

**ANALISIS KERENTANAN MAGNETIK MINERAL LOGAM
DASAR (Cu-Pb-Zn) PADA BATUAN VULKANIK DI
KECAMATAN SA'DAN KABUPATEN TORAJA UTARA**



NATANIEL CHRISTIAN JUSUF TAPPI

NIM : P3000211001

JURUSAN TEKNIK GEOLOGI

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**ANALISIS KERENTANAN MAGNETIK MINERAL LOGAM
DASAR(Cu-Pb-Zn) PADA BATUAN VULKANIK DI
KECAMATAN SA'DAN KABUPATEN TORAJA UTARA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Geologi

Disusun dan diajukan oleh

NATANIEL CHRISTIAN JUSUF TAPPI

Kepada

**POGRAM PASCASARJANA
UNIVERAITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

TESIS

**ANALISIS KERENTANAN MAGNETIK MINERAL LOGAM
DASAR(Cu-Pb-Zn) PADA BATUAN VULKANIK DI
KECAMATAN SA'DAN KABUPATEN TORAJA UTARA**

Disusun dan diajukan oleh

NATANIEL CHRISTIAN JUSUF TAPPI

Nomor Pokok P3000211001

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 14 Agustus 2013

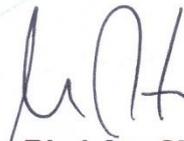
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

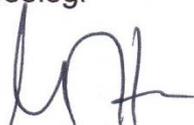


Dr. Ir. Irzal Nur, MT
Ketua



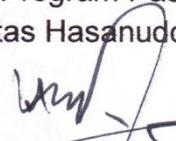
Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT
Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Geologi



Dr. Ulva Ria Irfan, ST., MT

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Mursalim

Pernyataan Keaslian Tesis

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : NATANIEL CHRISTIAN JUSUF TAPPI
Nomor Mahasiswa : P3000211001
Program Studi : TEKNIK GEOLOGI

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

Makassar,,15 Agustus 2013
Yang menyatakan

NATANIEL CHRISTIAN JUSUF TAPPI

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis naikkan pada Allah Bapa, karena dengan izin-Nya jualah maka pembuatan proposal penelitian dengan judul “Analisis Kerentanan Magnetik Mineral Logam Dasar (Cu-Pb-Zn) pada Batuan Vulkanik di Kecamatan Sa’dan, Kabupaten Toraja Utara (**Studi kasus Geomagnetik pada Batuan Vulkanik di Kecamatan Sa’dan Kabupaten Toraja Utara Propinsi Sulawesi Selatan**) dapat penyusun selesaikan pada waktunya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas ketulusan dari segenap Tim Penasehat dan penguji dalam mendukung penulisan ini. Ucapan Terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Ir. Irzal Nur,MT, sebagai penasehat, Dr.Ulva Ria Irfan, ST,MT. sebagai pembantu penasehat, atas bimbingan dan arahannya mulai dari pembuatan proposal hingga penyusunan tesis ini.
2. Dr. Ir.Hj.Rohaya Langkoke,MT, Dr.Ir. Muhammad Ramli,MT, Dr.Eng.Alimuddin Hamzah,M.Sc, sebagai tim penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan demi kesempurnaan penulisan tesis ini.
3. Prof.Dr.rer.nat Ir. A.M.imran, selaku Ketua Jurusan Teknik Geologi, yang telah memberikan kesempatan untuk memberikan waktu,tempat dan kelancaran proses penelitian dalam tesis ini.

4. Ketua Program studi pasca sarjana Teknik Geologi yang telah memberikan kesempatan dalam proses penyusunan proposal hingga selesainya penulisan tesis ini
5. Direktur Pasca Sarjana beserta seluruh staf yang telah memberikan bantuannya.
6. Gubernur Sulawesi Selatan yang telah memberikan izin dalam menempuh jenjang pendidikan di Strata-2 di Universitas Hasanuddin.
7. Kepala Dinas Energi dan Sumberdaya Mineral Propinsi Sulawesi Selatan Cq. Kepala Bidang Geologi dan Sumber daya mineral dalam mendukung proses penelitian ini.
8. Bapak Ir.Kaharuddin MS,MT yang banyak memberikan sumbangan pemikiran dalam penyelesaian tesis ini.
9. General Manager PT Makale Toraja Mining yang telah mendukung dalam melakukan penelitian di daerah kuasa pertambangannya.
10. Kepala Pusat Survey Geologi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan pengujian laboratorium di Instansi yang dipimpin.
11. Kepala Pemerintahan Kecamatan dan kelurahan di daerah Kecamatan Sa'dan maupun Kelurahan Sangkaropi dan segenap masyarakat dalam upaya mendukung dalam penelitian lapangan.
12. Segenap pegawai di Jurusan Teknik Geologi dalam mendukung proses administrasi dalam penulisan tesis ini.

13. Rekan – rekan seangkatan 2011 atas kerjasama dan kekompakannya dalam proses menempuh pendidikan pada pasca sarjana di jurusan Teknik Geologi.
14. Orang tuaku tercinta; C.Ruruk (almarhum), Damaris Tappi, Daniel Kanuna, Lucia Rombe yang memberikan restu dan doa buat ananda.
15. Isteriku terkasih Jumiarni Kanuna, anakku tersayang Navrianta Tappi dan Jizrielsa Tappi yang senantiasa mendukung dan mendoakan selama mengikuti jenjang pendidikan Strata-2 di Universitas Hasanuddin.
16. Kepada semua pihak yang tidak dapat disampaikan satu persatu yang telah mendukung proses penulisan ini diucapkan terima kasih.

Semoga dengan tesis ini dapat memberikan manfaat yang besar kepada pengembangan keilmuan khususnya di bidang ilmu kebumian dan terlebih lagi kepada penulis sendiri,

Makassar, Agustus 2013

P e n y u s u n

Abstrak

Nataniel CJ.Tappi. Analisis Kerentanan Magnetik Mineral Logam Dasar (Cu-Pb-Zn) pada batuan vulkanik di Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara. (Dibimbing oleh Irzal Nur dan Ulva Ria Irfan)

Mineral logam dasar Cu-Pb-Zn yang terdapat di Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara dapat digolongkan sebagai *Volcanic Massif Sulfide* (VMS). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis, mengklasifikasi serta membuat model sebaran mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) pada batuan berdasarkan nilai kerentanan magnetiknya. Metode penelitian yang diterapkan adalah metode induktif, dengan memadukan hasil-hasil kajian pustaka, penelitian terdahulu, data lapangan, serta hasil-hasil penelitian laboratorium. Metoda lapangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda geomagnetik. Interpretasi metoda geomagnetik dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif yang dapat membentuk model sebaran mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) baik secara lateral maupun vertikal. Melalui analisis Atomic Absorption Spectrometer (AAS) dan Susceptibility meter dan kompilasi dengan analisis pengukuran geomagnetik akan diperoleh asosiasi mineral dan nilai kerentanan magnetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Litologi daerah penelitian terdiri dari satuan granodiorit, Basal, Andesit, Dasit, Vulkanik Andesit, Breksi Polimik, Lempung kalkareous, Lempung. Interpretasi data geomagnetik menunjukkan anomali negatif dan positif. Anomali magnetik positif berada pada daerah utara dan sebagian ke arah timur. Anomali magnetik negatif di bagian selatan, barat dan sebagian bagian tengah dan timur. Secara vertikal tingkat kerentanan magnetik menunjukkan nilai yang negatif dan sebagian positif. Bentuk fisik anomali umumnya memanjang secara vertikal. Asosiasi mineral logam dasar Cu-Pb-Zn dapat berbentuk urat, *Stock work*.

