

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Geokimia merupakan cabang ilmu yang mengkaji kandungan unsur kimia dan isotop di dalam lapisan bumi, khususnya berkaitan dengan kelimpahan, distribusi, serta aturan-aturan yang mengendalikannya. Secara lebih mendalam, geokimia mempelajari sebaran dan konsentrasi unsur-unsur kimia dalam mineral, batuan, cebakan mineral, tanah, air tanah, dan atmosfer, serta proses daur ulang unsur-unsur tersebut di alam berdasarkan sifat atomik atau ionik masing-masing. Melalui analisis unsur kimia, serta data petrologi dan petrografi dari batuan vulkanik, kita dapat memahami proses evolusi magma, menentukan jenis dan kecenderungan magmanya, serta menelusuri asal-usul pembentukan batuan (petrogenesa).

Daerah Bonto Salama, Kecamatan Sinjai Barat, Kabupaten Sinjai, termasuk ke dalam wilayah Formasi Gunungapi Lompobattang yang tersusun oleh berbagai jenis batuan vulkanik seperti andesit, dasit, trakit, hingga riolit. Aktivitas vulkanisme di daerah ini berkaitan erat dengan sejarah magmatisme Kompleks Gunung Lompobattang yang berperan penting dalam pembentukan morfologi dan tatanan geologi di wilayah selatan Sulawesi. Keberadaan batuan trakit di daerah ini menarik untuk dikaji karena dapat memberikan informasi penting mengenai evolusi magmatik, proses diferensiasi magma, serta lingkungan tektonik tempat batuan tersebut terbentuk.

Kajian petrogenesa batuan trakit di daerah Bonto Salama perlu dilakukan untuk memahami asal-usul dan perkembangan magma yang membentuk batuan tersebut, baik melalui proses fraksionasi, kontaminasi kerak, maupun pencampuran magma (magma mixing). Analisis ini penting dalam rangka merekonstruksi sejarah geologi daerah penelitian serta memberikan kontribusi terhadap pemahaman pola magmatisme di jalur busur Sulawesi bagian selatan.

Dengan demikian, penelitian mengenai Petrogenesa Batuan Trakit di Daerah Bonto Salama, Kecamatan Sinjai Barat, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan menjadi penting dilakukan untuk mengungkap proses pembentukan dan evolusi magmatik yang berperan dalam penyusunan batuan di wilayah tersebut serta memberikan kontribusi terhadap pemahaman geodinamika Sulawesi bagian selatan secara lebih komprehensif.

#### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan keterdapat batuan trakit dan geologi regional, maka rumusan masalah batuan trakit pada daerah penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana penamaan geokimia batuan trakit berdasarkan unsur major  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{SiO}_2$
2. Bagaimana genesa batuan trakit berdasarkan pola tektoniknya ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, antara lain:

1. Mengetahui penamaan geokimia batuan trakit berdasarkan unsur major  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{SiO}_2$ .
2. Menentukan genesa batuan trakit daerah penelitian berdasarkan pola tektoniknya.

### 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kajian petrogenesa batuan trakit di daerah Bonto Salama, Kecamatan Sinjai Barat, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan, dengan fokus utama pada analisis komposisi kimia batuan menggunakan metode XRF, ICP-MS, dan ICP-OES. Penamaan batuan trakit didasarkan pada data geokimia dan analisis petrografi tanpa melibatkan mineralogi kuantitatif secara mendalam. Pembahasan genesa batuan trakit dikaji dalam kaitannya dengan pola tektonik regional, guna memahami proses pembentukan dan evolusi batuan tersebut. Cakupan wilayah penelitian dibatasi secara geografis hanya pada lokasi tertentu di daerah Bonto Salama dan tidak meluas ke kawasan geologi sekitarnya.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk menambah informasi ilmiah mengenai karakteristik petrografi dan geokimia batuan trakit serta proses magmatis yang membentuknya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya data geologi regional Formasi Gunungapi Lompobattang, menjadi acuan bagi penelitian sejenis, serta memberikan dasar informasi bagi eksplorasi potensi sumber daya mineral di wilayah tersebut. Selain itu, penelitian ini juga memberikan pengalaman dan wawasan bagi peneliti dalam memahami evolusi magmatik dan penerapan analisis petrologi serta geokimia batuan beku di lapangan maupun laboratorium.

### 1.6 Peneliti Terdahulu

Beberapa peneliti yang pernah melakukan penyelidikan geologi di daerah penelitian, antara lain:

1. Rab Sukanto (1975), *Structural of Sulawesi In The Light of Plate Tectonic*. Direktorat Pertambangan Umum Departemen Pertambangan Dan Energi. Bandung, Indonesia.
2. Rab Sukanto (1982), *Geologi Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai*. Bandung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
3. Sukanto, Rab. (1983), *Tectonic relationship between geologic provinces of Western Sulawesi, Eastern Sulawesi and Banggai-Sula in the light of sedimentological aspects*. *Indonesian Geological Research Development Centre Bulletin*, 7, 1–12

## 1.7 Kajian Teori

### 1.7.1 Geomorfologi Regional

Bentuk morfologi yang menonjol di daerah lembar ini adalah kerucut gunungapi Lompobattang yang menjulang mencapai ketinggian 2876 m di atas permukaan laut. Kerucut gunungapi dari kejauhan masih memperlihatkan bentuk aslinya dan menempati lebih kurang 1/3 daerah lembar. Pada potret udara terlihat dengan jelas adanya beberapa kerucut parasit, yang kelihatannya lebih muda dan kerucut induknya bersebaran di sepanjang jalur utara selatan melewati puncak G. Lompobattang. Kerucut gunungapi Lompobattang ini tersusun oleh batuan gunungapi berumur Plistosen.

