

**STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI ENDAPAN TIPE URAT DAERAH  
CINDAKKO KABUPATEN MAROS PROVINSI SULAWESI SELATAN:  
IMPLIKASINYA TERHADAP GENETIK DAN EKSPLORASI**

*ALTERATION AND MINERALIZATION STUDY OF VEIN-TYPE  
PROSPECTS IN THE CINDAKKO AREA, MAROS REGENCY,  
SOUTH SULAWESI PROVINCE: ITS IMPLICATION TO  
GENETIC AND EXPLORATION*

**ARIF**



**PROGRAM PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2020**



**STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI ENDAPAN TIPE URAT DAERAH  
CINDAKKO KABUPATEN MAROS PROVINSI SULAWESI SELATAN:  
IMPLIKASINYA TERHADAP GENETIK DAN EKSPLORASI**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Geologi

Disusun dan diajukan oleh

ARIF

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**



2020

## TESIS

**STUDI ALTERASI DAN MINERALISASI ENDAPAN TIPE URAT  
DAERAH CINDAKKO KABUPATEN MAROS PROVINSI SULAWESI  
SELATAN: IMPLIKASINYA TERHADAP GENETIK DAN EKSPLORASI**


Disusun dan diajukan oleh

**ARIF**  
Nomor Pokok D062182001

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
Pada tanggal, 25 Agustus 2020  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui  
Komisi Penasihat,

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

  
**Dr. Ir. Irzal Nur, M.T**  
Anggota

Ketua Program Studi  
Magister Teknik Geologi  
Universitas Hasanuddin,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin,

  
  
**Ratna Husain L, M.T**

  
  
**Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T**



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Arif  
Nim : D062 18 2001  
Program Studi : Magister Teknik Geologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tesis yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 26 Agustus 2020  
Yang menyatakan,



Arif  
D062 18 2001



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan limpahan rahmat-Nya, sehingga Tesis yang berjudul “Studi Alterasi Dan Mineralisasi Endapan Tipe Urat Daerah Cindakko Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan: Implikasinya Terhadap Genetik dan Eksplorasi” ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.

Terima kasih kepada Dr. Ir. Hj. Ratna Husain L., M.T, selaku Ketua Program Studi Magister teknik Geologi Universitas Hasanuddin. Terima kasih kepada Dr. Ir. Musri Ma’waleda, M.T dan Dr. Ir. Irzal Nur, MT., selaku Penasehat Utama dan Penasehat Anggota yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tesis ini serta terima kasih juga kepada seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin serta kepada keluarga besar Korps Pencinta Alam (KORPALA) UNHAS yang telah membantu dalam pengambilan data penyelesaian Tesis ini.

Makassar, 26 Agustus 2020



Arif  
D062 18 2001



# DAFTAR ISI

|                                 | Halaman  |
|---------------------------------|----------|
| HALAMAN SAMBUNG DEPAN .....     | i        |
| HALAMAN PENGANTAR .....         | ii       |
| HALAMAN PENGESAHAN.....         | iii      |
| PERNYATAAN KEASLIAN TESIS ..... | iv       |
| PRAKATA .....                   | v        |
| ABSTRAK .....                   | xv       |
| <i>ABSTRACT</i> .....           | xvii     |
| DAFTAR ISI.....                 | vi       |
| DAFTAR GAMBAR .....             | x        |
| DAFTAR TABEL .....              | xiii     |
| DAFTAR LAMPIRAN .....           | xiv      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>  | <b>1</b> |
| A. Latar Belakang.....          | 1        |
| B. Hipotesis .....              | 4        |
| C. Rumusan Masalah .....        | 5        |
| D. Tujuan Penelitian .....      | 5        |
| E. Manfaat Penelitian .....     | 6        |
| F. Ruang Lingkup .....          | 6        |
| G. Penelitian Terdahulu .....   | 7        |
| H. Daftar Istilah.....          | 7        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                 | <b>9</b>  |
| A.1 Geologi Regional.....   | 9         |
| A.1.1 Geomorfologi regional.....                                    | 9         |
| A.1.2 Stratigrafi regional.....                                     | 11        |
| A.1.3 Vulkanik dan Magmatik Sulawesi Bagian Selatan .....           | 15        |
| A.2 Endapan Epitermal.....  | 18        |
| A.2.1 Endapan Epitermal Sulfidasi Tinggi .....                      | 20        |
| A.2.2 Endapan Epitermal Sulfidasi Rendah .....                      | 20        |
| A.3 Alterasi Hidrotermal.....                                       | 23        |
| A.3.1 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses alterasi.....          | 26        |
| A.3.2 Kontrol temperatur dan pH pada mineralogi alterasi.....       | 27        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                          | <b>38</b> |
| A. Rancangan Penelitian .....                                       | 38        |
| B. Lokasi dan Kesampaian Daerah .....                               | 39        |
| C. Tahapan Penelitian .....   | 39        |
| C.1 Pengambilan Data Lapangan .....                                 | 39        |
| C.1.1 Pengambilan Sampel .....                                      | 40        |
| C.1.2 Preparasi Sampel.....   | 40        |
| C.2 Analisis Laboratorium .....                                     | 41        |
| C.2.1 Analisis Petrografi dan Mineragrafi.....                      | 41        |
| C.2.2 Analisis XRD ( <i>X-ray Diffraction</i> ) .....               | 41        |
| C.2.3 Analisis XRF ( <i>X-ray fluorescence spectrometry</i> ) ..... | 42        |
| C.2.4 Analisis ICP-MS dan ICP-OES.....                              | 42        |
| C.2.4 Analisis Mikrotermometri Inklusi Fluida .....                 | 43        |
| C.2 Pengolahan Data .....   | 43        |



|   |           |
|---|-----------|
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>   | <b>46</b> |
| 4.1 Geologi Regional .....  | 46        |
| 4.1.1 Geologi Regional Sulawesi bagian Selatan.....                                   | 46        |
| 4.1.2 Vulkanik dan Magmatik Sulawesi Selatan.....                                     | 47        |
| 4.1.2.1 Klasifikasi Batuan.....   | 49        |
| 4.1.2.2 Klasifikasi Batuan Teralterasi.....   | 50        |
| 4.1.2.3 Determinasi Afinitas Magma .....  | 52        |
| 4.1.2.4 Tatanan Tektonik-Vulkanik dan Evolusi Magma .....                             | 54        |
| 4.2 Geologi Daerah Cindakko.....  | 59        |
| 4.2.1 Pengamatan Lapangan .....   | 59        |
| 4.3 Alterasi Hidrotermal Daerah Cindakko .....  | 63        |
| 4.3.1 Himpunan Mineral Alterasi .....   | 64        |
| 4.3.2 Estimasi Temperatur Pembentukan Mineralisasi dan pH Fluida<br>Hidrotermal ..... | 78        |
| 4.4 Mineralisasi Daerah Cindakko .....  | 79        |
| 4.4.1 Mineralogi Bijih dan paragenesis.....   | 81        |
| 4.5 Inklusi Fluida.....   | 93        |
| 4.5.1 Kenampakan Fotomikrografi .....   | 94        |
| 4.5.2 Pengukuran Mikrotermometri Inklusi Fluida .....                                 | 95        |
| 4.5.3 Interpretasi Data Mikrotermometri Inklusi Fluida .....                          | 99        |
| 4.5.3.1 Temperatur Pembentukan .....  | 99        |
| 4.5.3.2 Kedalaman Pembentukan.....  | 99        |
| 4.5.3.3 Tekanan Pembentukan.....  | 101       |
| 4.5.3.4 Sumber Fluida Dan Mekanisme Presipitasi .....                                 | 103       |





