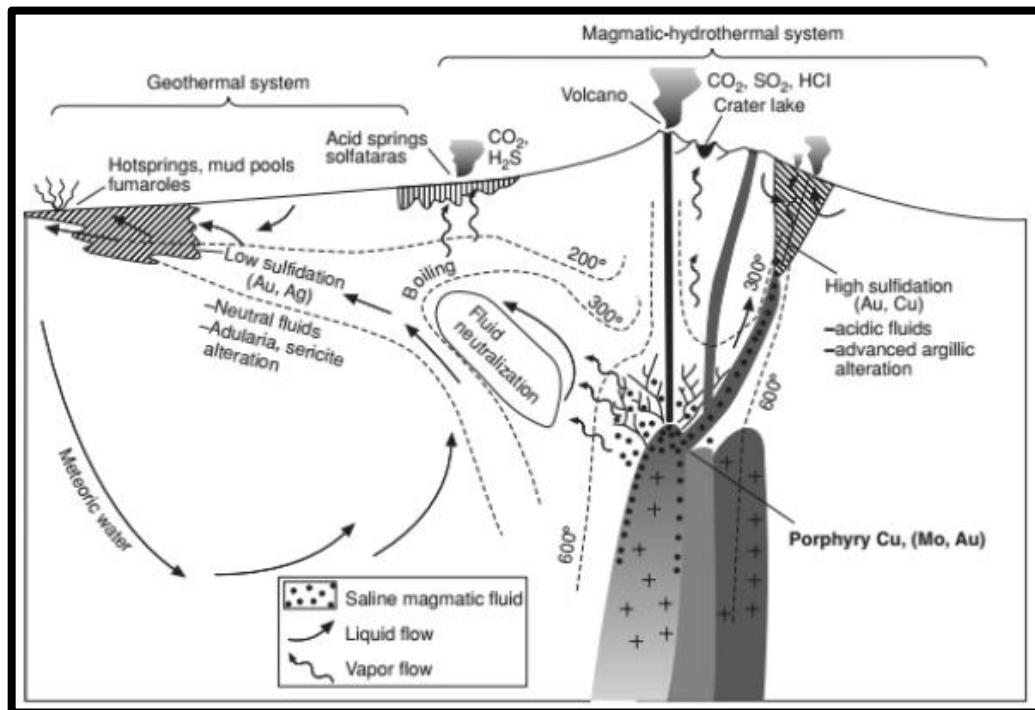
silika yang kaya alumina, alkali, dan alkali tanah yang mengandung air dan unsur-unsur volatil. Larutan hidrotermal terbentuk pada bagian akhir dari siklus pembekuan magma dan umumnya terakumulasi pada litologi dengan permeabilitas tinggi atau pada zona lemah.

Endapan hidrotermal dicirikan dengan adanya endapan tipe urat atau *vein*, yang merupakan daerah tempat mineralisasi bijih terjadi dan membentuk tubuh 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 dalam bentuk struktur urat. Kehadiran urat-urat ini merupakan salah satu penciri utama dari jenis endapan hidrotermal (Maulana, 2017).

2.5 Endapan Epitermal

Istilah epitermal pertama kali digunakan oleh Lindgren pada 1913 untuk menjelaskan suatu endapan larutan hidrotermal yang dekat dengan permukaan (berkisar antara 50–1500 meter dari atas permukaan bumi). Tipe endapan epitermal terbentuk berkaitan erat dengan aktivitas vulkanisme pada suatu daerah. Biasanya sistem epitermal ditandai dengan munculnya manifestasi aktivitas vulkanisme dangkal di atas permukaan bumi dalam bentuk *hot spring* (mata air panas) atau *fumarole* (Maulana, 2017).

Endapan epitermal terbentuk dari larutan yang *dilute* (yang mengandung $\text{NaCl} < \text{dari } 5 \text{ wt\%}$) yang mengalami proses *boiling* (mendidih) pada suhu antara $200\text{--}300^\circ\text{C}$. Skema tipe endapan mineral jenis ini dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema tipe endapan epitermal (Hedenquist dan Lowenstern, 1994 dalam Maulana, 2017)

Berdasarkan tingkat sulfidasinya atau tingkat oksidasi sulfur didalam fluida bijihnya, endapan epitermal dibagi menjadi 2 (dua), yaitu endapan epitermal sulfidasi rendah dan endapan epitermal sulfidasi tinggi. Adapun perbedaan kedua tipe endapan ini dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.