Dua buah bentuk kerucut tererosi yang lebih sempit sebarannya terdapat di sebelah barat dan sebelah utara G. Lompobattang. Di sebelah barat terdapat G. Baturape, mencapai ketinggian 1124 m dan di sebelah utara terdapat G. Cindako, mencapai ketinggian 1500 m. Kedua bentuk kerucut tererosi ini disusun oleh bawan gunungapi berumur Pliosen.

Daerah sebelah barat Gunung Cindako dan sebelah utara Gunung Baturape merupakan daerah berbukit kasar di bagian timur dan halus di bagian barat. Bagian timur mencapai ketinggian kira-kira 500 m, sedangkan bagian barat kurang dari 50 m di atas muka laut dan hampir merupakan suatu dataran. Bentuk morfologi ini disusun oleh batuan klastika gunung api berumur miosen. Bukit-bukit memanjang yang tersebar di daerah ini mengarah ke Gunung Cindako dan Gunung Baturape berupa retas-retas basal.

Secara fisiografi pesisir timur merupakan penghubung antara Lembah Walanae di utara dan Pulau Selayar di selatan. Di bagian utara, daerah berbukit rendah dari Lembah Walanae menjadi lebih sempit dibanding pada daerah di (Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat) dan menerus di sepanjang pesisir timur Lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai ini. Pegunungan sebelah timur dan Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat berakhir di bagian utara pesisir timur lembar ini (Sukanto, Rab dan Supriatna S., 1982).

### 1.7.2 Stratigrafi Regional

Secara regional, lokasi penelitian berada dalam cakupan Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng, dan Sinjai, Sulawesi. Stratigrafi regional wilayah ini mengacu pada hasil pemetaan geologi oleh (Sukanto Rab, 1982), yang mencakup wilayah Ujungpandang, Benteng, dan Sinjai, sesuai dengan kondisi geologi di area penelitian. Adapun batuan penyusun pada daerah penelitian dan sekitarnya terdiri dari :

Tp<sub>bv</sub> BATUAN GUNUNGAPI BATURAPE CINDAKO : lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil tansatmata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar maniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar,

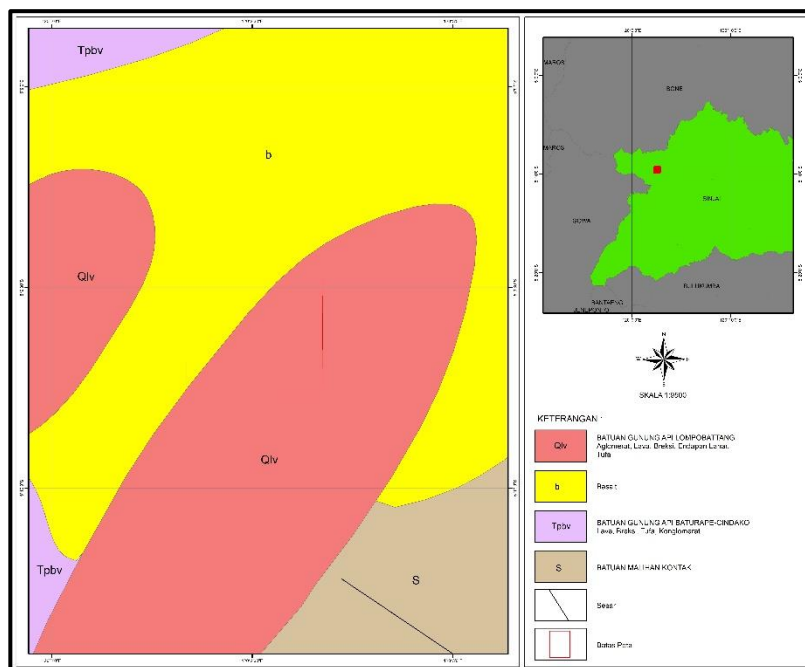
dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit trakit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen.

Komplek terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (Tpbc); batuan di sekitarnya terubah kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolit dan kalsit; mineral galena di Baturape kemungkinan berhubungan dengan terobosan diorit ini; daerah sekitar Baturape dan Cindako batuanannya didominasi oleh lava Tpbl. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir. (Sukanto, 1982).

Qlv BATUAN GUNUNGAPI LOMPOBATANG : aglomerat, lava. breksi, endapan lahar dan tufa. Membentuk kerucut gunungapi strato dengan puncak tertinggi 2950 m di atas muka laut; batuanannya sebagian besar berkomposisi andesit dan sebagian basal, lavanya ada yang berlubang - lubang seperti yang disebelah barat Sinjai dan ada yang berlapis; lava yang terdapat kira-kira 2½ km sebelah utara Bantaeng berstruktur bantal; setempat breksi dan tufanya mengandung banyak biotit. (Sukanto, 1982).

b BASAL : terobosan basal berupa retas, sill dan stok, bertekstur porfir dengan fenokris piroksen kasar mencapai ukuran lebih dan 1 cm, berwarna kelabu tua kehitaman dan kehijauan; sebagian dicirikan oleh struktur kekar meniang, beberapa di antaranya mempunyai tekstur gabro. Terobosan basal di sekitar Jene Berang berupa kelompok retas yang mempunyai arah kira-kira radier memusat ke Baturape dan Cindako ; sedangkan yang di sebelah utara Jeneponto berupa stok. (Sukanto, 1982).

s BATUAN MALIHAN KONTAK : batutanduk yang berkomposisi mineral-mineral antofilit, kordiorit, epidot, garnet, kuarsa, felspar, muskovit dan karbonat. Berwarna kelabu kehiauan sampai hijau tua, tersingkap daerah yang sempit ( $\pm 2$  km<sup>2</sup>), pada kontak dengan granodiorit (gd) dan dibatasi oleh sesar dari batuan gunungapi Tmcv. Batutanduk ini mengandung banyak lensa magnetit. (Sukanto, 1982).



**Gambar 1.** Peta Geologi Regional Lembar Ujungpandang, Benteng, dan Sinjai, Sulawesi skala 1:9500 menurut (Sukamto dan Supriatna, 1982).

