

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan sumberdaya mineral merupakan salah satu aspek yang paling menjanjikan untuk dikelola sebagai sumber pembiayaan dan pembangunan bagi daerah, akan tetapi pemanfaatan sumberdaya mineral ini memerlukan penyajian informasi geologi yang lengkap, akurat dan informatif sehingga dapat dijadikan bahan acuan studi kelayakan dalam pengelolaannya.

Keberadaan batuan metamorf yang tersingkap di permukaan bumi khususnya Indonesia tidak sebanyak batuan beku dan sedimen, mengingat dari proses keterbentukan batuan metamorf yang cukup kompleks. Batuan metamorf adalah jenis batuan yang terbentuk dari batuan lain (baik batuan beku maupun sedimen) yang mengalami perubahan fisik dan kimia akibat tekanan dan suhu tinggi. Batuan metamorf sering kali memiliki struktur dan komposisi yang berbeda dari batuan asalnya.

Salah satu pulau di Indonesia yang dapat dijumpai keberadaan batuan metamorfnya adalah Pulau Sulawesi. Pulau ini merupakan daerah dengan keadaan geologi yang sangat kompleks karena terbentuk dari interaksi beberapa lempeng besar dunia. Pulau Sulawesi memiliki beberapa wilayah yang terdapat batuan metamorfnya, salah satunya adalah Daerah Latimojong, kabupaten Luwu yang berada pada daerah penelitian. Daerah ini merupakan daerah yang memiliki potensi deposit bijih emas terutama pada wilayah kontrak karya awak mas yang secara geologi berada pada formasi latimojong yang berumur kapur. Di mana pada formasi ini dapat dijumpai batuan metamorf derajat rendah - sedang yang menarik untuk diteliti mengenai proses terbentuknya di permukaan bumi ini. Namun, penelitian mengenai Karakteristik dan Genesa dari batuan metamorf pada Formasi Latimojong khususnya di daerah penelitian masih sangat terbatas.

Berdasarkan atas berbagai pertimbangan yang telah dikemukakan diatas, Hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan penelitian lebih detail mengenai "Petrogenesis Batuan Metamorf Daerah Puncak Selatan PT. Masmindo Dwi Area, Kecamatan Latimojong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan" agar diperoleh data yang nantinya sebagai penunjang informasi geologi untuk mengetahui potensi yang terdapat pada daerah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai



1. Batuan metamorf yang ada pada daerah penelitian ?
2. Batuan asal (protolith) berdasarkan komposisi mineral dan unsur utama pada daerah penelitian?
3. Sifat-sifat metamorfisme batuan metamorf pada daerah penelitian?
4. Pengungkapan tektonik terbentuknya batuan metamorf pada daerah

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui jenis batuan metamorf yang terdapat pada daerah penelitian
2. Mengetahui batuan asal (*Protolith*) pada daerah penelitian berdasarkan komposisi mineral dan kandungan unsur utama (*major element*)
3. Mengetahui Fasies Metamorfisme dari batuan metamorf pada daerah Penelitian
4. Mengetahui Lingkungan Tektonik terbentuknya batuan metamorf pada daerah penelitian berdasarkan kandungan unsur jejak (*trace element*).

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan batasan berdasarakan sebaran Batuan Metamorf Pada Daerah Puncak Selatan PT. Masmino Dwi Area, Kecamatan Latimojong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan, dengan fokus utama pada penentuan jenis batuan metamorf dan fasies metamorfisme berdasarkan komposisi mineral batuan metamorf dengan menggunakan analisis Petrografi, dan penentuan Protolith dan lingkungan tektonik batuan metamorf berdasarkan komposisi kimia batuan menggunakan metode Geokimia X-ray Fluorescence (XRF) dan ICP - OES

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat teoritis dalam pengembangan ilmu geologi, khususnya yang berkaitan terkait genesa dan karakteristik batuan metamorf, Selain itu, penelitian ini juga diharapkan memberikan manfaat berupa informasi tambahan mengenai potensi batuan metamorf pada daerah penelitian yang mejadi salah satu sumber endapan emas di PT. Masmino Dwi Area. Hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya, terutama yang memanfaatkan metode X-ray Fluorescence (XRF) dalam penelitian mengenai genesa batuan metamorf berdasarkan kandungan unsur utama dan unsur jejak.

1.6 Peneliti Terdahulu

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

1. Djuri, Sudjarmiko, S. Bachri dan Sukido (1998), melakukan pemetaan geologi secara Regional Lembar Majene dan bagian barat Palopo.
2. Lloyd T. White, Robert Hall, Richard A. Armstrong, Anthony J. Barber, Marcelle Adell, Alan Baxter, Koji Wakita, Christina Manning, dan Joko Soesilo (1998), melakukan penelitian tentang sejarah geologi wilayah Latimojong dan sekitarnya, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan, Indonesia.
3. H. Hartono (2013), meneliti tentang kondisi geologi Pulau Sulawesi Selatan, dalam bukunya "Geologi Sulawesi"



1.7 Kajian Teori

1.7.1 Geologi Regional

Di Lengan Selatan proyek Awak Mas terletak di Wilayah Pegunungan Latimojong yang proses geologinya dimulai dari Kapur Awal pada Formasi Latimojong yang baru-baru ini didefinisikan ulang sebagai Kompleks Metamorf Latimojong (White 2017). Kompleks ini adalah kompleks metamorf yang terdiri dari batuan metamorf bermutu rendah hingga tinggi yang berasal dari batuan silisiklastik, berkapur, dan vulkanik berselingan. Batuan metamorf ini secara tektonik bercampur dengan chert dan batuan ophiolitic. Kompleks Metamorf Latimojong diasumsikan setara dengan batuan metamorf tingkat menengah yang terpapar di daerah Bantimala dan Barru (White 2017).