Tabel 2.3 Karakteristik endapan LS dan HS (Hedenquist dkk., 2000)

| | Endapan sulfidasi rendah | | Endapan sulfidasi tinggi | | |
|---|--|--|---|---|--|
| Secara genetik (berhubungan dengan batuan vulkanik) | <i>Andesite-Rhyodacite (AR), bimodal rhyolite-basalt (RB), alkali (A)</i> | | <i>Andesite-Rhyodacite, didominasi oleh magma calc-alkalic</i> | | |
| Kedalaman pembentukan | Dangkal | Dalam | Dangkal | Intermedit | Dalam |
| | 0-300 M | 300-800 M (jarang >1.000 M) | >500 M | 500 - 1.000 M | (Porfiri) >1.000 M |
| Letak, ciri khas <i>host-rock</i> | Kubah : Batuan piroklastik dan sedimen | Kubah : <i>Diatremes (AR,A)</i> ; Batuan piroklastik dan sedimen | Kubah : <i>Vent</i> pusat; Batuan piroklastik dan sedimen | Kubah, <i>Diatremes</i> ; Batuan vulkanik | Kubah- <i>Diatremes</i> ; Batuan porfiri, vulkanik sedimen klastik |
| Bentuk deposit | <i>Vein, vein swarm, stockwork, disseminated</i> | <i>Vein, breccias body, disseminated</i> | <i>Disseminated breccia</i> dan <i>veinlet</i> | <i>Sulfida veins masif, late veins/breccias</i> | <i>Dissemination veinlets, breccia</i> |
| Tekstur bijih | <i>Fine bands,combs, crustiform,</i> | <i>Coarse bands</i> | <i>Vuggy quartz host replacement</i> | <i>Sulfida veins masif, late veins/breccias</i> | <i>Replacement</i> |
| Alterasi | <i>Alunite-kaolinite blanket, clay halo</i> | <i>Claysericite, carbonates, roscoelite, flourite (A)</i> | <i>Silicic (vuggy), alunite</i> kuarsa | <i>Silicic (vuggy), alunite</i> kuarsa, <i>phyropollite-dickite-sericite</i> | <i>Sericite, pyrophyllite</i> |
| Sulfida | <i>Cinnabar stibnite; pyrite/marcasite - arsenophyrite, Au-Ag selenides, Se sulfosalts, sphalerit kaya</i> | <i>Pyrite-Au-Ag sulfides/sulfosat, variable sphalerite, galena, chalcopyrite, tetrahedrite/tenna</i> | <i>Enargite/luzonite, covellite, pyrite</i> | <i>Enargite/luzonite, chalcophyrite, tetrahedrite/tennate, sphalerite, late-covellite, pyrite</i> | <i>Bornite, digenitem chalcocite. Covellite</i> |
| Logam | Au-Ag-As-Sb-Se-Hg-Tl(RB), Ag: Au rendah; 0,1-1% logam dasar | Ag-Au-Pb-Zn, Ba, Mn, Se(AR), Ag: Au tinggi; 2-10 (20+)% logam dasar | Au-Ag, Cu terluluhkan (Hg <i>overprint</i>) | Cu-Au-Ag-Bi-Te-Sn | Cu-Au |
| Fitur penting | <i>Sinter, Chalcedony blanket</i> | Beberapa sulfida intermedit-state <i>veins</i> berdekatan dengan bijih sulfida tinggi | Uap- <i>heated blanket</i> | <i>Vuggy quartz host</i> | <i>Overprinted</i> pada porfiri |
| Fluida | <1% NaCl, kaya gas, <220°C | 3-10+% NaCl, 220-280°C+(AR) | <2 wt% NaCl | 4-15+ wt% NaCl | Bervariasi |
| Contoh | <i>McLaughlin, Midas, Round Mountain, Sleeper, Hishikari (Sulfida Rendah)</i> | Comstock, Tonopah, Creede, Fresnillo, Casapalca | Yanachoca, Pueblo Viejo, Pierina, La Coipa, Tambo, Pascua, Paradise Peak, Summit ville, Rodalquilar, Kasuga | El Indio, Lepanto, Chinkuashih, Goldfield, Lahoca | Bisbee, MM, Chuquincamata |