### 1.7.3 Struktur Geologi Regional

Kegiatan gunungapi bawah laut dimulai pada Kala Paleosen, yang hasil erupsinya terlihat di timur Bantimala dan di daerah Birru (lembar Ujungpandang, Benteng & Sinjai). Pada Kala Eosen Awal, rupanya daerah di barat berupa tepi daratan yang dicirikan oleh endapan darat serta batubara di dalam Formasi Malawa; sedangkan di daerah timur, berupa cekungan laut dangkal tempat pengendapan batuan klastika bersisipan karbonat Formasi Salo Kalupang. Pengendapan Formasi Malawa kemungkinan hanya berlangsung selama awal Eosen, sedangkan Formasi Salo Kalupang berlangsung sampai Oligosen Akhir. Di barat diendapkan batuan karbonat yang sangat tebal dan luas sejak Eosen Akhir sampai Miosen Awal. Gejala ini menandakan bahwa selama waktu itu terjadi paparan laut dangkal yang luas, yang berangsur-angsur menurun sejalan dengan adanya pengendapan. Proses tektonik di bagian barat ini berlangsung sampai Miosen Awal, sedangkan di bagian timur kegiatan gunungapi sudah mulai lagi selama Miosen Awal, yang diwakili oleh Batuan Gunungapi Kalamiseng dan Soppeng (Tmkv dan Tmsv). Akhir kegiatan gunungapi Miosen Awal itu diikuti oleh tektonik yang menyebabkan terjadinya permulaan terban Walanae yang kemudian menjadi cekungan tempat pembentukan Formasi Walanae. Peristiwa ini kemungkinan besar berlangsung sejak awal Miosen Tengah, dan menurun perlahan selama sedimentasi sampai Kala Pliosen. Menurunnya Terban Walanae dibatasi oleh dua sistem sesar normal, yaitu sesar Walanae yang

seluruhnya nampak hingga sekarang di sebelah timur, dan sesar Soppeng yang hanya tersingkap tidak menerus di sebelah barat. (Sukamto, 1982).

## 1.8 Magma

Magma adalah cairan atau larutan silikat pijar yang terbentuk secara alamiah, bersifat mudah bergerak (*mobile*), bersuhu antara 900 – 1.0000 C dan berasal atau terbentuk pada kerak bumi bagian bawah hingga selubung bagian atas (Alzwar, dkk., 1988).

Definisi magma mencakup sifat fisik dan kimianya. Sifat fisik magma meliputi keadaan sebagai cairan kental yang sangat panas dan mengandung gas, sehingga magma dapat bergerak dengan mudah dan cenderung bergerak ke arah permukaan bumi untuk membentuk gunung berapi. Apabila magma terbentuk jauh di dalam kerak bumi (*deep seated intrusion*), maka magma tersebut akan membeku menjadi batuan beku dalam atau batuan plutonik. Sebaliknya, magma yang terbentuk lebih dekat dengan permukaan bumi (*sub volcanic intrusion; shallow magma intrusions and hypabyssal intrusions*) atau yang naik hingga ke permukaan dan membeku, akan membentuk batuan intrusi dangkal atau batuan gunung api.

Wilson (1989) menjelaskan bahwa lingkungan tatanan tektonik pembentuk magma meliputi tepi lempeng konstruktif, tepi lempeng destruktif, tatanan bagian tengah lempeng samudra dan tatanan bagian tengah lempeng benua (Tabel 1).

**Tabel 1.** Ciri-ciri seri magma yang berasosiasi dengan tatanan tektonik khusus (Wilson 1989).

| <i>Tectonic setting</i>            | <i>Plate margin</i>                              |                                  | <i>Within plate</i>                  |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                    | <i>Convergen (destructive)</i>                   | <i>Divergen (constructive)</i>   | <i>Intra oceanic</i>                 | <i>Intra continental</i>             |
| <i>Volcanic feature</i>            | <i>Island arc</i>                                | <i>Mid oceanic ridge</i>         | <i>Oceanic island</i>                | <i>Continental rift zone</i>         |
|                                    | <i>Active continental margin</i>                 | <i>Back-arc spreading centre</i> |                                      | <i>Continental flood basalt</i>      |
| <i>Characteristic magma series</i> | <i>Tholeiitic<br/>Calc-alkaline<br/>Alkaline</i> | <i>Tholeiitic<br/>-<br/>-</i>    | <i>Tholeiitic<br/>-<br/>Alkaline</i> | <i>Tholeiitic<br/>-<br/>Alkaline</i> |
| <i>SiO<sub>2</sub> range</i>       | <i>Basalt and differentiates</i>                 | <i>Basalt</i>                    | <i>Basalt and differentiates</i>     | <i>Basalt and differentiates</i>     |

### 1.8.1. Evolusi Magma

Proses terbentuknya magma merupakan suatu mekanisme yang kompleks dan terjadi secara bertahap dalam suatu rangkaian khusus, yang mencakup pemisahan (*diferensiasi*), pencampuran (*asimilasi*), serta anateksis atau peleburan batuan pada kedalaman yang sangat dalam. Komposisi akhir dari magma dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu jenis material yang mencair, tingkat fraksinasi yang terjadi selama proses magmatis, serta jumlah kontaminasi dari batuan sampling (*parent rock*) yang ikut terlibat dalam pembentukan magma.