4.6 Tipe Endapan Daerah Cindakko..... 105  
4.7 Model Genetik dan Implikasi Eksplorasi ..... 111

**BAB V PENUTUP** ..... 113  
A. Kesimpulan ..... 113  
B. Saran..... 115

**DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR GAMBAR

| Gambar |   | Halaman |
|--------|---|---------|
| 1.1    | Peta geologi regional daerah Cindakko   | 2       |
| 2.1    | Kenampakan geomorfologi Sulawesi bagian Selatan   | 10      |
| 2.2    | Peta distribusi dan polarisasi busur magmatik kapur Akhir-Pliosen (Carlile <i>and</i> mitchell, 1994)   | 13      |
| 2.3    | Peta geologi Sulawesi Selatan (Yuwono, 1987)  | 14      |
| 2.4    | Peta distribusi vulkanik potasik Sulawesi Selatan (Yuwono, 1987; Letterier <i>et al.</i> , 1990)  | 17      |
| 2.5    | Grafik hubungan temperatur dan salinitas (Pirajno, 1992) serta skema endapan epitermal sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi Hedenquits <i>et al.</i> , 2000) | 19      |
| 2.6    | Hubungan alterasi dan mineralisasi endapan epitermal (Morrison <i>et al.</i> , 1990)  | 22      |
| 2.7    | Kisaran suhu dan pH fase mineral endapan epitermal (Hedenquits <i>et al.</i> , 2000)  | 35      |
| 2.8    | Skema distribusi alterasi hidrotermal berasosiasi dengan endapan epitermal sulfidasi rendah dan sulfidasi tinggi (Hedenquits <i>et al.</i> , 1996)            | 36      |
| 2.9    | Diagram hubungan suhu dan Ph dan jenis alterasi serta himpunan mineral pencirinya (Corbett <i>and</i> Leach, 1997)  | 37      |
| 3.1    | Bagan alir ( <i>flowchart</i> ) penelitian  | 45      |
| 4.1    | Peta geologi Sulawesi Selatan (dimodifikasi setelah Yuwono, 1987)   | 47      |
|        | Peta distribusi vulkanik potasik Sulawesi Selatan (dimodifikasi setelah Yuwono, 1987; Letterier <i>et al.</i> , 1990)   | 49      |



|      |   |    |
|------|---|----|
| 4.3  | Jenis batuan lava daerah Cindakko (Le Bas, 1986)  | 50 |
| 4.4  | Distribusi batuan teralterasi (Winchester <i>and</i> Floyd, 1977)   | 51 |
| 4.5  | Sampel <i>hand specimen</i> ST-6B dan kenampakan mikroskopis  | 51 |
| 4.6  | Hasil <i>plotting</i> sampel ST-6B diagram SiO <sub>2</sub> dan K <sub>2</sub> O (Peccerillo and Taylor, 1976)                                      | 52 |
| 4.7  | Hasil <i>plotting</i> sampel ST-6B diagram Co dan Th ( <i>immobile</i> ) (Hastie <i>et al.</i> , 2007)  | 53 |
| 4.8  | <i>Plotting</i> diagram diskriminasi Zr-Nb-Y (Meschende, 1986)  | 54 |
| 4.9  | <i>Spider</i> diagram dan pola REE (Sun <i>and</i> McDonough, 1989)   | 56 |
| 4.10 | Subduksi Miosen Awal dan kolisi Miosen Tengah (Yuwono <i>et al.</i> , 1986; Letterier <i>et al.</i> , 1990; Soeria-Atmadja <i>et al.</i> , 1998)    | 58 |
| 4.11 | Sampel <i>hand specimen</i> (ST-6B) basal dan diorit (ST-3)   | 59 |
| 4.12 | Sampel <i>hand specimen</i> basal teralterasi sebagian (ST-5), basal tak-teralterasi ST-8 dan basal teralterasi kuat ST-2                           | 60 |
| 4.13 | Singkapan basal ( <i>host rock</i> ) terintrusi ( <i>dike</i> ) basal scoria ST-7 dan urat kuarsa ( <i>crustiform</i> ) ST-6 serta urat kuarsa ST-9 | 61 |
| 4.14 | Sampel <i>hand specimen</i> urat kuarsa ST-6, ST-7, ST-9 dan singkapan lempung ST-9   | 62 |
| 4.15 | Sampel <i>hand specimen</i> dan kenampakan mikroskopis ST-1 dan ST-2B   | 64 |
| 4.16 | Sampel <i>hand specimen</i> , kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-1, ST-2A dan ST-2B   | 67 |
| 4.17 | Sampel <i>hand specimen</i> , kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-3  | 68 |
|      | Sampel <i>hand specimen</i> , kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-5  | 68 |



|      |  |     |
|------|--|-----|
| 4.19 | Singkapan, sampel <i>hand specimen</i> , kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-6A, ST-6B dan ST-6C  | 71  |
| 4.20 | Singkapan, sampel <i>hand specimen</i> , kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-7A, ST-7B dan ST-7C  | 73  |
| 4.21 | Singkapan, sampel <i>hand specimen</i> , kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-8A dan ST-8B   | 75  |
| 4.22 | sampel <i>hand specimen</i> , singkapan lempung, kenampakan mikroskopis dan difragtogram ST-9A dan ST-9C   | 77  |
| 4.23 | Estimasi temperatur pembentukan mineralisasi   | 79  |
| 4.24 | Singkapan urat kuarsa dan sampel <i>hand specimen</i> urat kuarsa ST-6, ST-7 dan ST-9  | 80  |
| 4.25 | Kenampakan makroskopis pirit pada <i>host rock</i> basal   | 81  |
| 4.26 | Kenampakan mikroskopis ST-2B   | 82  |
| 4.27 | Kenampakan mikroskopis ST-6A   | 83  |
| 4.28 | Kenampakan mikroskopis ST-6B   | 85  |
| 4.29 | Kenampakan mikroskopis ST-7A   | 87  |
| 4.30 | Kenampakan mikroskopis ST-9A   | 90  |
| 4.31 | Singkapan urat kuarsa dan sampel <i>hand specimen</i> ST-6, ST-7 dan ST-9  | 93  |
| 4.32 | Fotomikrografi inklusi fluida conto urat ST-6.I, ST-6.II dan ST-6.III  | 95  |
| 4.33 | Histogram temperatur homohenisasi (Th) inklusi fluida dan histogram salinitas inklusi fluida conto urat ST-6.I, ST-6.II dan ST-6.III                                       | 98  |
| 4.34 | Kurva temperatur homogenisasi (Th) dan salinitas   | 100 |
|      | Diagram <i>trend</i> temperatur homogenisasi (Th)-salinitas evolusi fluida (Sherperd, 1985 dimodifikasi oleh Wilkonson, 2001) dan interpretasi sumber fluida dan mekanisme | 104 |



presipitasi

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 4.36 | Plotting temperatur homogenisasi (Th) dan salinitas (Wilkinson, 2001)   | 106 |
| 4.37 | Estimasi zona pembentukan urat berdasarkan karakteristik tektur (dimodifikasi dari Morrison <i>et al.</i> , 1990) | 107 |
| 4.38 | Diagram sulphur fugacity dan temperatur (Einaudi <i>et al.</i> , 2003)  | 108 |
| 4.39 | Model genetik urat ST-6 dan rekomendasi lokasi pemboran perintis  | 112 |



## DAFTAR TABEL

| Gambar |   | Halaman |
|--------|---|---------|
| 2.1    | Mineral bijih dan mineral <i>gangue</i> pada endapan epitermal sulfidasi tinggi dan sulfidasi rendah (Hedenquist <i>et al.</i> , 1996).                     | 21      |
| 4.1    | Normalisasi konsentrasi trace elemen dan REE (Sun and McDonough, 1989).   | 55      |
| 4.2    | Himpunan mineral alterasi di Daerah Cindakko  | 65      |
| 4.3    | Paragenesis mineral bijih ST-2A   | 83      |
| 4.4    | Paragenesis mineral bijih ST-6A   | 84      |
| 4.5    | Paragenesis mineral bijih ST-6B   | 86      |
| 4.6    | Paragenesis mineral bijih ST-7A   | 89      |
| 4.7    | Paragenesis mineral bijih ST-9A   | 91      |
| 4.8    | Paragenesis mineral bijih di daerah Cindakko  | 92      |
| 4.9    | Hasil pengukuran mikrotermometri inklusi fluida   | 96      |
| 4.10   | Penentuan tabel profil termal sesuai dengan salinitas (2 wt.% NaCl <i>eq</i> ) (Haas, 1971)   | 101     |
| 4.11   | Kumpulan mineral bijih, alterasi, zona alterasi, tekstur urat, temperatur homogenisasi (Th) dan salinitas (wt.% NaCl <i>eq</i> ) Urat ST-6 Daerah Cindakko. | 110     |



## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran                                       | Halaman |
|--|---------|
| A Deskripsi Lapangan .....                     | 119     |
| B Deskripsi Petrografi.....                    | 128     |
| C Deskripsi Mineragrafi .....                  | 142     |
| D Hasil Analisis XRD .....                     | 148     |
| E Hasil Analisis XRF, ICP-MS dan ICP-OES ..... | 156     |
| F Peta Lokasi Penelitian.....                  | 159     |
| G Peta Geologi Regional .....                  | 160     |
| H Peta Stasiun Pengambilan Sampel.....         | 161     |
| I Peta Alterasi.....                           | 162     |
| J Peta Alterasi dan Mineralisasi.....          | 163     |



## ABSTRAK

ARIF. Studi alterasi dan mineralisasi endapan tipe urat Daerah Cindakko Desa Bontosomba Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan : implikasinya terhadap genetika dan eksplorasi (dibimbing oleh Musri Mawaleda dan Irzal Nur).

Penelitian ini bertujuan menentukan tipe endapan serta genetika endapan tipe urat di Daerah Cindakko Desa Bontosomba Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

Pengambilan sampel dilakukan secara random dengan sampel yang dianggap sebagai representasi di daerah penelitian. Keseluruhan sampel batuan dianalisis menggunakan analisis petrologi, geokimia dan inklusi fluida.

Daerah penelitian merupakan prospek mineralisasi logam dasar (Pb), terletak dibagian selatan Pulau Sulawesi, Indonesia. Prospek ini berada pada lengan selatan busur plutonik-vulkanik Sulawesi barat yang berumur Tersier serta berafinitas shoshonitik yang direfleksikan oleh kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  sebesar 46,52 wt.% dan 6,21 wt.%. Prospek ini berkembang pada Formasi Vulkanik Cindakko yang berumur Miosen Akhir-Pliosen Awal (8.21-0.41 Ma). Mineralisasi (urat dan sulfida tersebar) di prospek Cindakko umumnya diwadahi oleh batuan-batuan anggota satuan lava basaltik-andesitik (basal). Adanya struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yang berarah barat-laut-tenggara dan timur-laut-baratdaya yang mengontrol proses alih tempat dan deposisi urat-urat logam dasar yang signifikan, serta adanya retas yang memotong batuan di daerah penelitian yang memungkinkan terjadinya injeksi fluida hidrotermal yang terbentuk kemudian. Sehingga, urat-urat dan mineralisasi sulfida tersebar dikontrol oleh retas yang terbentuk sebelumnya dan dikontrol oleh porositas permeabel dari *host rock*.

Berdasarkan studi geokimia batuan, diketahui bahwa batuan vulkanik di daerah penelitian berkomposisi basaltik, berafinitas *shoshonitik* (tak-jenuh silika). Perilaku geokimia unsur-unsur mayor dan jejak, terutama pengayaan unsur LILE (Cs, Rb dan Sr) umumnya konsisten dengan karakteristik batuan potasik (kaya-K) pasca-kaldera mirip dengan daerah vulkanik *Roman comagmatic province (central Italy)*. Hasil interpretasi tatanan vulkanik-plutonik dan evolusi magma berdasarkan evaluasi unsur-unsur mayor dan mengindikasikan bahwa vulkanisme di daerah penelitian tergenerasi terkandung *within-plate*, pada rezim ekstensional yang tidak langsung dengan peristiwa subduksi. Batuan vulkanik (kaya-K) terbentuk dari peleburan mantel bagian atas yang sebelumnya telah mengalami metasomatisme. Kemudian mengalami pengayaan oleh





potasium dan unsur-unsur inkompatibel melalui proses metasomatisme, yakni melalui konstribusi material sedimen-sedimen yang tersubduksi selama berlangsungnya subduksi miring ke barat antara lengan barat dan timur Sulawesi pada Miosen Awal.

Zona alterasi hidrotermal yang terzonasi atau terdistribusi di bagian tepi sistem hidrotermal dan tersebar luas di daerah peneltian, yaitu: Kuarsa, klorit dan epidot yang merupakan zona alterasi propilitik yang berhubungan spasial-genetik dengan mineralisasi urat. Zona alterasi argilik lanjut terdistribusi dari tepi mineralisasi urat yang terdiri dari alunite, kaolinit, piropilit dan diaspor. Secara spasial alterasi argilik lanjut tidak mendominasi atau sebagian saja dari tepi mineralisasi urat. Zona alterasi propilitik dan argilik lanjut diestimasi terbentuk pada kisaran temperatur sekitar 200-330°C dengan pH fluida hidrotermal asam sampai netral.

Tiga urat yang di jumpai di daerah penelitian telah dievaluasi pada studi ini, yang masing-masing dinamakan urat ST-6, urat ST-7 dan urat ST-9. Ke-tiga urat terdistribusi secara rapat di daerah penelitian. Secara umum urat tersebut berorientasi barat-timur (tegak lurus terhadap retas berorientasi utara-selatan). Secara keseluruhan urat-urat tersebut memperlihatkan tekstur khas urat epitermal: *crustiform*, *cockade* dan *vuggy* kuarsa. Ciri umum lainnya di jumpai mineral-mineral sulfida, yakni: pirit, kalkopirit, sfalerit, galena, bornit, tenantit, tetrahidrit, arsenopirit dan kovelit. Berdasarkan evaluasi karakteristik tekstur urat tersebut, diinterpretasikan bahwa secara umum urat-urat epitermal di daerah penelitian terbentuk dari fluida yang didominasi oleh cairan (*liquid*) dan fluktuatif di bawah zona pendidihan (*boiling level*), pada kedalaman minimum 350 m dibawah permukaan.

Studi inklusi fluida pada urat kuarsa menunjukkan bahwa urat kuarsa terbentuk pada temperatur 329-332 °C yang ekivalen dengan kedalaman 1664,3 meter di bawah muka air purba dan dengan tekanan hidrostatik 127,1 bar dari fluida bersalinitas 0,2-0,5 wt.%NaCl ekivalen.

Berdasarkan evaluasi himpunan mineral sulfida, tekstur urat dan hasil studi mikrotermometri inklusi fluida, dapat disimpulkan bahwa urat kuarsa di daerah penelitian terbentuk pada lingkungan epitermal. Urat-urat tersebut terbentuk dari fluida yang merupakan hasil pencampuran (*mixing*) antara fluida magmatik dengan air meteorik. Berdasarkan *trend* inklusi fluida pada diagram Th vs salinitas disimpulkan bahwa secara umum urat-urat epitermal di daerah penelitian tidak terbentuk dari mekanisme pendidihan (*boiling*), dimana kesimpulan ini konsisten dengan hasil evaluasi karakteristik tekstur urat yang mengindikasikan pembentukan di bawah level pendidihan (*boiling level*).