Tabel 2.4 Karakteristik lapangan untuk membedakan tipe endapan epitermal (Corbett dan Leach, 1996)

| | Sulfidasi Tinggi | Sulfidasi Rendah |
|--|--|--|
| Batuan Vulkanik (terkait secara genetik) | Terutama <i>andesite-rhyodacite</i> | <i>Andesite-rhyodacite, rhyolite</i> |
| Zona alterasi | Sangat luas (umumnya beberapa km) dan menonjol secara visual | Umumnya terbatas dan visual tidak kentara |
| Mineral alterasi proksimal | <i>Crystalline alunite; Pyrophyllite</i> pada tingkat lebih dalam | <i>Sericite</i> atau <i>illite</i> ± <i>adularia roscoelite (V-mica)</i> dalam endapan yang berasosiasi dengan batuan alkali; <i>chlorite</i> dalam beberapa kasus |
| Gangue Kuarsa | Berbutir halus, masif, terutama <i>replacement</i> asal, <i>residual, vuggy</i> kuarsa biasa mengandung bijih | <i>Chalcedony</i> dan (atau) kuarsa menampilkan <i>crustiform, colloform, blade, cockade</i> dan karbonat tekstur pengganti, <i>open space filling</i> |
| Gangue Karbonat | - | Dimana-mana umumnya |
| Gangue lainnya | <i>Barite</i> tersebar luas dengan bijih; bekerang aslinya biasa mengisi ruang terbuka | <i>Barite</i> dan (atau) <i>flourite</i> ada secara lokal; <i>Barite</i> umumnya berada diatas bijih |
| Sulfida abundance | 10-90 vol%, terutama butir halus, sebagian dilaminasi <i>pyrite</i> 1-20 vol%, tetapi biasanya <5 vol%, terutama <i>pyrite</i> | <i>Sphalerite, galena</i> dan <i>tetrahedrite</i> umum, Cu ada terutama sebagai <i>chalcopyrite</i> |
| Metal present | Cu, Au, As (Ag, Pb) | <i>Au</i> dan (atau) <i>Ag (Zn, Pb, Cu)</i> |
| Metal present locally | Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te (Hg) | <i>Mo, Sb, As, (Te, Se, Hg)</i> |

2.5.1 Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi (*High Sulphidation*)

Endapan *high sulphidation system* dibentuk oleh adanya reaksi antara larutan panas yang berasal dari magma dengan air meteorik yang kemudian membentuk larutan bersifat sangat asam dan dalam kondisi oksidasi. Di situ, S hadir dalam bentuk SO_2 , HCl, H_2S . SO_2 dan H_2S teroksidasi dan bereaksi dengan H_2O membentuk asam sulfur (H_2SO_4) (Maulana, 2017).

Asam sulfur ini merupakan larutan yang sangat aktif dan akan menyebabkan terjadinya *leaching* atau pencucian pada batuan sampling dan menghasilkan alterasi argilik lanjut (*advanced argillic*). Suhu dari larutan berkisar antara 200–300°C dengan pH 0–2 dan salinitas 2–5wt% setara NaCl.

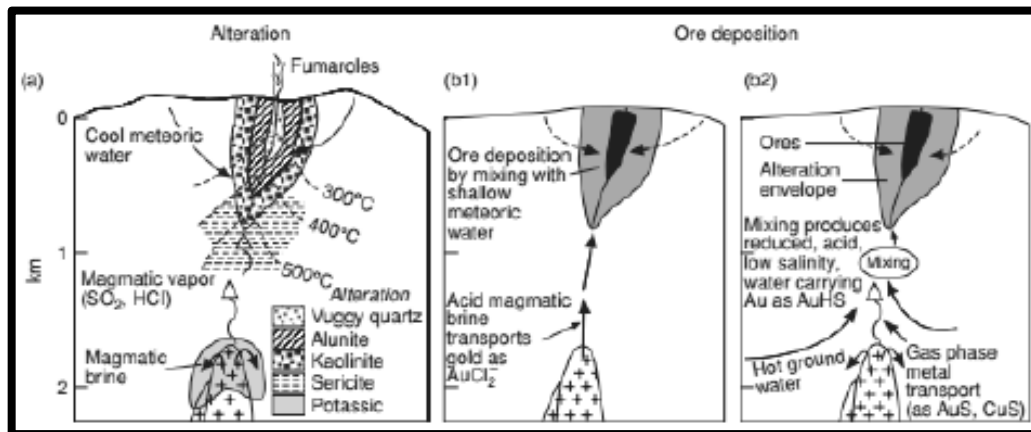
Kelompok mineral yang umum dijumpai yaitu silika dengan tekstur *vuggy*, silika-alunit, *pyrophyllite-diaspore* dan *dickite-kaolin*. Endapan emas HS di daerah barat daya Pasifik umumnya berasosiasi dengan *energite-pyritebarite-alunite* (Corbett, 2012).