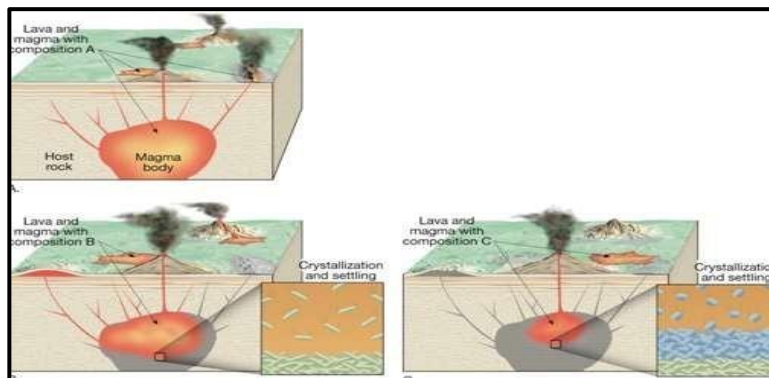
Magma pada perjalanannya dapat mengalami perubahan atau disebut dengan evolusi magma. Proses perubahan ini menyebabkan magma berubah menjadi magma yang bersifat lain oleh proses-proses sebagai berikut :

1. Hibridasi yaitu proses pembentukan magma baru karena pencampuran 2 magma yang berlainan jenis.
2. Sintetis yaitu pembentukan magma baru karena adanya proses asimilasi dengan batuan sampling.
3. Anateksis yaitu proses pembentukan magma dari peleburan batu-batuan pada kedalaman yang sangat besar.
4. Dan dari proses-proses diatas, magma akan berubah sifatnya, dari yang awalnya bersifat homogen pada akhirnya akan menjadi suatu tubuh batuan beku yang bervariasi melalui proses diferensiasi magma.

### 1.8.2 Diferensiasi Magma

Diferensiasi magma merupakan tahap pemisahan atau pengelompokan magma di mana material-material dengan sifat fisika dan kimia yang serupa akan berkumpul membentuk kelompok mineral tertentu. Proses ini mengubah komposisi magma sesuai dengan pengelompokan berdasarkan kandungannya. Diferensiasi magma dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti tekanan, suhu, kandungan gas, komposisi kimia magma itu sendiri, serta adanya pencampuran dengan magma atau batuan lain. Secara garis besar, proses diferensiasi magma dapat dibagi menjadi beberapa jenis:

1. Fraksinasi (*Fractional Crystallization*), proses ini merupakan suatu proses pemisahan kristal-kristal dari larutan magma karena proses kristalisasi berjalan tidak seimbang atau kristal-kristal tersebut pada saat pendinginan tidak dapat mengubah perkembangan. Komposisi larutan magma yang baru ini terjadi sebagai akibat dari adanya perubahan temperatur dan tekanan yang mencolok serta tiba-tiba.
2. *Crystal Settling/Gravitational Settling*, proses ini meliputi pengendapan kristal oleh gravitasi dari kristal-kristal berat yang mengandung unsur Ca, Mg, Fe yang akan memperluas magma pada bagian dasar *magma chamber*. Disini, mineral-mineral silikat berat akan berada di bawah dan akibat dari pengendapan ini, akan terbentuk suatu lapisan magma yang nantinya akan menjadi tekstur kumulat atau tekstur berlapis pada batuan beku.



**Gambar 2.** Proses diferensiasi magma *Crystallization and settling*

3. *Liquid Immisibility*, larutan magma yang memiliki suhu rendah akan pecah menjadi larutan yang masing-masing akan membentuk suatu bahan yang heterogen.
4. *Crystal Flotation*, pengembangan kristal ringan dari sodium dan potasium akan naik ke bagian atas magma karena memiliki densitas yang lebih rendah dari larutan kemudian akan mengambang dan membentuk lapisan pada bagian atas magma.
5. *Vesiculation*, proses dimana magma yang mengandung komponen seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{S}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$  sewaktu-waktu naik ke permukaan sebagai gelembung-gelembung gas dan membawa komponen-komponen sodium (Na) dan potassium (K).
6. Asimilasi magma, proses ini dapat terjadi pada saat terdapat material asing dalam tubuh magma seperti adanya batuan disekitar magma yang kemudian bercampur, meleleh dan bereaksi dengan magma induk dan kemudian akan mengubah komposisi magma.

### 1.8.3 Komposisi Magma

Secara umum, batuan beku tersusun dari enam kelompok mineral utama, yaitu olivin, piroksen, amfibol, mika, feldspar, dan kuarsa. Batuan beku terbentuk melalui proses pembekuan magma, baik yang terjadi di dalam kerak bumi maupun di permukaan, sehingga komposisi magma dapat diketahui melalui analisis batuan beku. Lava merupakan salah satu bentuk magma yang muncul di permukaan bumi. Mineral penyusun batuan beku mengandung unsur-unsur kimia seperti silikon (Si), aluminium (Al), kalsium (Ca), natrium (Na), kalium (K), besi (Fe), magnesium (Mg), hidrogen (H), dan oksigen (O), yang umumnya hadir dalam bentuk ion oksida seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , serta unsur-unsur dari periode ketiga dalam tabel periodik. Karena keberadaannya yang dominan, unsur-unsur tersebut dianggap sebagai komponen utama dalam magma dan sering digunakan sebagai dasar dalam klasifikasi batuan beku oleh para ahli geologi.

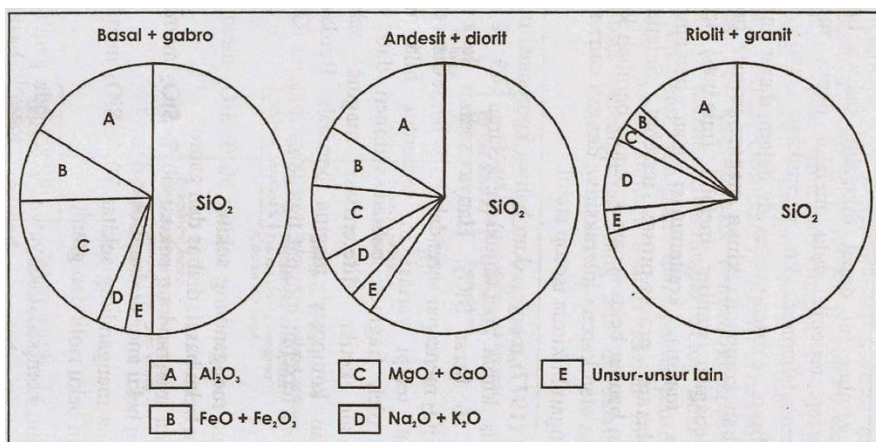
Secara mendasar komposisi kimia dan mineralogi daerah sumber memperlihatkan proses-proses penting yang mengedalikan komposisi batuan beku.