**nci:** Cindakko, alterasi, mineralisasi, inklusi fluida, epitermal

## ABSTRACT

*ARIF. Alteration and mineralization study of vein-type prospects in the Cindakko area, Bontosomba, Tompobulu, Maros Regency, South Sulawesi Province : its implication to genetic and exploration (Musri Mawaleda and Irzal Nur)*

*The purpose of this study is to determine the type of prospect also the genetic composition of vein-type in the Cindakko area of Bontosomba, Tompobulu Regency, Maros Regency, South Sulawesi Province.*

*Sample collected randomly, considered as a representation in the study area. The all rock samples were analyzed using petrological, geochemical and fluid inclusion analyzes.*

*The study area is the prospect of base metal (Pb) mineralization, located in the southern Sulawesi Island, Indonesia. This prospect is located in the southern Tertiary back-arc plutonic-volcanic West Sulawesi with shoshonitic affinity that reflected by the contents of SiO<sub>2</sub> and K<sub>2</sub>O; 46.52 wt.% and 6.21 wt.%. This prospect develops in the Cindakko Volcanic Formation which is in the age of Late-Early Pliocene Miocene (8.21-0.41 Ma). Mineralization (scattered veins and sulphides) in the Cindakko prospect is generally contained by basaltic-andesitic lava rocks (basalt and diorite). The geological structure in the study area develops in the northwest-southeast and northeast-southwest that control the process of displacement and deposition of base metal veins, as well as the presence of cracks that seperated rocks in the study area that allow for the injection of hydrothermal fluids formed then. Thus, scattered veins and sulphide mineralization are controlled by pre-formed cracks and controlled by the permeable porosity of the host rocks.*

*Based on rocks geochemical studies, it is known that volcanic rocks in the study area are composed of basaltic, shoshonitic affinity (unsaturated silica). The geochemical behavior of major and trace elements, especially the enrichment of LILE (Cs, Rb and Sr) elements is generally consistent with the characteristics of post-caldera potassium (rich-K) rocks similar to the regions of Roman comagmatic province (central Italy). The results interpretation of the volcanic-plutonic order and the evolution of based on the evaluation of major and traces elements, indicate that m in the study area is generated in the within-plate environment, in ventional regime that is not directly related to subduction. Volcanic (rich) was originally formed from the fusion of the upper mantle which*



had previously metasomatism. Then enrichment by potassium and incompatible elements through the process of metasomatism, the contribution of sediment material that were subducted during the subduction to the West between the Western and Eastern back-arc of Sulawesi in the Early Miocene.

The hydrothermal alteration zone that have zones or distributed at the edges of the hydrothermal system and have widespread in the research areas comprise: Quartz, chlorite and epidot which are propylitic alteration zones that are spatially-genetically related to veins mineralization. The argillic alteration zone is further distributed from the edge of the vein mineralization comprise alunite, kaolinite, piropilit and diaspora. Spatially advanced argillic alteration has not dominate or partially in edge of the vein mineralization. Further propylitic and argillic alteration zones are estimated to be formed in the temperature range around 200-330°C with acidic hydrothermal to neutral pH.

The three of veins that had been covered in the study area were evaluated in this study, which is named ST-6 vein, ST-7 vein and ST-9 vein. The three veins are tightly distributed in the study area. In general, the vein is oriented in west-east (perpendicular to the north-south oriented). These veins exhibit epithermal characteristic veins: crustiform, cockade and quartz vuggy. Other common characteristics are found in sulphide minerals: pyrite, chalcopyrite, sphalerite, galena, bornite, tenantite, tetrahydrite, arsenopyrite and covelite. Based on the evaluation of the texture of the veins, it is interpreted that in general epithermal veins in the study area are formed from fluid which is dominated by liquid (liquid) and fluctuating below the education zone (boiling level), at a minimum depth of 350 m below the surface.

Fluid inclusion studies in quartz veins had showed that quartz veins are formed at a temperature of 329-332°C which is equivalent to a depth of 1664.3 meters below the surface of ancient water and with its hydrostatic pressure 127.1 bar from fluid with salinity 0.2-0.5 wt % equivalent NaCl.

Based on the evaluation of the sulfide mineral assemblies, veins texture and the results of a fluid inclusion microtermometry study, it can be concluded that the quartz veins in the study area were formed in the epithermal environment. The veins are formed from fluids as the result of mixing between magmatic fluid and meteoric water. Based on the trend of fluid inclusion in the Th vs salinity diagram, it was concluded that in general epithermal veins in this study area were not formed from boiling mechanisms, where these conclusions were consistent with the results of veins texture characteristics and indicate were formed below the levels.

ds: Cindakko, alteration, mineralization, fluid inclusions, epithermal



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Secara administratif lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Kampung Jampua Dusun Cindakko Desa Bontosomba Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros Sulawesi Selatan. Secara astronomis lokasi penelitian berada pada koordinat  $119^{\circ} 50' 00''$  -  $119^{\circ} 50' 30''$  BT serta  $5^{\circ} 9' 00''$  -  $5^{\circ} 9' 30''$  LS sebelah Utara Kota Makassar. (Lampiran F).

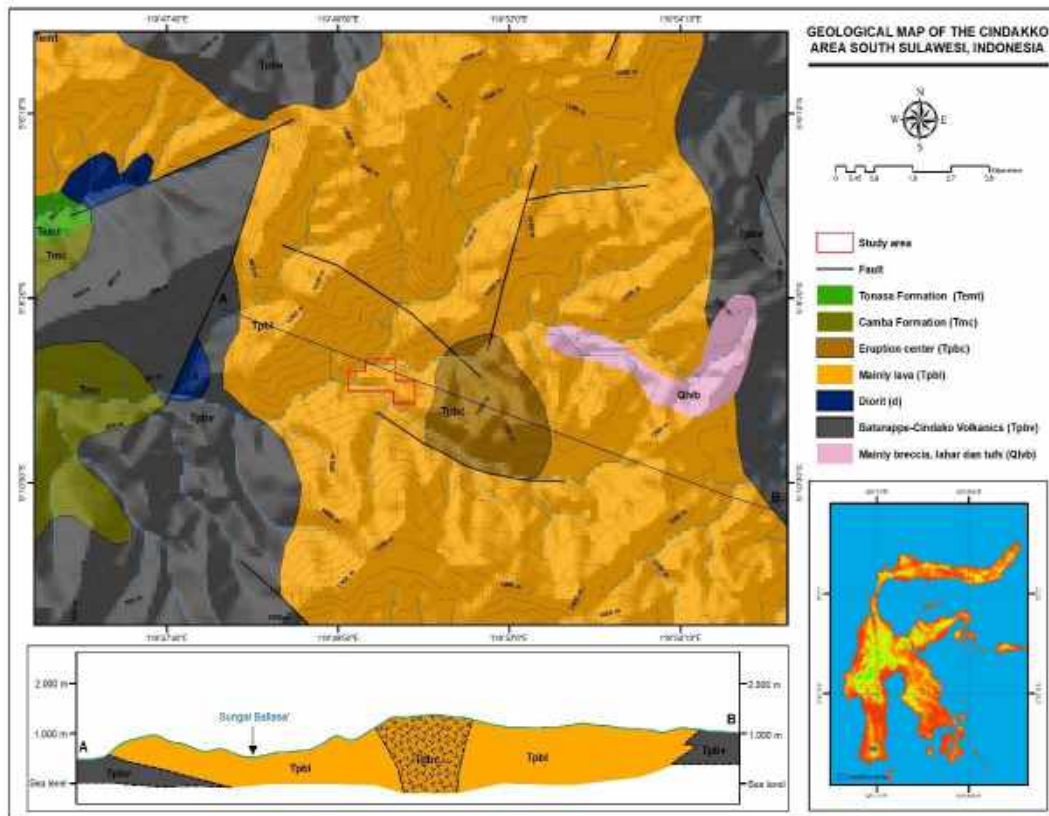
Berdasarkan Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi (Sukamto, 1982), indikasi bahwa Batuan Gunungapi Baturappe-Cindakko (Tpbv) merupakan *host* mineralisasi di sekitar kontak antara Batuan Gunungapi Baturappe-Cindakko (Tpbv) ini dengan lava (Tpbl). Begipun juga terlihat disebelah barat lokasi penelitian banyak terdapat intrusi diorit (*d*) yang dikontrol oleh struktur (Gambar 1). Dimana lokasi mineralisasi tersebut merupakan daerah penelitian (Lampiran G).

Batuan Gunungapi Baturappe-Cindakko terdiri atas lava dan breksi, dengan bersisipan sedikit tufa dan konglomerat, bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm

bagian kecil tidak kasat mata, kelabu tua kehijauan hingga hitam. Bagian berkekar lapis pada umumnya breksi berkomponen kasar,



dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen (Gambar 1) (Sukamto, 1982).



Gambar 1.1 Peta geologi regional daerah penelitian Lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai (dimodifikasi setelah Sukamto, 1982).