Fluida pembawa bijih terbagi menjadi dua, yaitu *volatile-rich phase* yang bergerak cepat dan *liquid-rich phase* yang bergerak agak lambat. Endapan ini juga dicirikan oleh kehadiran luzonit dan energit yang berasal dari *liquid-rich phase*. Selain itu, di beberapa tempat endapan jenis ini juga dicirikan dengan kehadiran mineral *vianciennite* sebagai indikasi *high sulfur fugacity* seperti pada endapan Radka di Bulgaria (Kouzmanow dkk., 2004).

Endapan ini dapat dijumpai berada pada batuan beku maupun pada *basement* yang mengindikasikan adanya proses *uplift* atau pengangkatan yang diakibatkan oleh kompresi. Endapannya sendiri terletak pada zona alterasi *advanced argillic* dengan volume yang besar terbentuk oleh pencampuran uap magma asam dan air tanah di atas zona intrusi porfiri yang termineralisasi (Hedenquist dkk., 1995; Hedenquist dkk., 2000). Biasanya zona alterasi *advanced argillic* tersebut memperlihatkan kenampakan adanya zoning dari bagian proximal *vuggy silica* sampai dengan kumpulan mineral penciri *advanced argillic* seperti alunit, *pyrophyllite*, *dickite* dan *kaolinite* sampai dengan bagian distal tempat dijumpainya alterasi *argillic*.

Kehadiran mineral alunit yang merupakan hasil alterasi dari feldspar dan merupakan salah satu penciri khas dari endapan HS disamping *vuggy silica* menunjukkan kondisi larutan yang sangat asam. Bagian tengah dari zona alterasi

silikaan (*siliceous zone*) merupakan daerah utama yang mengandung bijih pada endapan HS (Maulana, 2017). Skema sistem endapan HS ini bisa dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Model skematik sistem endapan HS (Arribas dkk., 1995 dalam Maulana, 2017). (a) Proses awal ketika uap magma yang dominan mengakibatkan proses *leaching* pada batuan sampling dan membentuk alterasi argilik lanjutan. (b1) Tahap pengendapan bijih ketika emas diangkut dalam bentuk klorida kompleks. (b2) Tahap pengendapan bijih ketika emas tertransportasi dalam bentuk bisulfida kompleks

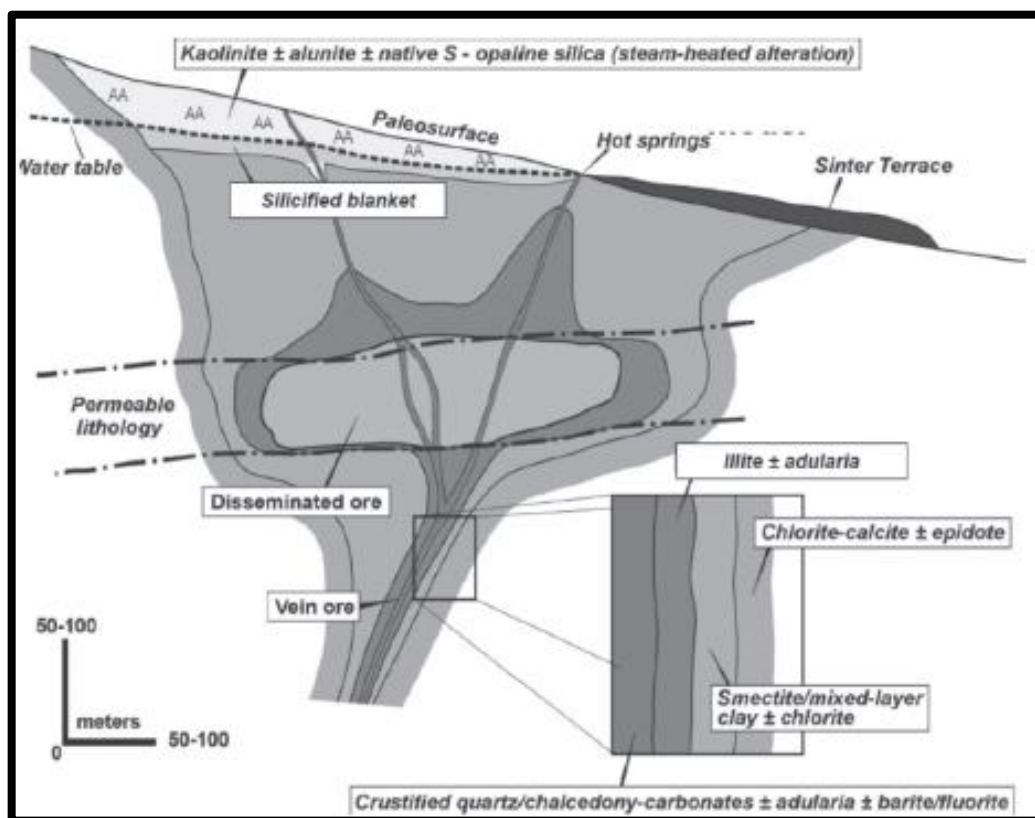
2.5.2 Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah (*Low Sulphidation*)