Komposisi unsur-unsur utama dan jejak ditentukan oleh proses peleburan dan derajat *partial melting*, walaupun komposisi peleburan dapat berubah dalam jumlah besar selama menuju permukaan bumi (Rollinson, 1993).

Menurut Flint (1977), hasil analisis kimia menunjukkan bahwa kandungan  $\text{SiO}_2$  dalam magma umumnya berada dalam kisaran 45% hingga 75% berat. Hanya sedikit lava yang memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  serendah 30% atau setinggi 80% berat, dan variasi ekstrem ini biasanya terjadi akibat proses asimilasi magma dengan fragmen batuan sedimen maupun batuan metamorf, atau akibat diferensiasi magma yang menyebabkan perubahan komposisinya. Berdasarkan hasil analisis kimia tersebut, magma dapat diklasifikasikan ke dalam tiga jenis utama

1. Magma mengandung sekitar 50%  $\text{SiO}_2$  membentuk batuan beku basal, diabas dan gabro.
2. Magma mengandung sekitar 60%  $\text{SiO}_2$  membentuk batuan beku trakit dan diorit.
3. Magma mengandung sekitar 70%  $\text{SiO}_2$  membentuk batuan beku riolit dan granit.

Selain komposisi senyawa  $\text{SiO}_2$ , pada gambar juga memperlihatkan bahwa batuan beku trakit/diorit didominasi oleh mineral yang berkomposisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{CaO}$ , sedangkan batuan riolit/granit didominasi oleh mineral yang mempunyai komposisi  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ .



**Gambar 3.** Kisaran komposisi (persen berat) jenis batuan beku dan dibedakan menjadi tiga kelompok utama jenis magma yang ada di bumi (Flint, 1977)

## 1.9 Lingkungan Tektonik

Menurut Wilson (1989) lingkungan tektonik terbagi menjadi tiga jenis magmatisme yaitu:

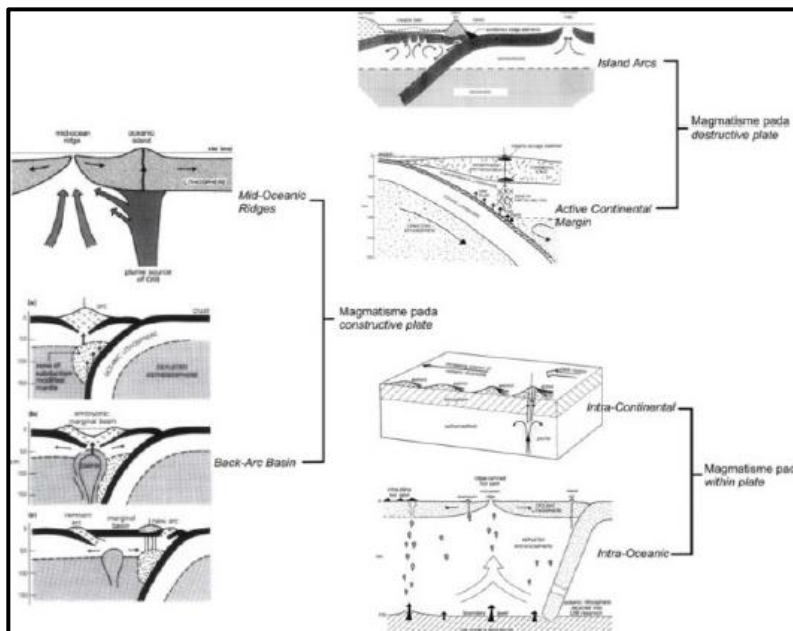
1. *Constructive Plate Margin*, merupakan tatanan tektonik yang terletak pada zona divergen yaitu zona antara dua lempeng atau lebih yang saling

menjauh sehingga magma dapat terbentuk pada dua daerah yakni pematang tengah samudera (*Mid Oceanic Ridge*) dan *Back Arc Basin*.