Kata Kunci : VMS, Geomagnetik, Analisis AAS, Susceptibility meter.

ABSTRACT

Nataniel C.J.Tappi, Base metal minerals (Cu-Pb-Zn) analysis of magnetic susceptibility on the volcanic rock in Sa'dan district of North Toraja regency (Supervised by Irzal Nur and Ulva Ria Irvan)

Base metal minerals Cu-Pb-Zn contained in Sa'dan district of North Toraja Regency can be classified as Volcanic Massif Sulfide (VMS). This study aims to analyze, classify and make a model of the distribution of base metal minerals (Cu-Pb-Zn) on the rocks by the value of the magnetic susceptibility. The research method applied is the inductive method, by combining the results of literature review, previous research, field data, and the results of laboratory research. Field methods used in this study is the geomagnetic method. Interpretation of geomagnetic methods performed both qualitatively and quantitatively form a model of the distribution of base metal minerals (Cu-Pb-Zn) laterally and vertically. Through analysis of the Atomic Absorption Spectrometer (AAS) and Susceptibility meter compiled with geomagnetic measurements and analysis obtained from mineral associations and magnetic susceptibility values, base metal mineral determined by compiling the results of analysis of susceptibility meter. The results showed that the lithological units of the study area consists of granodiorite, basalt, andesite, dacite, volcanic andesites, breccias polymic, calcareous loam, clay. Geomagnetic data interpretation indicate negative and positive anomalies. Positive magnetic anomaly distributed in the northern area and partly to the east. Negative magnetic anomalies in the southern, western and some central and eastern parts. Vertically magnetic susceptibility shows a negative value and a positive part. Physical forms are generally elongated vertically. The base metal mineral associations can be shaped veins, stock work.

Key words : VMS, Geomagnetic, AAS Analysis, Susceptibility meter.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	I
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Lingkup Penelitian	4
F. Definisi dan Istilah	5
G. Sistematika Penulisan	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Geologi Daerah Penelitian	9
B. Mineralisasi Daerah Kecamatan Sa'dan.....	13
C. Klasifikasi Mineral Logam.....	15
D. Mineral Logam Dasar(Cu-Pb-Zn).....	16
E. Metoda Geomagnetik	17
F. Kerangka Pemikiran	23
G. Hipotesis.....	26
BAB III. METODA PENELITIAN	27
A. Jenis Penelitian	27
B. Lokasi dan Waktu Penelitian	27
C. Bahan dan Peralatan Penelitian	29
D. Kegiatan Pengumpulan Data	33
E. Pengolahan dan Analisa Data	34
F. Definisi Operasional	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
A. Geologi Daerah Kecamatan Sa'dan.....	37
1. Geomorfologi..	38
2. Stratigrafi Batuan.....	43
3. Struktur Geologi.....	51
B. Analisis Geomagnetik	55

1. Analisis Cu-Pb-Zn.....	55
2. Interpretasi Data Geomagnetik.....	58
3. Sebaran kerentanan magnetik Mineral Logam Dasar (Cu-Pb-Zn).....	68
BAB V PENUTUP	76
A. Simpulan	76
B. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.1	Bagan alir sistematika penulisan dalam penentuan Model sebaran endapan mineral logam	8
1.1	Peta Geologi Regional Lembar Mamuju, Sulawesi (Ratman dan Atmawinata, 1993)	12
1.2	Notasi unsur magnet sebagai vektor medan magnet Bumi (Nettleton, 1971 dalam Untung, M., 2002)	19
2.3	Skema kerangka pikir penelitian	25
3.1	Peta lokasi penelitian di Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara, Sulawesi Selatan	28
3.2	Seperangkat peralatan geomagnetik yang digunakan dalam penelitian lapangan	29
3.3	Pola lintasan pengukuran lapangan geomagnetik.....	32
3.4	Peralatan Susceptibility meter yang digunakan untuk Kerentanan magnetik mineral pada batuan	35
4.1	Kenampakan sebagian relief pada daerah Bukit Pongpatora	40
4.2	Massa dasar satuan vulkanik yang telah terubahkan Oleh aktivitas hidrotermal yang ditandai dengan beberapa mineral sulfida	47
4.3	Batuan Dasar Andesit yang mengalami oksidasi dan Membentuk alterasi pada batuan	48

4.4	Kenampakan perlapisan batuan berupa batulempung Kalkareus	50
4.5	Kenampakan satuan batulempung dan tufa yang melapisi batuan dasar andesit	51
4.6	Kenampakan sesar minor yang membelah batuan dasar dasit	53
4.7	Perlapisan batuan yang membentuk struktur kekar	55
4.8	Pengukuran kerentanan magnetik terhadap sampel menggunakan peralatan Susceptibility meter	57
4.9	Proses pengambilan data lapangan dengan menggunakan seperangkat peralatan magnetometer	60
4.10	Peta Anomali magnetik hasil interpretasi data.....	62
4.11	Interpretasi geomagnetik lintasan A-C	65
4.12	Penampang interpretasi data geomagnetik lintasan D-G	68
4.13	Kenampang batuan dasar dasit yang mengalami proses breksiasi	69
4.14	Kenampakan beberapa urat,pirit,kalkopirit dan mineral lain sebagai asesoris batuan dasar dasitik	70
4.15	Sebaran kerentanan magnetik mineral logam pada Lintasan A-C	71
4.16	Sebaran kerentanan magnetik mineral logam pada Lintasan D – G	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Kerentanan magnetik pada mineral bijih sulfida masif.....	22
2.2 Konsentrasi mineral logam berat untuk Pb,Cu, Zn, Co,Cd Ni dengan pengukuran <i>Magnetic Susceptibility</i> (MS).....	23
4.1 Hasil Analisis mineral logam Cu-Pb-Zn pada conto batuan Lembang Sangkaropi	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Peta Geologi daerah penelitian Lembang Sangkaropi	82
2. Peta Geomorfologi daerah penelitian Lembang Sangkaropi. .	83
3. Peta Lokasi Pengukuran dan Pengamatan daerah Penelitian Lembang Sangkaropi,Kecamatan Sa'dan	84
4. Spesifikasi Alat AAS	85

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keberadaan mineral logam khususnya beberapa logam dasar sangat dibutuhkan pada masa kini. Endapan mineral logam biasanya terdiri dari beberapa unsur yang berasosiasi satu dengan lainnya. Mineral logam yang terbentuk saling terikat melalui ikatan kimia yang kuat.

Mineralisasi logam terbentuk melalui proses yang cukup panjang dan kompleks (*Sofyan, dkk; 2005*). Pembentukan endapan mineral logam erat kaitannya dengan proses - proses kejadian hingga keterdapatannya.