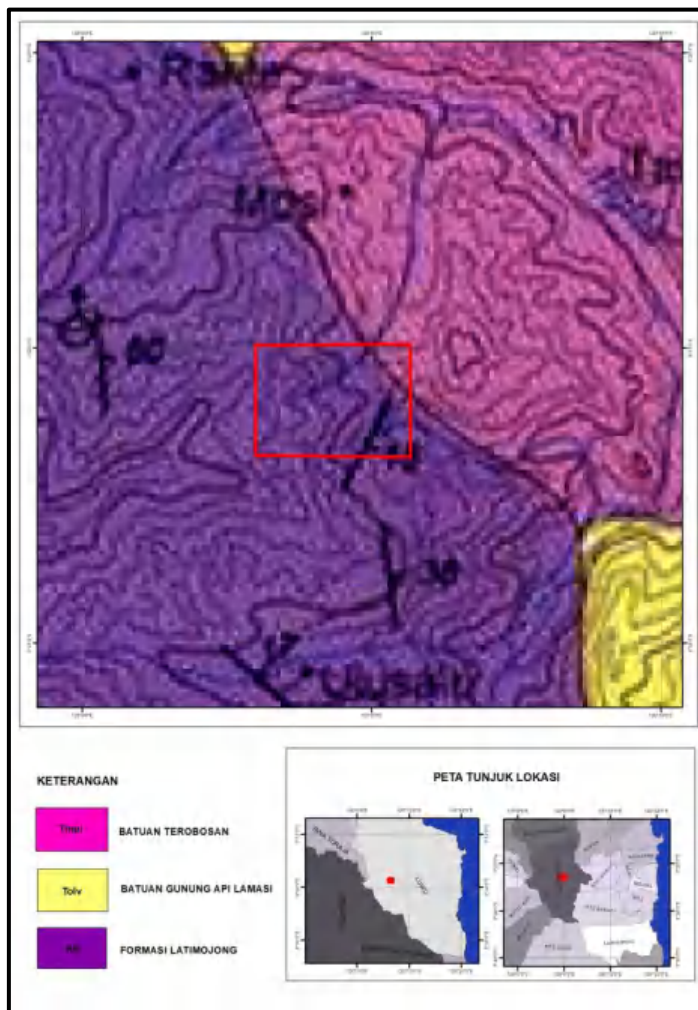
1.7.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi regional daerah penelitian berada pada Peta Geologi Regional Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo dengan yang dijumpai di daerah penelitian (Djuri, Sudjatmiko, S. Bachri dan Sukido (1998).

Metamorfisme awal Kompleks Metamorf Latimojong terjadi pada busur magmatik pada margin aktif di Kapur Tengah, diikuti oleh kondisi tekanan tinggi progresif pada zona tumbukan (Susilo, 1998). Kompleks Metamorf Latimojong mengalami metamorfisme tingkat rendah hingga menengah, yaitu zeolit, aktinolitpumpellyite, greenschist dengan fasies glaukofan dan greenschist-amphibolit (Gambar 2). Fasies zeolit terbentuk pada suhu $< 225^{\circ}\text{C}$ dan tekanan pada 3 kbar sedangkan fasies aktinolit-pompellyit terbentuk pada suhu $\pm 310\text{-}350^{\circ}\text{C}$ dan tekanan pada 3-4,5 kbar, kedalaman > 9 km. Fasies greenschist dengan glaukofan terbentuk pada suhu $> 350^{\circ}\text{C}$ dan tekanan pada > 8 kbar, kedalaman > 24 km sedangkan fasies greenschist-amphibolit terbentuk pada suhu 550°C dan tekanan pada > 6 kbar.

Daerah Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo terbentuk oleh beraneka macam batuan seperti, batuan sedimen, batuan malihan, gunungapi dan terobosan. Umurnya berkisar dari Mesozoikum sampai Kuartar. Formasi yang tercakup dalam daerah penelitian berurut dari tertua hingga termuda yaitu formasi latimojong dan batuan terobosan.





Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Formasi Latimojong. Secara umum formasi ini mengalami pemalihan lemah - sedang; terdiri atas serpih, filit, rijang, marmer, kuarsit dan breksi terkersikkan; diterobos oleh batuan beku menengah sampai basa; di Lembar Mamuju (Ratman dan Atmawinata, 1993) juga dijumpai batulempung mengandung fosil Globotruncana berumur Kapur Akhir, dengan lingkungan pengendapan laut dalam. Tebal formasi lebih dari 1000 m.

Batuan Terobosan, Umumnya batuan beku bersusunan asam sampai menengah seperti granit, granodiorit, diorit, senit, monzonit kuarsa dan riolit; setempat dijumpai gabro di G. Pangli. Singkapan terbesar di daerah G. Paroreang yang menerus sampai ke di Lembar Mamuju (Ratman dan Atmawinata, 1993). Umumnya menerobos Batuan Gunungapi Walimbong yang berumur Mio Eosen kesebandingan dengan granit di Lembar Pasangkayu yang berumur Eosen (Sukanto, 1975)



1.7.3 Struktur Geologi Regional

Formasi Latimojong merupakan bagian dari Kompleks Metamorf Latimojong (*Latimojong Metamorphic Complex/LMC*) yang membentuk inti Pegunungan Latimojong di Sulawesi bagian tengah hingga selatan. Kompleks ini tersusun atas batuan metamorf berderajat rendah hingga tinggi seperti sekis, gneiss, filit, metatuf, dan marmer, dengan sisipan serpentinit dan metagabro di beberapa lokasi. Secara tektonik, satuan ini berhubungan erat dengan zona akresi hasil subduksi kerak samudra di bawah busur benua selama Mesozoikum hingga awal Kenozoikum, yang kemudian mengalami pengangkatan ke permukaan (Barber & Simanjuntak, 1996; Soesilo & Sopaheluwakan, 2018).

Secara umum, orientasi struktur dan perlapisan batuan di Formasi Latimojong berjurus barat laut–utara (NW–N) dengan kemiringan sedang hingga curam ke arah timur. Di bagian timur Pegunungan Latimojong, jurus lapisan beralih menjadi timur–barat (E–W) dengan kemiringan ke arah timur laut (Soesilo & Sopaheluwakan, 2018; Brouwer, 1934). Pola jurus yang simetris antara sisi barat dan timur menunjukkan bahwa satuan ini membentuk struktur antiform regional, yang diinterpretasikan sebagai hasil dari pengangkatan tektonik akibat gaya kompresi dari arah barat ke timur.

Berdasarkan studi deformasi, batuan metamorf Formasi Latimojong telah mengalami tiga fase deformasi utama (Soesilo, 1998).

1. Fase pertama (D_1) ditandai oleh pembentukan foliasi atau sekisitas (S_1) yang sejajar dengan bidang perlapisan sedimen awal (S_0).
2. Fase kedua (D_2) berupa pelipatan terhadap foliasi pertama (F_2) yang menghasilkan lipatan isoklinal dan deformasi duktile berintensitas tinggi.
3. Fase ketiga (D_3) menunjukkan deformasi rapuh (brittle deformation) berupa rekahan, sesar, dan urat-urat klorit–kalsit yang memotong struktur sebelumnya.