- a. Pematang tengah samudera (*Mid Oceanic Ridge*), merupakan daerah dimana dua lempeng samudera yang saling menjauhi, magma pada tektonik ini berasal dari pelelehan sebagian mantel bagian atas karena adanya pelepasan tekanan oleh batuan induk karena proses divergen. Batuan yang terbentuk pada tatanan ini tektonik ini bersifat mafik ultramafik seperti peridotit, basal, atau gabro, batuan beku bertekstur lava bantal dan kekar tiang.
  - b. *Back Arc Basin*, merupakan tatanan tektonik yang terbentuk dibelakang busur kepulauan, hal ini dapat terjadi akibat adanya rifting dibelakang zona penunjaman selama proses subduksi berlangsung sehingga terbentuklah cekungan. Magma yang dihasilkan pada zona ini bersifat basa seperti batuan beku basal.
2. *Destructive Plate Margin*, merupakan tatanan tektonik yang terletak pada zona konvergen dimana dua lempeng atau lebih saling bertumbukan satu sama lain. Magma yang dapat terbentuk pada dua daerah yaitu busur kepulauan (*Island Arc*) dan tepi benua aktif (*Active Continental Margin*).
- a. Busur kepulauan atau *Island Arc*, merupakan daerah dimana lempeng samudera dan lempeng samudera atau lempeng benua yang tipis bertumbukan. Zona ini disebut zona subduksi atau zona penunjaman. Magma akan terbentuk akibat dari pelelehan sebagian mantel atas atau baji mantel atau kerak samudera yang menunjam. Daerah *Island Arc* ditandai dengan munculnya busur kepulauan dengan deretan gunungapi yang masih aktif. Batuan beku yang terbentuk umumnya bersifat intermediet sampai basaltik seperti trakit atau basal. Diferensiasi magma tidak terjadi secara dominan di daerah ini sehingga batuan tersebut memiliki tekstur yang sedikit akan fenokris. Batuan vulkanik juga banyak terbentuk akibat aktivitas vulkanisme yang intensif.
  - b. Tepi benua aktif atau *Active Continental Margin*, merupakan daerah dimana terjadi tumbukan antara lempeng benua yang tebal. Magma dapat berasal dari pelelehan sebagian mantel atas atau kerak benua bagian bawah. Pada daerah ini gunungapi jarang ditemukan. Batuan beku yang terbentuk pada zona ini pada umumnya intermediet sampai felsik seperti granit atau diorit. Diferensiasi magma terjadi secara dominan dan lanjut sehingga butiran kristal yang terbentuk berukuran besar.
3. *Within plate* adalah lingkungan tektonik pada daerah pertengahan yaitu *intra continental* dan *intra-oceanic*.
- a. *Continental Intra-plate Margin*, merupakan tatanan tektonik yang terbentuk di tengah lempeng benua. Magmatisme dapat terbentuk di dua tempat yaitu *Continental Flood Basalt Province* yakni hasil dari erupsi besar-besaran gunungapi yang menyebabkan terjadinya pelamparan lava basal di lantai samudera atau daratan, sebagai contoh yaitu batuan

beku yang terdapat di Siberia dan Antartika berupa batuan beku basal dan *Continental Rift Zone* merupakan zona dimana dua kerak saling menjauh, magma berasal dari pelelehan sebagian kerak benua bagian atas atau bagian tengah sehingga magma bersifat asam-intermediet.

- b. *Oceanic Intra-plate Margin*, merupakan tatanan tektonik yang terbentuk di tengah-tengah lempeng samudera dan biasanya akan membentuk kepulauan gunungapi. Sumber magma berasal dari pelelehan sebagian mantel atas. Magma akan berkumpul di suatu tempat yang disebut hotspot. Magma tersebut dapat keluar ke permukaan bumi dan membentuk gunungapi, contohnya pada Kepulauan Hawaii dimana terdapat Gunungapi Mauna Kea hasil dari aktivitas hotspot. Pada zona ini terbentuk batuan beku vulkanik yang bersifat mafik - ultramafik karena magma berasal dari diferensiasi lempeng samudera yang bersifat basa.



**Gambar 4.** Jenis-jenis tatanan tektonik batuan beku (Wilson, 1989).

### 1.10 X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*) merupakan metode geokimia yang digunakan untuk mengidentifikasi kandungan unsur-unsur utama dan unsur jejak dalam batuan. Unsur utama adalah elemen yang paling dominan dalam komposisi batuan, seperti Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, dan P, yang biasanya diukur dalam bentuk komposisi oksida utama ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dengan satuan konsentrasi wt% (*weight percent*). Sedangkan untuk unsur jejak (*trace element*) yaitu unsur yang keterdapatannya  $<0,1\%$  dan konsentrasinya dinyatakan dalam ppm (*part per million*).

Spektrometri *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah suatu metode analisis berdasarkan pengukuran tenaga dan intensitas sinar-X suatu unsur di dalam cuplikan hasil eksitasi sumber radioisotop (Masrukan dkk, 2007). Spektrometer XRF didasarkan pada lepasnya elektron bagian dalam dari atom akibat dikenai sumber radiasi dan pengukuran intensitas pendar sinar-X karakteristik yang dipancarkan oleh atom unsur dalam sampel. Metode ini tidak merusak bahan yang dianalisis baik dari segi fisik maupun kimiawi sehingga sampel dapat digunakan untuk analisis berikutnya. (Mulyono dkk, 2012).

Mekanisme kerja XRF secara umum yaitu sampel dalam bentuk batuan dipreparasi menjadi seperti bubuk atau disebut dengan pulp. Setelah dalam bentuk bubuk kemudian dipreparasi membentuk kepingan *pellet* atau disebut *fuse bead*. Kemudian dilakukan proses XRF dimana sample yang dalam bentuk *pellet* ditembak dengan menggunakan sinar-X dari sumber pengekstasi, selanjutnya akan mengenai cuplikan dan menyebabkan interaksi antara sinar-X untuk setiap unsur. Sinar-X tersebut selanjutnya mengenai detector Si (Li) yang akan menimbulkan pulsa listrik yang lemah, pulsa tersebut kemudian diperkuat dengan preamplifier dan amplifier lalu disalurkan pada penganalisis saluran ganda atau *Multi Chanel Analyzer* (MCA). Tenaga sinar-X karakteristik yang muncul tersebut dapat dilihat dan disesuaikan dengan tabel tenaga sehingga dapat diketahui unsur yang ada di dalam cuplikan yang dianalisis (Iswani, 1983 dalam Mulyono dkk, 2012).