Keterdapatan mineral logam antara lain dapat dijumpai di Kecamatan Sa'dan, Kabupaten Toraja Utara. Jenis endapan mineral logam yang terdapat di daerah tersebut cukup bervariasi.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan di daerah ini antara lain oleh; Yoshida, dkk., (1982), Sunarya, dkk., (1983), Sumi, dkk., (1983), Jurkovic, dkk., (1990), Kusbini, dkk., (1992), Kaharuddin (2002), Irfan, dkk., (2009). Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa proses mineralisasi terjadi pada batuan vulkanik yang memiliki kesamaan dengan VMS (*Volcanogenic Massive Sulphide*) tipe Kuroko. Penyebarannya ke arah timur. Proses tersebut menghasilkan beberapa mineral diantaranya mineral logam yang utamanya mengandung Cu, Pb, Zn, Fe, Mn dan beberapa mineral logam lainnya yang bernilai ekonomis.

Pada penelitian terdahulu lebih ditekankan pada penggunaan metoda geokimia, pemetaan geologi, namun untuk metoda geofisika masih jarang dijumpai. Pada kesempatan ini penulis mencoba untuk melakukan penelitian tentang beberapa mineral logam dengan menggunakan parameter kerentanan magnetik. Parameter kerentanan magnetik dapat memberi keunggulan terutama dalam mineralogi, dimana parameter tersebut dapat mengungkapkan keberadaan berbagai mineral maupun batuan yang berada di bawah permukaan (Canbay,2010). Dalam hal ini salah satu sifat fisika mineral terutama sifat kemagnetannya.

Salah satu metoda geofisika yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai kerentanan magnetik mineral logam adalah dengan metoda geomagnetik. Geomagnetik merupakan metode yang menerapkan konsep-konsep fisis, untuk dapat digunakan dalam mengetahui keberadaan cebakan-cebakan endapan mineral logam. Aplikasi metode geomagnet telah dilakukan untuk menentukan potensi sumberdaya kelompok mineral logam dasar (Franklin, 2005)

Beberapa kandungan mineral logam khususnya yang berada pada batuan vulkanik memiliki sifat kemagnetan yang spesifik. Hal tersebut merupakan salah satu dasar pemilihan metode geomagnetik dalam penelitian ini. Di alam setiap unsur logam memiliki kutub-kutub yang saling terkait dengan medan magnetik bumi. Melalui sifat fisika mineral logam tersebut, maka pengukuran dengan menggunakan parameter kerentanan magnetik menjadi sesuatu yang dapat membantu dan menjadi salah satu keunggul

dalam penyelidikan dengan metoda geofisika. Hasil penelitian dengan metoda geomagnetik diharapkan akan diperoleh gambaran tentang sebaran dan sifat kerentanan magnetik mineral logam dalam batuan vulkanik di Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara. Selain itu juga akan menambah pengetahuan dan informasi tentang salah satu sifat fisik mineral logam maupun pemanfaatan dalam pola pengelolaan sumberdaya mineral.

B. Rumusan Masalah

Tulisan ini mencoba mengungkap beberapa masalah yang muncul terkait dengan keberadaan mineral logam di daerah Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara, yang terbagi menjadi beberapa pertanyaan, antara lain :

1. Bagaimana metoda geomagnetik dapat mengungkap keberadaan mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) yang berada di bawah permukaan?
2. Bagaimana dimensi sebaran mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) berdasarkan nilai kerentanan magnetiknya?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis nilai kerentanan magnetik asosiasi mineral logam dasar(Cu-Pb-Zn) di Kecamatan Sa'dan, melalui metoda geomagnetik, *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* dan *Susceptibility meter*.

2. Membuat model sebaran anomali kemagnetan mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) berdasarkan nilai kerentanan magnetiknya.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian di atas, maka manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi, sebagai berikut:

- a. Bidang akademik: sebagai acuan bagi studi geologi endapan mineral logam, studi geofisika, studi geokimia, dan eksplorasi sumberdaya mineral dalam kaitannya pengembangan pemanfaatan logam-logam sulfida.
- b. Bidang kebijakan pembangunan daerah: diharapkan dapat memberikan masukan kepada pemerintah daerah dalam pola pengelolaan sumberdaya mineral.

E. Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian meliputi pengamatan, pengukuran lapangan, analisis data lapangan, dan pembuatan model sebaran batuan yang mengandung mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) . Pengamatan di lapangan meliputi pengukuran secara geomagnetik, disamping itu melakukan pengamatan terhadap aspek-aspek geologi lainnya.

Tahapan proses analisis data meliputi pengolahan data geomagnetik, dan analisis laboratorium dengan menggunakan metode AAS dan *Susceptibility meter*. Sampel lapangan yang diperoleh adalah sampel

singkapan batuan pembawa mineral logam (sampel permukaan) yang dilakukan sesuai dengan dugaan anomali mineral logam yang terekam oleh geomagnetik.

Tahapan akhir pada penelitian adalah dengan pembuatan model sebaran endapan mineral logam dasar (Cu-Pb-Zn) secara lateral dan vertikal. Proses ini didahului dengan mengkorelasikan nilai kerentanan magnetik lapangan dengan hasil analisis AAS dan *susceptibility meter* dari sampel lapangan.

F. Definisi dan Istilah

Melengkapi tulisan dalam penelitian ini, berikut definisi dan istilah yang digunakan seperti ;

1. Geomagnetik merupakan salah satu metoda geofisika yang digunakan untuk mengetahui dan mengukur sifat kemagnetan batuan.
2. Kerentanan magnetik merupakan kemampuan suatu batuan/mineral dalam memberi respon terhadap medan magnet luar.
3. *Susceptibility Meter* : Alat pengukur kerentanan magnetik batuan.
4. *emu (electromagnetic unit)* Satuan nilai kerentanan magnetik.
5. Anomali Magnetik merupakan penyimpangan dari sifat fisik batuan(kemagnetan) sebagai hasil dari koreksi dan interpretasi data geomagnetik.
6. Penafsiran Kuantitatif merupakan salah satu cara interpretasi data untuk mengetahui penyebab anomali dari suatu bentuk benda bawah permukaan. Digunakan untuk mengetahui bentuk benda secara vertikal.