Evolusi struktur ini menandakan adanya transisi dari kondisi metamorfisme dalam (duktile) ke kondisi dangkal (rapuh) akibat pengangkatan progresif batuan metamorf ke permukaan. Di bagian barat, khususnya di wilayah Awak Mas, dijumpai zona deformasi intensif yang dikenal sebagai Top Décollement Sequence (Archibald et al., 1996). Zona ini memisahkan Kompleks Latimojong dengan Kompleks Lamasi di sebelah timur. Litologi penyusunnya meliputi diorit, gabbro, sekis biotit–grafit–klorit, serta kuarsa–feldspar porfiri. Foliation di dalamnya memiliki kemiringan sekitar 15° – 25° ke arah timur laut, menandakan bidang geser utama (décollement) yang berfungsi sebagai zona perlapisan tektonik. Zona ini menunjukkan karakter mélange tektonik, yakni campuran berbagai tipe batuan yang terdeformasi intensif akibat geseran duktile (Archibald et al., 1996).

Selain itu, batuan sekis dan gneiss pada Formasi Latimojong menunjukkan struktur lineasi mineral dan rodding berarah 050° – 090° , yang konsisten di wilayah Awak Mas. Struktur tersebut diinterpretasikan sebagai arah pergerakan massa batuan geser dan sesar naik, serta sejajar dengan sumbu lipatan yang lebih tua (Archibald et al., 1996).



1.7.4 Batuan Metamorf

Batuan metamorf merupakan batuan hasil malihan dari batuan yang telah ada sebelumnya yang ditunjukkan dengan adanya perubahan komposisi mineral, tekstur dan struktur batuan yang terjadi pada fase padat akibat adanya perubahan temperatur, tekanan dan kondisi kimia di kerak bumi. Batuan metamorf adalah hasil dari perubahan-perubahan fundamental batuan yang sebelumnya telah ada. Panas yang intensif yang dipancarkan oleh suatu massa magma yang sedang mengintrusi menyebabkan metamorfosa kontak.

Metamorfosa regional yang meliputi daerah yang sangat luas disebabkan oleh efek tekanan dan panas pada batuan yang terkubur sangat dalam. Namun perlu dipahami bahwa proses metamorfosa terjadi dalam keadaan padat, dengan perubahan kimiawi dalam batas-batas tertentu saja dan meliputi proses-proses rekristalisasi, reorientasi dan pembentukan mineral-mineral baru dengan penyusunan kembali elemen-elemen kimia yang sebelumnya telah ada (Graha, D.S, 1987.). Menurut Turner (1954), batuan metamorf adalah batuan yang telah mengalami perubahan mineralogi dan struktur oleh proses metamorfisme dan terjadi langsung dari fase padat tanpa melalui fase cair.

1.7.5 Proses Metamorfisme

Proses metamorfisme merupakan suatu proses pengubahan batuan akibat perubahan tekanan, temperatur dan adanya aktifitas kimia fluid atau variasi dari ketiga faktor tersebut. Proses metamorfosa merupakan proses isokimia, dimana tidak terjadi penambahan unsur-unsur kimia pada batuan yang mengalami metamorfosa. Temperatur berkisar antara 200°C – 800°C, tanpa melalui fase cair.

Proses metamorfisme kadang-kadang tidak berlangsung sempurna, sehingga perubahan pada batuan asal tidak terlalu besar, hanya kekompakan batuan saja yang bertambah. Proses metamorfisme yang sempurna menyebabkan karakteristik batuan asal tidak terlihat lagi. Pada kondisi perubahan yang sangat ekstrim, peningkatan temperatur mendekati titik lebur batuan, padahal perubahan batuan dalam kondisi metamorfisme harus tetap dalam keadaan padat. Apabila sampai mencapai titik lebur maka proses tersebut bukan lagi proses metamorfisme tapi termasuk aktivitas magmatisme

Agen atau media yang menyebabkan proses metamorfisme adalah panas, tekanan, dan cairan kimia aktif. Ketiga media tersebut dapat bekerja bersamasama pada batuan yang mengalami proses metamorfisme, tetapi derajat metamorfisme dan kontribusi dari tiap agen berbeda. Pada proses metamorfisme tingkat tinggi, kondisi temperatur dan tekanan hanya sedikit diatas kondisi proses litifikasi pada batuan



Optimized using
trial version
www.balesio.com

pada proses metamorfisme tingkat tinggi, kondisinya sedikit uran batuan (Philpotts dan Ague, 2009).

temperature akan bervariasi dalam tiap kedalaman. Tekanan gaya yang dihasilkan dari segala arah. Ada beberapa tipe stress, ess, atau uniform stress. Jika stress tidak sama dari segala arah, out differential stress. Differential stress yang terjadi pada saat atau e, akan mempengaruhi tekstur batuan yang terbentuk. Lembaran-

lembaran silika akan tumbuh dengan berorientasi tegak-lurus pada arah tegangan maksimum (maximum stress). Orientasi dari lembaran silika menyebabkan batuan dapat pecah sepanjang lembaran yang sejajar tersebut. Struktur seperti ini disebut foliasi.

Aktivitas kimiawi fluida dan gas yang berada pada jaringan antar butir batuan mempunyai peranan yang penting dalam metamorfosa. Reaksi kimia dalam metamorfisme, selama rekristalisasi, dan pembentukan mineral-mineral baru berjalan sangat lambat. Melalui percobaan laboratorium dikatakan bahwa proses metamorfisme dengan waktu yang lebih lama, akan menghasilkan mineral-mineral berbutir besar. Dengan demikian batuan metamorf berbutir kasar telah melalui tahap metamorfisme yang lama.

1.7.6 Kondisi Metamorfisme

Semua proses geologi yang berskala besar seperti pergerakan lempeng tektonik, subduksi dari lempeng oseanik, tumbukan antara lempeng kontinen dengan kontinen, dan pemekaran tengah samudera menghasilkan pergerakan dari batuan yang akan menghasilkan tekanan dan energi panas. Perubahan tekanan dan suhu tersebut kemudian menjadi faktor yang penting dalam proses metamorfisme (Best, 2003)

1.7.6.1 Batas Suhu Minimal Metamorfisme

Batuan pada umumnya akan mengalami perubahan sesaat setelah proses pengendapan dan terus berlangsung sejalan dengan waktu. Namun, perubahan tersebut belum bisa dikatakan sebagai proses metamorfisme karena suhu dan tekanannya masih sangat rendah. Demikian pula dengan proses pelapukan yang terjadi pada suhu permukaan yang belum bisa digolongkan sebagai proses metamorfisme (Bucher dan Grapes, 2011).