Batuan Formasi Gunungapi Baturappe dan Cindako ekuivalen yang berafinitas basalik-andesitik (Sukamto, 1982; Nur, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya pada prospek urat Baturappe merupakan cebakan logam dasar (galena) pada prospek ini terjadi pada urat kursa dan cebakan tipe diseminasi dengan kumpulan mineral berupa

sfalerit, kalkopirit, pirit, tenantit, tetrahedrit, bornit, enargit, kovelit kosit (Nur, 2012). Dalam penelitian (Disertasi) endapan tipe urat



pada prospek Baturappe disimpulkan bahwa fluida hidrotermal yang membentuk urat Baturappe adalah fuida berkarakter sulfidasi tinggi pada kisaran temperatur dan salinitas relatif tinggi, 286°C dan 5,7 wt% NaCL *eq* (Nur, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nur (2012) telah dijelaskan di atas menjadi suatu rujukan yang sangat relefan terhadap daerah Cindakko. Begitupun penelitian yang telah dilakukan oleh Yuwono (1987) dan Letterier *et al* (1990) yang mengemukakan bahwa komposisi magma daerah Cindakko berafinitas pada seri shoshonitik yang direfleksikan dengan kandungan K<sub>2</sub>O 4,60 wt.% dan SiO<sub>2</sub> 57,30 wt.%.

Keseluruhan karakteristik alterasi hidrotermal (himpunan mineral dan distribusi spasialnya terhadap mineralisasi), himpunan mineral bijih dan *gangue*, tipe mineralisasi, serta kisaran temperatur pembentukan dan pH fluida hidrotermal yang membentuknya, dari keseluruhan data tersebut dapat digunakan untuk mendeterminasi tipe endapan daerah Cindakko Desa Bontosomba Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros Sulawesi Selatan.

Mineralisasi sulfida pada setiap lokasi memiliki karateristik alterasi dan mineralisasi yang berbeda-beda tergantung dari lokasi dan genesis pembentukannya serta berdasarkan aspek yang belum dilakukan peneliti terdahulu yakni genetik alterasi dan mineralisasi. Sehingga peneliti melakukan studi alterasi dan mineralisasi yang terletak di Cindakko

tan Tompobulu Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan.

sasi dari bijih sulfida sangatlah penting dalam pengembangan dan



pemanfaatannya. Studi terhadap data seperti hasil analisis Petrografi, Mineragrafi, *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-ray fluorescence spectrometry* (XRF), *Inductively coupled plasma-mass spectrometry* (ICP-MS) dan *Inductively coupled plasma-optical emission spectrometry* (ICP-OES) serta mikrotermometri inklusi fluida yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang terintegrasi dalam penentuan alterasi dan mineralisasi di daerah penelitian.

## B. Hipotesis

1. Tatanan geologi, terutama litologi dan struktur geologi, mengontrol proses alih tempat dan distribusi mineralisasi di daerah penelitian. Unit-unit batuan anggota Vulkanik Cindakko merupakan batuan wadah mineralisasi, dan struktur geologi mengontrol transportasi fluida hidrotermal termineralisasi dari sumbernya menuju ke situs-situs pengendapannya. Karakteristik litologi dan tipe-tipe serta orientasi struktur geologi akan mempengaruhi geometri, pola dan distribusi mineralisasi.
2. Urat-urat termineralisasi di daerah penelitian akan dicirikan oleh tekstur khas urat epitermal, seperti *colloform* dan *vuggy quartz*. Urat-urat akan dilingkupi oleh *halo* alterasi yang distribusi spasialnya bergradasi (ke arah luar) ke zona alterasi propilitik.
3. Temperatur, tekanan dan kedalaman formasi urat akan berada dalam kisaran lingkungan epitermal level dalam; maksimal 300° dan lebih dari 1000 m di bawah muka air tanah purba. Sehubungan dengan kumpulan mineral sulfida utama pada urat-urat Cindako (logam dasar), maka



kedalaman formasi urat akan berada di bawah level pendidihan lingkungan epitermal.

### C. Rumusan Masalah

Penelitian ini difokuskan pada aspek genetik mineralisasi sulfida daerah Cindakko Kecamatan Tompobulu Kabupaten Maros Sulawesi Selatan. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana *host rock*, afinitas magma dan lingkungan tektonik pembentukan *host rock* di daerah penelitian.
2. Bagaimana himpunan mineral alterasi yang berasosiasi dengan mineralisasi di daerah penelitian.
3. Bagaimana himpunan mineral bijih serta urutan pembentukannya.
4. Bagaimana temperatur, kedalaman, tekanan pembentukan mineralisasi dan bagaimana sumber fluida serta mekanisme presipitasi di daerah penelitian.
5. Bagaimana tipe genetik mineralisasi di daerah penelitian.

### D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi *host rock*, afinitas magma dan lingkungan tektonik pembentukan *host rock* di daerah penelitian berdasarkan komposisi kimianya.
2. Mengidentifikasi himpunan mineral alterasi yang berasosiasi dengan mineralisasi di daerah penelitian.
3. Menentukan himpunan mineral bijih serta urutan pembentukannya.





4. Menginterpretasi temperatur, kedalaman, tekanan pembentukan mineralisasi dan bagaimana sumber fluida serta mekanisme presipitasi di daerah penelitian berdasarkan mikrotermometri inklusi fluida.
5. Menginterpretasi tipe genetik mineralisasi berdasarkan himpunan mineral alterasi, mineral bijih dan tekstur urat serta berdasarkan hasil studi mikrotermometri inklusi fluida.

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan prospek ke tahap eksplorasi lanjut, terutama dalam hal penentuan kedalaman dan orientasi titik pemboran perintis dengan melibatkan *stakeholder* terdiri dari akademisi, Pemerintah Daerah dan atau Provinsi serta Investor.

### **F. Ruang Lingkup**

Beberapa aspek yang belum dilakukan peneliti terdahulu diantaranya, yaitu mengidentifikasi secara lebih detail tipe, zona dan himpunan mineral alterasi, paragenesis mineral bijih serta khususnya tipe endapan mineralisasi daerah penelitian berdasarkan data permukaan (*surface*). Sehingga, perlu dikaji lebih lanjut khususnya genetik mineralisasi

penelitian yang implikasinya terhadap eksplorasi.



## G. Peneliti Terdahulu

1. Rab Sukanto (1982), pemetaan Geologi Regional skala 1 : 250.000 daerah Sulawesi Selatan khususnya lembar Ujung Pandang, Benteng dan Sinjai.
2. Yuwono, Y. S. 1987. *Contribution a L'etude Du Volcanisme Potassique De L'Indonesie*. L'Universite De Bretagne occidentale, Tome I.
3. J. Letterrier, S. Yuwono (1990), *Potassic volcanism in Central Jawa and South Sulawesi*, Indonesia.
4. Irzal Nur (2012), Study geologi, geokimia dan inklusi fluida pada prospek mineralisasi perak-logam dasar epitermal, Sulawesi Selatan, Indonesia.

## H. Daftar Istilah

1. Alterasi merupakan setiap perubahan dalam mineralogi suatu batuan yang terjadi karena proses-prose fisika dan kimia, khususnya oleh aktivitas fluida hidrotermal.
2. Alterasi Hidrotermal merupakan proses kompleks yang meliputi perubahan secara mineralogi, kimia dan tekstur yang dihasilkan dari interaksi larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya pada kondisi fisika-kimia tertentu ( Pirajno, 1992).



3. Hidrotermal merupakan larutan panas dari magma yang mendingin yang berinteraksi dengan air tanah maupun air meteorik yang merupakan sumber utama dari pembentukan mineralisasi logam.
4. Mineralisasi merupakan suatu proses pengendapan mineral bijih dari media yang membawanya akibat perubahan lingkungan kimia dan fisik sekitarnya.
5. Intrusi merupakan sebuah batuan beku yang telah menjadi kristal dari sebuah magma yang meleleh di bawah permukaan bumi.
6. Singkapan merupakan bagian yang terlihat dari bukaan batuan dasar atau deposit superfisial purba pada permukaan bumi.