7. Penafsiran Kualitatif adalah untuk mengetahui sebaran bantuan yang ditandai dengan bentuk garis-garis yang terhubung (Anomali magnetik).
Mengetahui sebaran batuan secara lateral.
8. VMS merupakan singkatan dari *Volcanogenic Massive Sulphide*
9. Gamma salah satu satuan yang digunakan dalam pengukuran kemagnetan batuan.
10. AAS singkatan dari *Atomic Absorption Spectrometric* merupakan salah satu metoda untuk mengetahui kadar mineral dalam batuan

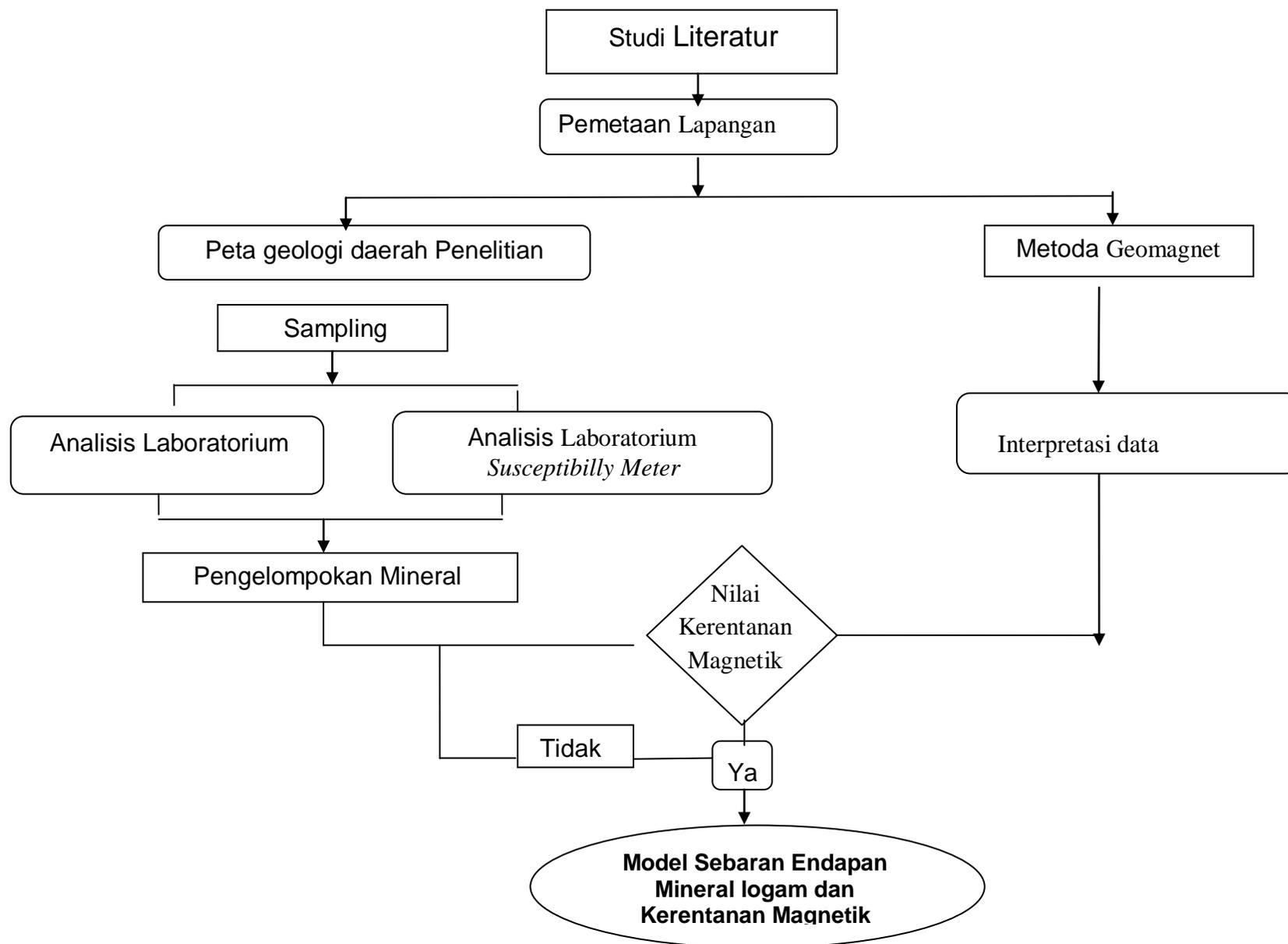
G. Sistematika Penelitian

Tahapan proses teknis studi geomagnetik endapan mineral logam pada daerah Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur yang meliputi penyelidikan terdahulu, maupun informasi-informasi yang ada di sekitar lokasi penelitian.
2. Identifikasi umum tentang geologi dan sebaran mineral logam yang terdapat di lokasi penelitian.
3. Melakukan pengambilan sampel singkapan batuan, kemudian menentukan titik-titik pengukuran geomagnetik ; prioritas berdasarkan informasi peta geologi lokal.
4. Menginterpretasi penampang hasil titik pengukuran geomagnetik, kemudian melakukan analisis laboratorium komputasi.
5. Menganalisa sampel singkapan batuan dan sampel bawah permukaan di laboratorium

6. Membuat model sebaran endapan mineral logam berdasarkan korelasi pengolahan data geomagnetik, dan deskripsi hasil sampel lapangan.

Untuk memperoleh hasil akhir berupa informasi model sebaran endapan mineral logam pada daerah penelitian dilakukan dengan analisis parameter sebagai berikut :



Gambar 1.1. Bagan alir sistematika penulisan dalam penentuan model sebaran endapan mineral logam

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Geologi Daerah Penelitian

Kondisi geomorfologi daerah Kecamatan Sa'dan menjadi menarik dalam kaitannya dengan akses dari keterdapatan mineral logam yang disusun oleh batuan vulkanik. Tingkat pelapukan yang cukup tinggi, menyebabkan vegetasi menjadi rapat. wilayah Kecamatan Sa'dan merupakan daerah perbukitan sedang sampai terjal 45% – 90%. Terdapat beberapa daerah pegunungan, perbukitan, lembah-lembah. Puncak pegunungan tertinggi antara lain pada Buttu Sambaru berada di bagian utara daerah sangkaropi.(Irfan.dkk, 2009). Beberapa aliran sungai mengalir membentuk pola aliran denritik-subparalel. Sungai-sungai yang ada berupa sungai besar maupun kecil. Di bagian barat sungai terbesar adalah Sungai Saddang, sedangkan di bagian timur adalah Sungai Lamasi.

Keberadaan bentuk geomorfologi daerah Kecamatan Sa'dan dikontrol oleh beberapa struktur. Struktur yang berkembang pada daerah ini berupa sesar normal dan pada beberapa tempat terdapat kekar. Perkembangan struktur tersebut berperan dalam proses mineralisasi, dan dapat mengindikasikan arah sumbernya.

Tatanan stratigrafi daerah Kecamatan Sa'dan terbentuk oleh beberapa jenis batuan. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Mamuju Skala 1:250.000

oleh N.Ratman dan S.Atmawinata Tahun 1993, membagi satuan batuan di daerah tersebut sebagai berikut :

Batuan Gunungapi Lamasi (Toml); tersusun oleh tufa hijau, Tufa lapilli, breksi gunungapi. Bersusun andesit-dasit, setempat dengan sisipan batupasir gampingan dan serpih. Batuan umumnya mengandung urat kuarsa dan bermineral sulfida. Satuan batuan ini berumur Oligosen hingga Miosen Awal.

Anggota Batugamping(Tomc); Satuan batuan ini menyisip Batuan Gunungapi Lamasi; terdiri dari batugamping dan napal. Satuan batuan ini berumur Oligosen hingga Miosen Awal.

Formasi Riu(Tml); satuan batuan yang terdiri dari napal, batugamping, serpih, batupasir gampingan bersisipan batulempung dan tufa. Satuan batuan ini berumur Miosen Awal-Miosen Tengah.