Pada prinsipnya kondisi kimia-fisika yang memulai metamorfisme sangat bergantung pada jenis batuan tekstur dan komposisinya. Sebagai contoh, batuan yang banyak mengandung material organik akan mengalami metamorfisme pada suhu yang lebih rendah daripada batuan kaya akan silika dan karbonat. Secara umum batas suhu minimal metamorfisme dan proses diagenesis sangat tipis (*absurd*), tetapi dapat disimpulkan bahwa batas bawah dari proses metamorfisme disepakati berlangsung dari suhu $150\pm 50^{\circ}\text{C}$. Kehadiran mineral-mineral kunci seperti karpolit, stipnomelan, paragonit, dan zeolit dapat dijadikan petunjuk batas minimal terjadinya proses metamorfisme pada suatu batuan (Bucher dan Grapes, 2011)

1.7.6.2 Batas Suhu Maksimal Metamorfisme



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ngat tinggi, batuan akan mengalami pelelehan (*melting*) atau batuan ini merupakan batas tertinggi dari proses metamorfisme. at bergantung pada tekanan, komposisi batuan, dan ketersediaan pada tekanan 500 MPa dengan ketersediaan air, batuan granitik suhu 660°C sementara batuan basaltik membutuhkan suhu yang itar 800°C . Apabila air tidak ada, titik lebur akan semakin tinggi. pelebur pada suhu 1000°C sedangkan batuan basaltik akan melebur

pada suhu sekitar 1120°C. Batuan-batuan metamorf yang mempunyai titik lebur tinggi tersebut dinamakan batuan metamorf bersuhu sangat tinggi (*ultrahigh temperature metamorphic rock*. UHT) yang biasanya berupa *magnesian-* dan *aluminous-rich* *geneses*. Suhu pada bagian bawah lempeng kontinen di daerah yang secara geologi aktif diperkirakan sekitar 750-850°C dan batuan metamorf yang terbentuk di daerah ini disebut dengan istilah granulit (*granulite*). Kondisi ini kemudian dijadikan sebagai batas atas dari proses metamorfisme pada lingkungan normal (Bucher dan Frey, 2002).

1.7.6.3 Batas Tekanan Minimal Metamorfisme

Kenaikan larutan magma merupakan gejala yang luar biasa pada suatu daerah yang secara geologi sangat aktif. Panas yang dilepaskan oleh magma yang membeku menyebabkan terjadinya proses metamorfisme di sekitar magma tersebut yang akan menghasilkan kontak yang disebut dengan aureol (*aureole*) pada kedalaman yang rendah dan menghasilkan kenaikan tekanan beberapa megapascal (Bucher dan Frey, 2002)

1.7.6.4 Batas Tekanan Maksimal Metamorfisme

Pada awalnya batas tekanan maksimum dari proses metamorfisme ditafsirkan sebesar 1 GPa yang merupakan tekanan litostatik pada bagian bawah lempeng kontinen dengan tebal 30-40 km. Namun, seiring dengan tersedianya data stabilitas mineral (*mineral stability*), para ahli batuan metamorf menemukan bahwa himpunan mineral pada batuan basa yang mengalami proses metamorfisme memberikan informasi tekanan sebesar 1.5–2 Gpa. Sebagai contoh ialah eklogit yang berasal dari batuan basaltik yang mengalami proses metamorfisme dengan tekanan yang tinggi (Bucher dan Grapes, 2011).

Selain itu, ditemukan bahwa batuan yang berasal dari kerak bagian bawah kontinen mengalami metamorfisme yang sangat tinggi di daerah Dora Maira massif di Pegunungan Alpen. Genes yang mengandung garnet yang berkomposisi pirope (*pyrope*(Mg-rich) dan mengandung inklusi *coesite* (*polimorf*) mengindikasikan kondisi tekanan sebesar 3.0 GPa. Batuan yang terbentuk pada kondisi tekanan yang tinggi juga dijumpai di beberapa tempat di antaranya eklogit dengan inklusi *coesite* pada garnet bahkan inklusi intan. Beberapa batuan ini mengindikasikan lingkungan pembentukan dengan tekanan mencapai sedikitnya 6 Gpa (Bucher dan Grapes, 2011).

Batuan metamorf yang terbentuk pada proses metamorfisme tekanan yang sangat tinggi diistilahkan dengan *ultrahigh pressure metamorphic rock*. Proses ini menggambarkan kondisi batuan yang berasal dari kerak mengalami subduksi sampai dengan kedalaman lebih dari 100 km (Bucher dan Grapes, 2011).



metamorfisme

in tekanan pada suatu batuan naik, maka batuan tersebut *prograde metamorphism* atau derajat dari metamorfisme). Derajat metamorfisme (*metamorphic grade*) adalah istilah

yang digunakan untuk menggambarkan kondisi suhu dan tekanan relatif ketika batuan beku tersebut terbentuk (Winter, 2001).

Metamorfisme berderajat rendah (*low-grade metamorphism*) terjadi pada suhu 200-320°C dan tekanan yang cenderung rendah. Proses metamorfisme derajat rendah ini pada umumnya dicirikan oleh kehadiran mineral-mineral berhidrat (*hydrous*) atau mineral yang banyak mengandung molekul H₂O (contohnya amfibol, klorit, serpentin, dan muskovit) dalam struktur kristalnya. Dengan naiknya derajat metamorfisme, maka mineral berhidrat tersebut akan bereaksi dengan mineral lainnya atau secara perlahan-lahan terurai menjadi mineral yang sedikit berhidrat (Winter, 2001).

Metamorfisme derajat tinggi (*high-grade metamorphic*) terjadi pada suhu lebih dari 320°C pada kondisi tekanan yang tinggi. Jika derajat metamorfisme semakin naik maka jumlah mineral-mineral berhidrat semakin berkurang dan jumlah mineral-mineral anhidrat (*anhydrous*) akan semakin berlimpah (Winter, 2001).