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **A.1 Geologi Regional**

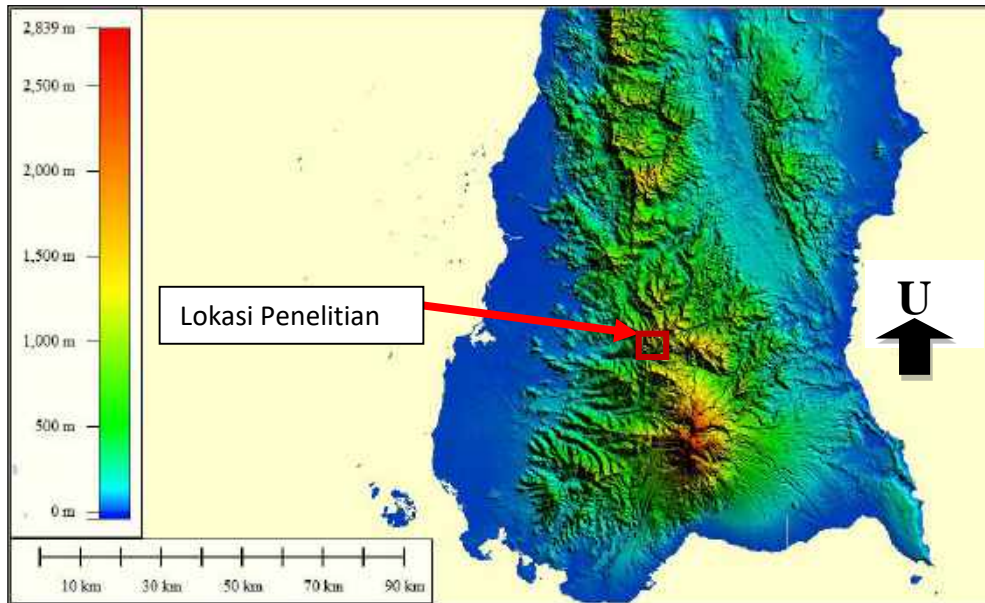
Berdasarkan peta geologi regional bersistem skala 1:250.000 yang diterbitkan oleh pusat penelitian dan pengembangan geologi Bandung, daerah penelitian masuk kedalam peta geologi lembar Ujung pandang, Benteng dan Sijai (Sukanto dan Supriatna, 1982) (Lampiran G).

#### **A.1.1 Geomorfologi Regional**

Berdasarkan data Digital Elevation Model (DEM) terdapat dua baris pegunungan dibagian Utara daerah penelitian yang memanjang hampir sejajar pada arah utara sampai barat laut dan terpisahkan oleh lembah Sungai Walanae (Gambar 2.1). Pegunungan bagian barat menempati hampir setengah luas daerah, melebar dibagian selatan hingga  $\pm 50$  km dan menyempit dibagian utara hingga  $\pm 20$  km. Puncak tertinggi pegunungan ini yaitu 1694 Mdpl, sedangkan ketinggian rata-ratanya yaitu 1500 Mdpl. Sebagian besar pegunungan ini terbentuk oleh batuan gunungapi. Di lereng barat dan di beberapa tempat di lereng timur terdapat topografi karst yang merupakan pencerminan adanya batugamping. Di antara topografi karst di lereng bagian barat terdapat daerah perbukitan yang dibentuk oleh batuan

sier. Bagian barat daya pegunungan ini dibatasi oleh dataran  
ene-Maros yang luas sebagian lanjutan dari dataran selatannya.





Gambar 2.1. Kenampakan geomorfologi regional dari citra SRTM.

Pengunungan bagian timur relatif lebih sempit dan rendah dengan ketinggian rata-rata puncaknya 700 Mdpl dan puncak tertinggi 787 Mdpl. Pegunungan ini juga sebagian besar tersusun atas batuan gunungapi. Bagian selatan pegunungan memiliki lebar  $\pm 20$  km dan lebih tinggi, sedangkan semakin ke utara tubuh pegunungan memiliki lebar semakin menyempit dan merendah hingga akhirnya menunjam ke bawah batas antara lembah Walanae dan daerah Bone. Bagian utara pegunungan ini memiliki topografi karst yang permukaannya sebagian mengerucut. Batas pegunungan ini di bagian timur laut adalah dataran Bone yang sangat luas yang menempati hampir sepertiga bagian timur.

Bagian Selatan daerah penelitian memiliki morfologi yang menonjol

akan data Digital Elevation Model (DEM) yaitu kerucut Gunungapi

Attang-Bawakaraeng, yang menjulang mencapai 2870 Mdpl dan



2830 Mdpl (Bakosurtanal, 1992). Pada potret udara terlihat dengan jelas adanya beberapa kerucut pasait, yang kelihatannya lebih muda dari kerucut induknya, bersebaran di sepanjang jalur Utara-Selatan melawati Puncak Lompobattang-Bawakaraeng. Gunungapi ini diperkirakan berumur Plistosen.

Di bagian Utara terdapat 2 (dua) daerah yang tercirikan oleh topografi kars, yang dibentuk oleh batugamping Formasi Tonasa. Kedua daerah bertopografi kars ini dipisahkan oleh pegunungan yang tersusun oleh batuan Gunungapi berumur Miosen sampai Pliosen. Daerah Gunung Cindakko dan baturappe sendiri merupakan daerah perbukitan dengan ketinggian rata-rata 500 Mdpl.

### A.1.2 Stratigrafi Regional

Peta geologi umum bagian selatan Sulawesi yang difokuskan pada distribusi dan karakteristik vulkanisme Neogen dan Pleistosen (Yuwono, 1987) (Gambar 2.3), serta berdasarkan peta distribusi polarisasi busur magmatik Kapur Akhir-Pliosen berada di ujung selatan busur vulkanik Tersier Sulawesi bagian Barat (Carlile and Mitchell, 1994) (Gambar. 2.2).

Formasi batuan tertua Pra-Tersier merupakan Kompleks Bantimala yang terdiri dari batuan metamorf berumur Kapur Tengah. Sedimen Tersier dan batuan vulkanik yang secara tidak selaras berada diatas atau menutupi

ks Bantimala, distribusinya terlihat lebih luas pada Gambar 2.3.

atuan vulkanik Tersier terdiri dari Formasi Langi berumur Paleogen  
euwen, 1981) atau Gunungapi terpropilitkan (Tpv) (Sukamto, 1982)



yang ditindih tak selaras oleh batugamping Formasi Tonasa, Formasi ini disusun oleh satuan breksi, lava dan tufa, dimana lava yang bersifat andesit berada dibawah satuan batuan tufa. Breksi yang memiliki kanampakan warna kelabu tua sampai kelabu kehijauan (sangat terpropilitkan). Satuan ini terendapkan pada morfologi perbukitan dengan ketebalan sekitar 400 m. Berdasarkan penarikan K-Ar berumur  $\pm$  63 juta tahun (Pleosen).

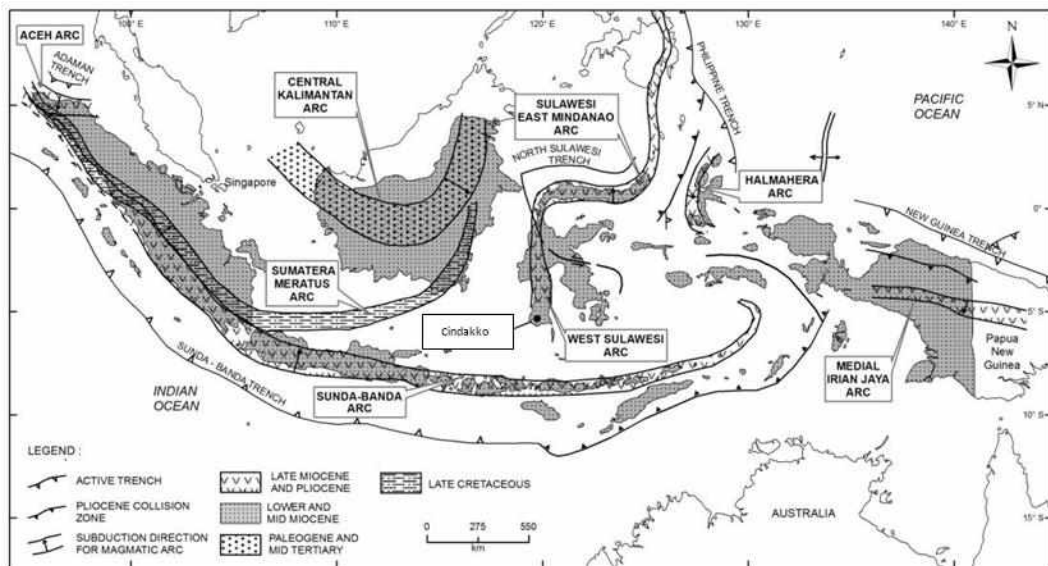
Formasi Walanae sebagai produk atas aktivitas vulkanik Miosen-Pliosen, yang tersusun atas satuan batupasir, konglomerat dan tufa. Dengan sisipan batulanau, batulempung, batugamping dan napal. Satuan batuan ini membentuk perbukitan dengan elevasi rata-rata 250 Mdpl dengan ketebalan 2500 m berumur Miosen-Pliosen.