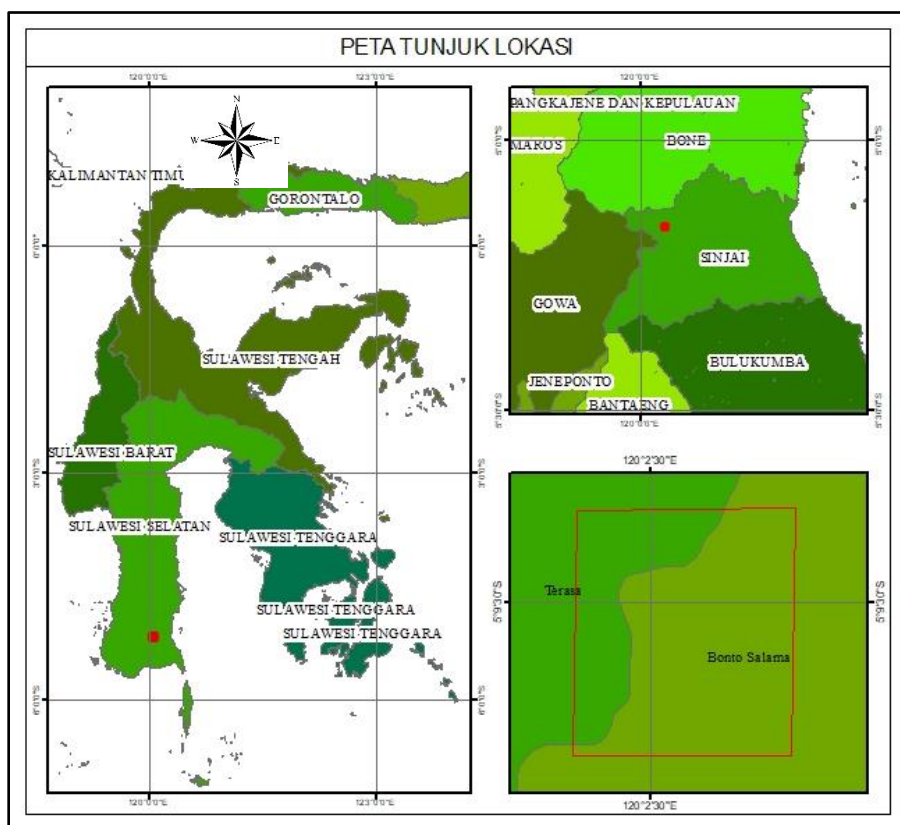
Unit pemrosesan data pada XRF terdiri dari preamplifier, linier amplifier, counter, timer serta MCA. Alat-alat ini dibutuhkan dalam mengolah pulsa output suatu detektor. Preamplifier berfungsi dalam pembentukan ritme pulsa dengan rise time pendek. Linier Amplifier berfungsi untuk memperkuat dan membentuk pulsa yang keluar dari detektor. Timer berfungsi untuk membatasi waktu cacah serta MCA berfungsi untuk mengklasifikasikan pulsa yang masuk ke dalam saluran- saluran (Wisnu, 1988 dalam Masrukan dkk, 2007).

## BAB II

### METODOLOGI

#### 2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Secara administrasi, lokasi penelitian berada di wilayah Bonto Salama, Kecamatan Sinjai Barat, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis, area ini terletak pada koordinat antara  $120^{\circ}02'15''$  -  $120^{\circ}02'45''$  BT dan  $5^{\circ}09'15''$  -  $5^{\circ}09'45''$  LS. Daerah penelitian tercakup dalam Peta Geologi Regional Indonesia Lembar Ujungpandang, Benteng, dan Sinjai, Sulawesi, dengan skala 1:250.000, serta Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:50.000 Lembar Bulupodo 2110-43, yang diterbitkan oleh Bakosurtanal (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional), Edisi I Tahun 1991, Cibinong, Bogor. Lokasi ini dapat diakses melalui jalur darat menggunakan kendaraan roda empat dengan waktu tempuh sekitar 3 jam 30 menit dari Kota Makassar dengan menempuh jarak kurang lebih 101 kilometer ke arah timur.



**Gambar 5.** Peta tunjuk lokasi daerah penelitian.

## 2.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data dari hasil pengambilan sampel batuan yang bertujuan untuk mengkaji kondisi geologi serta mengidentifikasi jenis dan komposisi kimia batuan trakit. Analisis komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF), yang selanjutnya digunakan untuk mengetahui genesa batuan trakit berdasarkan pola tektonik yang berkembang di daerah penelitian.

## 2.3 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu alat untuk kegiatan di lapangan dan alat untuk analisis di laboratorium.

Alat dan bahan yang digunakan pada saat di lapangan adalah sebagai berikut:

1. Peta Topografi berskala 1 : 25.000 yang merupakan hasil perbesaran dari peta rupa bumi skala 1 : 50.000 terbitan Bakosurtanal Edisi I tahun 1991
2. *Global Positioning System* (GPS)
3. *Software* digitasi peta *Arc GIS 10.8*
4. Laptop
5. Kompas geologi
6. Palu geologi
7. Lup dengan pembesaran 10x
8. Buku catatan lapangan
9. Larutan HCl (0,1 M)
10. Kantong sampel
11. Alat tulis menulis
12. Ransel lapangan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan analisis laboratorium serta pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Ayakan (*Sieve*)
2. Oven
3. Neraca Analitik
4. Mortar dan Pestle (*Agate*)
5. Wadah Sampel
6. 5 Sampel batuan trakit
7. Spektrometer XRF (*X-Ray Fluorescence Spectrometer*)
8. Press Hidraulik (*Hydraulic Press*)

## 2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui metode pemetaan geologi, disertai dengan pengambilan sampel batuan yang selanjutnya dianalisis di laboratorium menggunakan teknik analisis geokimia.

### 2.4.1 Pengambilan Data Lapangan

Tahapan kegiatan lapangan dalam penelitian ini mencakup proses pengumpulan data di Daerah Bonto Salama, Kecamatan Sinjai Barat, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengumpulan data tersebut meliputi:

1. Penentuan titik koordinat stasiun pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*), kemudian diplot pada peta dasar dengan skala 1:2500.
2. Pengumpulan data lapangan dilakukan melalui pengambilan lima sampel batuan dari lima stasiun pengamatan yang telah ditentukan.
3. Pengambilan sampel batuan dilakukan menggunakan palu geologi, kemudian dilakukan deskripsi terhadap singkapan batuan yang mencakup warna, tekstur, struktur, komposisi mineral, serta dokumentasi berupa gambar dan foto singkapan.