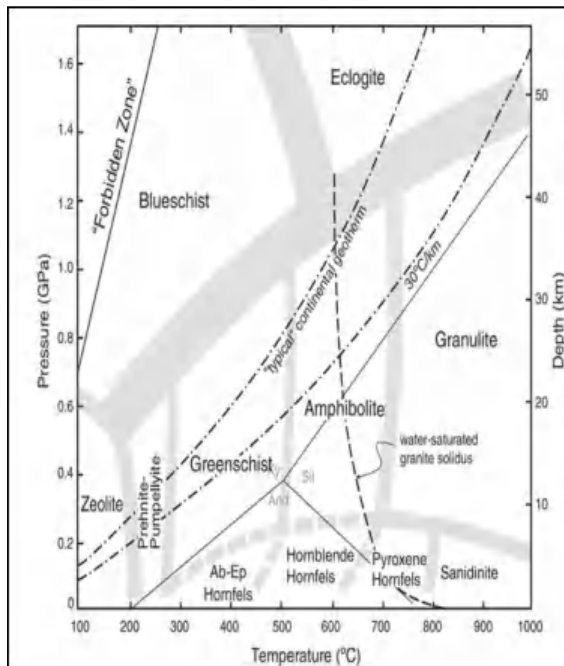
Masing-masing tahapan derajat metamorfisme akan membentuk batuan metamorf dengan karakteristik tertentu tergantung dari *protolith* atau batuan asal dan jenis proses metamorfisme yang terjadi. Sebagai contoh apabila suatu batuan sedimen pelitik yang berkomposisi material sedimen berukuran lempung mengalami proses metamorfisme, maka pada tahap derajat rendah (*low-grade*) akan terbentuk slate, dan perlahan-lahan apabila derajat metamorfisme semakin meningkat akan terbentuk *phyllite*. Apabila derajat metamorfisme terus mengalami kenaikan, maka akan terbentuk *schist* dan akhirnya akan membentuk *gneiss*. Hubungan ini menunjukkan batuan yang terbentuk pada setiap tingkatan derajat metamorfisme (Winter, 2001)

1.7.8 Fasies Metamorfisme

kumpulan mineral pada batuan metamorf merupakan karakteristik genetik yang sangat penting sehingga terdapat hubungan antara kumpulan mineral dan komposisi batuan pada tingkat metamorfosa tertentu. Konsep fasies metamorfik diperkenalkan oleh Eskola, 1915 (Bucher & Frey, 1994).

Fasies metamorfisme merupakan suatu bentuk dari pengelompokan mineral metamorfik yang ada dan didasarkan pada tekanan dan suhu tertentu yang dicapai oleh mineral tersebut dalam pembentukannya pada batuan metamorf. Sehingga dapat digambarkan bahwa batuan yang mengalami metamorfisme pada suhu dan tekanan yang sama akan menghasilkan satu jenis batuan metamorf yang memiliki karakteristik yang sama (Best, 2003).





Gambar 2. Fasies Metamorfisme

Dengan kata lain sebuah fasies metamorfik merupakan kelompok batuan yang termetamorfosa pada kondisi yang sama yang dicirikan oleh kumpulan mineral yang tetap. Tiap fasies metamorfik dibatasi oleh tekanan dan temperatur tertentu serta dicirikan oleh hubungan teratur antara komposisi kimia dan mineralogi dalam batuan. Fasies merupakan suatu pengelompokkan mineral-mineral metamorfik berdasarkan tekanan dan temperatur dalam pembentukannya pada batuan metamorf. Setiap fasies pada batuan metamorf pada umumnya dinamakan berdasarkan jenis batuan (kumpulan mineral), kesamaan sifat-sifat fisik atau kimia.

1.7.7.1 Fasies Subseki Hijau

Fasies subseki hijau adalah fasies yang digunakan untuk menerangkan fasies zeolit dan fasies prehnite-pumpellyite yang merupakan fasies yang terbentuk pada kondisi suhu dan tekanan yang sangat rendah (250–350°C dan 2–7 kbar). Fasies ini dicirikan dengan kehadiran mineral zeolit, prehnit, dan aktinolit. Proses metamorfisme tidak cukup tinggi untuk menghasilkan mineral seperti Na-amfibol. Fasies ini juga merupakan fasies awal menuju ke metamorfisme seki hijau dan seki biru (Maulana, 2019).



s Hijau

an tekanan fasies seki hijau, basalt yang berasal dari pematang (ORB) akan berubah menjadi seki hijau dengan kumpulan mineralorit + epidot + albite ± kuarsa. Kecuali albit dan kuarsa, ketiga terlihat warna hijau yang kemudian menjadi ciri khas batuan untuk pada fasies ini. Apabila batuan asal yang mengalami

metamorfisme dalam fasies ini adalah batuan pelitik, maka mineral yang hadir adalah muskovit + klorit + kloritoid + albit. Fasies ini mempunyai kisaran suhu sekitar 300°C sampai 500°C pada tekanan yang rendah sampai menengah (8–12 kbar). Batas dengan fasies amfibolit sangat gradual. Pada suhu sekitar 450°C batuan metabasik yang termetamorfisme akan menghasilkan hornbelenda untuk mengganti aktinolit sebagai hasil reaksi antara klorit dan epidot (Maulana, 2019).

1.7.7.3 Fasies Amfibolit

Pada fasies amfibolit, batuan metabasalt akan berubah menjadi amfibolit yang mengandung plagioklas (andesin – oligoklas) + hornbelenda + kuarsa. Fasies ini dicirikan dengan melimpahnya hornbelenda (biasanya di atas 50%). Epidot terkadang masih bisa dijumpai pada suhu yang rendah dalam fasies ini. Garnet seringkali hadir sebagai penciri dan bersama dengan piroksin menandakan suhu yang tinggi dalam fasies ini (500-700°C dan 2-12 kbar). Pada umumnya himpunan mineral yang bisa dijadikan indikator adalah hornbelenda + plagioklas (oligoklas). Batuan jenis lainnya yang termetamorfisme menunjukkan kumpulan mineral yang beragam, bergantung pada batuan asalnya. Staurolit, kianit, dan silimanit juga merupakan mineral khas dalam fasies ini. Apabila protolitnya adalah gamping, maka tremolit biasanya hadir sebagai penanda. Pada intinya semua batuan yang termetamorfisme dikatakan sebagai fasies amfibolit apabila dijumpai kumpulan mineral hornbelenda + plagioklas (oligoklas) + kuarsa. Berikut beberapa komposisi mineral yang sering dijumpai pada fasies amfibolit (Maulana, 2019)

1.7.7.4 Fasies Granulit

Fasies granulit biasanya diperlihatkan oleh batuan derajat tinggi yang terbentuk pada kondisi suhu yang tinggi pada metamorfisme orogenik (500-700°C dan 8–17 kbar). Pada fasies ini MORB yang termetamorfisme akan memperlihatkan kumpulan klinopiroksin + plagioklas + ortopiroksin + kuarsa. Klinopiroksin dan plagioklas merupakan mineral yang baru yang menggantikan hornbelenda pada fasies amfibolit. Mineral mika sudah tidak bisa dijumpai lagi pada fasies ini digantikan oleh kianit dan silimanit. Salah satu penciri utama adalah kehadiran dari dua jenis piroksin, yaitu klinopiroksin dan ortopiroksin dan juga mikroklin pada protolit pelitik (Maulana, 2019).