Formasi Baturappe-Cindakko (Tpbv) terdiri atas lava dan breksi dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat, bersusunan basal sebagian besar porfiri dengan penokris piroksin. Lava (basal) memiliki warna kehijauan (alterasi) dan hitam. Adanya retas-retas di daerah Baturappe-Cindakko diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (Tpbc). Satuan ini membentuk morfologi perbukitan dengan elevasi rata-rata 500 Mdpl dengan ketebalan 1250 m (Sukamto dan Supriatna, 1982). Berdasarkan penarikan K-Ar berumur 12-0,6 Ma (Formasi Baturappe) serta 8.21-0.41 Ma (Formasi Cindakko) (Yuwono, 1986; Yuwono, 1987; Letterier *et al*, 1990).

ktivitas vulkanik yang dimulai pada masa Miosen (Sukamto, 1982) menghasilkan beberapa Formasi batuan berupa Formasi Kalamiseng,



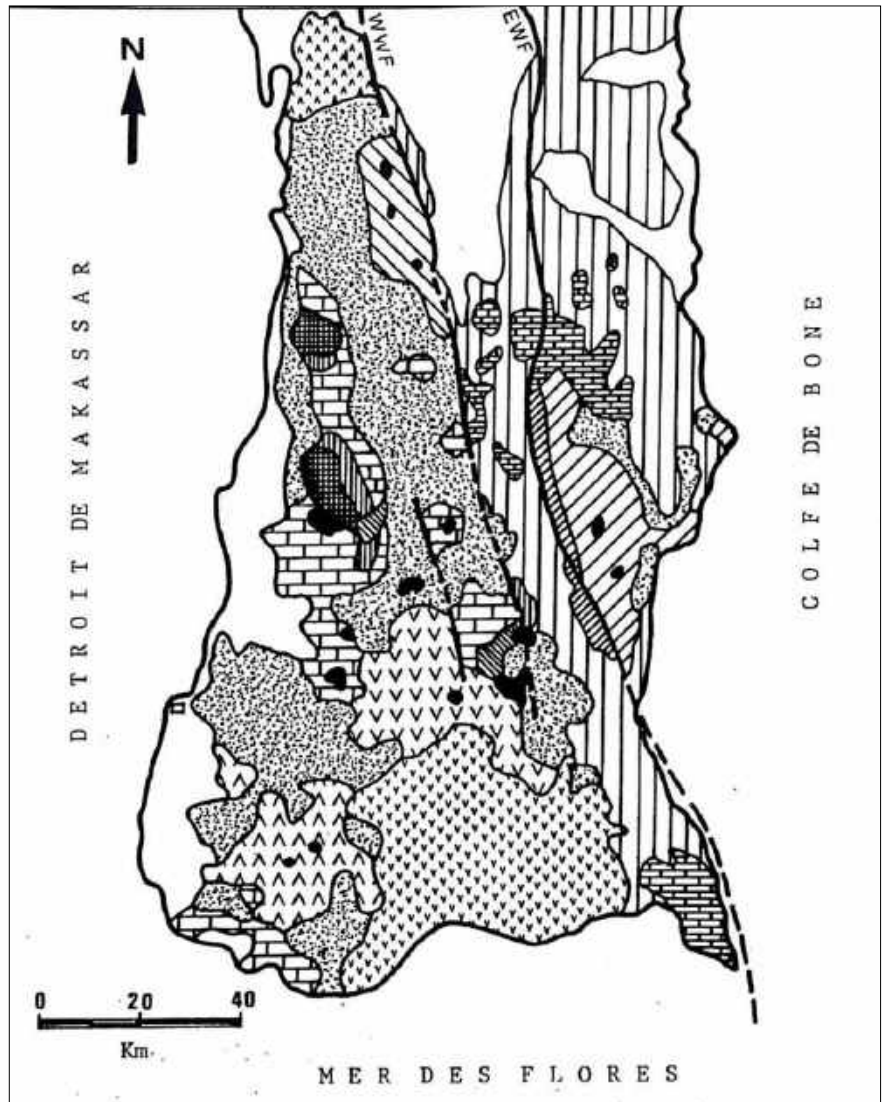
Formasi Soppeng dan Formasi Camba. Kemudian aktivitas vulkanik Miosen-Pliosen dimulai dari tertua sampai termuda: Formasi Walanae (sedimen dan vulkaniklastik), Formasi Baturappe-Cindakko (Miosen-Pliosen) dan Formasi Pare-Pare (Pliosen). Batuan vulkanik berumur Plistosen berada dibagian selatan Sulawesi yang merupakan produk stratovolcano Lompobattang yang umumnya lebih dikenal dengan Formasi Lompobattang berumur Pliosen-Plistosen (Yuwono, 1987).



Gambar 2.2. Cindako pada peta distribusi dan polarisasi busur magmatik Kapur Akhir-Pliosen di Indonesia (Carlile and Mitchell, 1994).







| Age            | Rock Formation                     | Age                  | Rock Formation                                 |
|----------------|------------------------------------|----------------------|--|
| Recent         | Alluvial/Terrace Dep.              | Early Miocene        | Soppeng Fm.                                    |
| Pleistocene    | Lompobatang Fm.                    | Eocene - Mid. Eocene | Kalamiseng Fm.                                 |
| Pliocene       | Parepare Fm.                       | Eocene - Oligoc.     | Tonasa Fm.                                     |
| Mio - Pliocene | Cindako Fm.                        | Paleocene            | Salokalupang Fm.                               |
|                | Baturappe Fm.                      | Late Cretaceous      | Propylitoid rock (Langi Formations)            |
| Miocene        | Walanae Fm. (Limest. Member)       | ? - Middle Cret.     | Balangbaru - Marada Fm.                        |
|                | Walanae Fm.                        |                      | Metamorphic - Basic & Ultra Basic rock complex |
|                | Camba Fm.                          |                      | Intrusion                                      |
|                | ○ Position of the volcanic centers |                      |  |

Gambar 2.3. Peta geologi Sulawesi Selatan (dimodifikasi setelah Yuwono, 1987).



### A.1.3 Vulkanik dan Magmatik Sulawesi Bagian Selatan

Tektonik daerah Sulawesi Selatan didominasi patahan/sesar dengan trend major NNW-SSE (Gambar 2.4); WWF: Patahan Walanae Barat dan EWF: Patahan Walanae Timur) yang memisahkan bagian Barat pegunungan Timur oleh graben walanae berumur Plistosen (Van Leeuwen, 1981; Magetsari, 1984; Letterier *et al* 1990).

Kehadiran vulkanik kalk-alkali berumur Tersier di Sulawesi Selatan menyebabkan berbagai variasi model geodinamik yang melibatkan subduksi Tersier. Yuwono *et al* (1986); Letterier *et al* (1990) telah menunjukkan bahwa pusat vulkanik berumur Miosen, Pliosen dan Plistosen di Sulawesi Selatan memiliki karakteristik kaya-K (shoshonitik (SH) hingga ultrapotasik (UK)) yang direfleksikan oleh  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Batuan vulkanik kaya-K berumur Neogen dan Kuartar tersingkap sebagai singkapan dengan *trend* Utara-Selatan di pegunungan Barat Sulawesi Selatan (Gambar 2.4) (Letterier *et al*, 1990).