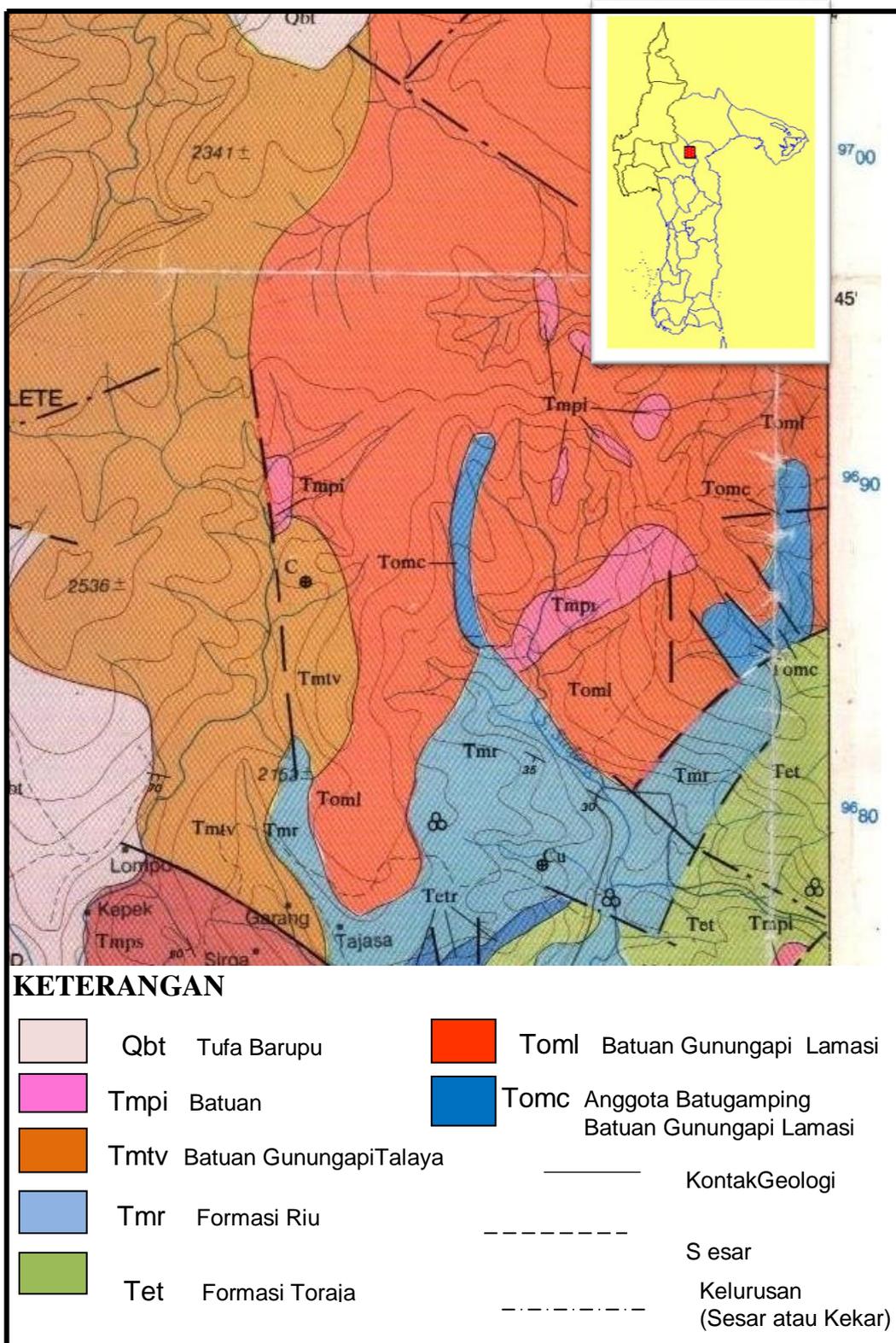
Batuan Gunungapi Talaya(Tmtv); batuan ini terdiri dari breksi, lava, breksi tufa, tufa lapilli, bersisipan tufa dan batupasir, rijang, serpih, konglomerat dan setempat batupasir karbonatan. Breksi, lava dan breksi tufa bersusun andesit sampai basal. Batuan ini terpropilit dan termineralkan. Satuan batuan ini adalah Miosen Tengah hingga Pliosen.

Formas Toraja (Tet), satuan batuan ini terdiri dari batupasir kuarsa, konglomerat kuarsa, dan serpih dengan sisipan kuarsit batugamping dan batubara. Bagian bawahnya terdiri dari batulanau, napal, batulempung

karbonat dan batupasir gampingan. Satuan batuan ini berumur Eosen Tengah – Eosen Akhir.

Batuan Terobosan(Tmpi); penyebarannya setempat-setempat. Satuan ini terdiri dari granit, granodiorit, retas apilit, riolit, diorite. Granit berwarna putih kemerahan sampai kehitaman. Penerobosan terhadap Batuan Gunungapi Lamasi menyebabkan pemineralan bijih sulfida. Satuan batuan ini berumur Miose Akhir hingga Pliosen.

Tufa Barupu (Qbt) terdiri dari ; tufa, tufa lapilli, tufa hablur, bersusunan dasit dan sedikit breksi lava bersusunan andesit dan dasit. Fragmen berukuran kerikil sampai bongkah. Umur satuan batuan ini berada pada Pliosen hingga Holosen.



Gambar 2.1 Peta Geologi Regional Lembar Mamuju, Sulawesi (Ratman, dan Atmawinta, 1993).

B. Mineralisasi Daerah Kecamatan Sa'dan

Hasil studi terdahulu, mengungkapkan bahwa endapan mineral di wilayah Kecamatan Sa'dan memiliki kesamaan dengan endapan mineral tipe Kuroko di Jepang. (Rustiadi, 1985). Endapan yang dimaksud adalah VMS (*Volcanogenic Massive Sulphida*). Kategori umum endapan sulfida masif vulkanogenik dimasukkan kedalam kelompok mineralisasi hidrotermal, berhubungan dengan vulkanisme bawah laut, yang terbentuk dalam berbagai tatanan tektonik. (Pirajno, 1992).

Proses mineralisasi yang tampak di daerah Kecamatan Sa'dan khususnya di daerah Sangkaropi, berhubungan dengan kegiatan gunungapi bawah laut. Terendapkan pada batuan piroklastik yang terdiri dari tufa hijau, tufa lapilli, breksi dan lava. Aktifitas mineralisasi dan ubahan hidrotermal membentuk tiga zona yaitu ; 1) zona ubahan silisifikasi, membentuk himpunan mineral kuarsa-mineral bijih. 2) seritisasi, membentuk himpunan mineral serisit-kuarsa- mineral bijih dan 3) argilik, dicirikan oleh himpunan mineral kuarsa-mineral lempung-serisit.

Endapan sulfida pada tubuh bijih di daerah sangkaropi terdiri dari tiga tipe yaitu bijih masif, bijih fragmental, dan *stokwork*. Mineral bijih secara umum terbagi atas mineral hipogen dan mineral supergen. Mineral hipogen terdiri dari pirit, pyrrhotit, tetrahedral, kalkopirit, sfalerit, galena; sedikit bornit dan kalkosit, serta mineral oksida yaitu magnetit. Mineralisasi hipogen diikuti dengan pengayaan supergen yang membentuk mineral kovelit, malakit dan

azurit. Hematit merupakan hasil oksida terhadap magnetit yang terbentuk sebelumnya.(Irfan. dkk, 2005).