1.7.7.5 Fasies Sekis Biru

Istilah fasies sekis biru diperoleh dari kehadiran mineral glaukofan dan mineral Na-amfibol lainnya yang berwarna biru pada batuan batuan yang terbentuk dalam fasies ini.



Optimized using
trial version
www.balesio.com

neral biru tersebut berasosiasi dengan kumpulan mineral berupa dot + grant + klorit + fengit (mika putih) + paragonit + kloritoid + talk ksin + ankerit + aragonit. Pada fasies ini felspar sama sekali tidak asies ini terbentuk pada kondisi suhu yang rendah dengan tekanan anya terbentuk pada sebuah sistem subduksi. Suhu dan tekanan anan pada 4–12 kbar. Dulunya fasies ini dikenal dengan nama Batuan yang terbentuk pada fasies ini pada umumnya dijumpai

pada daerah ofiolit kompleks yang dihasilkan oleh proses subduksi dan kemudian teralihtempatkan di permukaan. Kumpulan mineral yang paling khas pada fasies ini ialah glaukofan + jadeit + epidot + fengit + paragonit + klorit ± Mg-kloritoid ± kuarsa ± garnet (Maulana, 2019).

1.7.7.6 Fasies Eklogit

Fasies eklogit terbentuk pada lingkungan tektonik yang berasosiasi dengan daerah orogenesis dalam bentuk blok yang terekshumasi ke permukaan dan seringkali bersamaan dengan ofiolit dan menjadi penanda adanya daerah suture atau tumbukan pada daerah kontinen. Keberadaannya biasa dijumpai bersamaan dengan batuan dari fasies sekis biru. Batuan fasies ini juga ditemukan sebagai xenolit dalam magma yang berasal dari mantel seperti kimberlit. Fasies eklogit terbentuk pada tekanan tinggi dan kisaran suhu yang beragam ($> 500^{\circ}\text{C}$ dan > 12 kbar). Eklogit bersuhu rendah dapat terbentuk dari kerak oseanik yang mengalami subduksi dan biasanya menunjukkan kehadiran mineral-mineral berhidrat seperti kloritoid, zoisite, dan talk sebagai tambahan dari garnet + omphacite (Maulana, 2019).

Batuan metabasaltik yang termetamorfisme dalam fasies eklogit dicirikan dengan kehadiran dua mineral utama, yaitu garnet + omfasit (Na-piroksin). Plagioklas sudah tidak dijumpai lagi kecuali pada batuan yang mengalami retrogradasi. Eklogit yang bersuhu menengah dapat dihasilkan dari penebalan kerak yang disebabkan oleh kerak kontinen yang saling tumpang tindih, sementara pada eklogit bersuhu tinggi biasanya mineral berhidrat akan absen yang digantikan oleh mineral kianit. Eklogit biasanya hadir dalam bentuk blok-blok yang secara tektonik terangkut bersama batuan dari fasies metamorfisme lainnya atau daerah melange (kompleks batuan tektonik) yang biasanya dijumpai pada zona akresi dan zona subduksi serta kompleks sekis biru. Eklogit yang berasal dari batuan ultramafik dapat mengandung olivin dan garnet (Maulana, 2019).

Sedangkan yang berasal dari metagranit akan menghasilkan jadeit + kuarsa sebagai pengganti albit. Tidak ada batas tekanan maksimal dari fasies ini dan tekanan maksimal yang dilaporkan adalah 6.5 GPa. Batuan kerak yang termetamorfisme dalam fasies ini mengandung inklusi intan di dalam garnet yang menandakan tekanan sebesar 4.5 GPa. Istilah metamorfisme ultratinggi (*ultrahigh metamorphism*, UHP) digunakan untuk menjelaskan batuan dalam fasies ini yang mengandung inklusi *coesite* (polimorf dari kuarsa)

1.7.8 Struktur Batuan Metamorf

Struktur foliasi merupakan kenampakan struktur planar pada suatu batuan. Foliasi ini dapat terjadi karena adanya penjajaran mineral-mineral menjadi lapisan-lapisan



Optimized using
trial version
www.balesio.com

butiran (schistosity), permukaan belahan planar (cleavage) atau hal tersebut Foliasi adalah salah satu struktur paling khas yang an metamorf, khususnya pada batuan yang mengalami tekanan ses metamorfisme. Foliasi mengacu pada susunan atau perataan n yang terjadi akibat orientasi paralel atau hampir paralel dari uma mineral berlapis seperti mika dan klorit, yang terjadi di bawah tingggi.

Adapun jenis - jenis struktur foliasi pada batuan metamorf adalah sebagai berikut:

1. Slaty Cleavage (Belahan Sabak), yaitu Struktur foliasi yang berkembang dalam batuan metamorf dengan butir halus seperti slate. Terjadi akibat deformasi pada suhu dan tekanan rendah, sehingga mineral-mineral yang terbentuk seperti lempung dan mika yang tersusun sejajar. Slaty cleavage umumnya menghasilkan permukaan belahan rata dan halus yang dicirikan oleh adanya bidang-bidang belah planar yang sangat rapat, teratur dan sejajar
2. Phyllitic, Struktur ini mirip dengan slaty cleavage tetapi terjadi pada batuan dengan tingkat metamorfisme yang lebih tinggi dan terlihat rekristalisasi yang lebih besar dan mulai terlihat pemisahan mineral pipih dengan mineral granular. Pada batuan jenis ini, mineral mulai tumbuh lebih besar dan berkilau, seperti phyllite, di mana mika mulai tampak dan memberikan kilau sutra pada permukaan foliasi. Foliasi ini lebih kasar dari slate tetapi lebih halus dibandingkan schist.
3. Schistose, Foliasi ini terjadi pada batuan metamorf dengan tingkat metamorfisme menengah hingga tinggi, seperti schist. Mineral-mineral besar seperti mika, klorit, dan hornblende tersusun sejajar dan dapat terlihat dengan jelas secara makroskopis. Struktur schistosity memberikan batuan kemampuan untuk terbelah dalam lembaran- lembaran yang lebih kasar daripada slate. Terbentuk adanya susunan parallel mineral-mineral pipih, prismatic atau lentikular (umumnya mika atau klorit) yang berukuran butir sedang sampai kasar.
4. Gneissic, Pada batuan dengan metamorfisme tingkat tinggi, seperti gneiss, mineral-mineral mafic dan felsic mulai memisah dan membentuk lapisan atau pita-pita yang berbeda warna. Pita-pita ini disebabkan oleh perbedaan komposisi mineral, biasanya terdiri dari lapisan yang lebih gelap (mineral mafic) dan lebih terang (mineral felsic). Struktur ini terjadi akibat rekristalisasi intens dan deformasi pada tekanan serta suhu yang tinggi.