Endapan sistem sulfidasi rendah atau *low sulphidation system* dicirikan oleh larutan yang bersifat netral dalam kondisi reduksi yang mengandung S dan H₂S dan memperlihatkan adanya interaksi antara komponen air meteorik dan air magmatik. Pada tipe sulfidasi rendah, pengendapan mineral bijih, terutama emas dikontrol oleh adanya proses *boiling* yang disebabkan oleh adanya penurunan tekanan dari larutan yang mencapai permukaan. Proses *boiling* biasa diindikasikan dengan adanya kristal silika yang berbentuk pipih yang menggantikan kalsit (Maulana, 2017).

Ketika mencapai permukaan larutan akan keluar dan mengkristal, mengakibatkan silika terendapkan dan membentuk undak-undak silika yang disebut

dengan *silica sinter terrace*. Urat-urat yang dibentuk oleh endapan LS biasanya memperlihatkan perlapisan yang bagus, sering dijumpai terjadi perulangan antara silika dan karbonat serta memperlihatkan tekstur pengisian rekahan (*open-space filling*) (Gambar 2.8) (Maulana, 2017).

Pola alterasi yang ditunjukkan oleh endapan ini tidak terlalu intensif seperti yang ditunjukkan oleh endapan HS, kecuali pada batuan samping yang relatif *permeable* (Maulana, 2017).



Gambar 2.8 Model skematik dari sistem endapan low-sulphidation (Hedenquist dkk., 2000 dalam Maulana, 2017)

Pada skala kecil, endapan LS umumnya dijumpai di dalam batuan vulkanik, tetapi juga bisa dijumpai pada batuan *basement*-nya. Pola alterasi pada endapan LS memperlihatkan zonasi secara lateral dari proksimal yang dicirikan oleh kuarsa-kalsedon-adularia pada urat-urat yang termineralisasi yang pada umumnya akan

memperlihatkan *curstiform-colloform banding* dan *platy*, kuarsa dengan *lattice-texture* yang mengindikasikan proses *boiling*, sampai dengan kumpulan *illite-pyrite* dan pada bagian distal berupa kumpulan alterasi propilitik. Kehadiran illit mengindikasikan pH larutan yang cenderung normal. Ciri lain yang sangat khas pada system endapan ini yaitu banyaknya dijumpai *stockwork*, yaitu urat-urat halus yang memotong *host-rock* (Maulana, 2017).

2.6 Mineralisasi Hidrotermal

Mineralisasi adalah proses pembentukan endapan mineral logam dan non logam yang terkonsentrasi dari satu atau lebih mineral yang dapat dimanfaatkan. Emas pada mineralisasi, umumnya berasosiasi dengan galena, spalerit, kalkopirit, dan pirit (Corbett *and* Leach, 1998).

Pola mineralisasinya yaitu mineral bijih yang mengisi rongga – rongga dan rekah (*open space & cavity filling*). Zona bijih biasanya dibatasi oleh struktur tetapi bisa muncul pada litologi yang bersifat permeabel. Urat dengan lebar >1m yang mengikuti searah dengan jurus beberapa ratus meter, sampai urat – urat kecil dan *stockworks* biasanya memiliki penyebaran dan pergantian yang lebih sedikit.

Secara genetik, endapan mineral dibagi menjadi endapan yang disebabkan oleh proses magmatik, proses hidrotermal, proses metamorfisme, serta proses - proses permukaan. Proses magmatisme yang disebabkan oleh proses *gravitational settling, liquit immivisibillity*, maupun pegmatik.