Beberapa penelitian terdahulu (Sunarya. dkk,1983; Kaharuddin, 2002); membagi daerah sekitar sangkaropi kedalam 8(delapan) anggota diantaranya :

1. Batuan granitik; tersingkap hanya dibagian utara endapan sangkaropi. Berwarna abu-abu tua sampai muda, masif dan faneritik, mengandung urat-urat kuarsa, alterasi argilitisasi, sericitisasi, dan klorotisasi. Tidak ditemukan kontak metamorfis dengan batuan sekitarnya.
2. Breksi tufa-andesitik; terutama terdiri dari tufa andesitik, breksi dan tufa lapilli yang berinterkalasi dengan tufa pasiran, tufa halus, batulempung atau batulumpur, dan batuan yang tersilisifikasi.
3. Batuan dasit; berwarna hijau, teralterasi, dan terdistribusi di bagian atas breksi tufa asam yang merupakan anggota lapisan-lapisan lava.
4. Tufa asam; tersusun atas tufa asam, breksi tufa, breksi dan lempung, yang berwarna abu-abu sampai hijau muda, feneritik. Breksinya tersusun oleh fragmen-fragmen dasit, granit, andesit, dan pumis.
5. Piroklatika riolitik dan lava; masif dan terutama tersusun oleh tufa riolitik sampai dasitik, breksi dan lava.
6. Batuan basal; basal segar berwarna hijau tua hingga hitam
7. Serpih karbonatan; tersusun oleh serpih dan batulempung, batulempung kecoklatan berinterkalasi dengan serpih.

8. Lava andesitik dan piroklastika; terutama tersusun oleh lava andesitik dan piroklastika. Lava andesitik berwarna hijau dan masif. Batuan piroklastika andesitik tersusun oleh breksi vulkanik dengan sejumlah kecil lempung dan batuan tersilisifikasi.

C. Klasifikasi Mineral Logam

Klasifikasi/penggolongan mineral logam di dasarkan adanya kemiripan sifat-sifat kimia maupun fisika, serta adanya persamaan cara pengendapan dan asosiasinya. Klasifikasi secara garis besar endapan mineral logam adalah :

- a. Mineral logam-logam berharga (*The Precious Metals*). Mineral yang termasuk golongan ini adalah ; Emas, Perak dan Platina.
- b. Mineral logam – logam non ferrous (*the Nonferrous Metals*). Mineral yang termasuk dalam golongan ini adalah tembaga, timah hitam, seng, timah putih dan aluminium (*base metal*)
- c. Mineral logam besi dan campuran (*Iron and Ferro alloy metals*) ; mineral yang termasuk dalam golongan ini adalah logam-logam besi, mangan, nikel, chromium, molybdenum, tungsten, vanadium, cobalt. Besi terdiri dari mineral-mineral magnetit (Fe_3O_4), Hematit (Fe_2O_3), limonit ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), siderite (FeCO_3).
- d. Mineral logam sedikit dan asosiasi mineral non logamnya (*minor metals and related non metals*) logam dan non logamnya jarang didapat dan terdiri dari ; Antimon (Sb), Arsen (As), Beryl (Be), Bismuth (Bi), Kadium

(Cd), Magnesium (Mg), Air rasa (Hg), Radium (Ra), dan Uranium (U), Selenium (Se) dan Telurium (Te), Tantalum (Ta) dan Columbium (campuran Nb dan Ta), Titanium (Ti), Zirkon (Zr).

D. Mineral Logam Dasar (Cu-Pb-Zn)

Jenis mineral logam dasar sering muncul dalam urutan yang berbeda (Cu dan Pb-Zn) kadang kala (Cu-Zn) namun juga dapat muncul bersamaan (Cu-Pb-Zn).

Mineral bijih yang mengandung tembaga dapat berupa logam murni (*Native Copper*), logam sulfide (kalkopirit, bornit, kalkosit, kovelit, enargit, tetrahedrit) maupun logam oksida (kuprit, malakhit, azurite, krisokola). Logam tembaga sering berasosiasi dengan emas dan perak; dimana tembaga merupakan hasil sampingan dari mineral bijih logam tersebut.

Proses pembentukan mineral logam dapat berupa jebakan magmatik, metasomatik kontak, jebakan hidrotermal berupa *Cavity filling* dan *replacement*. Selanjutnya proses sedimentasi, pengayaan oksida dan sulfide, dan *porphyry –copper*.

Timbal (Pb) dan seng (Zn) mempunyai sifat kimia yang berbeda, tetapi terdapat dalam kondisi geologi yang sama. Kedua mineral ini jarang dijumpai terpisah.

Mineral tersebut sering berasosiasi dengan mineral sulfida lainnya seperti pirit. Kedua mineral timbal dan seng sering terdapat bersamaan. Mineral bijih dari timbal dapat berupa galena, serusit, anglesit. Mineral bijih dari seng berupa sfalerit, smithsonit, hemimorfit, zinkit, willemit berupa

galena dan sfalerit. Seng berasosiasi juga dengan unsur Kadmium sedangkan timbal bersama Bi dan Sb.

Keterdapatannya mineral logam timbal dan seng biasanya terbentuk dengan cara ; metasomatik kontak, hidrotermal berupa *cave filling, fissure veins, breccia filling, pitches and flats* ; serta proses penggantian (*replacement*).

E. Metoda Geomagnetik

Resolusi data magnetik dapat menjadi alat yang baik dalam mengidentifikasi kerangka geologi pada suatu daerah. Metoda magnetik dapat menunjukkan pola kontras yang mencerminkan perbedaan dalam komposisi litologi, struktur, jenis dan derajat perubahan (morgan, 2010). Efektifitas metoda magnetik bergantung pada keberadaan sifat fisis materi melalui kerentanan magnetiknya.

Berkaitan dengan keberadaan mineral yang dapat terukur melalui metoda geomagnetik, berikut beberapa hal dasar yang berhubungan antara lain :