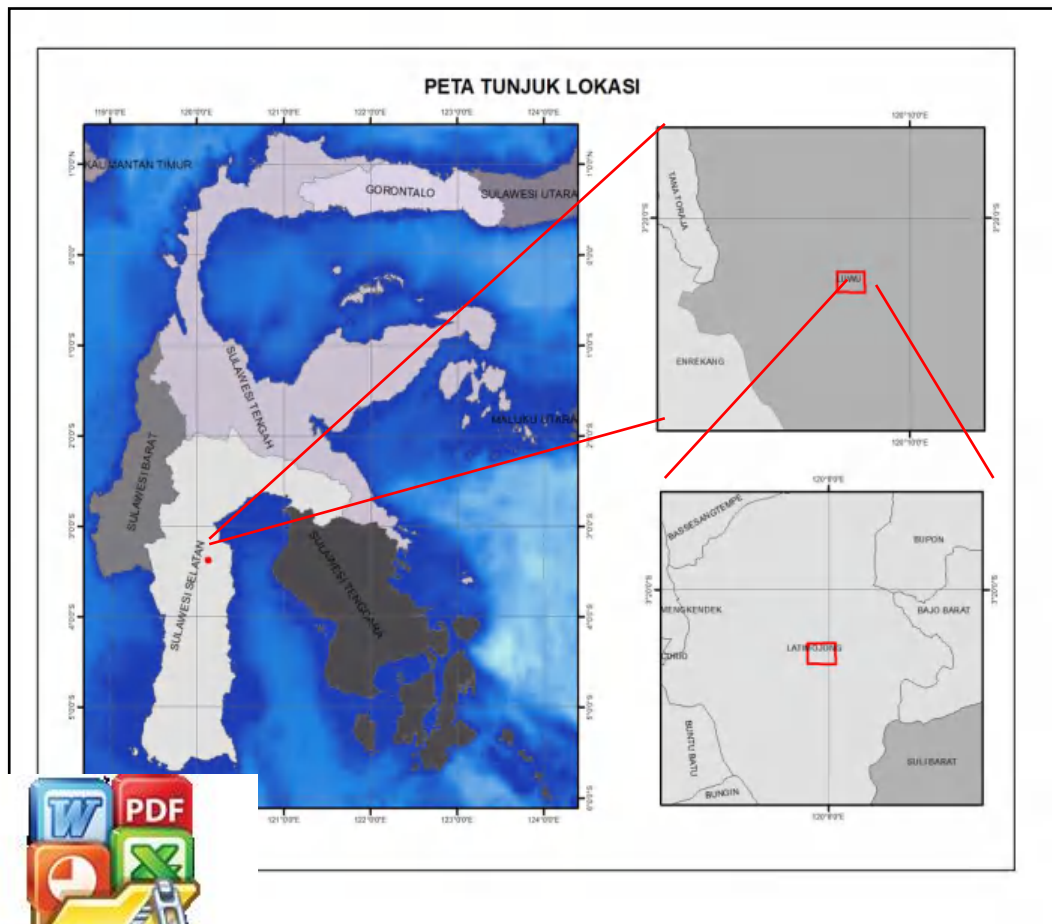


Gambar 3. Struktur Foliasi batuan Metamorf

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Secara administrasi lokasi penelitian ini termasuk dalam IUP PT. Masmindo Dwi Area tepatnya di Desa Ranteballa, Kecamatan Latimojong, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan dan secara geografis terletak pada koordinat $120^{\circ}7'26.00''$ - $120^{\circ}7'59.00''$ BT dan $3^{\circ}22'00''$ - $3^{\circ}22'33.00''$ LS. Daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Indonesia Lembar Majene dan Palopo Bagian Barat, Sulawesi Skala 1:250.000. Daerah ini dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat beroda empat dengan waktu tempuh sekitar kurang lebih 8 jam dengan jarak sekitar 320 km dari Kota Makassar dan dari Kecamatan Belopa dengan jarak sekitar 45 km dengan waktu tempuh kurang lebih 90 Menit ke lokasi Penelitian. Adapun Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan yang di rangkaiakan dengan kegiatan magang di PT. Masmindo Dwi Area.



Gambar 4. Peta lokasi daerah penelitian



2.2 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang akan digunakan selama kegiatan penelitian ini terbagi dalam dua kategori yakni alat yang digunakan pada saat di lapangan dan alat yang digunakan pada saat analisa 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 sekala 1 : 50.000 terbitan Bakosurtanal Edisi II tahun 1998
2. *Global Positioning System*
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

Sedangkan alat dan bahan yang akan digunakan selama analisis laboratorium dan pengolahan data adalah sebagai berikut :

1. Ayakan (*Sieve*)
2. Mortar dan Pestle (*Agate*)
3. Wadah Sampel
4. Spektrometer XRF (*X-Ray Fluorescence Spectrometer*)
5. Press Hidraulik (*Hydraulic Press*)
6. Mikroskop Polarisasi Untuk Analisis Petrografi
7. Sayatan Tipis Batuan
8. Alat Tulis Menulis Dan Gambar

2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 3 (tiga) metode yaitu Pemetaan geologi permukaan, analisis laboratorium secara petrografi dan Analisis geokimia batuan dengan metode XRF pada sampel terpilih batuan metamorf daerah penelitian.

Metode pemetaan geologi permukaan di lokasi penelitian Meliputi Dokumentasi, pengambilan sampel, pendeskripsian sampel untuk mengetahui nama batuan dan Pengambilan data struktur. Pengamatan petrografi bertujuan untuk mengidentifikasi tekstur batuan, struktur batuan, dan komposisi mineral batuan serta penamaan batuan



dan bantuan mikroskop polarisasi. Adapun Analisis geokimia batuan (*X-Ray Fluorescence spectrometry*) untuk mengetahui kandungan unsur dari sampel batuan terpilih.

2.4 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian terdiri dari tahap persiapan, tahap pengambilan data, tahap pengolahan data, tahap analisis data, dan juga tahap penyusunan laporan.