Batuan vulkanik daerah Cindakko menunjukkan karakteristik seri shoshonitik (Peccerillo *and* Taylor, 1976) yang direfleksikan dengan kandungan  $\text{K}_2\text{O}$  4.60 wt.% dan  $\text{SiO}_2$  57.30 wt.% (Letterier *et al*, 1990). Berdasarkan K-Ar Formasi Cindakko berumur 8.21-0.41 Ma, akhir Miosen Atas atau awal Pliosen Bawah (Yuwono, 1987; Letterier *et al*, 1990).

Selain itu telah dilaporkan juga oleh Nur (2012) bahwa afinitas daerah Baturappe, yakni shoshonitik yang direfleksikan oleh

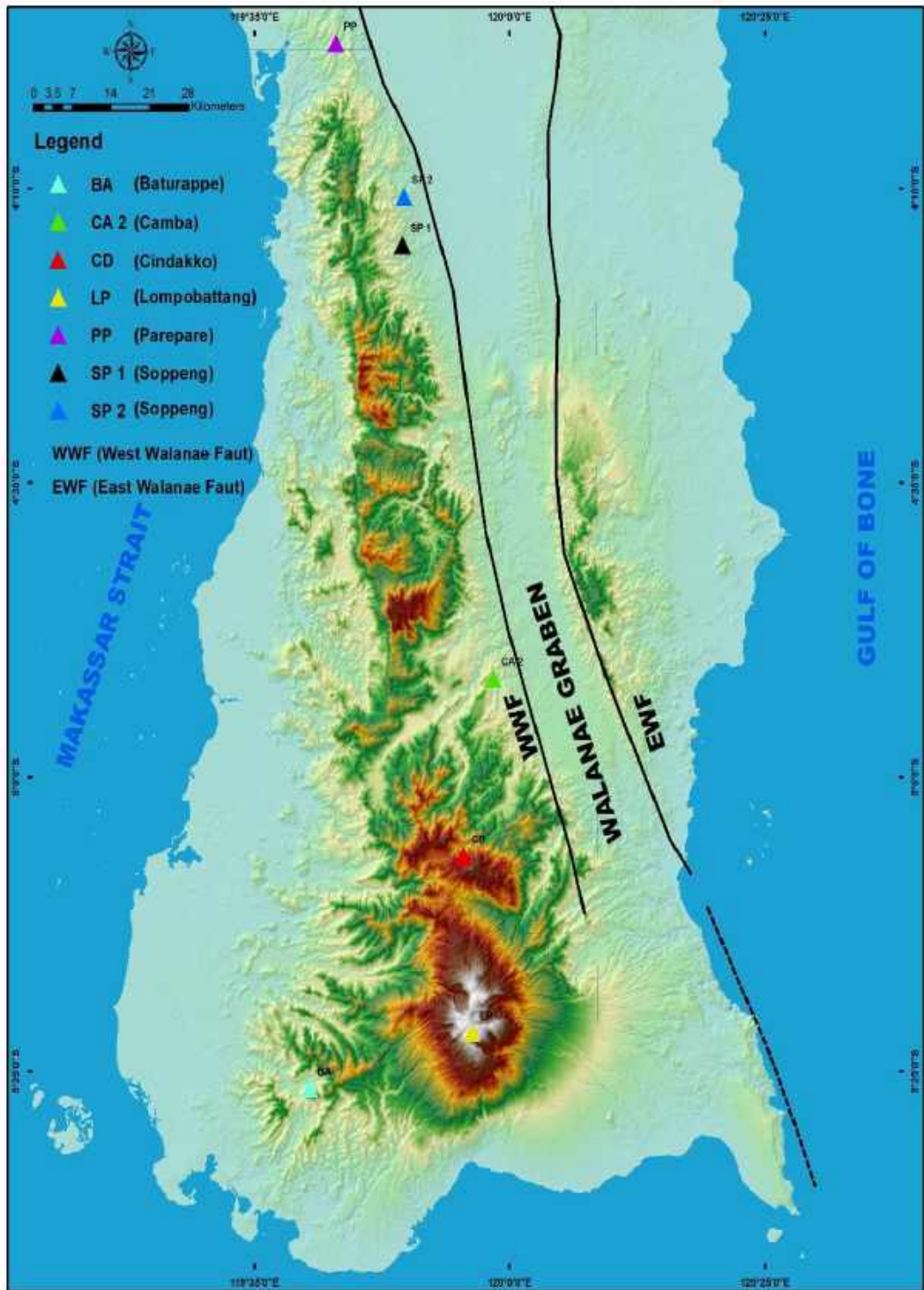


kandungan  $K_2O$  2.78 wt.% dan 1.45 wt.% serta  $SiO_2$  44.06 wt.% dan 44.80 wt.% (Nur, 2012).

Batuan Formasi Gunungapi Baturappe dan Cindako ekuivalen yang berafinitas basaltik-andesitik (Sukamto, 1982). Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya pada prospek Baturappe merupakan cebakan logam dasar (galena) pada prospek ini terjadi pada urat kursa dan cebakan tipe diseminasi dengan kumpulan mineral berupa galena, sfalerit, kalkopirit, pirit, tenantit, tetrahedrit, bornit, enargit, kovelit dan kalkosit (Nur, 2012). Dalam penelitian (Disertasi) endapan tipe urat pada prospek Baturappe disimpulkan bahwa fluida hidrotermal yang membentuk urat Baturappe adalah fluida berkarakter sulfidasi menengah pada kisaran temperatur dan salinitas relatif tinggi,  $286^\circ C$  dan 5,7 wt.% NaCl eq (Nur, 2012).

Formasi Lompobattang yang berada disebelah selatan daerah penelitian sebagai stratovolkano setinggi 2860 Mdpl. Letterier *et al* (1990) telah melaporkan bahwa kandungan lava (basal) dengan diameter sekitar 55 km kaya-K (MgO 12.6 wt.%,  $SiO_2$  46,5 wt%) termasuk dalam seri alkali potasik (AK) dan shoshonitik (SK), kedua asosiasi seri tersebut berada pada kisaran yang sama (AK: 1.9-1 Ma dan SK: 2.3-0.8 Ma (Yuwono, 1987; Letterier *et al*, 1990).





setelah Yuwono, 1987; Letterier *et al*, 1990).

## A.2 Endapan Epitermal

Endapan epitermal terbentuk dari larutan yang *dilute* (yang mengandung NaCl <5wt%) yang mengalami proses boiling (pendidihan) pada suhu antara 200°-300°C (Gambar 2.5.A) (Pirajno, 1992). Berdasarkan hasil studi terdahulu dan penemuan endapan-endapan epitermal, diketahui bahwa endapan dengan tekstur dan kumpulan mineral yang mencirikan lingkungan epitermal mengandung mineral dan inklusi fluida yang merekam suhu maksimal sekitar 300°C, sebagian besar diantaranya terbentuk pada kisaran 160°-270°C yang berkorespondensi dengan kedalaman 50-700 meter di bawah muka air tanah purba (Hedenquits *et al*, 2000).

Data hasil studi inklusi fluida menunjukkan bahwa endapan epitermal terbentuk pada kisaran suhu <150°-300°C dari permukaan sampai kedalaman 1-2 Km (White *and* Hedenquist, 1995).

Proses pengendapan bijih pada lingkungan epitermal terjadi karena larutan pembawa bijih yang terfokus dan sedang bergerak naik ke permukaan, mengalami perubahan komposisi dengan cepat dari sumbernya atau di permukaan. Proses *boiling* (pendidihan) merupakan proses yang memungkinkan untuk terjadi presipitasi. Proses *boiling* (pendidihan) yang diikuti dengan pendinginan yang cepat juga menghasilkan berbagai fitur yang berhubungan seperti pengendapan mineral gangue kuarsa dengan tekstur colloform, adularia dan blanded-

Hedenquits *et al*, 2000).