1. Prinsip Dasar

Gaya magnetik yang ditimbulkan oleh dua buah kutub yang terpisah pada jarak r dan muatannya masing-masing m_1 dan m_2 diberikan oleh persamaan Newton seperti :

$$F = \frac{m_1 m_2}{\mu r^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

μ =permeabilitas magnetik yang menunjukkan sifat suatu medium

\vec{F} = Gaya magnetik

\vec{r} = jarak satuan m_1 dan m_2

Kuat medan magnetik pada suatu titik dengan jarak r dari muatannya dapat dinyatakan sebagai :

$$\vec{H} = \left(\frac{m}{\mu r^2} \right) \vec{r} \dots\dots\dots(2)$$

Jika suatu benda berada dalam medan magnetik dengan kuat medan H akan terjadi polarisasi magnetik pada benda yang dilewati yang besarnya dapat diberikan sebagai :

$$\vec{M} = k \vec{H} \dots\dots\dots(3)$$

Polarisasi magnetik M disebut juga sebagai intensitas magnetik pada suatu medan magnetik lemah dan k adalah kerentanan magnetik yang tidak lain menunjukkan kemagnetan suatu benda/batuan yang hubungannya dapat dituliskan sebagai :

$$k = 4\pi k'$$

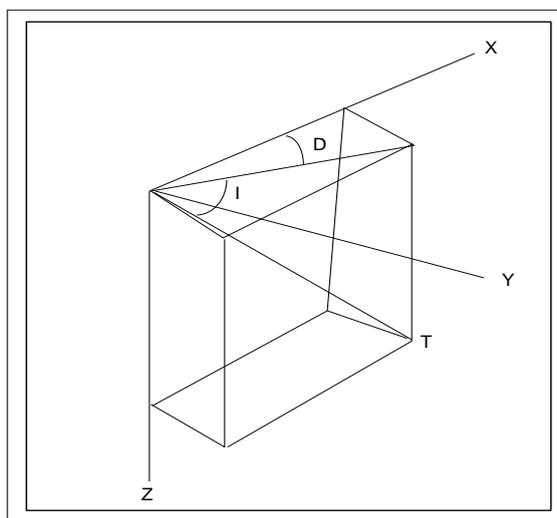
Dimana k' adalah kerentanan magnetik.

Pada pengukuran medan magnetik yang terukur adalah medan magnetik induksi termasuk efek magnetisasinya.

2. Medan Magnet Bumi

Keberadaan medan magnetik bumi sangat ditentukan oleh adanya inklinasi(I), deklinasi(D), medan magnetik tegak(Z), medan magnetik datar(H)

dan medan magnetik total(T) , sehingga medan magnetik tersebut dapat dianggap sebagai unsur magnet.



Gambar 2.2. Notasi unsur magnet sebagai vector medan magnet Bumi (Nettleton,1971 dalam Untung, M., 2001)

Deklinasi merupakan sudut antara utara geografi dan utara magnetik, inklinasi merupakan sudut antara magnet datar dan magnet total. Hubungan antar unsure magnetik tersebut sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H &= T \cos I & Z &= T \sin I = H \tan I \\ X &= H \cos D & Y &= H \sin D \\ X^2 + Y^2 &= H^2 & X^2 + Y^2 + Z^2 &= H^2 + Z^2 = T^2 \end{aligned}$$

Medan magnet dalam bumi merupakan bagian yang terbesar; sehingga medan ini disebut juga sebagai medan utama yang dihasilkan oleh adanya aktivitas dalam inti bumi bagian luar(konsep dari teori dinamo). Inti bumi dalam berputar lebih cepat dari pada inti bumi bagian luar sehingga

timbul gesekan di lapisan kedua sampai menimbulkan panas dan medan listrik yang kemudian tercipta medan magnet .

3. Sifat Kemagnetan Mineral Logam

Kemagnetan mineral logam sebagian disebabkan oleh imbasan dari suatu gaya magnet yang berasosiasi dengan medan magnetik bumi. Kemagnetan imbasan pada beberapa mineral adalah fungsi dari kerentanan magnetik. Memperhatikan hal itu, peranan parameter kerentanan magnetik (k) menjadi penting dalam metoda ini. Kerentanan magnetik merupakan parameter yang menyebabkan timbulnya anomali magnetik dan karena sifatnya yang khas untuk setiap jenis mineral, khususnya logam, maka parameter ini merupakan salah satu subjek didalam prospek geomagnetik.

Telah diketahui bahwa adanya medan magnet bumi menyebabkan terjadinya induksi magnetik yang besarnya adalah penjumlahan dari medan magnet bumi dan magnet batuan dengan kerentanan magnetik yang cukup tinggi. Besaran ini adalah total medan magnet yang terukur oleh magnetometer apabila remanan magnetiknya dapat diabaikan.

Setiap jenis batuan mempunyai sifat dan karakteristik tertentu dalam medan magnet yang dimanifestasikan dalam parameter kerentanan magnetik batuan atau mineralnya (k). Dengan adanya perbedaan dan sifat khusus dari tiap jenis batuan atau mineral inilah yang melandasi digunakannya metoda magnetik untuk kegiatan eksplorasi maupun kepentingan geodinamika. Pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 dapat dilihat daftar

kerentanan magnetik (k) beberapa jenis mineral yang umum dijumpai di beberapa tempat.

Berdasarkan sifat magnetik yang ditunjukkan oleh kerentanan magnetiknya. Mineral logam dapat diklasifikasikan dalam :

a) Diamagnetik, mempunyai kerentanan magnetik (k) negatif dan kecil artinya bahwa orientasi elektron orbital substansi ini selalu berlawanan arah dengan medan magnet luar contohnya : grafit, batugamping, dan garam. Jumlah diamagnet total akan timbul bila momen magnet atom akan nol pada saat tidak ada medan magnet luar.

b) Paramagnetik, mempunyai harga kerentanan magnetik (k) positif dan kecil. Sifat paramagnetik akan muncul bila atom atau molekul suatu bahan memiliki momen magnet pada waktu tidak terdapat medan luar dan interaksi antara atom lemah. Salah satu sifat paramagnetik adalah tidak seimbangya putaran momen magnetik electron. Batuan yang termasuk paramagnetik adalah gneiss, sekis, pegmatite, syenit dan dolomit.

c) Ferromagnetik, mempunyai harga kerentanan magnetik (k) positif dan besar yaitu sekitar 106 kali dari diamagnetik / paramagnetik. Sifat dapat dipengaruhi oleh temperatur yaitu bila temperatur di atas temperatur Curie maka sifat kemagnetan akan hilang. Atom pada bahan ferromagnetik mempunyai interaksi yang kuat sehingga momen semua atom

Tabel 2.1 Kerentanan magnetik pada mineral bijih sulfida masif

No	Mineral	Kerentanan magnetik (10^{-3} SI)
1.	Calcopirite	0.4
2.	Pyrite	5
3.	Pyrrhotite	3,200
4.	Sphalerite	0.8
5.	Galena	-0.03
6.	Magnetite	5,700
7.	Hematit	40

(Hunt, et al (1995) dalam Morgan, 2010)

dalam suatu daerah mengarah sesuai dengan medan magnet luar yang diimbaskan.

Unsur yang mengontrol kerentanan magnetik adalah jumlah serta ukuran butiran dan penyebaran mineral ferimagnetik (sifat kemagnetan tinggi dalam alam) yang terkandung. Beda kerentanan magnetik antara dua buah formasi mineral umumnya sangat kecil.

Sistem satuan yang digunakan dalam kemagnetan suatu bahan adalah sesuai dengan system internasional(SI)(tesla) dan cgs(Oersted) diman hubungannya sebagai 1 tesla = 10.000 Oersted.

Dalam dunia eksplorasi satuan yang digunakan adalah gamma dimana 1 gamma = 10^{-5} Oersted;sehingga 1 gamma = 10^{-9} tesla atau 1 nanotesla(nT).

Tabel 2.2. Konsentrasi mineral logam berat untuk Pb,Cu,Zn,Co,Cd,Ni dengan pengukuran *magnetic susceptibility* (MS).