2.4.1 Tahap Persiapan

Tahap Persiapan ini merupakan tahapan awal yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan suatu penelitian. Adapun Tahap persiapan yang dilakukan antara lain :

1. Studi Literatur Studi literatur atau studi pustaka dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geologi regional daerah penelitian yang didapatkan dari jurnal, makalah, maupun laporan penelitian terdahulu, tahapan ini juga ditujukan untuk mematangkan konsep dalam pemahaman geologi seperti fisiografi regional, tatanan tektonik, stratigrafi regional, dan struktur geologi regional. Selain itu mempelajari maksud dan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan
2. Pembuatan Proposal penelitian dimaksudkan untuk menentukan topik serta metode yang akan digunakan dalam melakukan penelitian untuk kemudian diajukan sebagai salah satu syarat administrasi yang ditujukan kepada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, selaku instansi yang mengawasi kegiatan penelitian.
3. Persiapan Perlengkapan Lapangan Persiapan perlengkapan lapangan, meliputi pengadaan peta dasar, dan persiapan peralatan survei lapangan seperti palu, kompas, GPS, meteran, kantong sampel, alat tulis menulis, kamera, HCL, dan lup.

2.4.2 Tahap Pengambilan Data

Pengumpulan dan pengambilan data lapangan dilakukan beberapa proses atau tahapan sesuai dengan data-data yang dibutuhkan. Beberapa tahapan umum yang harus dilakukan adalah pengamatan singkapan, plot lokasi, dokumentasi, deskripsi, pengambilan sampel batuan dan pengambilan data struktur serta deskripsi alterasi dan mineralisasi pada lokasi pengamatan.

Sampling batuan adalah metode pengambilan sampel pada singkapan batuan yang dijumpai di lapangan. Pengambilan sampel batuan memiliki kriteria masih segar dan tidak lapuk. Sampel yang diambil dari singkapan juga harus sesuai kebutuhan analisa laboratorium guna analisa lebih lanjut pada pengamatan petrografi. Sampel yang akan dianalisis secara petrografi harus memiliki tingkat kekompakan yang tinggi agar dapat dilakukan preparasi menjadi sayatan. Pengambilan conto batuan hanya difokuskan pada batuan metamorf yang diambil dengan ukuran bongkah, kemudian mendeskripsi singkapan yang terdiri dari : warna, tekstur batuan, struktur batuan, dan pengambilan dokumentasi berupa gambar dan foto singkapan.



2.4.3 Tahap Analisis dan Pengolahan Data

Selanjutnya data lapangan dianalisis dan diolah lebih lanjut. Adapun tahap analisis data terdiri atas :

1. Metode analisis petrografi. Tujuan dari pengamatan petrografi, ini untuk mengetahui komposisi mineral, tekstur, dan struktur dari tiap litologi daerah penelitian sehingga bisa menjadi landasan yang kuat untuk penamaan batuan. Sampel di-*sortir* berdasarkan nomor stasiun pengambilan sampel. Lalu membagi sampel untuk pembuatan sayatan tipis pada analisis petrografi dan sampel untuk di analisa unsur utama dan jejak pada analisis geokimia dengan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF)
2. Metode analisis Geokimia XRF dan ICP Multi Element (ICP-OES), Analisis geokimia dengan metode XRF untuk mengetahui konsentrasi unsur utama berupa (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O , MgO , P_2O_5 , TiO_2 , MnO , SO_3 , Cr_2O_3 , LOI (Loss On Ignition)) dan unsur jejak berupa (Si, Pb, Zn, Fe, Cu, Ni, Ti, Ca, Mo, Zr, Sr, Rb, Se, As, Au, W, Co, Cr, V, Sb, Sn, Cd, Ag, Pd, Nb, Bi, Th, U, Hg, Sc, K, S, Ba, Cs, Te). Pada sampel yang bakal digunakan untuk analisis geokimia akan dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan mortar, kemudian dikemas dan dikirim ke laboratorium Terpadu UPNVY.

Pengolahan data dilakukan dari hasil yang didapatkan pada analisis laboratorium berupa pengamatan petrografis dan geokimia. Pengamatan petrografis dengan memperhatikan komposisi mineral, persentasenya, tekstur dan strukturnya serta untuk mengetahui jenis batuannya. Klasifikasi yang digunakan dalam pengamatan petrografi ini yaitu klasifikasi batuan metamorf menurut Travis, 1955.

Pada analisis geokimia pengolahan data dilakukan dengan menggunakan hasil analisis geokimia pada batuan yang berupa *major element* dan *trace element* pada klasifikasi-klasifikasi jenis magma, jenis batuan, dan lingkungan tektonik terbentuknya dengan menggunakan *software Geochemical Data Toolkit / GCDkit*.

Adapun Klasifikasi/diagram berdasarkan kandungan kimia yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Klasifikasi jenis magma Berdasarkan derajat keasaman (*acidity*) atau kandungan SiO_2 Berdasarkan klasifikasi Le Maitre et al., 1989 dalam Rollinson, 1993
2. Klasifikasi afinitas magma yang digunakan untuk mengetahui seri magmatisme pada daerah penelitian berdasarkan klasifikasi Peccerillo dan Taylor (1976) yang diadaptasi oleh Rollinson (1993).
3. Klasifikasi apabila protolith berasal dari batuan beku vulkanik menurut Middlemost, (1994) yang diadaptasi oleh Rollinson (1993). Klasifikasi ini berdasarkan perbandingan jumlah (%) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ dengan silika (SiO_2).



entuan evolusi magma dapat dilihat dalam diagram variasi *or element* (oksida) terhadap senyawa SiO_2 menurut Harker (1909) (1993). Dalam diagram ini akan menampilkan korelasi positif atau kandungan oksida Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , dan SiO_2

aba yang menampilkan unsur jejak lalu dinormalisasikandengan menurut Sun dan McDonough (1995)

6. Diagram laba-laba yang menampilkan unsur jejak lalu dinormalisasikan dengan mid oceanic ridge basalt (MORB) menurut Pearce (1983)

2.4.4 Tahap Penyusunan Laporan

Tahap akhir dari penelitian yaitu tahap penyusunan sebuah laporan yang dibuat berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya. Laporan ini merupakan skripsi dari peneliti sendiri sebagai syarat kelulusan di Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin. Pada tahapan ini dilakukan penyusunan laporan berdasarkan data geologi yang telah didapatkan dan berdasarkan hasil analisis laboratorium meliputi pengamatan petrografi dan analisis geokimia.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