**Gambar 6.** Dokumentasi saat melakukan pengambilan data

### 2.4.2 Analisis laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan di Lab. Geokimia PT. Intertek Utama Services meliputi metode XRF, ICP-MS, dan ICP-OES.

Metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) bekerja dengan menembakkan sinar-X berenergi tinggi ke sampel batuan yang telah digiling halus. Sinar-X tersebut menyebabkan atom-atom dalam sampel tereksitasi dan memancarkan sinar-X sekunder (fluoresensi) dengan panjang gelombang khas untuk setiap unsur. Intensitas pancaran ini kemudian diukur oleh detektor dan dikonversi menjadi nilai konsentrasi unsur,

sehingga metode ini sangat efektif untuk menentukan unsur mayor dan minor dalam batuan secara cepat dan akurat.

Sedangkan *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS) bekerja dengan melarutkan sampel menggunakan asam kuat, lalu larutan disemprotkan ke dalam plasma argon panas yang mengionisasi unsur-unsur di dalamnya. Ion yang terbentuk diarahkan ke spektrometer massa untuk dipisahkan berdasarkan rasio massa terhadap muatan ( $m/z$ ), dan dihitung oleh detektor untuk menentukan kadar unsur dalam konsentrasi sangat kecil, bahkan hingga level ppb (*part per billion*).

Adapun *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) memiliki prinsip kerja serupa dengan ICP-MS, yaitu menggunakan plasma argon untuk mengeksitasi atom dalam larutan sampel. Saat atom-atom tersebut kembali ke keadaan dasar, mereka memancarkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang khas bagi setiap unsur. Intensitas cahaya ini diukur oleh detektor optik dan dibandingkan dengan standar kalibrasi untuk menentukan konsentrasi unsur. Metode ini mampu menganalisis unsur mayor hingga *trace elements* dengan presisi tinggi dan hasil yang cepat.

### 2.4.3 Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi data hasil laboratorium XRF, ICP-MS, ICP-OES dan petrografi dari batuan basal dan trakit pada daerah Bonto Salama, Kecamatan Sinjai Barat, Kabupaten Sinjai Provinsi Sulawesi Selatan.

#### 2.4.2.1 Pengolahan Data Komposisi Kimia

Data hasil laboratorium menggunakan XRF, ICP-MS, dan ICP-OES, meliputi unsur-unsur sebagai berikut  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ .

Selanjutnya, data unsur major dianalisis lebih lanjut menggunakan perangkat lunak GCDkit (*Geochemical Data Toolkit*), yaitu aplikasi berbasis R yang dirancang untuk pengolahan dan interpretasi data geokimia batuan beku. Melalui GCDkit, dilakukan:

- a. Klasifikasi batuan menggunakan diagram TAS.
- b. Mengidentifikasi kecenderungan magma menggunakan diagram afinitas magma.
- c. Menganalisis tren geokimia dan proses evolusi magma menggunakan diagram Harker.
- d. Mengidentifikasi sumber magma menggunakan diagram spider.

#### 2.4.2.2 Pengolahan Data Petrografi

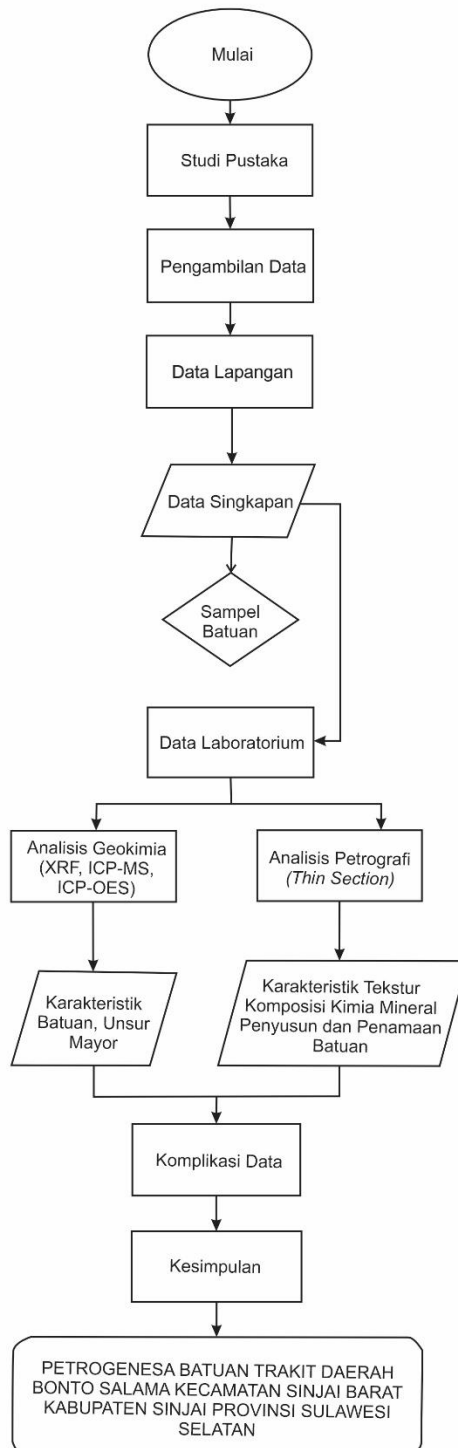
Sampel batuan trakit juga diamati secara mikroskopis menggunakan mikroskop polarisasi pada Laboratorium Petrografi. Pengamatan ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui komposisi mineral penyusun batuan,
2. Menganalisis tekstur dan struktur mikro batuan,
3. Menentukan jenis dan penamaan batuan berdasarkan karakteristik petrografi.

Hasil pengamatan petrografi didokumentasikan dan dianalisis untuk mendukung interpretasi genesis batuan.

## **2.5. Penyusunan Laporan**

Tahap akhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan yang disusun berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Laporan tersebut disusun dalam bentuk skripsi oleh peneliti sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin.



**Gambar 7.** Diagram Alir Penelitian.