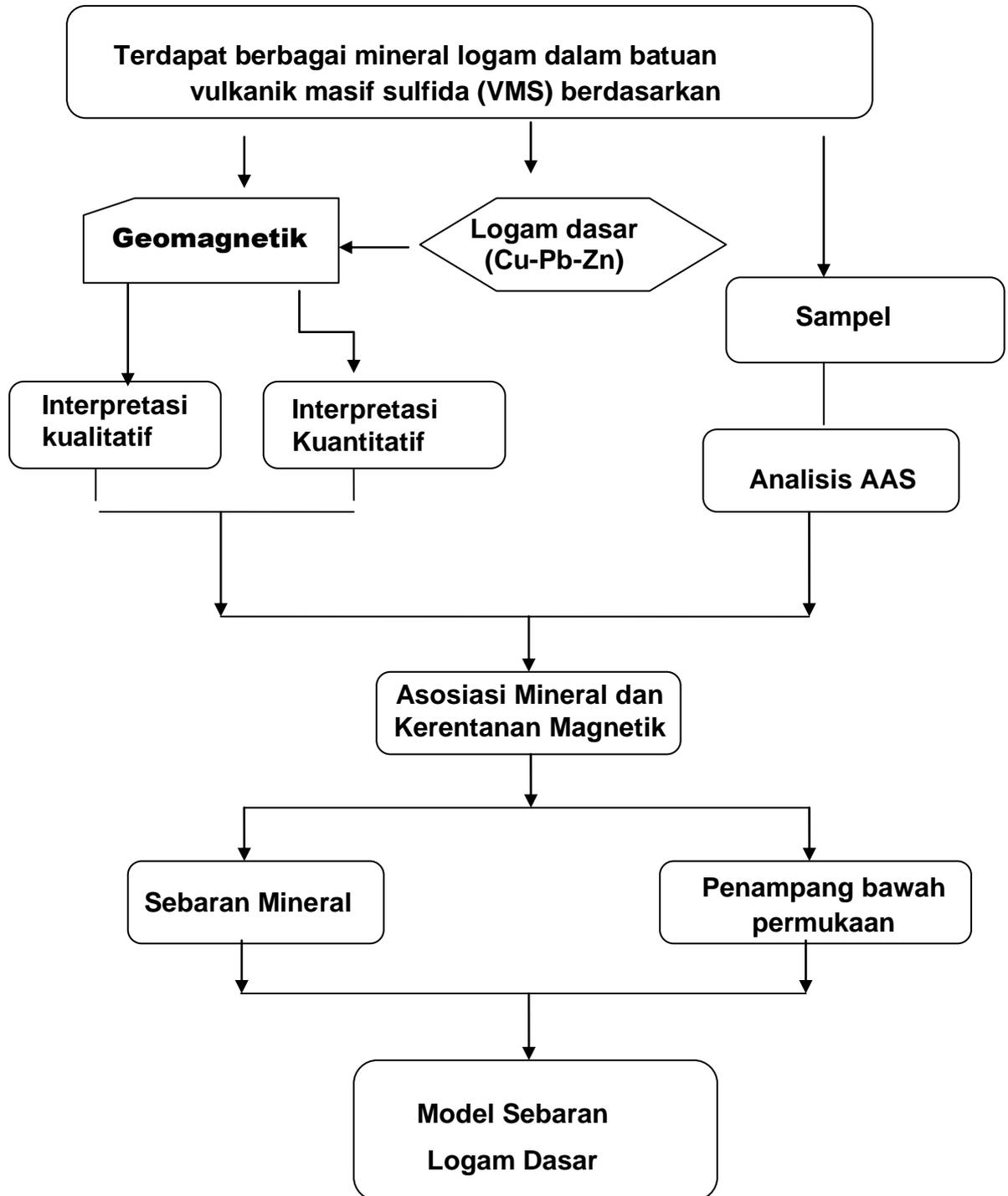
Sampling stations	Average heavy metal concentrations						topsoil MS field measurements x (10 ⁻⁵) (SI)	mass-specific MS laboratory measurements x (10 ⁻⁵) (SI)
	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)		
Mc 1	133.20	58.70	41.60	5.60	0.06	3.50	16.5	125.4
Mc 2	31.60	307.10	70.00	28.10	0.05	15.20	13.9	8.9
Mc 3	35.10	54.70	83.40	16.80	0.06	3.20	16.8	85.9
Mc 4	28.60	66.90	80.30	16.00	0.05	4.10	84.8	13.2
Mc 5	37.50	81.70	78.70	25.20	0.08	6.60	67.9	90.7
Mc 6	50.40	164.60	77.00	39.20	0.08	17.80	54.9	16.7
Mc 7	41.60	64.40	43.70	16.10	0.05	4.00	37.4	31.3
Mc 8	72.20	76.80	75.00	25.00	0.07	6.90	15.7	50.5
Mc 9	66.30	47.30	55.50	15.90	0.07	3.70	12.3	80.6
Mc 10	99.90	36.60	25.40	24.20	0.06	4.90	17.8	202.9
Mc11	87.50	38.30	41.50	26.00	0.05	4.50	15.4	41.7
Mc 12	105.20	47.80	69.50	38.50	0.07	3.60	15.8	27.5
Mc 13	157.70	35.50	23.10	36.20	0.08	3.60	14.2	2.3

(Conbay,2010)

G. Kerangka Pemikiran

Mineral Cu-Pb-Zn merupakan logam dasar sebagai bagian dalam golongan mineral sulfida massif yang mempunyai sifat kemagnetan yang spesifik. Sifat dasar tersebut dapat mengidentifikasi keberadaan sebaran mineral logam. Melalui metoda geomagnetik dengan memanfaatkan sifat kemagnetan mineral pada batuan, maka dapat dilakukan suatu penelitian. Penelitian dengan metoda geomagnetik tersebut terkontrol oleh faktor-faktor geologi yang membentuk berbagai mineral logam yang tersingkap dalam batuan yang terminalisasi. Interpretasi data geomagnetik memberi informasi keberadaan mineral logam Cu-Pb-Zn baik secara lateral maupun vertikal. Melalui analisis dengan metoda AAS diperoleh asosiasi mineral

logam Cu-Pb-Zn, dimana dalam proses pembentukannya tidak dapat berdiri sendiri. Hasil analisis tersebut kemudian di kompilasi dengan anomali kerentanan magnetik untuk menghasilkan sebaran mineral logam dan penampang geomagnetik yang selanjutnya menghasilkan model sebaran mineral logam dasar Cu-Pb-Zn.



Gambar 2.3 Skema kerangka pikir penelitian

G. Hipotesis

Pada penelitian tentang analisis kerentanan magnetik pada mineral logam dasar di Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara, dikembangkan suatu hipotesis sebagai berikut : mineral logam dasar saling berasosiasi satu dengan yang lainnya. Berdasarkan hal itu maka bila nilai kerentanan magnetik mineral negatif maka integrasi senyawa sulfida semakin berkurang pada mineral. Bila kerentanan magnetik positif menunjukkan bahwa integrasi senyawa sulfida masih terikat kuat dengan unsur mineral logam dasar pada batuan. Variasi Sebaran mineral logam tersebut terakumulasi di daerah utara penelitian.